

УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

«ЭНЕРГЕТИКА, ЭКОЛОГИЯ, ХИМИЯ»

«ЭНЕРГЕТИКА,
ЭКОЛОГИЯ,
ХИМИЯ»

СБОРНИК СТУДЕНЧЕСКИХ
НАУЧНЫХ РАБОТ

УЛЬЯНОВСК 2018

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Энергетический факультет

***ЭНЕРГЕТИКА, ЭКОЛОГИЯ,
ХИМИЯ***

Сборник студенческих научных работ

Ульяновск
УлГТУ
2018

УДК 620.9:54:504.72
ББК 31:24:20.1
Э65

Редколлегия: Меньшов Е.Н. – канд. техн. наук; (отв. за выпуск),
Бартенева В.А.

Э65 **Энергетика, экология, химия:** сборник студенческих научных работ /
отв. за выпуск Е.Н. Меньшов – Ульяновск: УлГТУ, 2018. – 255 с.

В сборнике представлены научные работы студентов, выполненные под руководством преподавателей энергетического факультета УлГТУ. Сборник составлен по итогам конференций, проведенных на факультете в 2018 году.

Статьи представлены в авторской редакции.

УДК 620.9:54:504.72
ББК 31:24:20.1

© Коллектив авторов, 2018
© Оформление. УлГТУ, 2018

НАХОЖДЕНИЕ УСЛОВИЙ ДИАГНОСТИРУЕМОСТИ АКТИВНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

А. С. Егоров, студент гр. Рбв-21

Научный руководитель – профессор кафедры «Электроснабжение»

С. А. Курганов

Требуется найти условия диагностируемости усилителя на рис. 1, а, схема замещения которого дана на рис. 1, б. Исследование этой схемы проведено в [1] и [2]. В [1] путем проверки на вырожденность матрицы параметров схемы показана возможность определения сопротивлений $R_{\beta 1}$, $R_{\beta 2}$ при измерении напряжений U_1 и U_2 , эти же напряжения позволяют найти параметры управляемых источников β_1 , β_2 . В [2] с использованием символьного подхода были найдены условия диагностируемости для сопротивлений $R_{\beta 1}$, $R_{\beta 2}$. При измерении напряжений U_1 и U_3 показано, что β_1 и β_2 нельзя найти, поскольку определитель соответствующей матрицы равен нулю [1].

В настоящей работе поставлена задача проверки диагностируемости $R_{\beta 1}$, $R_{\beta 2}$ по результатам измерения напряжений U_1 и U_3 и проверки с помощью символьного подхода недиагностируемости схемы при нахождении β_1 и β_2 , установленной в [1].

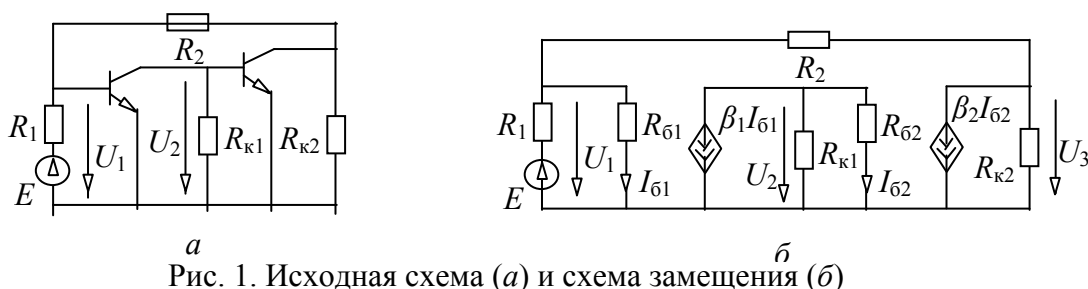


Рис. 1. Исходная схема (а) и схема замещения (б)

Достаточным условием диагностируемости схемы является ненулевое значение определителя схемы с компенсированными параметрами [3]. При нахождении схемы с компенсированными сопротивлениями $R_{\beta 1}$, $R_{\beta 2}$ заменяем их нораторами, а измеренные напряжения устанавливаем с помощью фиксаторов – последовательных соединений нуллатора и источника ЭДС с параметром, равным измеренным напряжениям (рис. 2, а).

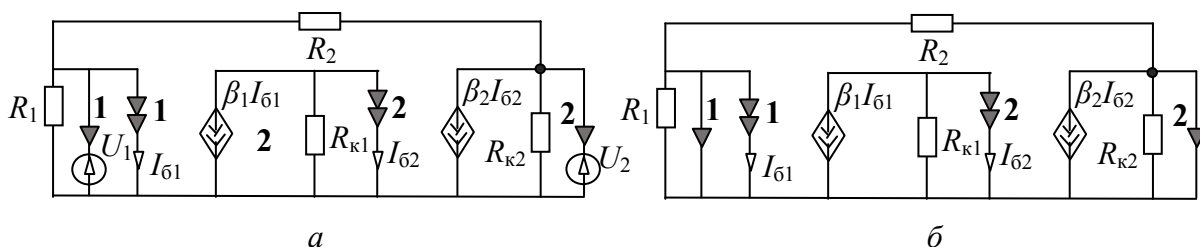
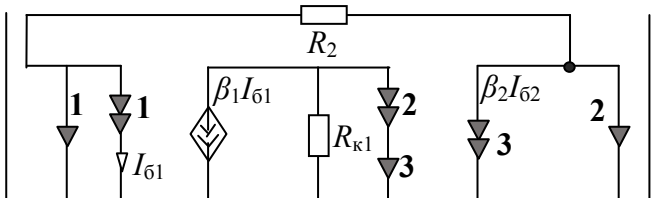


Рис. 2. Схема с компенсированными сопротивлениями (а) и схема ее определителя (б)

Находим определитель компенсированной схемы по рис. 2, б. Выделим и удалим из схемы сопротивления R_1 и R_{k2} , параллельные нуллаторам. Выделим β_2 , нейтрализовать этот УИ нельзя, поскольку образуется сечение из ИТУН и норатора, что соответствует вырожденной схеме. В результате получается следующий определитель:

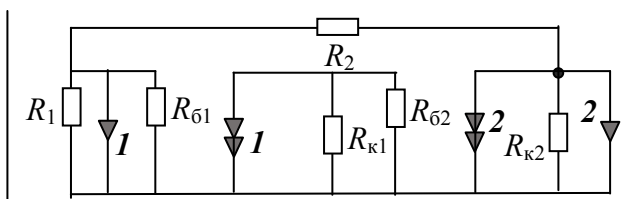
$$D = R_1 R_{k2} \beta_2$$

(1)

В формуле (1) удалим и выделим сопротивление R_2 , образующее контур с нуллаторами. Нейтрализуем УИ β_1 , удалим контур из норатора и нуллатора с номером 1, заменим взаимно номера у нораторов 2 и 3, удалим последовательное соединение норатора и нуллатора с номером 3 и параллельное соединение норатора и нуллатора с номером 2. Определитель оставшегося разомкнутого сопротивления R_{k1} равен 1. В результате искомый определитель схемы с компенсированными сопротивлениями имеет вид

$$D = R_1 R_{k2} \beta_2 R_2. \quad (2)$$

Таким образом, задача нахождения сопротивлений $R_{\beta 1}$, $R_{\beta 2}$ разрешима при измерении напряжений U_1 и U_3 в том случае, если сопротивления R_1 , R_{k2} , R_2 и параметр β_2 отличны от нуля.

Для определения диагностируемости параметров β_1 и β_2 при измеренных напряжениях U_1 и U_3 следует найти следующий определитель:

$$D =$$


который равен нулю, поскольку сопротивления R_1 , R_2 , $R_{\beta 1}$, образующие контура с нуллаторами, выделяются и удаляются из схемы. При этом нуллатор оказывается разомкнутым, а значит, схема вырождена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киншт Н.В., Герасимова Г.Н., Кац М.А. Диагностика электрических цепей.– М.: Энергоатомиздат, 1983.– 192 с.
2. Курганов С. А. Символьный подход к решению задачи диагностики электрических цепей // Электричество.– 2002.– № 8.– С. 49-52.
3. Курганов С.А., Филаретов В.В. Символьный анализ и диагностика линейных электрических цепей методом схемных определителей: Учеб. пособие.– Ульяновск : УлГТУ. – 2004.– 248 с.

О ПЕРВОНАЧАЛЬНОМ ВЫДЕЛЕНИИ СОПРОТИВЛЕНИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

А. А. Хохряков, студент гр. Рбв-21

Научный руководитель – профессор кафедры «Электроснабжение»

С. А. Курганов

Поставлена задача исследовать алгоритм первоначального выделения сопротивлений при анализе линейных электрических цепей, содержащих сопротивления и независимые источники ЭДС. Пусть задана четырехузловая схема на рис. 1 [1].



Рис. 1. Четырехузловая схема: исходная схема (а) и схема числителя (б) для тока I_6

По неявному методу [2] получим числитель тока I_6 . Для этого запишем схемно-алгебраическое выражение числителя и выделим из него сопротивление Z_1 :

$$N = Z_1 \left(\begin{array}{c} \text{Circuit 1} \\ \text{Circuit 2} \end{array} \right), \quad (1)$$

(Note: The two circuits in the parentheses of equation (1) are identical to the original circuit diagrams in Figure 1, showing the decomposition of the numerator N into Z1 times a sum of two circuit diagrams.)

где нуллятор обозначен заштрихованной стрелкой.

Группируем в первом слагаемом из (1) источники ЭДС и сопротивления, выделяем (Z_2+Z_3) :

$$N_1 = Z_1 \left\{ (Z_2+Z_3) \left(\begin{array}{c} \text{Circuit 3} \\ \text{Circuit 4} \end{array} \right) \right\}. \quad (2)$$

(Note: The two circuits in the parentheses of equation (2) are simplified versions of the original circuit, with nodes and components grouped to show the extraction of (Z2+Z3).)

Во втором слагаемом числителя (1) выделяем сопротивление Z_3 :

$$N_2 = Z_3 \left(\begin{array}{c} \text{Circuit 1} \\ \text{Circuit 2} \end{array} \right) \quad (3)$$

В первом слагаемом формулы (2) сопротивление (Z_4+Z_5) заменяем проводником, объединяем два источника ЭДС в один и выделяем его, во втором слагаемом выделяем сопротивление (Z_4+Z_5) , получаем:

$$N_1 = Z_1 \left(\begin{array}{c} (Z_2+Z_3)(E_6-E_5+E_4)+(Z_4+Z_5) \\ \text{Circuit} \end{array} \right) \quad (4)$$

В первом слагаемом (3) каждое последовательное соединение источников ЭДС преобразуем к одному, сопротивления, последовательные нуллатору, заменяем проводниками. Во втором слагаемом выделяем сопротивление Z_5 .

Выполняя аналогичные операции в полученных частичных определителях, получим символьное выражение числителя:

$$N = Z_1 [(Z_2+Z_3)(E_6-E_5+E_4)+(Z_4+Z_5)(E_6-E_3+E_2)] + Z_3 [Z_4(E_2-E_1-E_5+E_6) + Z_2(E_4-E_5+E_6)] + Z_5 [Z_4(E_2-E_3+E_6)+Z_2(E_6+E_4+E_1-E_3)]. \quad (5)$$

Выражение (5) тождественно формуле, приведенной в [1], и содержит 9 умножений и 21 аддитивную операцию, что совпадает с числом операций в [1]. Это число является минимальным при использовании алгоритма первоначального выделения сопротивлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курганов С.А., Филаретов В.В. Топологические правила и формулы для анализа электрических цепей без избыточности //Ульяновск: УлГТУ. – 2010.– 109 с.
2. Курганов С.А., Филаретов В.В. Схемно-алгебраический анализ, диакоптика и диагностика линейных электрических цепей: Учебное пособие.– Ульяновск : УлГТУ. – 2005.– 320 с.

ВЫВОД ФОРМУЛЫ ДЛЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕДАЧИ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКА С Z-ПАРАМЕТРАМИ

А. С. Салюков, студент гр. Рбзу-21

Научный руководитель – профессор кафедры «Электроснабжение»

С. А. Курганов

Требуется вывести формулу для коэффициента передачи четырехполосника, представленного Z-параметрами с нагрузкой Y_H (рис. 1, а) и сравнить полученное выражение с формулой, приведенной в [2].

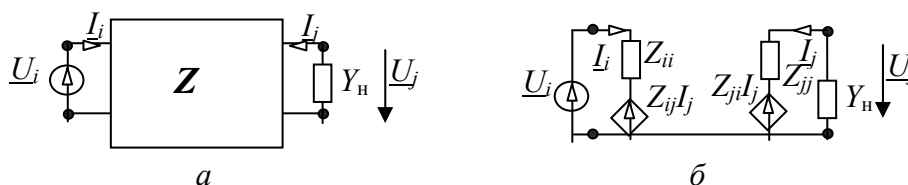


Рис. 1. Исходная схема (а) и схема замещения (б)

Уравнения четырехполосника в Z-параметрах имеют вид [1]

$$\begin{aligned} \underline{U}_i &= Z_{ii}I_i + Z_{ij}I_j; \\ \underline{U}_j &= Z_{ji}I_i + Z_{jj}I_j, \end{aligned} \quad (1)$$

где I_i, I_j, U_i, U_j – действующие комплексные значения соответствующих токов и напряжений.

Используя уравнения (1), построим схему замещения на рис. 1, б. Составим уравнения для этой схемы:

$$\begin{aligned} Z_{ii}I_i + Z_{ij}I_j &= \underline{U}_i; \\ Z_{ji}I_i + Z_{jj}I_j + I_j/Y_H &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Находим ток нагрузки

$$I_j = \Delta_j / \Delta, \quad (3)$$

где Δ – главный определитель матрицы параметров из системы (1); Δ_j – модифицированный определитель матрицы параметров, в которой первый столбец заменен на столбец правой части системы (1). Главный и модифицированный определители имеют вид соответственно:

$$\Delta = \begin{vmatrix} Z_{ii} & Z_{ij} \\ Z_{ji} & Z_{jj} + 1/Y_H \end{vmatrix} = Z_{ii}(Z_{jj} + 1/Y_H) - Z_{ji}Z_{ij}, \quad (4)$$

$$\Delta_j = \begin{vmatrix} Z_{ii} & U_i \\ Z_{ji} & 0 \end{vmatrix} = -Z_{ji}U_i. \quad (5)$$

Полученные значения определителей (4) и (5) подставим в (3) для нахождения тока I_j . По току находим напряжение нагрузки

$$U_j = -\frac{I_j}{Y_H} = \frac{Z_{ji}U_i}{Z_{ii}(Z_{jj}Y_H + 1) - Z_{ji}Z_{ij}Y_H}. \quad (6)$$

Коэффициент передачи напряжения находится в виде отношения выходного и входного напряжений, который после группировки слагаемых принимает следующий вид

$$K = \frac{U_j}{U_i} = \frac{Z_{ji}}{Z_{ii} + Y_H(Z_{ii}Z_{jj} - Z_{ji}Z_{ij})}. \quad (7)$$

Выражение (7) совпадет с соответствующей формулой в монографии [2, с. 116], если учесть там опечатку – в числителе заменить Z_{ij} на Z_{ji} . Таким образом, поставленная в работе задача выполнена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для бакалавров / Л.А. Бессонов. – 12-е изд., исправ. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2014. – 701 с.
2. Гридин В. Н., Михайлов В. Б., Шустерман Л. Б. Численно-аналитическое моделирование радиоэлектронных схем. – М.: Наука, 2008. – 339 с.

СРАВНЕНИЕ РАСШИРЕННОГО И СОКРАЩЕННОГО УЗЛОВОГО БАЗИСА ПРИ АНАЛИЗЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

А. М. Круглов, студент гр. Рбв-21

Научный руководитель – профессор кафедры «Электроснабжение»

С. А. Курганов

Поставлена задача сравнить методы анализа активных цепей, содержащих управляемые источники, нерегулярные для метода узловых напряжений – это источник тока, управляемый током, и источники напряжения, управляемые напряжением или током (ИНУН или ИНУТ). Для анализа таких цепей используются расширенный или сокращенный узловой базис [1].

Рассмотрим схему фильтра на основе ИНУН [2] (рис. 1). Сформируем двумя методами символьное операторное выражение коэффициента передачи напряжения

$$K = \underline{U}_2 / \underline{U}_1 = \Delta_{12} / \Delta_{11}, \quad (1)$$

где Δ_{12}, Δ_{11} – алгебраические дополнения матрицы параметров схемы.

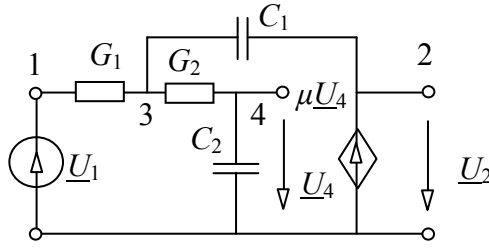


Рис. 1. Схема фильтра для построения уравнений

Расширенная матрица узловых напряжений имеет вид

$$Y = \begin{array}{c} \begin{array}{|ccccc|} \hline G_1 & 0 & -G_1 & 0 & 0 \\ \hline 0 & pC_1 & -pC_1 & 0 & 1 \\ \hline -G_1 & -pC_1 & G_1 + G_2 + pC_1 & -G_2 & 0 \\ \hline 0 & 0 & -G_2 & G_2 + pC_2 & 0 \\ \hline 0 & 1 & 0 & -\mu & 0 \\ \hline \end{array} \end{array} \quad (2)$$

Алгебраические дополнения матрицы (2) имеют вид:

$$\Delta_{11} = \begin{vmatrix} pC_1 & -pC_1 & 0 & 1 \\ -pC_1 & G_1 + G_2 + pC_1 & -G_2 & 0 \\ 0 & -G_2 & G_2 + pC_2 & 0 \\ 1 & 0 & -\mu & 0 \end{vmatrix} =$$

$$= -[-pC_1G_2\mu + (G_1 + G_2 + pC_1)(G_2 + pC_2) - G_2^2]; \quad (3)$$

$$\Delta_{12} = \begin{vmatrix} 0 & -pC_1 & 0 & 1 \\ -G_1 & G_1 + G_2 + pC_1 & -G_2 & 0 \\ 0 & -G_2 & G_2 + pC_2 & 0 \\ 0 & 0 & -\mu & 0 \end{vmatrix} = -\mu G_1 G_2. \quad (4)$$

После исключения пары равных по модулю, но противоположных по знаку слагаемых $\pm G_2^2$ из знаменателя (3) коэффициент передачи напряжения принимает вид

$$K = \frac{\mu G_1 G_2}{-pC_1 G_2 \mu + (G_1 + pC_1)(G_2 + pC_2) + G_2 pC_2}. \quad (5)$$

Сокращенная матрица параметров получается из матрицы (2) без пятой строки и пятого столбца путем замены напряжения U_2 второго столбца на произведение μU_4 и переноса этого столбца в четвертый столбец. Вторая строка

из матрицы удаляется, поскольку для зависимого узла уравнение не составляется. В результате получается матрица размером 3*3:

$$Y = \begin{bmatrix} G_1 & -G_1 & 0 \\ -G_1 & G_1 + G_2 + pC_1 & -G_2 - \mu pC_1 \\ 0 & -G_2 & G_2 + pC_2 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Алгебраическое дополнение Δ_{12} матрицы (6) совпадает с дополнением (4), если учесть смену знаков обоих дополнений. А дополнение матрицы (6)

$$\Delta_{11} = (G_1 + G_2 + pC_1)(G_2 + pC_2) - G_2(G_2 + \mu pC_1)$$

тождественно дополнению (3) и также содержит пару избыточных слагаемых.

Таким образом, сокращенная матрица позволяет уменьшить число операций при раскрытии определителей и в то же время не исключает избыточных слагаемых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сигорский В.П., Петренко А.И. Алгоритмы анализа электронных схем. – М.: Сов. Радио. – 1976. – 608 с.
2. Бондаренко А.В., Бондаренко В.В., Можар В.И., Сончик Л.И. Современные методы анализа и синтеза электрических цепей: учеб. пособие. – СПб.: СПб ГАСУ, 2008. – 216 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМЫХ НАЧАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ В ВИДЕ ДРОБНО-РАЦИОНАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ

Д. А. Мишин, студент гр. Рбзу-31

Научный руководитель – профессор кафедры «Электроснабжение»

С. А. Курганов

Дробно-рациональные функции удобны для аналитического исследования. Поэтому целесообразно рассмотреть возможность непосредственного построения функций для зависимых начальных условий, минуя промежуточные преобразования многоэтажных дробей, которые имеют место при последовательной подстановке выражений.

Пусть дана схема на рис. 1, а. Источник ЭДС – постоянный, все параметры элементов известны и заданы в виде символов. До коммутации в цепи был установившийся режим. Требуется построить символьное выражение для начального значения тока $i_2(0_+)$.

Поставленная задача, как известно, выполняется в два этапа [1]. На первом этапе находятся независимые начальные условия, а на втором – строится схема замещения при $t=0_+$ и путем ее анализа находится искомое зависимое начальное условие.

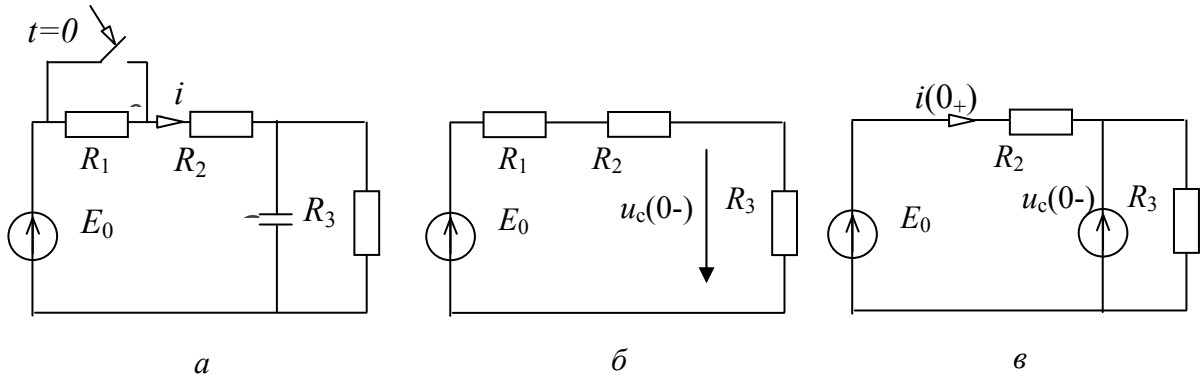


Рис. 1. Схема для примера нахождения начального условия $i(0_+)$

На рис. 1, б представим схему замещения по постоянному току для нахождения напряжения на конденсаторе до коммутации $u_c(0_-)$, а на рис. 1, в дадим схему замещения при $t=0_+$, используя закон коммутации $u_c(0_+)=u_c(0_-)$. Теперь объединим эти схемы в одну, заменив независимый источник ЭДС $E_c=u_c(0_-)$ на источник ЭДС, управляемый напряжением на конденсаторе (рис. 2). Источник ЭДС во второй схеме также заменим зависимым источником ЭДС, управляемым напряжением на входе первой схемы.

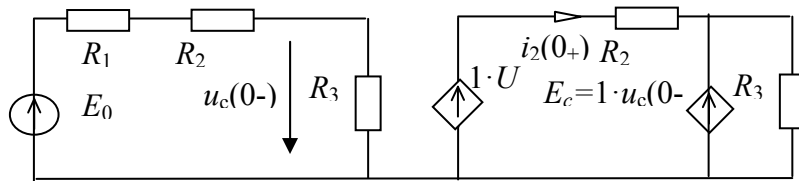


Рис. 2. Схема замещения для нахождения начального условия $i(0_+)$

По схеме на рис. 2 запишем методом схемных определителей схемно-алгебраическое выражение для искомого тока:

$$i_2(0_+) = \frac{\begin{vmatrix} \begin{array}{c} \text{Circuit with } E_0, R_1, R_2, R_3, \text{ and } U \\ \text{and dependent source } Ec=1 \cdot u_c(0_-) \end{array} \\ \text{Circuit with } R_1, R_2, R_3, \text{ and } uc(0_-) \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \text{Circuit with } R_1, R_2, R_3, \text{ and } uc(0_-) \\ \text{Circuit with } R_2, R_3, \text{ and } Ec=1 \cdot uc(0_-) \end{vmatrix}} E_n, \quad (1)$$

где норатор и нулатор представлены двойной и одинарной заштрихованной стрелкой.

Раскроем определители числителя и знаменателя (1) [2], получим следующее символьное выражение

$$i(0_{0+}) = \frac{E_0[(R_1 + R_2 + R_3)R_3 - R_3^2]}{(R_1 + R_2 + R_3)R_2} = \frac{E_0(R_1 + R_2)}{(R_1 + R_2 + R_3)R_2}. \quad (2)$$

В процессе получения окончательного выражения начального значения тока выполнено удаление пары равных по модулю, но противоположных по знаку слагаемых. В то же время в отличие от традиционного последовательного расчета двух схем предлагаемый метод расчета одной объединенной схемы не требует промежуточных преобразований многоэтажных выражений, а позволяет получить решение непосредственно в дробно-рациональном виде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для бакалавров / Л. А. Бессонов. – 12-е изд., исправ. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 701 с.
2. Курганов С. А., Филаретов В. В. Схемно-алгебраический анализ, диакоптика и диагностика линейных электрических цепей: Учебное пособие.– Ульяновск: УлГТУ, 2005.– 320 с.

АНАЛИЗ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА В СИММЕТРИЧНОЙ ТРЕХФАЗНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ С ВЗАИМОИНДУКТИВНОСТЯМИ

В. А. Тарасов, студент гр. Рбв-31

Научный руководитель – профессор кафедры «Электроснабжение»

С. А. Курганов

Требуется вывести методом схемных определителей (МСО) формулы для токов в симметричной трехфазной цепи с взаимными индуктивностями на рис. 1, а.

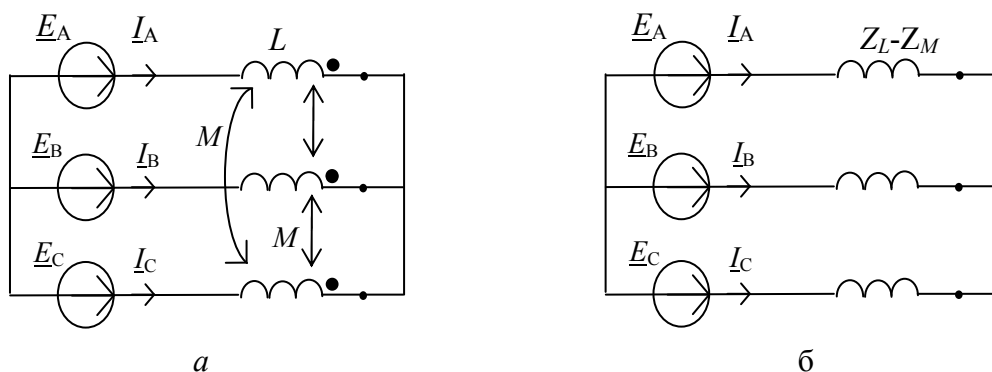


Рис.1. Исходная схема (а); эквивалентная схема без взаимных индуктивностей (б)

Перейдем к эквивалентной схеме без взаимных индуктивностей (рис. 1, б) [1]. Эквивалентное комплексное сопротивление ветвей запишем как $Z_L - Z_M$.

В схемно-алгебраической формуле (1) для тока в ветви A_0 по МСО [2] одинарной и двойной заштрихованной стрелкой обозначены нуллятор и

норатор соответственно. Знаменатель (1) получен из исходной схемы путем приравнивания к нулю параметров источников ЭДС. Числитель получен по принципу наложения, в каждой схеме числителя норатор заменяет источник, а нуллятор приемник тока.

$$\underline{I}_A = \frac{\begin{vmatrix} \left[\begin{array}{c} \left[\begin{array}{c} \left[\begin{array}{c} \leftarrow \leftarrow \\ \rightarrow \end{array} \right] \\ \rightarrow \\ \rightarrow \end{array} \right] \\ \rightarrow \\ \rightarrow \end{array} \right] \\ \rightarrow \\ \rightarrow \end{array} \right] \\ \rightarrow \\ \rightarrow \end{array} \right] \quad \underline{E}_{A+M} \quad \begin{vmatrix} \left[\begin{array}{c} \left[\begin{array}{c} \left[\begin{array}{c} \rightarrow \\ \leftarrow \leftarrow \\ \rightarrow \end{array} \right] \\ \rightarrow \\ \rightarrow \end{array} \right] \\ \rightarrow \\ \rightarrow \end{array} \right] \\ \rightarrow \\ \rightarrow \end{array} \right] \quad \underline{E}_{B+} \quad \begin{vmatrix} \left[\begin{array}{c} \left[\begin{array}{c} \left[\begin{array}{c} \rightarrow \\ \rightarrow \\ \leftarrow \leftarrow \end{array} \right] \\ \rightarrow \\ \rightarrow \end{array} \right] \\ \rightarrow \\ \rightarrow \end{array} \right] \\ \rightarrow \\ \rightarrow \end{array} \right] \quad \underline{E}_C \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \left[\begin{array}{c} \left[\begin{array}{c} \left[\begin{array}{c} \rightarrow \\ \rightarrow \\ \rightarrow \end{array} \right] \\ \rightarrow \\ \rightarrow \end{array} \right] \\ \rightarrow \\ \rightarrow \end{array} \right] \\ \rightarrow \\ \rightarrow \end{array} \right]} \quad . \quad (1)$$

Раскрываем схемные определители в (1), получаем символическое выражение

$$\underline{I}_A = \frac{(2Z_L - 2Z_M)E_A - (Z_L - Z_M)E_B - (Z_L - Z_M)E_C}{2(Z_L - Z_M)(Z_L - Z_M) + (Z_L - Z_M)(Z_L - Z_M)} \quad . \quad (2)$$

При раскрытии определителей в (1) использовались операции и формулы: удаления последовательного встречного соединения норатора и нуллятора; для определителя контура из сопротивлений; деления определителя по одному узлу; для определителя разомкнутого сопротивления; стягивания сопротивления, последовательного с норатором или нуллатером; выделения сопротивления, параллельного норатору или нуллатеру; для параллельного встречного соединения норатора и нуллятора; выделения сопротивления.

Упростим выражение (2):

$$\underline{I}_A = \frac{(Z_L - Z_M)(2E_A - E_B - E_C)}{3(Z_L - Z_M)^2} = \frac{E_A(2 - a^2 - a)}{3(Z_L - Z_M)} = \frac{E_A(2 - a^2 - a - 1 + 1)}{3(Z_L - Z_M)}, \quad (3)$$

где оператор $a = \exp(j2\pi/3)$.

Учитывая, что $a^2 + a + 1 = 0$, запишем окончательное выражение для искомого тока

$$\underline{I}_A = \frac{E_A}{(Z_L - Z_M)}. \quad (4)$$

Для тока в нагрузках B и C схемно-алгебраические выражения получаются аналогично (1). Разница состоит в том, что нуллятор должен находиться в ветвях B и C соответственно. В результате выражения для токов получаются аналогичными

$$\underline{I}_B = \frac{E_B}{(Z_L - Z_M)} \quad \text{и} \quad \underline{I}_C = \frac{E_C}{(Z_L - Z_M)}. \quad (5)$$

Вывод. Полученные выражения (4) и (5) повторяют формулы [1], в то же время они получены без составления уравнений трехфазной цепи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для бакалавров / Л. А. Бессонов. – 12-е изд., исправ. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 701 с.
2. Курганов С. А., Филаретов В. В. Схемно-алгебраический анализ, диакоптика и диагностика линейных электрических цепей: Учебное пособие.– Ульяновск: УлГТУ, 2005.– 320 с.

АНАЛИЗ МАГНИТНОЙ ЦЕПИ ТРЕХФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Н. А. Шаммари, М. А. Ахмед, магистранты гр. ЭЭМД-21
 Научный руководитель – доцент кафедры «Электроснабжение»
Е. Н. Меньшов

Анализ необходим для расчета максимальных значений напряженности магнитного поля в каждом стержне магнитопровода.

Магнитная цепь трехфазного трансформатора представлена на рис. 2.1.

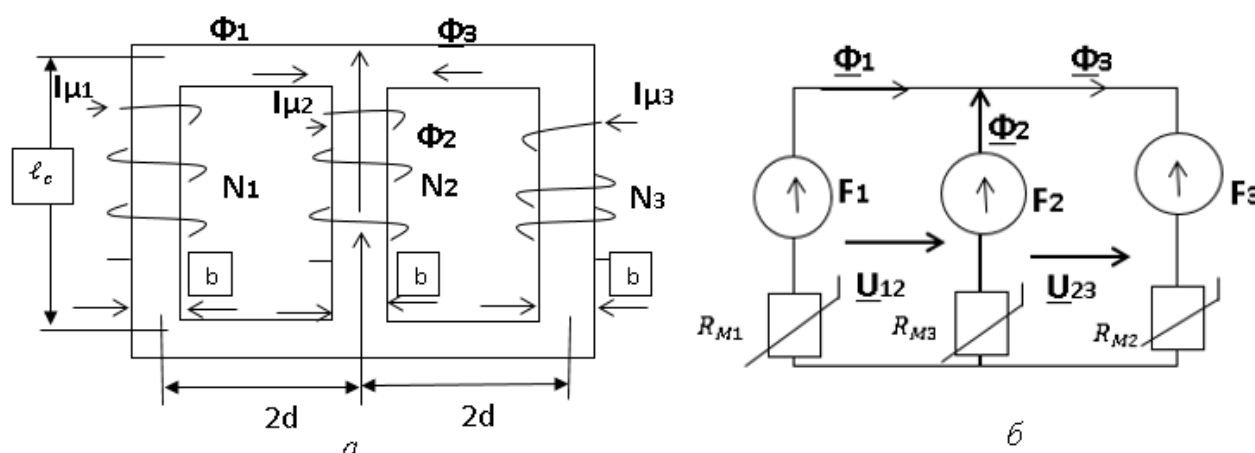


Рис. 2.1. Магнитная цепь трехфазного трансформатора:
 а – магнитная цепь; б – схема замещения магнитной цепи: $\underline{F1}$, $\underline{F2}$, $\underline{F3}$ – МДС;
 $\underline{\Phi1}$, $\underline{\Phi2}$, $\underline{\Phi3}$ – магнитные потоки; I_{μ} – токи намагничивания; b – ширина магнитопровода;
 a – толщина магнит провода; R_{M1} , R_{M2} , R_{M3} – магнитные сопротивления участков магнитопровода

Пусть токи намагничивания $I_{\mu k}$ симметричны. Обозначим их как токи холостого хода \underline{I}_{xk} ($k = 1, 2, 3$). Комплексные действующие значения этих токов представлены ниже, приняв начальную фазу \underline{I}_{x1} за начало отсчета:

$$\underline{I}_{x1} = I_x e^{j0} = I_x; \quad \underline{I}_{x2} = I_x e^{-j120^\circ}; \quad \underline{I}_{x3} = I_x e^{j120^\circ} \quad (1)$$

Соответствующие МДС принимают вид:

$$\underline{F1} = N_1 \underline{I}_{x1}; \quad \underline{F2} = N_1 \underline{I}_{x2}; \quad \underline{F3} = N_1 \underline{I}_{x3} \quad (2)$$

А линейные магнитные напряжения соответственно равны:

$$\underline{U}_{M12} = \sqrt{3}N_1 I_x e^{+j30^\circ}; \quad \underline{U}_{M23} = \sqrt{3}N_1 I_x e^{-j90^\circ} \quad (3)$$

Полная система уравнений Кирхгофа для магнитной цепи, изображенной на рис.1, б, примет следующий вид [1]:

$$\underline{\Phi}_1 + \underline{\Phi}_2 + \underline{\Phi}_3 = 0; \quad (4)$$

$$\underline{H}_1 l_{c1} - \underline{H}_2 l_{c2} = \underline{F}_1 - \underline{F}_2 = \underline{U}_{M12}; \quad (5)$$

$$\underline{H}_3 l_{c3} - \underline{H}_2 l_{c2} = \underline{F}_3 - \underline{F}_2 = -\underline{U}_{M23}, \quad (6)$$

где \underline{H}_1 , \underline{H}_2 , \underline{H}_3 – комплексные действующие значения напряженности магнитного поля.

Согласно рис.2.1, а соответствующие длины участков магнитопровода выражаются через геометрические размеры магнитопровода:

$$l_{c1} = l_{c3} = \ell_c + 4d + b; \quad l_{c2} = \ell_c + b;$$

Пусть площадь сечения магнитопровода на всех участках одинаковая и равна $S_c = ab$, то магнитные индукции равны:

$$\underline{B}_1 = \frac{\underline{\Phi}_1}{S_c}; \quad \underline{B}_2 = \frac{\underline{\Phi}_2}{S_c}; \quad \underline{B}_3 = \frac{\underline{\Phi}_3}{S_c}; \quad (7)$$

Из однородности магнитных свойств на всех участках магнитопровода примем условие, что:

$$H_k = \frac{B_k}{\mu_0 \mu_c(H_k)}, \quad (8)$$

где $k = 1, 2, 3$; $\mu_c(H_k)$ относительная магнитная проницаемость ферромагнитного материала магнитопровода при заданном значении H_k .

Заменим уравнение (4) приближенным уравнением

$$\underline{H}_1 + \underline{H}_2 + \underline{H}_3 \approx 0.$$

Решаем систему уравнений (5), (6) и (8) методом Крамера с учетом выражений (3), получим:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ l_{c1} & -l_{c2} & 0 \\ 0 & -l_{c2} & l_{c3} \end{vmatrix}; \quad \Delta_1 = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 \\ \sqrt{3}N_1 I_x e^{j30^\circ} & -l_{c2} & 0 \\ \sqrt{3}N_1 I_x e^{-j90^\circ} & -l_{c2} & l_{c3} \end{vmatrix};$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ l_{c1} & \sqrt{3}N_1 I_x e^{j30^\circ} & 0 \\ 0 & \sqrt{3}N_1 I_x e^{-j90^\circ} & l_{c3} \end{vmatrix}; \quad \Delta_3 = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ l_{c1} & -l_{c2} & \sqrt{3}N_1 I_x e^{j30^\circ} \\ 0 & -l_{c2} & \sqrt{3}N_1 I_x e^{-j90^\circ} \end{vmatrix};$$

$$\underline{H}_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{\sqrt{3}N_1 I_x \sqrt{3l_{c2}^2 + 3l_{c1}l_{c2} + l_{c3}^2}}{l_{c1}(2l_{c2} + l_{c1})} e^{j[\pi - \arctg \frac{(3l_{c2} + l_{c3})}{\sqrt{3}(l_{c2} + l_{c3})}]}; \quad (9)$$

$$\underline{H}_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{\sqrt{3}N_1 I_x \sqrt{3l_{c2}^2 + 3l_{c3}l_{c2} + l_{c3}^2}}{l_{c1}(2l_{c2} + l_{c1})} e^{j \arctg \left[\frac{(3l_{c2} + l_{c3})}{\sqrt{3}(l_{c2} + l_{c3})} \right]}; \quad (10)$$

$$\underline{H}_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{\sqrt{3}N_1 I_x}{(2l_{c2} + l_{c1})} e^{j150^\circ}. \quad (11)$$

Полученные выражения (9) – (11) связывают значения тока намагничивания I_x с амплитудой напряженности магнитного поля H_m .

$$H_m = \frac{\sqrt{6}N_1}{(2lc_2+lc_1)} I_x. \quad (12)$$

Значение H_m выбирается по характеристике намагничивания $B(H)$, при этом максимальное значение H_M на характеристике намагничивания должно соответствовать амплитудному значению H_m :

$$H_m = H_M \quad (13)$$

Значение H_M выбираем на точке перегиба нелинейной зависимости $B(H)$ по рис. 2.2 [2], которой будет соответствовать максимальное значение магнитной индукции $B_M = 1.5$ Тл при $H_M = 40$ А/м.

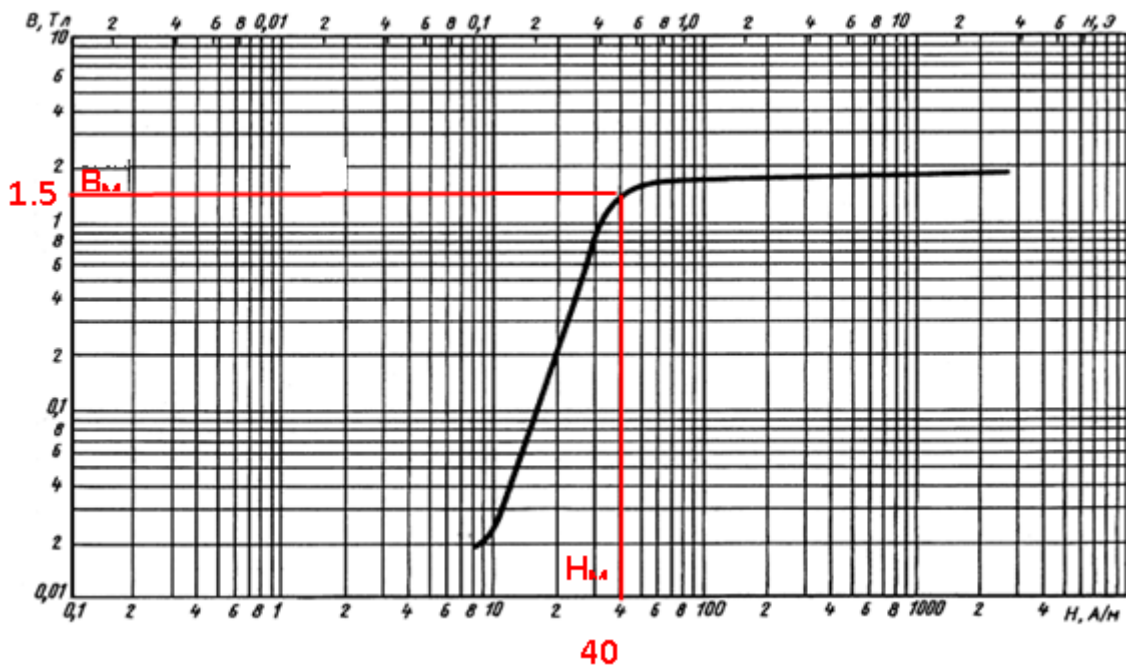


Рис. 2. Кривая намагничивания стали 3425 (Э360АА), толщиной 0.05 мм, [2]

Удельные потери энергии в магнитопроводе определяем по рис. 3 из [2], которые при частоте тока 50 Гц равны $p_{уд} = 3,62 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$.

Площадь сечения стержней магнитопровода определим по известному выражению:

$$S_c = \frac{U_1}{\sqrt{6}\pi f N_1 B_M} \quad (14)$$

где f – частота переменного тока, U_1 – действующее значение напряжения, подводимое к первичной обмотке.

Заметим, что ток намагничивания I_x выбирается равным

$$I_x = (0,003 - 0,03) I_{1ном}. \quad (15)$$

Номинальный ток $I_{1ном}$ определим из номинальной мощности трансформатора $S_{ном} = U_1 I_{1ном}$, поэтому

$$I_{1\text{ном}} = S_{\text{ном}}/U_1. \quad (16)$$

Габаритные размеры трансформатора оцениваются из условия размещения вторичных и первичных обмоток на магнитопроводе.

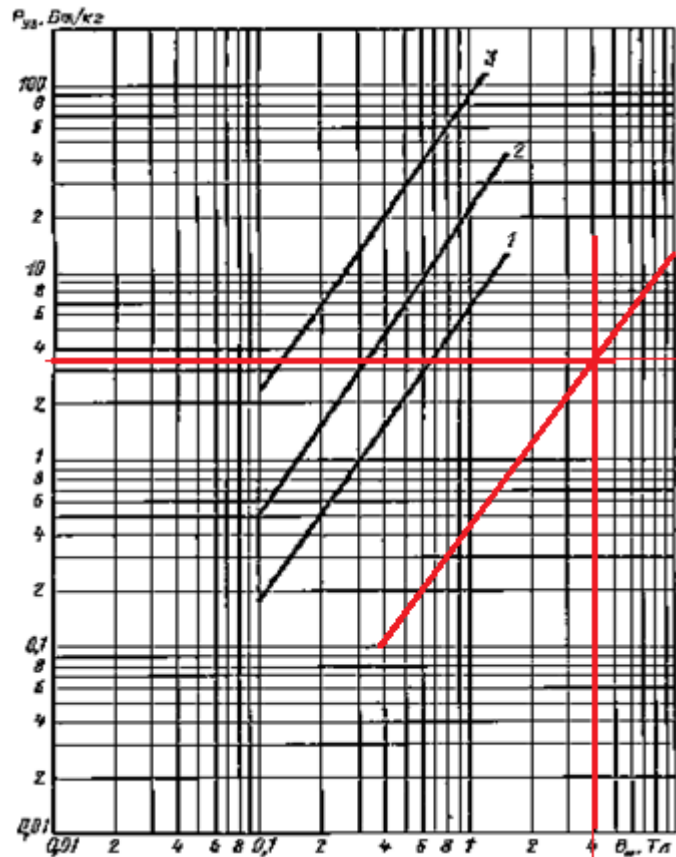


Рис. 3. Зависимость удельных потерь от индукции для стали марки 3425 (Э360АА) при частоте: 1 - 400 Гц; 2 - 1000 Гц; 3 - 3000 Гц; 4- 50 Гц, [2]

Подставляя $I_{1\text{ном}}$ из (15) – (16) и далее из выражения (12) с учетом (13) проводится оценка числа витков первичной обмотки N_1 . Число витков вторичной обмотки определяется из (17)

$$N_2 = N_1 U_2 / U_1 \quad (17)$$

Конструкция обмоток – это площади сечений проводов, число слоёв, толщины межслойных и межобмоточных изоляций определяются в итерационных циклах, исходя из необходимого условия, чтобы средняя температура перегрева обмоток $\tau_{\text{об}}$, не превышала допустимой температуры $\tau_{\text{доп}}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: Учебник. – 11-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2013. – 701 с.
2. ГОСТ 21427.4-78. – С.13-17.

ТЕПЛОВАЯ СХЕМА ВЕНТИЛЯЦИОННОГО КАНАЛА ДЛЯ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРА

М. А. Ахмед, Н. А. Шаммари, магистранты гр. ЭЭмд-21
Научный руководитель – доцент кафедры «Электроснабжение»
Е. Н. Меньшов

Пусть через воздушный канал между двумя широкими стенками проходит со скоростью v_B воздушный поток (рис. 1, а), который забирает в единицу времени тепловую энергию $Q_{об}$, подводимую противоположными нагретыми стенками соответственно Q_1 и Q_2 , Вт.

Размер канала $d_B \leq \sqrt{S_c}$, где S_c – площадь стенок, поэтому свободной конвекцией пренебрегаем, и будем учитывать только принудительный воздушный поток.

Воспользуемся формулой расчета вентилятора для учета количества тепловой мощности, переносимой потоком воздуха при разности температуры между приточной воздушной средой и комнатной ($\tau = T_k - T_{cp}$):

$$Q_B = V_v \rho_B C_B \tau, \quad (1)$$

где ρ_B – плотность воздуха, кг/м³; C_B – теплоёмкость воздуха Дж/кг⁰С; V_v – производительность вентилятора, м³/с.

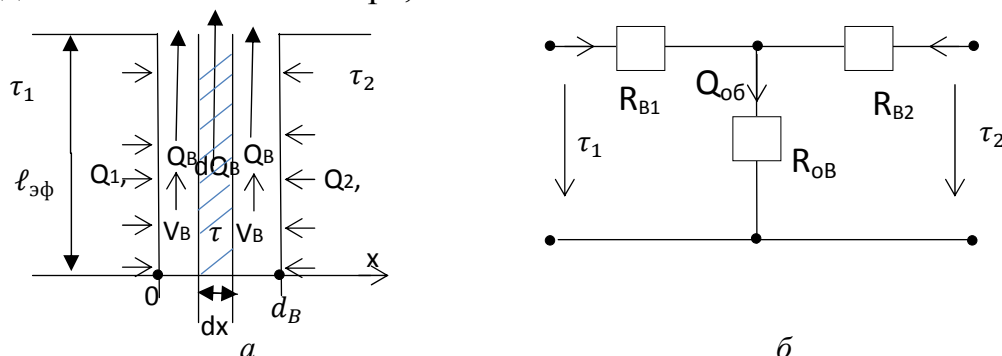


Рис.1. Принудительное охлаждение через вентиляционный канал толщиной d_B между двумя нагретыми стенками ($Q_1, \tau_1; Q_2, \tau_2$) – (а) и тепловая схема этого процесса – (б)

В бесконечно тонком воздушном слое dx с перепадом температуры $\tau = T(x) - T_{cp}$ производительность переноса потока выразим через скорость $dN_v = \rho_{cp} V_B$, где $P_{эф}$ – эффективный периметр воздушного слоя, который связан с площадью стенки $S_э$.

Например, если стенка круглая, то $P_{эф} = 2\sqrt{S_c}/\pi$; если стенка квадратная со стороной $l_{эф}$, то $P_{эф} = 4l_{эф} = 4\sqrt{S_c}$.

Уравнение баланса теплового потока с учетом того, что тепловая мощность воздушного потока Q_B это обменная мощность $Q_{об}$, примет вид:

$$Q_{об} = Q_1 + Q_2, \quad (2)$$

а стационарное уравнение теплопроводности (без внутреннего источника энергии) примет вид: [1]

$$\frac{d^2\tau}{dx^2} - \frac{\rho_B C_B v_B P_{эф}}{\lambda_B S_C} \tau = 0. \quad (3)$$

Общее решение уравнения (3) имеет вид :

$$\tau = C_1 e^{-\lambda_B x} + C_2 e^{\lambda_B x}, \quad (4)$$

$$\lambda_B = \sqrt{\frac{\rho_B C_B v_B P_{эф}}{\lambda_B S_C}}, \quad (5)$$

где λ_B – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/м °С.

Постоянные интегрирования определим из граничных условий

$$\begin{aligned} x=0; \quad Q_1 &= \lambda S_1 \left. \frac{d\tau}{dx} \right|_{x=0}; \\ x = d_B, \quad Q_2 &= -\lambda S_2 \left. \frac{d\tau}{dx} \right|_{x=2d}, \end{aligned}$$

которые примут следующий вид:

$$C_1 = \frac{[Q_2 + Q_1 e^{v_B d_B}]}{(v_B \lambda_B S_C)(e^{v_B d_B} - e^{-v_B d_B})}; \quad C_2 = \frac{[Q_2 + Q_1 e^{-v_B d_B}]}{(v_B \lambda_B S_C)(e^{v_B d_B} - e^{-v_B d_B})}; \quad (6)$$

Решению (4) – (6), соответствует тепловая схема на рис. 1, б, в которой параметры элементов определим из уравнений Кирхгофа, составленных для этой схемы:

$$Q_1 R_{э1} + Q_{об} R_{об} = \tau_1; \quad (7)$$

$$Q_2 R_{э2} + Q_{об} R_{об} = \tau_2; \quad (8)$$

По выражению (4) сначала вычислим температуры τ_1 и τ_2 , соответственно:

$$\tau_1 = \frac{2(Q_1 + Q_2)}{(v_B \lambda_B S_C)(e^{v_B d_B} - e^{-v_B d_B})} + \frac{Q_1 [e^{v_B d_B} + e^{-v_B d_B} - 2]}{(v_B \lambda_B S_C)(e^{v_B d_B} - e^{-v_B d_B})}, \quad (9)$$

$$\tau_2 = \frac{2(Q_1 + Q_2)}{(v_B \lambda_B S_C)(e^{v_B d_B} - e^{-v_B d_B})} + \frac{Q_2 [e^{v_B d_B} + e^{-v_B d_B} - 2]}{(v_B \lambda_B S_C)(e^{v_B d_B} - e^{-v_B d_B})}. \quad (10)$$

Сопоставляя (9) и (10) с (7) и (8) и с учетом (1) и (2), получим:

$$\text{– сопротивление теплоотдачи} \quad R_{об} = \frac{2}{(v_B \lambda_B S_C)(e^{v_B d_B} - e^{-v_B d_B})}; \quad (11)$$

$$\text{– сопротивления теплопроводности} \quad R_{B1} = R_{B2} = \frac{(e^{v_B d_B} + e^{-v_B d_B} - 2)}{(v_B \lambda_B S_C)(e^{v_B d_B} - e^{-v_B d_B})}. \quad (12)$$

Заметим, что при отсутствии воздушного потока $v_B \rightarrow 0$, то $R_{об} \rightarrow \infty$ (так как охлаждением свободной конвекцией пренебрегли), а $R_{B10} = R_{B20} = \frac{d_B}{2\lambda_B S_C}$. При этом между нагретыми стенками будет иметь место процесс теплопередачи с тепловым сопротивлением $R_B = 2R_{B10}$.

Полученная нами тепловая схема предназначена для использования в расчетах теплового режима силовых сухих трансформаторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Синтезирование тепловой схемы трехфазного силового трансформатора/ М. А. Ахмед, Е. Н. Меньшов, Н. А. Шаммари/ / Моделирование и анализ сложных технических и технологических систем: сб. ст. по итогам Межд. науч.-практ. конф. (Самара, 04 марта 2018 г.). – Стерлитамак: АМИ, 2018. – С. 8-12.

МАГНИТОМЕТР НА ПЛАТФОРМЕ ARDUINO

Д. А. Винокуров, Д. В. Кавелидзе, студенты гр. Эбд-32

Научный руководитель – доцент кафедры «Электроснабжение»

Е. Н. Меньшов

Научным руководителем были поставлены задачи, сконструировать устройство для измерения магнитного поля земли, провести измерения распределения напряженности магнитного поля постоянного магнита и сопоставить с результатами расчета и измерения.

Магнитометр – прибор для измерения характеристик магнитного поля и магнитных свойств веществ

Было принято решение об изготовлении прибора на платформе Arduino. Это торговая марка аппаратно-программных средств для построения простых систем автоматики и робототехники, ориентированная на непрофессиональных пользователей. Программная часть состоит из бесплатной программной оболочки для написания программ, их компиляции и программирования аппаратуры. Аппаратная часть представляет собой набор смонтированных печатных плат, продающихся как официальным производителем, так и сторонними производителями

Описание устройства:

Корпус прибора был сделан из распределительной коробки и имеет размеры 65x65x40. На поверхности корпуса расположен дисплей WH1602QAPASS, произведенный компанией Winstar, и 3-х осевой цифровой магнитометр HMC5883L, произведенный компанией Honeywell Microelectronics & Precision Sensors. Внутри корпуса находится плата Arduino nano с выходом USB для подключения устройств и питания. Данная плата объединяет магнитометр с дисплеем в единую систему. Магнитометр собирает данные о магнитном поле и по средствам проводов передает их на главную плату.

Для вывода результирующего вектора на ось координат было использовано дополнительное программное обеспечение – MagViewer. Это программа для 3D моделирования любых систем, разработанная на платформе Unity3D. Данная программа получает данные с нашего устройства (Значение и направление 3-х векторов) и откладывает на координатной плоскости точки, характеризующие значение и направление результирующего вектора

Основой нашего устройства является плата Arduino nano, которая связывает магнитометр с дисплеем и выполняет основные вычислительные функции. Программа, прописанная на плате, программирует сам магнитометр и задает параметры дисплею, считывает данные с магнитометра, пересчитывает и выводит на дисплей в виде 4-х значений.

Программа, содержащаяся на плате Arduino nano:

```
#include "Wire.h"  
#include <LiquidCrystal.h>  
#define addr 0x1E //I2C Address for The HMC5883  
#define ConfigurationRegisterB 0x01
```

```

#define ErrorCode_1 "Entered scale was not valid, valid gauss values are: 0.88,
1.3, 1.9, 2.5, 4.0, 4.7, 5.6, 8.1"
#define ErrorCode_1_Num 1
LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2); // (RS, E, DB4, DB5, DB6, DB7)
int x, y, z;
float xv, yv, zv;
float m_Scale;
float x_uT, y_uT, z_uT;
double uT;
void setup()
{  lcd.begin(16, 2);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Magnetometer 1.0");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("loading...");
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  setupHMC5883L(); }
void loop()
{  getHeading();
  Serial.flush();
  Serial.print(x_uT,2);
  Serial.print(",");
  Serial.print(y_uT,2);
  Serial.print(",");
  Serial.print(z_uT,2);
  Serial.println();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Abs H:    uT");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("x: |y: |z: uT");
  lcd.setCursor(8, 0);
  lcd.print(uT,2);
  PrintValueByTheRight2(3,1,x_uT);
  PrintValueByTheRight2(8,1,y_uT);
  PrintValueByTheRight2(13,1,z_uT);
  delay(200); // пауза 200мкс или 0,2с }
void PrintValueByTheRight2(byte Cursor, byte Line, int Data)
{  if (Data < 10) {  if (Data < 0) {  if (Data < -9) Cursor = Cursor - 2;
  else Cursor = Cursor - 1;  }
  else Cursor = Cursor;
  if (Data > 10) {  lcd.setCursor(Cursor-1, Line);
  lcd.print(" ");  } }
else Cursor = Cursor - 1;

```

```

    lcd.setCursor(Cursor, Line);
    lcd.print(Data);}
void setupHMC5883L()
{  Wire.begin();
   HMC5883L_SetScale(8.1);
   HMC5883L_Write(0x02, 0x00);}
int HMC5883L_SetScale(float gauss)
{  uint8_t regValue = 0x00;
   if(gauss == 0.88)
   {  regValue = 0x00;
      m_Scale = 0.73; }
   else if(gauss == 1.3)
   {  regValue = 0x01;
      m_Scale = 0.92; }
   else if(gauss == 1.9)
   {  regValue = 0x02;
      m_Scale = 1.22;}
   else if(gauss == 2.5)
   {  regValue = 0x03;
      m_Scale = 1.52;}
   else if(gauss == 4.0)
   {  regValue = 0x04;
      m_Scale = 2.27; }
   else if(gauss == 4.7)
   {  regValue = 0x05;
      m_Scale = 2.56; }
   else if(gauss == 5.6)
   {  regValue = 0x06;
      m_Scale = 3.03; }
   else if(gauss == 8.1)
   {  regValue = 0x07;
      m_Scale = 4.35; }
   else
   return ErrorCode_1_Num;
   // Setting is in the top 3 bits of the register.
   regValue = regValue << 5;
   HMC5883L_Write(ConfigurationRegisterB, regValue);}
void HMC5883L_Write(int address, int data)
{  Wire.beginTransmission(addr);
   Wire.write(address);
   Wire.write(data);
   Wire.endTransmission();}
void getHeading()
{  Wire.beginTransmission(addr);

```

```

Wire.write(0x03); //start with register 3.
Wire.endTransmission();
//Read the data.. 2 bytes for each axis.. 6 total bytes
Wire.requestFrom(addr, 6);
if (6 <= Wire.available() )
{  x = Wire.read()<<8; //MSB x
  x |= Wire.read(); //LSB x
  x_uT = x*10/23;
  z = Wire.read()<<8; //MSB z
  z |= Wire.read(); //LSB z
  z_uT = z*10/23;
  y = Wire.read()<<8; //MSB y
  y |= Wire.read(); //LSB y
  y_uT = y*10/23; }
uT = sqrt(pow(x_uT,2)+pow(y_uT,2)+pow(z_uT,2));}

```

ЛИТЕРАТУРА

1. Магнитометр URL: <http://novotest.ua/stati/kak-rabotaet-magnitometr.html>
(дата обращения 10.01.2018) 2.3-х осевой цифровой магнитометр
HMC5883LURL: http://avrproject.ru/compass/HMC5883L_3-Axis_Digital_Compass.pdf (дата обращения 10.01.2018).

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТОВОЛОКНА ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Д. А. Воронин, студент ОГБПОУ «Ульяновский электромеханический колледж»

Научный руководитель – преподаватель ОГБПОУ «Ульяновский электромеханический колледж» **С. И. Королева**

Сегодня самым популярным видом телекоммуникационных соединений является интернет. Для такого соединения нужен качественный и сильный сигнал. Это можно обеспечить с помощью кабеля. В последнее время стали часто использовать особый тип кабеля, который изготавливается с использованием оптического волокна. Такой метод позволяет достичь максимальной скорости передачи сигнала без потери качества и силы.

Оптическое волокно состоит из множества слоев. В самом центре расположен силовой элемент, вокруг которого обвивается оптическое волокно. Между отдельными слоями имеются защитные оболочки, позволяющие сохранить внутренности кабеля от влаги и других условий. Также в состав оптического кабеля включена стальная проволока, которая применяется для создания прочной основы.

Фундаментальным принципом, лежащим в основе связи посредством оптических волокон, является прохождение электромагнитной энергии по

стеклянной трубке, как по туннелю от передатчика к приемнику. Стеклянная трубка действует подобно трубопроводу, передающему всю электромагнитную энергию из одной точки в другую. Электромагнитная энергия, используемая в этой системе передачи, располагается в зоне электромагнитного спектра, близкой к диапазону видимого света. Поэтому стекло является идеальной средой для передачи этой электромагнитной энергии, ибо свет проходит сквозь стекло с низким уровнем ослабления.

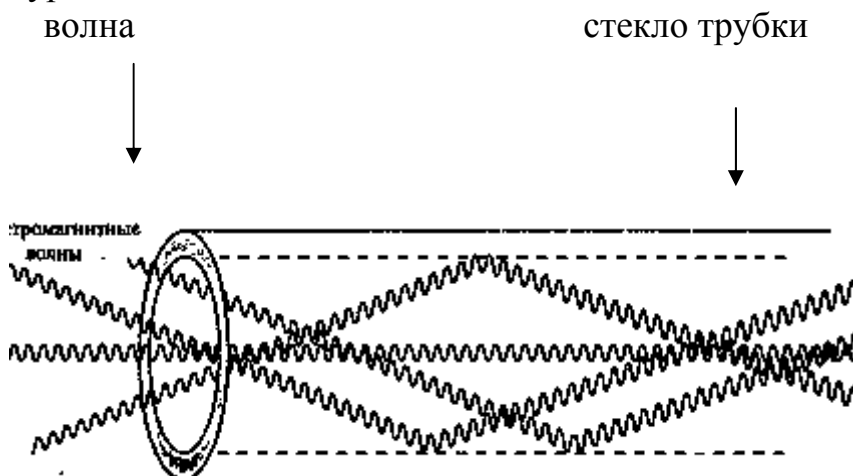


Рис. 1. Образец оптоволоконного кабеля

Перечень материалов, из которых состоит подводный кабель:

- верхняя оболочка – полиэтилен;
- далее идет покрытие из майлара;
- стальные провода с многожильной структурой;
- водостойкая защита из алюминия;
- оболочка из поликарбоната;
- трубка из алюминия или меди;
- вазелиновая смазка; и, наконец,
- оптические волокна.

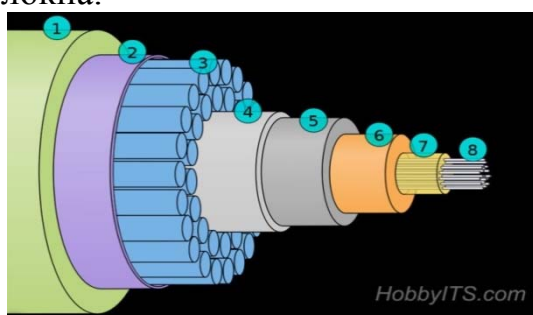


Рис. 2. Строение оптоволоконного кабеля

DSL (англ. Digitalsubscriberline, цифровая абонентская линия), технологии DSL позволяют передавать данные со скоростями, значительно превышающими те скорости, которые доступны даже лучшим аналоговым и цифровым модемам.

PON (аббр. от англ. Passiveopticalnetwork, пассивная оптическая сеть) – технология пассивных оптических сетей. Распределительная сеть доступа PON

основана на древовидной волоконно-кабельной архитектуре с пассивными оптическими разветвителями на узлах, представляет экономичный способ обеспечить широкополосную передачу информации. Проанализировав источники информации, можно данные о достоинствах и недостатках кабелей медного и оптоволоконного свести в таблицу 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ медного и оптоволоконного кабелей.

Объекты сравнения	Медный кабель(DSL)	Оптоволоконный кабель(PON)
Полоса пропускания	1Гбит/с.	до 20 Тбит/с.
Качество передачи информации	среднее	высокое
Безопасность передачи данных	Низкая	Высокая
Помехи от электромагнитных и радиочастотных волн	реагирует	не реагирует
Расстояние передачи	25 км	300-400 км
Размер и вес	от 800 кг/км	240 кг/км
Влияние на окружающую среду (электромагнитное воздействие)	Есть	Нет
Абонентская плата на скорости 64 Кбит/с	650-1500 руб.	350-750 руб.
Стоимость работ по подключению	Не высокая	Высокая

Правительство Ульяновской области уже имеет успешный опыт реализации совместного с ОАО «Ростелеком» проекта по строительству волоконно-оптической линии связи до села Красноборск. Перечисленные преимущества оптоволоконных систем связи рожают уверенность, что в ближайшие годы весь Интернет в развитых странах станет оптоволоконным и доступным для жителей любого населенного пункта. В России свой вклад в это вносит компания «Асарта». Но недостатком является то, что сегодня оптическое волокно в РФ не производится и полностью импортируется из-за рубежа – в основном из США и Японии. Завод компании «Оптиковолокonné Системы» был открыт в Саранске 25 сентября 2015 году. Это первый в нашей стране завод по производству российского оптического волокна.

Оптоволоконно имеет большой потенциал использования в эндоскопах, рентгеновские аппараты, гироскопах, гидролокационных приборах, в распределительных устройствах электроподстанций в качестве датчика системы защиты.

Обширно оптические волокна используют в разного рода измерительных системах, где невозможно применять традиционные электроприборы. Например, в системах измерения температуры в реактивных двигателях самолета, в аппаратах МРТ (томографические медицинские аппараты для

исследования внутренних органов, в том числе головного мозга) и др. Датчики на основе оптических волокон могут измерять частоту вибраций, вращения, смещения, скорость и ускорение, вращающий момент, скручивание и другие параметры.

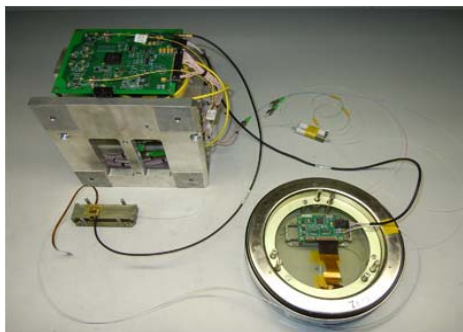


Рис. 3. Гироскоп



Рис. 4. Цифровая подстанция

Волокно надо активнее использовать в декоративных целях, как украшение праздников, в искусстве и рекламе, в освещении зданий.



Рис. 5. Использование оптоволоконна в декоративных целях

В энергетике необходимо расширять применение цифровых подстанций (рис. 4), на которых устанавливается интеллектуальное вторичное оборудование, работающее по единым протоколам обмена цифровыми данными, описанным международными стандартами. В частности, на ней могут быть установлены высоковольтные цифровые волоконно-оптические измерительные преобразователи тока и напряжения, многофункциональные интеллектуальные электронные устройства (ИЭУ), в том числе: терминалы защиты, измерений, учета и управления. Передача данных измерений, обмен дискретными сигналами и сбор данных в систему диспетчерского управления производятся по цифровым протоколам обмена данными – SV, GOOSE, MMS – описанными в международном стандарте МЭК 61850. Создание цифровых подстанций позволяет избавиться от большого количества контрольных кабелей, которые традиционно прокладываются на энергообъектах. За счет этого удастся достичь более высокой надежности передачи данных, а также упростить сбор и обработку информации на объекте. Цифровая подстанция является важнейшим элементом создаваемых интеллектуальных электрических сетей.

Несмотря на то, что сейчас ADSL и оптоволоконные сети еще могут конкурировать друг с другом, будущее, несомненно, за оптоволоконном.

В результате анализа положения в мире, стране и нашем городе, предлагается:

1. открыть производство оптоволокна в Ульяновской области. Для этого необходимы инвестиции крупных компаний;

2. шире и быстрее развивать строительство волоконно-оптических линий связи ВОЛС в городе и пригороде. Так широкое применение ВОЛС устраним цифровое неравенство в сельской местности, в поселках с численностью от 250 до 500 человек. Это повлечет за собой пересмотр условий экономической окупаемости строительства ВОЛС на территориях, где проживает свыше 500 граждан: сокращение маршрута прокладки кабеля, уменьшение последующего объема капитальных вложений при строительстве.

Все это даст Ульяновской области: экономическое развитие, возможность создания научно-образовательных центров и университетов, высокотехнологичных компаний, создаст дополнительные высокооплачиваемые рабочие места, а регион будет превращаться в регион цифровых технологий, креативных инфраструктур и комфортное проживание в городской и сельской местности.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://mosaica.ru/actual/2014/07/22/535#hcq=W4TdRNq>).
2. <http://mosaica.ru/actual/2014/07/22/535>.
3. <http://izmer-ls.ru/w/v03.html>.
4. <https://asarta.ru/information/benefits-optic-internet/>.
5. <http://ulyanovsk.mts-telecom.ru/internet/>.
6. <https://sdelanounas.ru/blogs/90806/#cut>.
7. <https://sdelanounas.ru/blogs/11647/#cut>.

ПРИМЕНЕНИЕ ИКТ КАК СРЕДСТВА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В УЧЕБНОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Р. Абдулхаков, Л. Курушин, студенты гр.ЭО31 ОГБПОУ УЭМК

Научные руководители – преподаватели ОГБПОУ УЭМК

С. И. Королева, А. Я. Неутолимов

На рынке САПР существует большое количество программных продуктов, позволяющих выполнять различные функции. Часть из них позволяет производить от 3D – моделирования внутреннего пространства, до расчета различных параметров. К ним можно отнести программные продукты: Relux от Шведской компании, Компас V16.1 с конфигурацией электрик, DIALux.

Одним из таких продуктов является программа DIALuxevo немецкой компании DIAL GmbH. Программа DIALuxevo – это современный продукт,

предназначенный для проектирования, расчета и визуализации освещения. Программа DIALuxevo дает возможность проектировать здание с возможностью создавать не просто «коробки», но и полноценные квартиры, склады, мастерские и другие виды помещений. Также можно выполнить расчет освещения, теней и отражений от множества поверхностей, быстро и просто спланировать расположение источников света и подобрать их модели. На сегодняшний момент реализованы следующие направления проектирования:

- расчет здания (строения) целиком;
- расчет отдельного помещения здания (строения);
- расчет взаимодействия наружной и внутренней систем освещения;
- расчет дорожного освещения;
- расчет дневного света, в том числе с учетом систем управления

дневным светом.

Данная программа имеет достоинства и недостатки.

К достоинствам можно отнести.

1. Программа является полностью бесплатной, при условии, что в программе можно создать все, что нам захочется, от класса в котором мы сейчас находимся, до нашего города.

2. Все каталоги, модели и сторонний софт для моделирования и расчета тоже являются бесплатными.

3. Интерфейс программы очень прост для понимания и не заставляет нас разбираться в нем неделями, что актуально для данного сегмента программ.

4. DIALux очень полезен для электриков, так как позволяет быстро произвести расчет освещения, любого помещения, показать 3D модель этого помещения, что значительно экономит время.

К недостаткам относятся.

1. Отсутствие встроенных библиотек с отечественной элементной базой.

2. Требовательность программы к процессору, материнской плате, ОЗУ, жесткому диску, видеокарте и другим комплектующим компьютера.

Таким образом, применение информационно-коммуникативных технологий это жизненно необходимо, так как это удобно, снижает затраты времени при проектировании, дает современный вид документации.

Так как программа DIALuxevo является бесплатной, она очень перспективна и идеально подходит для студентов в образовательном процессе, так как имеет огромный спектр возможностей для 3D-моделирования зданий, расчета освещения, применяемые в курсовых и дипломных проектах, а также в производственной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.pravda.ru/navigator/sovremennye-tekhnologii-osveshchenija.html>.
2. <https://www.ltcompany.com/ru/articles/18-svetilniki-dlia-osveshcheniia-sklada/>.
3. <http://www.magazine-svet.ru/analytics/62697/>.

ДИЗЕЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ КАК АВАРИЙНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

А. А. Мусин, студент гр.ЭО41ОГБПОУ УЭМК
Научный руководитель – преподаватель ОГБПОУ УЭМК
А. Я. Неугалимов

Дизельный генератор – устройство, преобразующее механическую энергию вращения вала дизельного двигателя в электрическую энергию, вырабатываемую генератором переменного тока. Обычно он выполнен в виде передвижной или стационарной установки для использования в качестве источника основного или резервного электроснабжения.

Применяемые термины: ДГ – дизель-генератор, дизельный генератор. ДГУ – дизельная генераторная установка. ДЭС – дизельная электростанция, дизельная электрическая станция. ДЭУ – дизельная электроустановка, дизельная электрическая установка. Принцип работы дизельного генератора: энергия расширения газов, образующихся при воспламенении сжатого топлива в цилиндрах дизельного двигателя, преобразуется посредством кривошипно-шатунного механизма в механическую энергию вращения коленчатого вала. Ротор генератора, приводимый в движение валом двигателя, вращаясь, возбуждает электромагнитное поле, создающее ЭДС (электродвижущую силу) на обмотках генератора. ЭДС в противофазе формирует выходное напряжение на обмотке статора, которое стабилизируется устройством управления и подается потребителям энергии.

Изобрел дизельный генератор парижанин Рудольф Кристиан Карл Дизель, собственно, генераторы и названы в его честь.

Преимущества и недостатки дизельного генератора:

- большой диапазон мощностей. У бензиновых «собратьев» имеется предел в 18 кВт;
- энергоэффективность наряду с высокой экономичностью. Экономичность обусловлена низким расходом дизельного топлива по сравнению с бензином. Участие пользователя в запуске системы и поддержании работоспособного состояния минимально;
- выдерживание длительных нагрузок. Мощный дизель способен проработать на объектах промышленности непрерывно в течение 1.5 недель;
- высокий моторесурс.

Среди основных недостатков специалисты отмечают: сравнительно высокую стоимость оборудования, невозможность использования на холостом ходу и сильный шум.

Дизельные генераторы (электростанции) широко используются в качестве источников основного или резервного электроснабжения. В качестве основного источника генераторы используют в случаях полного отсутствия централизованной сети энергоснабжения, а в качестве резервного – в случаях наличия централизованной сети, функционирующей со сбоями в работе.

Резервные генераторы должны быть оборудованы системой автоматики АВР (автоматический ввод резерва), предназначенной для запуска генератора в случае отключения или сильного уменьшения напряжения сети. При восстановлении работоспособности основного источника, автоматика АВР отключает резервный генератор. В том или другом случае главная задача дизельных генераторов (электростанций) – обеспечить бесперебойную подачу электроэнергии потребителю.

Основными производителями российских дизель генераторов являются:

- ООО «Группа компаний ТСС»;
- ЗАО Московский прожекторный завод;
- ОАО Баранчинский электромеханический завод;
- ЗАО ПК «Дизель-Систем»;
- ОАО Михневский РМЗ.

Российские дизель генераторы отличаются от зарубежных аналогов сравнительно низкой стоимостью и своей приспособленностью к местным условиям работы (Крайний Север, Узбекистан, Таджикистан и т.д.).

В качестве резервного источника питания дизель-генераторы могут использоваться на промышленных предприятиях, медицинских учреждениях, в торговых организациях и в складских помещениях. В качестве основного источника питания дизель генераторы широко применяются обычно там, где централизованная система энергоснабжения полностью отсутствует (удаленные загородные дома, геологоразведочные экспедиции, вахтовые поселки и т.д.)

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://dieselco.ru/primenenie-dizelnyx-generatorov.html>.
2. <http://dieselco.ru/dizelnye-elektrogeneratory-dlya-otopleniya-doma.html>.
3. <http://www.energo-motors.com/poleznaya-informatsiya/gde-primenyayutsya-dizelnye-generatory/>.
4. <https://allalternativeenergy.com/content/dizelnyy-generator-ego-osobennosti-i-primenenie>.

ЧПУ – ПЛОТТЕР КАК СРЕДСТВО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА

Т. Камаев, студент ОГБПОУ

«Ульяновский электромеханический колледж»

Научные руководители – преподаватели ОГБПОУ «Ульяновский
электромеханический колледж»

И. А. Прохорова, С. И. Королева

Плоттер – устройство для автоматического вычерчивания с большой точностью рисунков, схем, сложных чертежей, карт и другой графической информации. ЧПУ плоттер можно изготовить собственными руками. Он будет предназначен для печати плат или рисунков на бумаге. Но если его немного

доработать, то можно будет сделать рабочие инструменты сменными и тогда можно использовать плоттер для резки фанеры, металла и т.п.

В конструкцию ЧПУ-плоттера (рис. 1) входят:

- оргстекло от ЖК монитора;
- мебельные направляющие;
- два шаговых электродвигателя;
- четыре шестигранника вместо ножек;
- две рейки для жесткости и синхронного движения направляющих;
- блок питания на 350 Вт;
- Arduino UNO, на основе которого и построен данный плоттер;
- провода и кабели.



Рис. 1. Вид ЧПУ-плоттера, выполненного своими руками

Для первого запуска плоттера придется прошить Arduino uno. После прошивки платы устройство готово печатать изображение. Для этого понадобится программа-посредник между программой для работы с G-кодом и плоттером. (Рисунок 2) . G-код – это файл с координатами X, Y и Z. Создав собственный G-код, можно начинать печатать! Для того чтобы создавать файлы с G-кодом, совместимые с созданным ЧПУ-плоттером, понадобится программа Inkscape. Изображения должны иметь прозрачный фон. Необходимо перенести изображение мышкой в программу Inkscape. Далее векторизуем изображение в «Растр», экспортируем как G-код и загружаем G-код в микроконтроллер и ЧПУ-плоттер начинает рисовать рисунок (рис. 3).

```
M300 S30.00 (Опустили печатающий прибор)
G1 X10.00 Y10.00 F2500.00

G1 X20.00 Y10.00 F2500.00

M300 S50.00 (Подняли печатающий прибор)
```

Рис. 2. Пример G-кода



Рис. 3. Рисунок, выполненный с помощью ЧПУ-плоттера

Как и у любого устройства у ЧПУ-плоттера есть достоинства и недостатки (таблица 1).

Таблица 1

Достоинства и недостатки ЧПУ- плоттера	
ДОСТОИНСТВА	НЕДОСТАТКИ
Автоматизация	Цена
Надежность	Большие размеры станков
Быстродействие	
Качественный результат	

Многие вещи, которые человек сегодня делает вручную, часто можно автоматизировать. В этом случае начинать надо с создания модели. Следующий шаг – это превращение этой модели в управляющую программу для автомата. Эти команды будет выполнять некий механизм с ЧПУ и все в процессе производства, что есть смысл автоматизировать, нужно автоматизировать. Используя, в том числе, технологии машинного зрения и датчики обратной связи. Не нужно бегать с флешкой между компьютером и устройством, нужно передавать команды по сети. Всю работу пусть делает автомат. А автоматизация необходима и в энергетике, где пишущий плоттер сможет заменить человека роботом.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.youtube.com/watch?v=EmBE2pq8zH0>.
2. <https://yandex.ru/video/search?filmId=4637734931366970047&text=%D1%87%D0%BF%D1%833%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BA%20%D1%87%D1%82%D0%BE%20%D1%8D%D1%82%D0%BE&reqid=1522212391882677-1467467421323998388960426-vla1-2100-V>.
3. <https://instructables.info/mini-chpu-plotter-na-arduino/>.

РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ И ЭКОЛОГИЯ

А. С. Филатов, студент гр.ЭО21 ОГБПОУ УЭМК,
Научный руководитель – преподаватель ОГБПОУ УЭМК
С. О. Ежов

В России атмосферный воздух, как жизненно важный компонент окружающей среды, охраняется Федеральным законом «Об охране атмосферного воздуха».

Атмосферный воздух загрязняется все более возрастающими темпами. Основной вклад в загрязнение воздуха вносят различные отрасли промышленности и хозяйства, в том числе, автотранспорт.

Одним из мероприятий, уменьшающих загрязнение атмосферного воздуха выбросами транспорта, является создание, внедрение и продвижение уже созданных транспортных средств (электромобилей) в мировое хозяйство.

Пока обычные автомобили пользуются очень большим спросом по сравнению с обыкновенными и гибридами. Однако в последние годы наблюдается ускоренное развитие электромобилей в мире. Так, в США продажи электромобилей за последние годы выросли на 20%. Сегодня электротранспорт является довольно перспективным сегментом рынка, который, безусловно, требует особенного внимания, но его массовый выпуск сопряжен с определенными проблемами и спорными вопросами.

История электромобиля берет свое начало еще с 1830-х годов. Под понятием «электромобиль» мы имеем в виду такое транспортное средство, в котором крутящий момент на приводную ось создает электричество, получаемое традиционно от химического источника тока, а в современных разработках дополнительно – от солнечного излучения либо от рекуперации кинетической энергии во время торможения.

Венгр Аньош Джедик в 1828 году придумал электродвигатель к тележке размером со скейтборд. В 1834 году российский изобретатель Б. Якоби создал первый в мире пригодный к практическому применению электродвигатель принципиально новой конструкции (с вращающимся якорем). В те времена двигатели внутреннего сгорания считались малоперспективными. Электродвигатели с первых же оборотов обеспечивали хорошую тягу, поэтому не требовали многоступенчатой, сложной трансмиссии. В XIX веке в Европе и Америке началась массовая электрификация, поэтому даже представители среднего класса могли не испытывать нужду с подзарядкой своих аккумуляторов. Уже в то время предлагалась бесплатная замена аккумуляторов.

В 20-х годах ситуация кардинально поменялась, когда все заметней стал проявляться главный недостаток электромобилей – недостаточный запас хода. В США, Германии и Италии в эти годы массово создавалась сеть автодорог, благодаря которым открылась возможность дальних путешествий. Вот для них больше всего и подходили автомобили с двигателями внутреннего сгорания.

В середине 70-х годов прошлого века, когда цены на нефть резко подскочили, умы инженеров вновь обратились к хорошо подзабытой технологии электрического привода для автомобилей. Проблема массового использования электромобилей еще более обострилась в связи с тем, что целый ряд государств значительно ужесточил свое законодательство об охране окружающей среды. Самые жесткие законы были приняты в Калифорнии.

Китайская промышленная революция ознаменовалась невероятным загрязнением воздуха над страной, поэтому правительство, стремясь ослабить эти негативные проявления, также хочет законодательно подтолкнуть китайских автопроизводителей к выпуску электрических моделей. Не менее серьезно относятся к этой проблеме и в Индии. Например, индийская компания Reva Electric Car начала производство своих электромобилей даже раньше, чем GM – в 1994 году, доведя в 2009 году их ежегодный выпуск до 35 тысяч.

Попытки сделать первый советский электромобиль предпринимались на базе ВАЗа еще в 1970-е годы. Но одной из непреодолимых проблем стала необходимость затраты массы электроэнергии на обогрев салона, необходимый в зимний период. Затем была еще попытка продолжить это дело – производство под заказ на базе кузова «Оки» модели ВАЗ-1111Э. Стоил такой автомобиль порядка 4000 долларов и имел следующие характеристики: максимальная скорость 90 км/ч, пробег в городском режиме до зарядки – 100 км, разгон до 60 км/ч за 14 секунд.

Последний показатель большого оптимизма не внушает. Были подобные, и также не слишком удачные попытки и на Украине – там старались сделать электромобиль на Запорожском автозаводе. Московское правительство в 2008 году также сотрясало воздух, намереваясь организовать в столице сборку электромобилей, но дальше разговоров дело не пошло.

В мире в последние годы наступил бум альтернативной энергетики. В области автомобилестроения естественным продолжением этого бума стал рост спроса на электромобили. Власти Норвегии и Нидерландов изо всех сил пытаются популяризировать идею электромобилей. Поэтому в этих небольших странах за 2014 год было продано 43000 и 45000 электромобилей соответственно. Власти всячески приветствуют этот процесс: для электромобилей отменена плата за стоянку и пошлина при покупке, есть даже государственные субсидии, возвращающие покупателю «электрического чуда» 5-7 тысяч евро от его стоимости.

Другие страны также придумывают собственные системы льгот. Так, американцы, купившие электромобиль, получают от государства компенсацию в 7500 долларов, французы – 7000 евро.

Более всего в этом плане расщедрились китайские власти – в провинции они компенсируют 10 тысяч долларов, а в задымленном Пекине и вовсе 18 тысяч!

В целом во всем мире можно наблюдать рост продаж электромобилей. Прогноз развития рынка электромобилей в мире таков, что к 2025 году их будет продано 37 миллионов.

Однако к концу 2014 года появилась новая угроза для развития индустрии электромобилей – падение цен на нефть. В настоящее время эксперты сомневаются, что электрокары смогут дожить до счастливого ближайшего будущего, несмотря на то, что их рынок продолжает развиваться.

В 2013 году на международном энергетическом форуме, состоявшемся в Москве, была рассмотрена проблема перспективы развития электромобилей в России. Здесь же был рассмотрен вопрос о создании в центральных регионах государства зарядной инфраструктуры. Сразу же после форума стартовала программа широкомасштабного введения электротранспорта на территории страны. Многие авторитетные специалисты заявляют, что российский рынок электромобилей существенно отстает от ведущих западных стран приблизительно на пять лет. Однако, несмотря на довольно медленные темпы, Россия все же движется вперед и добивается положительных результатов. Так, например, в 2013 году были выпущены пять новых автомобилей ELada, которые сегодня используются для местного такси в Кисловодске. Далее была выпущена пилотная партия в 100 электромобилей.

В настоящее время специальные колонки для заправки электроавтомобилей имеются в Москве, Ставропольском крае, Санкт-Петербурге. Специалисты считают, что в качестве стимула для развития электрической инфраструктуры в стране необходимо применять внедрение пассажирского транспорта. Позже планируется постепенно оснащать города электростанциями и для частных пользователей. Пока еще трудно сказать, сколько потребуются времени, чтобы электромобили стали основным транспортным средством, бегущим по нашим дорогам. Проблема развития электромобилей ведь не только в создании более надежных и емких источников питания, но и в создании благоприятной городской среды в рамках экологии. К тому же, традиционные автомобили также совершенствуются, создаются новые модели, работающие на биологическом топливе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 04.05. 1999 Т 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха».
2. Трескова Ю. В. Электромобили и экология. Перспективы использования электромобилей // Молодой ученый. – 2016. – №12.
3. Экологическая эффективность электромобиля. – 02.09.2014. – Сайт магазина электромобилей «ЭКОДРОМ РФ». – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://xn--d1alhgb1lg.xn--plai/blog/ekologicheskaya-effektivnost-elektromobilya>.
4. Будущее в настоящем: Россия развивает производство электромобилей. – 07.09.2015. – Политическая Россия. Общественно-политический интернет-журнал. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://politrussia.com/ekonomika/elektromobili-budushchee-v-398/>.
5. Знай все и обо всем! [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://dr-znai.com/istoriya-elektromobilej.html>.

ЕДИНОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО КАК СРЕДСТВО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

С. Н. Филиппов, Д. А. Воронин, студенты ОГБПОУ «Ульяновский
электромеханический колледж»

Научный руководитель – преподаватель ОГБПОУ «Ульяновский
электромеханический колледж»

С. И. Королева

Единое информационное пространство – совокупность банков и баз данных, технологий их сопровождения и использования информационных телекоммуникационных систем, функционирующих на основе общих принципов и обеспечивающих информационное взаимодействие организаций. Основными компонентами информационного пространства являются: информационные ресурсы, средства информационного взаимодействия, информационная инфраструктура.

Информационные системы предназначены для хранения, обработки, поиска, распространения, передачи и предоставления информации.

Технология управления жизненным циклом изделий (Product Lifecycle Management, PLM) уже реализуется рядом российских предприятий оборонно-промышленного комплекса, авиа- и судостроения. Наступила очередь отечественной атомной отрасли, которая сейчас оказалась в центре внимания руководства страны.

Подразделения энергокомпаний, ответственные за информационные технологии (ИТ), прошли эволюцию от вспомогательной службы, обеспечивающей настройку компьютеров, до управления комплексными информационными системами большой сложности. В настоящий момент ИТ все шире используются для повышения эффективности бизнеса путем внедрения решений по автоматизации ключевых бизнес-процессов. Сейчас уже невозможно представить современное предприятие без использования информационно-телекоммуникационных систем.

Технология управления жизненным циклом изделий (Product Lifecycle Management, PLM) уже реализуется рядом российских предприятий оборонно-промышленного комплекса, авиа- и судостроения. Наступила очередь отечественной энергетики.

Сейчас информация на энергетических предприятиях обрабатывается в самых разнообразных информационных системах, не всегда связанных друг с другом. Обеспечение широкой доступности информации из этих систем для всех сотрудников и принятие оперативных решений может стать критически важным фактором успеха для предприятий энергетики.

Сегодня во всем мире все более остро встает проблема управления постоянно развивающимися и усложняющимися информационными системами. Необходимо взаимодействие между всеми специалистами,

имеющими отношение к жизненному циклу продукта. К тому же сейчас практически все программы оснащены Web-интерфейсом, что позволяет с их помощью обмениваться данными на любых расстояниях. Однако в атомной отрасли отсутствует электронная связь через глобальную сеть между конструкторами, изготовителями (заводом) и заказчиком, находящимися в разных городах и даже регионах. Необходимо задействовать собственный интеллектуальный потенциал. На каждом предприятии отрасли система автоматизации функционирует лишь на уровне корпоративной сети и выхода в Интернет не имеет. Основная причина – жесткие меры безопасности, в том числе в связи с секретностью производства [5].

Необходима информатизация специализированных служб и подразделений по ремонту и обслуживанию энергетических объектов. Так, например, при проведении планового, среднего и капитального ремонта на АЭС необходимо иметь технологическую документацию на ремонт. Безопасность АЭС предполагает в том числе, возможность работы с современными носителями информации. Информация должна передаваться конечному пользователю в оцифрованном, доступном, привычном виде. Так к 2012 году завершены пилотные внедрения ЕИП в атомной отрасли на концепции интегрированной логической поддержки (ИЛП) на основе правовой базы, стандартов по ИЛП на базе ГОСТ ИСО 10303. Персонал должен иметь документацию в форме интерактивных электронных технических руководств и приобретение навыков работы с ними. Это могут быть мультимедийные объекты, технические иллюстрации, обменные форматы данных, 3D-визуализация. Все это культура производства и как следствие культура безопасности атомной энергетики.

Основной проблемой для крупной организации является правильный выбор концепции автоматизации и – на ее основе – подходящей программной системы. Ведь на каждом действующем предприятии отрасли уже имеется одно или несколько таких решений, как зарубежных, так и отечественных. По экспертным оценкам, особенно широкое распространение получила САПР AutoCAD фирмы Autodesk.

Зарубежные производители PLM-решений (Dassault Systemes, PTC, UGS и другие) заинтересованы во внедрении своих продуктов на крупных объектах российской атомной отрасли. Но внедрение отечественных систем способствует существенной экономии средств, поскольку стоимость импортных продуктов весьма высока, к ней прибавляется ежегодная плата за сопровождение и возникает зависимость от зарубежного поставщика. Внедрение отечественных продуктов обеспечивает информационную безопасность, коммерческую и государственную тайну.

Внедрение ЕИП и PLM-систем на энергетических предприятиях, в том числе и атомной отрасли на сегодня представляет актуальную и вместе с тем сложнейшую проблему. Но этого требует сегодняшнее время, чтобы энергетика в целом, а атомная энергетика в частности, были безопасны и надежны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочно-информационный материал по безопасности российских атомных станций (АС) «Безопасность атомных станций». РосэнергоАтом и ВНИИАЭС. – М.: –1994.
2. <http://journal.itmane.ru/node/28>.
3. <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/118736>.
4. <https://econet.ru/articles/114356-zakony-formirovaniya-energeticheskogo-prostranstva-my-otvetstvenny-za-vse-proishodyaschee-s-nami>.
5. <https://www.itweek.ru/idea/article/detail.php?ID=83421>.
6. <http://federalbook.ru/files/ТЕК/Soderzhanie/Tom%2014/IV/Raykov.pdf>.

ПРОЕКТ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО ПОЛИГОНА ДЛЯ ПРОХОЖДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ УП.02. «МОНТАЖ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ И ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ»

Д. С. Афанасьев, студент, гр. 31-Э ОГБПОУ РСХТ

Научные руководители – преподаватели дисциплин профессионального цикла
В. В. Златомрежев, С. Л. Златомрежева

Актуальность: Качественную подготовку квалифицированных специалистов имеется возможность осуществлять только при хорошо организованной материально-технической базе производственного обучения. Особенностью обучения в профессиональном образовании является то, что обучение в мастерских, лабораториях и на полигоне должно сочетаться с обучением в условиях производства.

Цель проекта: создание учебных (рабочих) мест для подготовки студентов по специальности 35.02.08 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» и получения рабочей профессии «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электроустановок».

Для достижения данной цели необходимо решить следующие **задачи:** провести анализ практической базы для подготовки специалистов; изучить техническую документацию и разработать проект полигона; подобрать оборудование для оснащения полигона; составить перечень необходимых рабочих мест на основании программы учебной практики; найти и согласовать для использования подходящее помещение; подготовить план расположения рабочих мест на выделенной территории; установить оборудование и ввести в эксплуатацию полигон.

Методы исследования: поиск методов и способов улучшения материально-технического оснащения рабочих мест в соответствии с ФГОС СПО.

Объект исследования: требования ФГОС СПО, профессиональных и международных стандартов, ФГОС-50.

Практическая значимость работы: использование полигона для повышения качества обучения при прохождении учебной практики УП.02. «Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций»

I этап. Проектирование полигона.

1.1. На основании программы практики составлен перечень необходимых рабочих мест и подготовлен план расположения рабочих мест на выделенной территории рис. 1.

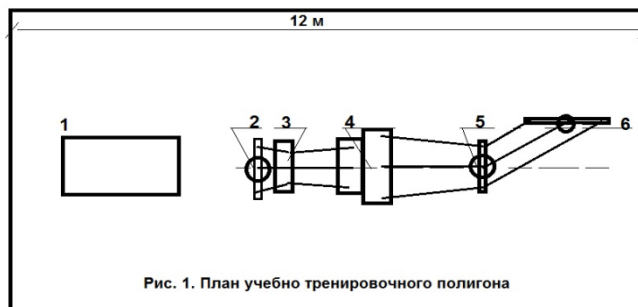


Рис. 1. План учебно-тренировочного полигона:

1. стенд изучения способов крепления проводов;
2. железобетонная опора 10 кВ;
3. разъединитель РНД (з)-10/400;
4. комплектная трансформаторная подстанция 10/0,4 кВ;
5. железобетонная опора 0,4 кВ;
6. ввод 0,4 кВ.

II этап. Подготовка материально-технического обеспечения

Для оснащения полигона потребовались: железобетонные опоры 0,4 и 10 кВ; комплектная трансформаторная подстанция 10/0,4 кВА; макет опор с креплением низковольтных крюков КН; разъединитель РНД(з) – 10 /400; траверсы, крюки, штыри и изоляторы 0,4 и 10 кВ; ввод к потребителю 0,4 кВ; распределительный щит 0,4 кВ.

III этап. Монтаж и установка оборудования

Согласно разработанному плану оборудование было установлено, смонтировано и проверено на безопасность. Работы выполнялись студентами группы 3-го курса специальности 35.02.08 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства».

Возможности полигона

В результате устройства закрытого полигона появилась возможность проводить практические занятия по монтажу воздушных линий и обслуживанию трансформаторных подстанций в комфортных условиях лаборатории, независимо от времени года и погодных условий.

Таблица

Требования ФГОС СПО	Возможности полигона
Студент должен:	Способы крепления проводов на изоляторах
иметь практический опыт по креплению проводов на изоляторах линии	Подготовка рабочего места (материал, инструменты, инструкционные карты, видеоматериал) -выполнение боковой вязки провода на изолятор

электропередач	<ul style="list-style-type: none"> - выполнение головной вязки провода на изолятор - выполнение концевой вязки провода на изолятор (глухое крепление провода) - соединение двух проводов - выполнение ввода
Студент должен:	Подъем и спуск с опор линий электропередач 0.4 кВ
иметь практический опыт по подъему и спуску с опор линий электропередач напряжением 0.4 кВ	<ul style="list-style-type: none"> - подготовка инструмента и снаряжения - подъем и спуск на учебных опорах крытого учебно-тренировочного полигона - подъем и спуск на опорах открытого учебно-тренировочного полигона
Студент должен:	Подъем и спуск с опор линий электропередач 10 кВ
иметь практический опыт по подъему и спуску с опор линий электропередач напряжением 10кВ	<ul style="list-style-type: none"> - подготовка инструмента и снаряжения - подъем и спуск на учебных опорах крытого учебно-тренировочного полигона - подъем и спуск на опорах открытого учебно-тренировочного полигона
Студент должен:	Устройство повторных заземлений и контура заземления трансформаторной подстанции
иметь практический опыт по устройству повторных заземлений и контура заземления трансформаторной подстанции	<ul style="list-style-type: none"> - подготовка инструмента, приборов и снаряжения - разметка контура заземления ТП - рытье котлована - установка вертикальных заземлителей - установка горизонтальных заземлителей - соединение и вывод на ТП - выполнение повторного заземления низковольтной опоры - измерение сопротивлений повторных заземлителей и контура заземления при помощи приборов М-416 и МС-08
Студент должен:	Устройство и монтаж ввода 0,4 кВ
иметь практический опыт по устройству и монтажу ввода к потребителю эл. энергии	<ul style="list-style-type: none"> - подготовка инструмента, приборов и снаряжения - монтаж проводов на опоре - монтаж проводов на вводе к потребителю - соединение проводов до счетчика у потребителя
Студент должен:	Устройство комплектной трансформаторной подстанции
- иметь практический опыт по обслуживанию комплектной трансформаторной подстанции, знать устройство и назначение элементов трансформаторной подстанции	<ul style="list-style-type: none"> - подготовка инструмента, приборов и снаряжения - знакомство с электрической схемой подстанции - изучение назначения и устройства элементов трансформаторной подстанции - замена элементов трансформаторной подстанции по заданию
Студент должен:	Монтаж воздушной линии электропередач
иметь практический опыт по монтажу воздушной линии электропередач 0,4 кВ	<ul style="list-style-type: none"> - подготовка инструмента, приборов и снаряжения - монтаж проводов на концевой опоре - натяжение и проводов и установка стрелы провеса - монтаж проводов на промежуточной опоре - монтаж проводов на концевой опоре
Студент должен:	Обслуживание силового трансформатора трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ
- иметь практический опыт	- подготовка инструмента, приборов и снаряжения

по обслуживанию силового трансформатора трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ	- произвести комплекс работ по обслуживанию силового трансформатора
Студент должен:	Обслуживание распределительных устройств комплектной трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ
- иметь практический опыт по обслуживанию распределительных устройств комплектной трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ	- подготовка инструмента, приборов и снаряжения - произвести комплекс работ по обслуживанию распределительных устройств трансформаторной подстанции

IV этап. Введение в строй и эксплуатация полигона

На рабочих местах полигона проходит учебная практика «Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций», выполняются работы по рабочей профессии «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электроустановок», проводятся конкурсы по специальности:

2017 год – внутривузовский конкурс «Лучший электромонтер»

2018 год – областной конкурс профмастерства «Мастер – золотые руки»

Заключение

1. В результате проделанной работы введена в действие полноценная площадка по получению и отработке навыков монтажа и обслуживания трансформаторных подстанций.

2. На рабочих местах полигона проходит учебная практика «Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций», выполняются работы по рабочей профессии «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электроустановок», проводятся конкурсы по специальности 35.02.08 Электрификация и автоматизация сельского хозяйства.

3. Введение таких комбинированных учебных площадок делает учебный процесс более наглядным, практикоориентированным и эффективным.

4. В перспективе планируется продолжить оснащение полигона учебными пособиями, вносить коррективы в организацию рабочих мест.

НЕДОСТАТКИ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И МЕРЫ ПО ИХ ЗАЩИТЕ НА ПРИМЕРЕ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО РЕЛЕ

Д. В. Вельдяев, А. В. Тарасов, В. А. Леонтьев, студенты 4-го курса
Барышского колледжа – Филиала УлГТУ

Научный руководитель – преподаватель специальных дисциплин

Г. Т. Мартынов

Развитие полупроводниковых приборов потребовало новой элементной базы исполнительной аппаратуры. Большие по габаритам и энергозатратные

электромагнитные пускатели, контакторы и реле перестали удовлетворять требованиям разработчиков промышленной и бытовой электроники. Вследствие чего на рынке появились новые устройства – твердотельные приборы, которые являются аналогами электромагнитных пускателей и реле.

Твердотельные приборы представляют собой новый класс модульных полупроводниковых устройств, которые включают цепи управления нагрузочными токами большой величины на транзисторах, симисторах или тиристорах.

У современных твердотельных приборов есть масса преимуществ перед электромагнитными и основные из них – отсутствие механических узлов и деталей, подверженных износу, электрических помех при работе, а также дугового разряда. Их отличает быстроедействие, высокий уровень изоляции между цепями управления и нагрузкой, огромная механическая прочность, тишина при коммутации нагрузки.

Но при всех преимуществах препятствием на пути полной замены твердотельными приборами уже устаревающих электромагнитных приборов является вопрос их защиты, что на сегодняшний день является их главным недостатком. Существует несколько причин, при которых возможен выход устройства из строя – это:

- перегрев из-за плохого теплоотвода;
- токовая перегрузка и короткое замыкание;
- импульсные помехи;
- перенапряжение и броски тока.

При нагрузке более 5 А, защита от перегрева осуществляется путем нанесения на основание прибора специальной теплопроводящая пасты. При токе равном 25 А, применяют вентилятор и радиаторы. Некоторые модели оборудованы защитой от перегрева, она отключает прибор при превышении температуры тиристора – 120° С.

Защита твердотельного прибора от перегруза по нагрузке и коротких замыканий обеспечивается предохранителями на полупроводниках (время срабатывания 2 миллисекунды), которые не позволяют развиться току КЗ. Однако такие предохранители стоят довольно дорого. Поэтому в качестве альтернативы используются защитные автоматы (класс В), но они могут реагировать на пуск электродвигателей, что делает невозможным их применение в определенных ситуациях.

Увеличение устойчивости твердотельного прибора к импульсным помехам обеспечивается включением параллельно коммутирующим контактам цепи, состоящей из последовательно включенных резистора и емкости (снабберная RC -цепь).

Введение в цепь нагрузки реактора задержки, является дополнительным методом повышения устойчивости прибора к быстрым скачкам напряжения. При рабочих токах нагрузки реактор находится в насыщении, т.е. влияние на ток отсутствует, при уменьшении тока реактор «восстанавливается», внося в цепь большую индуктивность, что замедляет скорость изменения тока и, в

частности, задерживает переполюсовку напряжения, помогая запиранию тиристора. Кроме того, реактор повышает эффективность защиты от перенапряжений варистором.

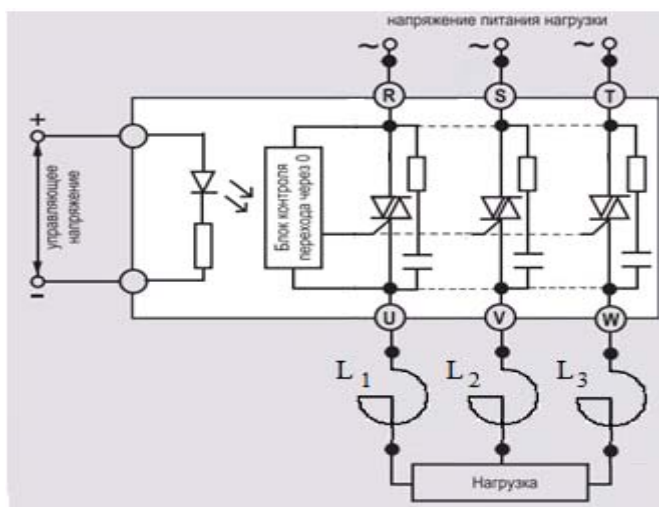


Рис. 1. Схема защиты полупроводникового прибора с применением реактора задержки и RC – цепочки

Однако, полной гарантии от межфазных замыканий ни снабберные цепи, ни реакторы не дают. Исходя из чего методом защиты тиристорov таких фирм как «Motorola», «Siemens», «Opto-22» является установка токоограничивающих резисторов. Суммарное сопротивление этих резисторов должно обеспечить значение амплитуды тока межфазного замыкания ниже допустимого ударного тока. Но их установка влечет за собой снижение напряжения на обмотках электродвигателя и необходимость обеспечения теплоотвода от этих резисторов.

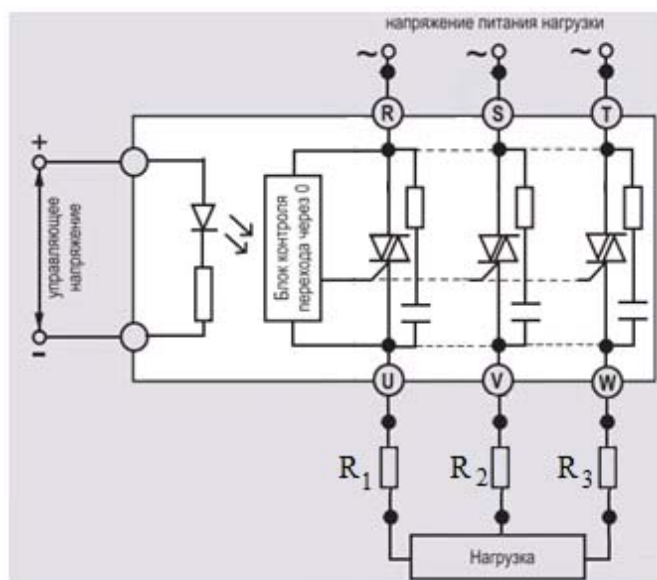


Рис. 2. Схема защиты полупроводникового прибора с применением токоограничивающего резистора и RC – цепочки

Исходя из всего вышесказанного, ни одно из устройств,

предназначенных для повышения устойчивости твердотельного прибора к негативным факторам, не может в полной мере обеспечить устранение всех недостатков, так как это делают варисторы.

Варисторы подсоединяют параллельно нагрузке, и при броске входного напряжения основной ток помехи протекает через них, а не через твердотельный прибор. Таким образом, варисторы рассеивают энергию помехи в виде тепла. Так же варистор является элементом многократного действия, быстро восстанавливает свое высокое сопротивление после снятия напряжения. Недостатком варисторов является высокая линейность устройства, из-за которой найти наилучшие параметры для схемы достаточно сложно.

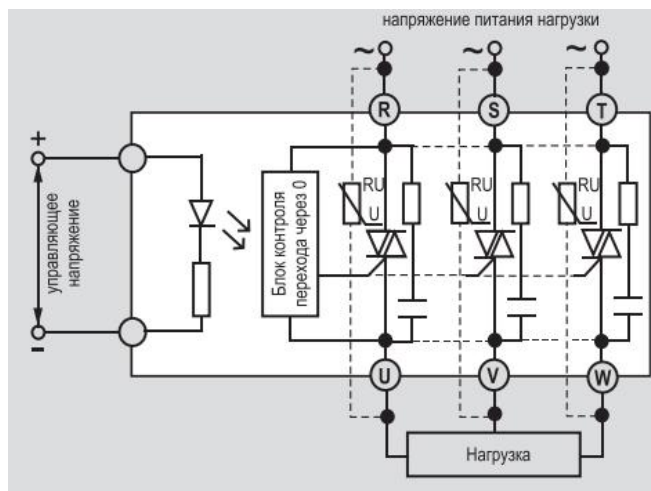


Рисунок 3 – Схема защиты полупроводникового прибора с применением варистора и RC – цепочки

Наглядно с проблемой выхода из строя твердотельных приборов мы столкнулись при прохождении производственной практики, где персоналом при переходе с электромагнитных реле на полупроводниковые приборы, не была рассмотрена их неустойчивость к броскам тока и напряжения, что непосредственно привело к постоянному выходу из строя данных приборов на паровом котле ДЕ 6/11.

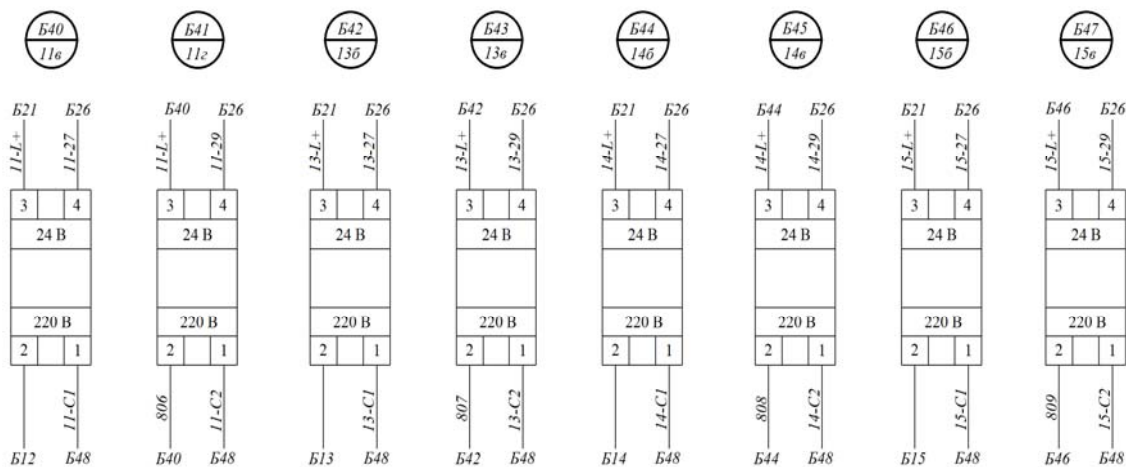


Рис. 4. Твердотельное реле

Изучив данную ситуацию, мы пришли к выводу, что данную проблему можно решить путем включения ограничителя перенапряжения (ОПН) в схему твердотельного прибора. Проведя расчеты, выбрали реле марки СН2-2-390В.

Основные параметры ОПН были выбраны, исходя из назначения, требуемого уровня ограничения перенапряжений, места установки, а также схемы сети и ее параметров (наибольшего рабочего напряжения сети, способа заземления нейтрали, величины емкостного тока замыкания на землю и степени его компенсации, длительности существования однофазного или трехфазного замыкания на землю и т. д.).

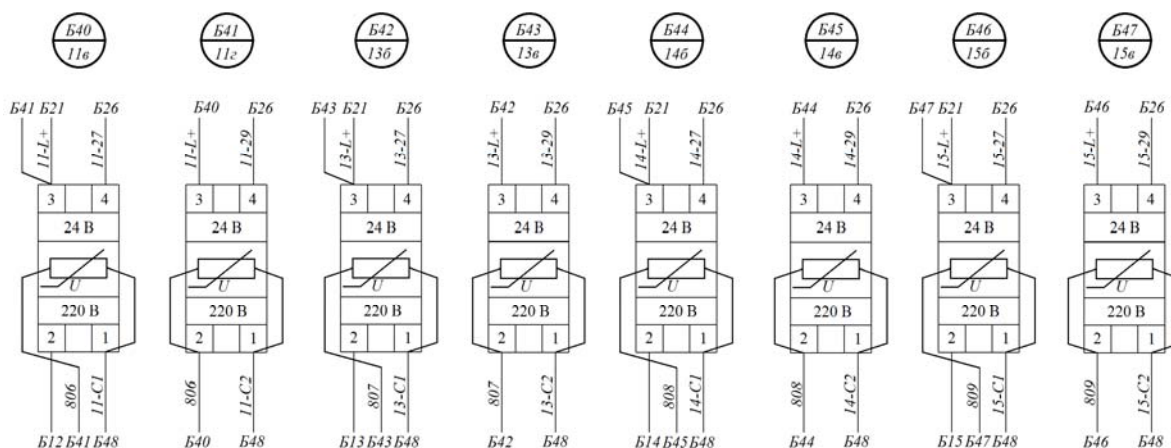


Рис. 5. Твердотельное реле с защитой варистором

На основании опыта эксплуатации ОПН на электрооборудовании, и экспериментальной проверки работоспособности при воздействии импульсных помех, бросков тока и перенапряжения можно сделать вывод о том, что для защиты электрооборудования целесообразнее и надежнее всего использовать ОПН.

СОЗДАНИЕ РАБОЧЕГО МАКЕТА «ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ»

А. С. Усов, студент «Ульяновского техникума железнодорожного транспорта»
Научный руководитель – преподаватель ОГБПОУ УТЖТ

Н. А. Белов

Актуальность темы заключается в том, что для лучшего понимания электрического тока, и способа защиты от поражения электрическим током необходим безопасный работающий макет на безопасном для человека токе.

В реальных условиях показать, как работает защитное заземление намного сложнее или невозможно, так как все части находятся под напряжением и током опасным для жизни. Также для создания интереса к электротехнике, радиоэлектронике необходимо собирать необычные предметы в повседневной жизни для демонстрации, на что способна электромагнитная индукция, сверх высокая частота, беспроводная передача и т. д.

Цель исследования – Создать визуальное представление как работает защитное заземление и продемонстрировать на что способна электромагнитная индукция.

Защитное заземление является основной мерой защиты металлоконструкции. Основная цель этого мероприятия – защитить от возможного удара током пользователя прибора при замыкании на корпус в том случае, например, поражения электрическим током в случае замыкания фазного провода на корпус, когда нарушена изоляция. Иными словами, заземление является дублером защитных функций предохранителей.

Принцип действия защитного заземления – снижение до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, обусловленных замыканием на корпус. Это достигается уменьшением потенциала заземленного оборудования, а также выравниванием потенциалов за счет подъема потенциала основания, на котором стоит человек, до потенциала, близкого по назначению к потенциалу заземленного оборудования.

Состав макета

Понижающий трансформатор 220/12В;

Диодный мост

Электромагнитные реле

Пищалка

Таймер Ne-555

Десятичный счетчик CD 4017

Светодиоды



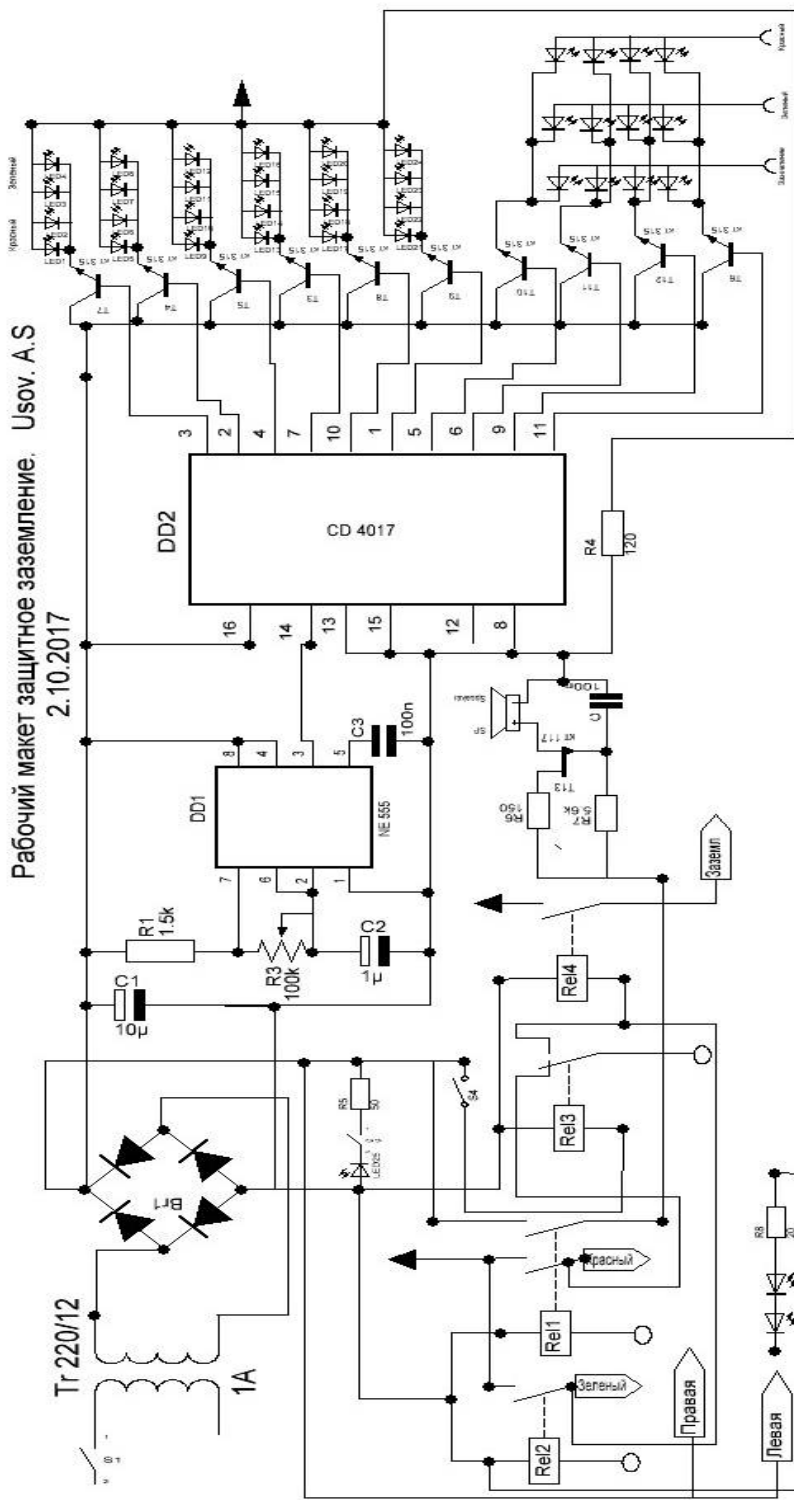
Рис. 1. Структурная схема макета

Макет питается от сети 220 В 50 Гц. Это напряжение поступает на трансформатор через тумблер запуска, где преобразуется в 12 В, далее стоит диодный мост для выпрямления тока. После ток через ограничивающие резисторы и сглаживающие конденсаторы поступает на таймер 555 серии, он задает сигнал, сигнал подстраивается настроечным резистором, далее сигнал идет на счетчик 4017 для распределения по светодиодам. После каждый сигнал

с микросхемы усиливается транзисторами для увеличения выходной нагрузки и клемму 6 по 4 соединенных светодиодам подключаются сразу, а остальные 4 контакта подключаются через электромагнитные реле. Также один светодиод показывающий пробой подключается к тумблеру через сопротивление, и еще два напрямую.

Приложение

Рис. 2. Принципиальная схема макета



ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ДЛИНЫ ЛИНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ПРОВОДОМ СИП

Д. А. Винокуров, Д. В. Кавелидзе, студенты гр. Эбд-32

Научный руководитель – доцент кафедры «Электроснабжение

А. Л. Дубов

В настоящее время большинство линий электропередач выполняются проводами марки СИП. Для защиты таких линий чаще всего используются предохранители. При этом данный вид защиты не может защитить линию от удаленных однофазных КЗ, которые составляют около 60% от всех видов электрических повреждений. Такой вид повреждения является самым коварным, так при нем по проводнику протекает ток, намного больше номинального, но при этом не превышающий ток срабатывания защиты. Длительное протекание этого тока выводит из строя оборудование, приводит к разрушению изоляции провода и возгоранию. Особенно опасны такие повреждения в сельских распределительных сетях 0,4 кВ, ввиду их большой протяженности. Задача заключалась в определении максимальной длины линии, защищаемой от однофазного короткого замыкания. Были рассмотрены наиболее часто применяемые трансформаторы и провода марки СИП, в частности, трансформаторы мощностью 250 кВА, 400 кВА и 630 кВА и линии, выполненные проводами : СИП 3x35+54,6; СИП 3x50+54,6; СИП 3x70+54,6; СИП 3x90+70.

Таблица 1

Максимальные длины линий по условию защиты от токов однофазного короткого замыкания.

	СИП3x35+54,6	СИП3x50+54,6	СИП3x70+54,6	СИП3x95+70
250 кВА	42 м	57 м	33 м	0,6 м
400 кВА	65 м	87 м	66 м	44 м
630 кВА	78 м	104 м	84 м	69 м

Результаты произведенных нами расчетов зависимости тока однофазного короткого замыкания от длины линий были занесены в таблицу. Кроме того, были рассчитаны максимально допустимые длины линий, по потере напряжения. Сравнив эти величины, был сделан вывод о том, что максимально допустимые длины линий по потере напряжения в десятки раз превосходят длины линий, выбранных по условию защиты от однофазных коротких замыканий. Данная длина, как и сам ток однофазного короткого замыкания, зависит от полного сопротивления трансформатора току однофазного КЗ, длины и полного сопротивления петли прямого и обратного провода линии. Но при этом решающую роль при определении максимальной длины линий, защищенных от однофазного короткого замыкания, играет ток

срабатывания защиты. Именно поэтому необходимо учитывать все параметры системы на стадии проектирования линии.

Вывод: При выборе максимальных длин линий определяющим условием является способность защиты от однофазного короткого замыкания, при этом их длины не должны превышать значений, указанных в таблице.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ И ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЛАМП ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ

А. Г. Егорейченков, Е. А. Князькин, магистранты гр. ЭЭмв-21

Научный руководитель – доцент кафедры «Электроснабжение»

Ю. С. Крежевский

Введение

В России на все виды освещения в целом затрачивается 13-15% электроэнергии от вырабатываемой в год [10]. В настоящее время для наружного освещения городов, населенных пунктов и трасс применяют традиционные светильники с газоразрядными лампами высокого давления. Недостатки данного типа освещения это необходимость пускорегулирующей аппаратуры, большие размеры, высокая чувствительность к сбоям в питании и скачкам напряжения, невозможность работы на любом роде тока, долгий выход на рабочий режим [5].

Развитие науки привело к созданию источников света нового поколения – светодиодные лампы. Достоинства этого типа освещения – низкое энергопотребление, заявленный долгий срок службы, полная экологическая безопасность, высокая механическая прочность [5].

В работе рассматривается освещение типовой дорожной развязки «ромашка». На сегодняшний день питание таких развязок осуществляется от единой энергетической сети с использованием воздушных, кабельных линий электропередач. Это влечет за собой негативные факторы, такие как потери электроэнергии (до 10-15%), необходимость близкого расположения понижающей электростанции, наличие большого количества монтажных работ [11]. Лучше дела обстоят в случае использования автономных источников питания, которые требуют лишь не стандартную конструкцию опоры [8].

Содержание работы

Объектом исследования принят освещение типовой развязки трассы класса «А1» (автомагистраль). Предложено заменить централизованное электроснабжение на автономное от возобновляемых источников – световой энергии.

В выбранной развязке вида «ромашка» рассчитана электрическая нагрузка для средней полосы в течение года для традиционной газоразрядной лампы мощностью 400Вт [14,7], (рис. 1).

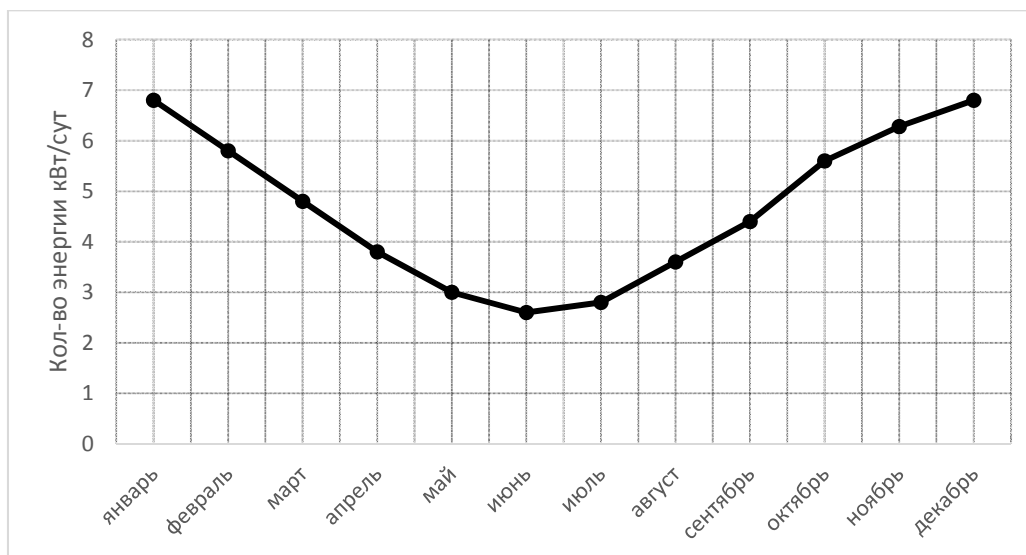


Рис. 1. График электрической нагрузки одного традиционного светильника

Из графика следует, что минимум потребления одного источника освещения летом 2,6 кВт в сутки, а максимум зимой 6,8 кВт в сутки. Для предполагаемого освещения выбран новый светодиодный аналог по кривым силы света, удовлетворяющим требования к освещению автомобильных дорог ГОСТ Р 54305-2011[4, с.5; 12]. На рис. 2 представлены кривые силы света двух сравниваемых светильников[2].

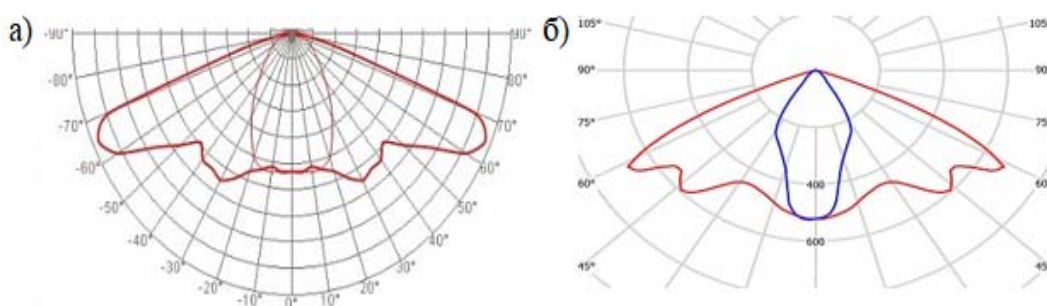


Рис. 2. Кривая силы света: а - традиционной газоразрядной лампы; б - светодиодной лампы

Из анализа кривых силы света следует, что углы падения светового потока практически идентичны, но мощность выбранной светодиодной лампы в 2 раза меньше по сравнению с газоразрядной [6]. Сравнение электропотребления в сутки обоих источников света представлено на рис. 3.

В работе предложено применить для освещения автономные источники питания с использованием солнечных панелей [13]. По разработанной методике с учетом распределения светового потока по временам года для средне полосы построен график выработки и потребления электрической энергии рис. 4 [3;1].

Из рис. 4 следует, что летом происходит выработка излишков электрической энергии, а зимой и осенью наоборот – дефицит [9]. Для решения данных проблем существуют два пути решения.

Первый – это установка более мощных солнечных панелей, таким образом, мы решаем только проблему, связанную с дефицитом электроэнергии,

излишки летом остаются.

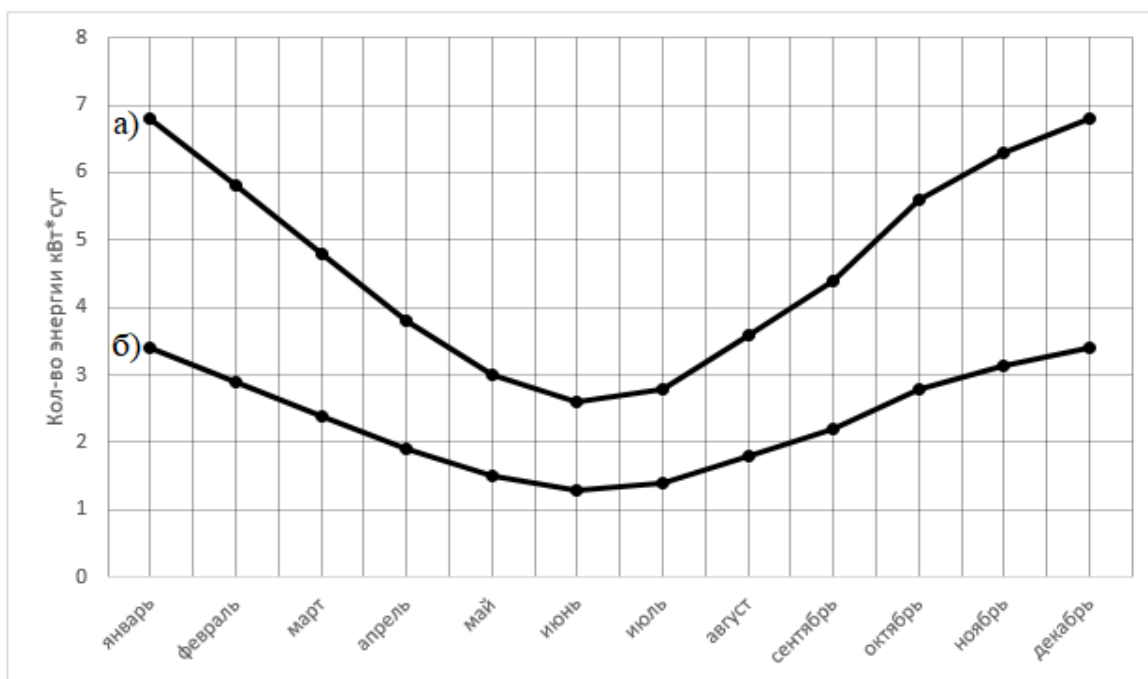


Рис. 3. Электрическая нагрузка: а – традиционного светильника; б – светодиодного

Второе решение – это объединить единую энергосеть и автономные источники освещения. В зимние дефицитные периоды будет проходить питание от сети, а в летние, наоборот, генерация энергии в централизованную сеть. Это позволит повысить энергоэффективность освещения развязки в 1,5-2,0 раза.

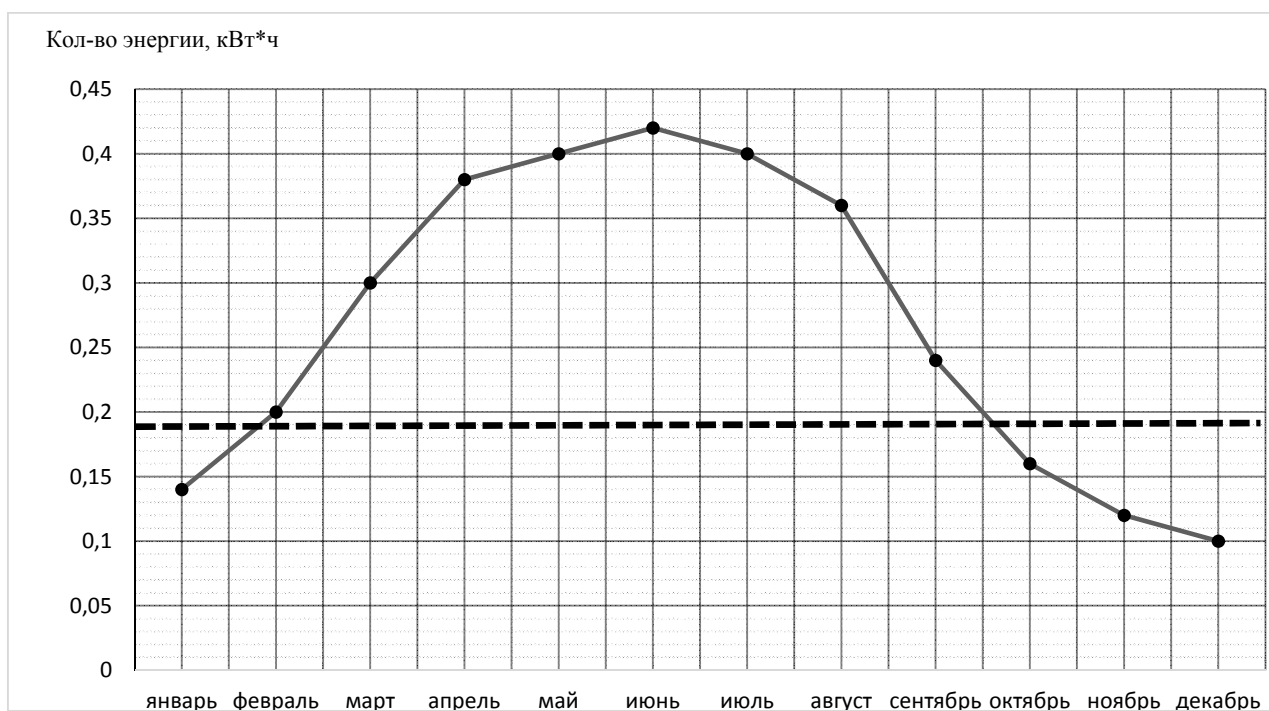


Рис. 4. Оценка генерируемой энергии солнечными панелями и потребление светодиодной лампы кВт*ч

Вывод

В работе получена зависимость электрической нагрузки по графику рис. 3, из которого следует, что минимум потребления составляет 2,6 кВт·ч в сутки и максимум 6,8 кВт·ч в сутки для газоразрядной лампы, для светодиодной – минимум 1,2 кВт·ч в сутки и максимум 3,5 кВт·ч в сутки.

В сравнении традиционного источника освещения и светодиодного следует, что углы падения светового потока практически идентичны, но мощность выбранной светодиодной лампы в 2 раза меньше по сравнению с газоразрядной.

Предложенная система освещения с автономными источниками электрической энергии на базе солнечных панелей позволяет повысить энергоэффективность освещения развязки в 1,5-2,0 раза за счет генерации излишков электрической энергии в летний период в централизованную сеть.

ЛИТЕРАТУРА

1. GALAD Стандарт LED-160-ШБ/К50 // GALAD URL: <http://galad.ru/catalog/outdoor/street/standart/galad-standart-led-160-shb-k50/> (дата обращения: 06.12.17).
2. Light-in-Night Road URL: <http://www.l-i-n.ru/> (дата обращения: 03.12.17).
3. Восход и заход солнца, продолжительность светового дня в Москве // Dateandtime.info URL: <http://dateandtime.info/ru/citysunrisesunset.php?id=524901> (дата обращения: 05.12.17).
4. ГОСТ Р 54305-2011 // Дороги автомобильные общего пользования. Горизонтальная освещенность от искусственного освещения. Технические требования URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-54305-2011> (дата обращения: 02.12.17).
5. Достоинства и недостатки различных источников света // РОСЭЛЕКТРОСВЕТ URL: http://rsvet.org/info/dostoinstva_i_nedostatki_razlichnyh_istochnikov_sveta (дата обращения: 27.11.17).
6. Кривые силы света (КСС) // АСТАРТА URL: <http://www.astarta-led.ru/kss/> (дата обращения: 02.12.17).
7. Лампа ДНаТ 400. Характеристики // Energ2010 URL: http://energ2010.ru/Katalog_oborudovaniya/Lampy/Lampa_DNaT_400.html (дата обращения: 26.11.17).
8. Освещение мостов, эстакад, путепроводов, автодорожных развязок // Свет Трейд URL: <https://2svet.ru/news/75.html> (дата обращения: 27.11.17).
9. Подключение солнечных батарей к сети в России // WATTrouter.ru URL: http://www.watrouter.ru/infa/pv_grid_connection_in_russia.htm (дата обращения: 08.12.17).
10. Потребление электроэнергии в ЕЭС России в 2015 году уменьшилось на 0,5% по сравнению с 2014 годом. // Министерство энергетики РФ URL: <https://minenergo.gov.ru/node/3851> (дата обращения: 27.11.17).

11. Сам Электрик URL: <https://samelectrik.ru/prichiny-poter-elektroenergii-na-bolshix-rasstoyanix.html> (дата обращения: 02.12.17).

12. Светодиодные светильники в аналог ДНАТ 400 // ЛЕДКОМ URL: <https://led-comp.ru/po-analogam/analog-dnat-zhku/analog-dnat-400/>(дата обращения: 03.12.17).

13. Солнечные панели // Свет ДВ URL: <http://svetdv.ru/sun/index.shtml> (дата обращения: 04.12.17).

14. Транспортная развязка // Википедия URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%BA%D0%B0 (дата обращения: 27.11.17).

СОВРЕМЕННЫЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

А. Е. Зайцев, магистрант гр. ЭЭМВ-21

Научный руководитель – доцент кафедры «Электроснабжение»

Ю. П. Свиридов

Поставленная задача: исследование современных микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики.

Современные щиты управления и электрические распределительные устройства электростанций и подстанций, а также реконструируемые объекты все чаще комплектуются микропроцессорными защитными устройствами. Современные достижения в области микропроцессорной техники позволяют создавать полноценные устройства, которые ничем не уступают, и более того во многом превосходят своих предков – защитных устройств, построенных на электромеханических реле.

Современные микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики оборудования характеризуются множеством преимуществ. Но, как и любое устройство, микропроцессорные защиты имеют и свои недостатки. В данной статье приведем их основные преимущества и недостатки, сделаем вывод об актуальности выбора микропроцессорных устройств для защиты оборудования электроустановок.

Преимущества. Основное преимущество микропроцессорных терминалов защит оборудования – это их многофункциональность. Помимо основных функций, а именно реализации защиты оборудования и работы автоматических устройств, микропроцессорные терминалы осуществляют замер электрических величин.

Если взглянуть на старые панели защит оборудования подстанции, то мы увидим множество реле и аналоговых измерительных приборов. В случае использования микропроцессорных защит необходимость установки дополнительных измерительных приборов отсутствует, так как значения

основных электрических величин можно фиксировать на ЖК-дисплее терминалов защит.

Тут можно отметить еще одно преимущество – точность измерения. Аналоговый прибор позволяет измерить величину с определенной погрешностью, а если приборы служат не один десяток лет (а в таком состоянии находится подавляющее большинство измерительных приборов электроустановок), то их точность существенно снижается, да и фиксировать показания не всегда удобно.

На дисплее терминала указываются точные значения электрических величин и что немаловажно пофазно. Это позволяет контролировать отключенное (включенное) положение всех полюсов выключателей.

Исходя из вышесказанного, можно выделить еще одно преимущество микропроцессорных защит – компактность. При использовании микропроцессорных технологий общее количество панелей для защит, автоматики и управления оборудованием, установленных на общеподстанционном пункте управления, сокращается буквально вдвое.

Если, например, для защиты, работы автоматических устройств, управления выключателями силового трансформатора устанавливались три панели с электромеханическими защитами, то в случае использования микропроцессорных защит все необходимые функции выполняют два небольших терминала, установленных на одной панели.

Следующее преимущество – удобство фиксации возникших неисправностей. При возникновении отклонений от нормального режима работы оборудования, в том числе в случае аварийной ситуации, на терминале защит загораются светодиоды, сигнализирующие о том или ином событии.

Оперативный персонал, обслуживающий электроустановку, ведет схему-макет (мнемосхему), на которой изображается фактическое положение всех коммутационных аппаратов, в том числе стационарных заземляющих устройств. В данном случае изменение положения коммутационных аппаратов на схеме-макете осуществляется вручную.

Микропроцессорные терминалы защит позволяют полностью отказаться от схемы-макета. На дисплеях терминалов защит каждого присоединения может изображаться мнемосхема присоединения, на которой в автоматическом режиме осуществляется изменение положений коммутационных аппаратов в соответствии с их фактическим положением.

Кроме того, все терминалы защит могут подключаться к автоматизированной системе управления технологическим процессом (АСУТП), например, к системе SCADA, на которой отображается вся схема подстанции, значения нагрузок по каждому присоединению, напряжение на шинах подстанции, а также фиксация в реальном времени возникших аварийных ситуаций.

Синхронизация систем SCADA подстанций с диспетчерским пунктом позволяет дежурному диспетчеру своевременно фиксировать возникшие аварийные ситуации, контролировать процесс производства переключений

оперативным персоналом. Перед выдачей разрешения на допуск бригады для проведения плановых работ, дежурный диспетчер, благодаря системе SCADA, может лично убедиться в правильности и достаточности принятых мер безопасности.

Недостатки микропроцессорных терминалов защит оборудования электроустановок

Существенный недостаток микропроцессорных устройств – их высокая стоимость. Кроме того, существенные расходы предприятия выделяются на обслуживание микропроцессорных устройств: необходимо наличие дорогостоящего оборудования, программного обеспечения, а также специалистов с соответствующей квалификацией.

Недостаток в дорогостоящем обслуживании микропроцессорных устройств не является существенным в том случае, если все подстанции предприятия укомплектованы современными микропроцессорными техниками. В данном случае обслуживанием данных устройств занимается служба релейной защиты и автоматики, которая специализируется исключительно на данных типах защитных устройств.

Если же микропроцессорные защиты установлены на нескольких объектах, то это действительно дорого обходится предприятию, так как возникает необходимость содержания специалистов нескольких служб для обслуживания, как микропроцессорных устройств, так и традиционных электромеханических.

Современные микропроцессорные устройства РЗ и А не предъявляют каких-то специальных требований к климатическим условиям по сравнению с обычными реле.

Следует отметить такой недостаток микропроцессорных устройств, как возможные периодические сбои в программном обеспечении. Не смотря на заявления производителей микропроцессорных защит об их стабильной работе, возможен сбой в работе программного обеспечения (например, периодическая перезагрузка терминала).

На фоне многочисленных преимуществ микропроцессорных устройств, их недостатки не столь существенны, а в некоторых случаях могут быть исключены. Например, установка надежного программного обеспечения и обеспечение оптимальных условий работы микропроцессорных устройств, практически исключает возникновение ошибок или сбоев в их работе.

В заключение можно сделать вывод, что внедрение микропроцессорных технологий в предприятия электроэнергетической отрасли целесообразно и обоснованно множеством неоспоримых преимуществ.

Виды микропроцессорных устройств РЗ и А

Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики присоединений 6(10)-35 кВ серии БЭМП РУ

Микропроцессорные блоки РЗА серии БЭМП РУ (далее «устройства БЭМП РУ» или «устройства») предназначены для выполнения всех необходимых функций релейной защиты и автоматики, управления,

сигнализации различных присоединений комплектных распределительных устройств напряжением 6...35 кВ.

Устройства БЭМП РУ предназначены для установки в релейных отсеках КСО, КРУ, КРУН, а также на панелях, в шкафах управления, расположенных в релейных залах и пультах управления.

Устройства БЭМП РУ применяются на подстанциях с переменным, выпрямленным переменным, постоянным оперативным токами в качестве основного устройства РЗА присоединений КРУ электрических станций и распределительных подстанций сетевых предприятий, промышленных предприятий, а так же предприятий нефтяного и газового комплекса.

Сириус-2, Сириус-Д и Сириус-21-Д

Устройства «Сириус-Д» и «Сириус-21-Д» предназначены для выполнения функций релейной защиты, автоматики, управления и сигнализации синхронных и асинхронных электродвигателей напряжением 3-10кВ.

БМРЗ-100

Цифровые блоки релейной защиты типа БМРЗ-100 предназначены для выполнения функций релейной защиты, автоматики, управления и сигнализации присоединений напряжением от 0,4 до 110 кВ.

БМРЗ-ГР

Цифровые блоки релейной защиты типа БМРЗ-100 предназначены для выполнения функций релейной защиты и автоматики, генераторов мощностью до 160 МВт, работающих на сборные шины.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://electricalschool.info/spravochnik/poleznoe/1249-preimushhestva-i-nedostatki.html>.
2. «Сириус-21-Д» Руководство по эксплуатации, паспорт / ЗАО «РАДИУС Автоматика». Москва.

ВЛИЯНИЕ ЗАТЕНЕНИЯ НА РАБОТУ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

О. В. Цыликов, магистрант гр. ЭЭМВ-21

Научный руководитель – доцент кафедры «Электроснабжение»

Ю. П. Свиридов

Затенение поверхности фотоэлектрических модулей (ФЭМ) обычно не учитывают при простейших инженерных расчетах, поскольку оно незначительно в пределах их применения, например, в солнечных электростанциях или на открытых участках местности. Однако при оценке количества выработанной электроэнергии от фотоэлектрических систем (ФЭС) дорожных покрытий это необходимо учесть, поскольку их постоянно пересекают транспортные средства (ТС). В этой статье мы будем рассматривать

влияние затенения именно от ТС, без учета тени от проходящих пешеходов, произрастающих растений, близкорасположенных сооружений.

Поскольку трудно произвести мониторинг интенсивности движения ТС по улицам, будем пользоваться данными, приведенными в [1], а именно, классификацией обычных дорог по количеству проезжающих ТС в сутки.

В качестве примера будем рассматривать улицу Циолковского в Ленинском районе г. Ульяновска. Ее условно можно отнести к категории IV обычных дорог с интенсивностью движения около 500 ТС в сутки в течение года, согласно [1].

На основании [2], зная среднесуточную интенсивность движения в течение года N , мы можем рассчитать среднечасовую интенсивность движения $N_{ч}$ по формуле:

$$N_{ч} = \frac{N \cdot 365 \cdot K_t \cdot K_n \cdot K_z}{4}, \quad (1)$$

где K_t, K_n, K_z – коэффициенты неравномерности движения по часам суток, дням недели и месяцам года соответственно, выбираются из таблицы в [2].

Далее на примере модуля КСМ-180 [3], зная его площади, количество модулей в рядах и количество параллельных рядов, необходимо оценить, какое примерное количество модулей будет затенено проезжающими ТС в течение часа. В данном случае мы не будем учитывать ТС, стоящие на светофорах, пропускающих пешеходов, маневры на перекрестках, будем учитывать лишь ТС, двигающиеся через всю улицу, длиной 750 м, со средней скоростью 40 км/ч за время $t_{мс}$, равное 67,5 с, и постоянно припаркованные ТС в течение суток. В нашем случае улица Циолковского покрыта 497 параллельными рядами, в каждом из которых содержатся 6 модулей. Таким образом, ФЭС дорожного покрытия улицы образована общим количеством ФЭМ $N_{общ}$, равном 2982 штук. Также учтем площадь ТС, равную приблизительно, площади 15 ФЭМ. Определим количество незатененных ФЭМ в течение часа $N_{нз}$ по следующей формуле:

$$N_{нз} = N_{общ} - N_{фэм,мс} N_{ч} \frac{t_{мс}}{3600} - N_{ч0}, \quad (2)$$

где $N_{фэм,мс}$ – количество ФЭМ, затененных ТС; $N_{ч0}$ – количество модулей, затененных от припаркованных ТС в течение часа.

Определение конкретного количества ФЭМ в рядах и блоках ФЭС крайне проблематично. Поэтому примем грубое допущение, что количество модулей в одном ряду меняться не будет, и полученное количество модулей будем распределять по параллельным друг другу блокам.

Для примера возьмем дни весеннего и осеннего равноденствия, где длительность дня равняется 12 часам – 20 марта и 23 сентября 2018 года. Полученные значения по (1) указаны в табл. 1, которые округлены до ближайшего целого. Не учитывались часы от захода и до восхода солнца над горизонтом.

Далее для каждого часа рассчитаем по формуле (2) количество незатененных ФЭМ, результаты расчета заносим в табл. 1. Учтем, что

постоянно затенено от припаркованных ТС 70 ФЭМ.

Таблица 1

Количество незатененных ФЭМ и проезжающих ТС за каждый час работы системы в дни равноденствия

часы	20 марта 2018 года		23 сентября 2018 года	
	ТС	Кол-во ФЭМ	ТС	Кол-во ФЭМ
8	30	2904	34	2902
9	28	2904	31	2903
10	28	2904	31	2903
11	25	2905	28	2904
12	25	2905	28	2904
13	26	2905	29	2904
14	25	2905	28	2904
15	30	2904	34	2902
16	30	2904	34	2902
17	33	2903	37	2901
18	33	2903	37	2901
19	25	2905	28	2904

Далее для каждого часа посчитаем количество электроэнергии выработанной ФЭС в максимальном режиме работы ФЭМ:

$$I = I_{кз} \cdot N_{\delta} \left(\frac{G}{G_0} \right) - I_0 \cdot N_{\delta} \left(e^{\frac{eU}{AkT_{\text{Э}} N_p} - 1} \right). \quad (3)$$

Результаты расчета заносим в табл. 2.

Таблица 2

Количество электроэнергии, которое будет произведено за каждый час работы ФЭС 20.03.2018 и 23.09.2018 в максимальном режиме работы при средней суточной интенсивности движения 500 ТС/сут.

часы	20 марта 2018 года		23 сентября 2018 года		A0, кВт*ч	
	ТС	A, кВт*ч	ТС	A, кВт*ч		
8	30	1087.27	34	1086.59	1116.5	
9	28	1087.27	31	1086.82		
10	28	1087.27	31	1086.82		
11	25	1087.72	28	1087.27		
12	25	1087.72	28	1087.27		
13	26	1087.72	29	1087.27		
14	25	1087.72	28	1087.27		
15	30	1087.27	34	1086.59		
16	30	1087.27	34	1086.59		
17	33	1086.82	37	1086.15		
18	33	1086.82	37	1086.15		
19	25	1087.72	28	1087.27		
Итого		13048.59		13042.06		13398

Как видно из табл. 2 при не учете затенения от ТС погрешность расчета составляет приблизительно 2.61% и 2.66% соответственно. Достаточно небольшая погрешность, учитывая категорию дороги по интенсивности

транспортного потока. Произведем расчет улицы, но с учетом того, что в сутки проезжает порядка 15000 ТС. Результаты расчета представлены в табл. 3.

Таблица 3

Количество электроэнергии, которое будет получено за каждый час работы ФЭС 20.03.2018 и 23.09.2018 в максимальном режиме работы при средней суточной интенсивности движения 15000 ТС/сут.

часы	20 марта 2018 года			23 сентября 2018 года			А0, кВт*ч
	ТС	Кол-во ФЭМ	А, кВт*ч	ТС	Кол-во ФЭМ	А, кВт*ч	
1	2	3	4	5	6	7	8
8	897	2657	994.72	1004	2626	983.26	1116.5
9	823	2678	1002.58	920	2650	992.02	
10	823	2678	1002.58	920	2650	992.02	
11	748	2699	1010.44	837	2674	1001.23	
12	748	2699	1010.44	837	2674	1001.23	
13	778	2691	1007.52	870	2665	991.12	
14	748	2699	1010.44	837	2674	1001.23	
15	897	2657	994.72	1004	2626	983.26	
16	897	2657	994.72	1004	2626	983.26	
17	972	2635	986.63	1088	2602	974.27	
18	972	2635	986.63	1088	2602	974.27	
19	748	2699	1010.44	837	2674	1001.23	
Итого			12011.86			11878.4	13398

Как видно из табл. 3 при не учете затенения от ТС погрешность расчета в данном случае составляет приблизительно 10.35% и 11,34% соответственно, поэтому пренебрегать затенением нельзя при расчете потребления электроэнергии, полученной от ФЭС.

Вывод: Предложен приближенный метод учета влияния затенения фотоэлектрических модулей фотоэлектрической системы от проезжающих транспортных средств. Полученные результаты говорят о том, что пренебрегать вышеуказанным фактором нельзя при расчете выработки электроэнергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* (с Изменением N 1) [Электронный ресурс] <http://docs.cntd.ru/document/1200095524> (Дата обращения 24.01.18).

2. ОДМ 218.2.020-2012. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог [Электронный ресурс] <http://files.stroyinf.ru/data2/1/4293787/4293787897.htm#i2732845> (Дата обращения 24.01.18).

3. Фотоэлектрические модули наземного применения [Электронный ресурс] http://npp-kvant.ru/wp-content/uploads/2014/08/КСМ-18019020_0205.pdf (Дата обращения 24.01.18).

ТЕПЛОЙ ПРОБОЙ МЕЖКОНТАКТНЫХ ПРОМЕЖУТКОВ В АППАРАТАХ С ДЕИОННЫМИ РЕШЕТКАМИ

Е. С. Муслимова, магистрант группы ЭЭМв-21

Научный руководитель – доцент кафедры «Электроснабжение»

Д. С. Александров

Гашение дуги является необходимым условием обеспечения требуемой предельной коммутационной способности аппаратом защиты. Как правило, восстановление изоляционных свойств межконтактного промежутка (МП) имеет место после естественного перехода тока через нуль. Гашение дуги будет неуспешным, если после перехода тока через нуль произойдет пробой МП. Широкое распространение в аппаратах низкого напряжения получил способ гашения дуги в деионных решетках, для которого характерным при отключении тока предельной коммутационной способности (ПКС) является тепловой пробой межконтактного промежутка, обусловленный термической ионизацией за счет тепловых потерь и увеличения остаточной проводимости пути протекания остаточного тока. Особенностью гашения дуги токов ПКС при указанном методе является выделение значительной энергии на этапе горения дуги из-за большого напряжения на дуге. Поскольку имеет место недостаточно интенсивное дутье, диаметр столба дуги пропорционален значению тока и при значениях тока ПКС может привести к увеличению диаметра до 2–3 см., Следовательно, объем столба дуги так же резко возрастает и соответственно возрастает количество ионизированных газов. Плазма столба дуги содержит не только ионизированные газы воздуха, но и ионизированные пары частей дугогасительной камеры за счет эрозии, испарения материалов деталей дугогасительного отсека, например, контактных напаяк, дугогасительных рогов, стальных деионных пластин и др. Кроме того, часть выделившейся энергии расходуется на нагрев деионных пластин, вызывая после перехода тока через нуль интенсивную термоэлектронную эмиссию и поддержание в течение значительного промежутка времени высокой температуры остаточного столба дуги.

Целью работы является исследование влияния энергии дуги на успешность ее гашения после перехода тока через нуль в аппаратах низкого напряжения переменного тока на номинальное напряжение $U_n = 660-1140$ В. Кроме того, необходимо установить характеристики отключения, влияющие на классификацию аппаратов в части коммутационной способности. Основной метод решения поставленной задачи – анализ опытных данных.

Несмотря на достаточно обстоятельно проведенные исследования [1-5], включающие в себя исследования влияния на успешность гашения дуги ряда факторов: материала электродов; числа, формы и покрытия деионных пластин расстояния между электродами; скорости расхождения контактов; структуры дуги, значение ожидаемого тока, вопрос о гашении дуги остается открытым. Такое состояние дел связано с недостаточным изучением посленулевых

процессов, характеризующихся возможностью появления теплового пробоя¹, когда до перехода тока через нуль, на этапе горения дуги, выделяется очень большое количество энергии. Следует заметить, факторы, ограничивающие ПКС, касаются не только гашения дуги после перехода тока через нуль. Особенно они остро сказываются в случае коммутирования тока ПКС аппаратами на номинальное напряжение $U_n = 380$ В и ниже. Далее рассматривается исключительно проблема гашения дуги при более высоких, чем $U_n = 380$ В, значениях номинального напряжения.

Гашения дуги в деионных решетках может произойти после перехода тока через нуль, если подводимая к остаточному столбу дуги мощность меньше той мощности, которая отводится от дуги. Если имеет место обратное соотношение – отводимая от дуги мощность меньше, чем подводимая к ней, то возникает тепловой пробой и повторное зажигание дуги. Итак, условия теплового пробоя – наличие значительного и длительно протекающего остаточного тока.

Отключение токов ПКС сопровождается появлением значительных и длительно протекающих остаточных токов, заметно влияющих на характер протекания восстановления изоляционных свойств межконтактного промежутка. На рис. 1 приведены экспериментально полученные характерные осциллограммы посленулевых процессов. При номинальном напряжении выключателя 660 В и выше существенно увеличивается значение энергии дуги на предшествующем этапе горения дуги, что ведет к более интенсивному местному и общему нагреву пластин по сравнению с $U_{ном} = 380$ В.

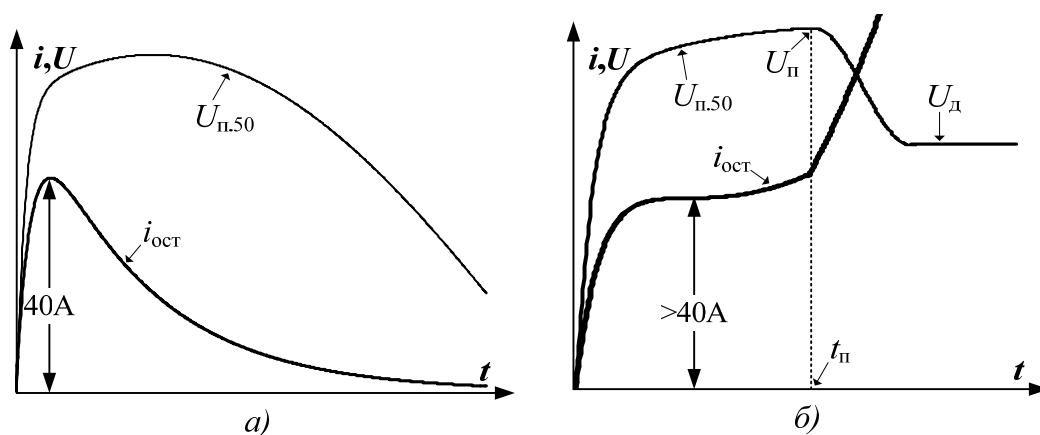


Рис. 1. Характерные зависимости остаточного тока на первом отключающем полюсе выключателя типа ВА55–43 (операция О) в испытательной цепи с параметрами – $I = 33$ кА; $\cos\varphi = 0,25$; $U_{воз} = 720$ В:
 а – отсутствие пробоя; б – наличие пробоя; $i_{ост}$ – остаточный ток;
 $U_{п50}$ – переходное возвращающееся напряжение 50 Гц; $U_{п}$ – напряжение пробоя;
 $U_{д}$ – напряжение дуги; $t_{п} \approx 1$ мс – время наступления теплового пробоя.

¹Тепловые пробойи являются характерными для большинства способов гашения дуги современных низковольтных аппаратов защиты при отключении не только предельных токов (деионные решетки), но и меньших токов, чем предельные, например, в узких щелях.

Следовательно, возникают благоприятные условия для интенсивной и длительно существующей термоэлектронной эмиссии за счет большой площади оплавления деионных пластин и соответственно местного их нагрева. Как видно из рис. 1, б, тепловой пробой остаточного столба дуги требует для своего развития значительного времени $t_{п} \approx 1$ мс. За такой промежуток времени возвращающееся напряжение 50 Гц существенно увеличивается, что способствует увеличению дополнительной активной мощности и соответственно нарушению теплового баланса, обеспечивая возникновение термической ионизации

На рис. 2 приведена экспериментально снятая зависимость проводимости остаточного столба дуги $g = f(t)$ единичного межэлектродного промежутка с оплавленными стальными электродами [6]. Условия протекания процесса изменения проводимости после перехода тока через нуль внешне подобны условиям отключения тока ПКС выключателем типа ВА55–43 (рис. 1).

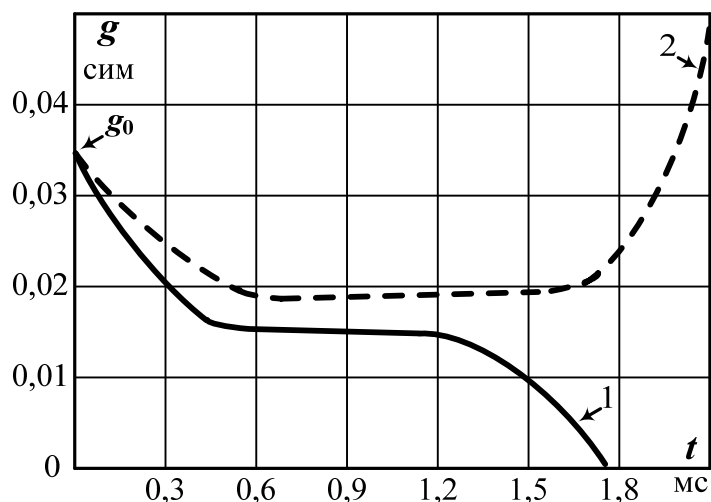


Рис. 2. Посленулевое изменение проводимости промежутка между стальными электродами в цепи с током $I = 100$ А:
 1 – успешное гашение;
 2 – неуспешное гашение (повторное зажигание дуги);
 g_0 – проводимость остаточного столба дуги в начальный момент времени $t = 0$.

Автор [6] считает, что начальная быстро убывающая проводимость обусловлена зарядами остаточной плазмы. Проводимость g или сопротивление R остаточного столба дуги в начальный промежуток времени длительностью примерно 0,5 мс хорошо описываются выражениями близко соответствующими теории дуги Майра

$$g = g_0 e^{-\frac{t}{\theta}} \text{ или } R = R_0 e^{\frac{t}{\theta}},$$

где g_0 и R_0 – соответственно начальная проводимость или сопротивление; θ – постоянная времени.

Сравнивая внешне характер протекания посленулевых процессов рис. 1 и рис. 2, можно провести аналогию процессов, представленных на:

- рис. 1, а и кривой 1 рис. 2;
- рис. 1, б и кривой 2 рис. 2.

Важной особенностью зависимостей $g = f(t)$ (см. рис. 2) является наличие замедленного изменения проводимости в течение значительного времени существования «полки», где имеет место непрерывный тепловой обмен между остаточным столбом дуги и электродами или деионными пластинами. При высокой температуре кипения электродов и относительно низком потенциале

ионизации остаточного столба дуги изменения температуры и электропроводности плазмы в значительной степени определяются скоростью охлаждения электродов или деионных пластин. То есть высокая температура электродов поддерживает высокое значение температуры остаточного столба дуги в течение значительного времени. Поэтому создаются условия поддержания проводимости g на определенном уровне. В результате появляется возможность термической ионизации из-за роста возвращающегося напряжения $U_{\text{воз}}$ и соответственно увеличения потерь в остаточном столбе дуги.

Кроме того, возникновению повторного зажигания способствует термоэлектронная эмиссия, которая тем интенсивней, чем больше площадь оплавления пластин, зависящая от значения тока и энергии, выделившейся на этапе горения дуги. Длительность и ордината полки определяется также значением энергии дуги W , которая нагревает деионные пластины, и тем самым способствуя меньшей теплопоглощающей возможности пластин.

На основании вышесказанного следует важный вывод о роли энергии дуги на этапе горения.

Не нагретые свыше $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ пластины способствуют интенсивной деионизации остаточного столба дуги и соответственно успешному ее гашению.

Перегретые свыше $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ участки пластин способствуют повторному зажиганию за счет поддержания температуры остаточного столба дуги в течение промежутка времени достаточного для заметного увеличения возвращающегося напряжения 50 Гц до таких значений, при которых критическим образом повышаются потери и создаются условия термической ионизации. Более того, перегретые участки пластин служат источником интенсивной термоэлектронной эмиссии, также способствующей повторным зажиганиям дуги.

Возможную успешность гашения дуги следует учитывать, принимая во внимания не только энергию дуги на предшествующем этапе горения дуги, но и на всех предшествующих этапах и коммутационных операций.

Энергия дуги является характеристикой, определяющей *необходимое* условие гашения дуги.

Возвращающееся напряжение 50 Гц является характеристикой, определяющей *достаточное* условие гашения дуги.

Можно утверждать положение о решающей роли энергии дуги и при других способах гашения, где напряжение дуги соразмерно с амплитудой возвращающегося напряжения. То есть энергия дуги может выступать классификационной характеристикой в части коммутационной способности. Например, гашения дуги в узких щелях связано с интенсивным охлаждением ствола дуги и соответственно высоким значением напряжения дуги. Такой способ гашения широко применяется в электромагнитных контакторах низкого напряжения и электромагнитных выключателях высокого напряжения. Кроме того данный принцип гашения нашел широкое применение в плавких предохранителях.

Рассмотрим особенности возникновения тепловых пробоев в узких щелях в случае отключения предельных значений токов.

На рис. 3 приведены экспериментально снятые зависимости проводимости в случае успешного гашения дуги:

- остаточного столба дуги $g_1 = f(t)$;
- поверхностного следа дуги на стенке дугогасительной камеры $g_2 = f(t)$;
- суммарной проводимости межконтактного промежутка $g_3 = f(t)$ электромагнитного выключателя [7].

В этих условиях повторное зажигание возникает в результате теплового пробоя за счет увеличения остаточной проводимости путей протекания остаточного тока (остаточный столб и след стенки камеры) при воздействии на межконтактный промежуток возвращающегося напряжения 50 Гц.

В щелевой дугогасительной камере после перехода тока через нуль в межконтактном промежутке имеется два параллельных пути для остаточного тока: путь тока через газовый плазменный остаточный столб дуги и путь по нагретому «следу», оставленному дугой на поверхностях стенок камеры. Причем эти пути имеют различные тепловые постоянные времени. Из рис. 3 видно, что постоянная времени нагретого газового остаточного столба дуги составляет около 40 мкс, в то время как для раскаленного следа дуги на поверхности она более 200-300 мкс. Через 75 мкс после перехода тока через нуль электрическая проводимость фактически определяется проводимостью поверхностного следа дуги. Этот проводящий поверхностный путь представляет собой весьма тонкий слой, нагретый добела. Потеря энергии в нем обусловлена главным образом теплообменом с телом стенки керамической камеры.

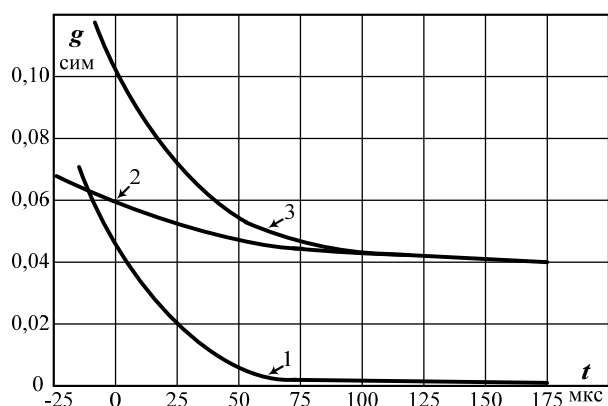


Рис. 3. Посленулевое изменение проводимости:

- 1 – проводимость области остаточного столба дуги $g_1 = f(t)$;
- 2 – проводимость поверхностного следа дуги на стенке дугогасительной камеры $g_2 = f(t)$;
- 3 – суммарная проводимость межконтактного промежутка $g_3 = f(t)$.

Характерной особенностью тепловых пробоев в узких щелях по сравнению с тепловыми пробоями в камерах с деионными пластинами является:

- заметно большая длительность развития, которая может превышать по времени формирования разряда более чем в два раза и составлять 1-2 мс;
- отсутствие «полки» в кривой зависимости посленулевой проводимости.

То есть суммарная проводимость межконтактного промежутка $g_3 = f(t)$ относительно плавно снижается до нулевого значения в случае успешного гашения дуги.

Большая длительность развития теплового пробоя в узких щелевых камерах по сравнению с длительностью развития теплового пробоя в

камерах с деионными пластинами обусловлена более интенсивным отводом тепла за счет большей теплоемкости керамических стенок камеры.

Таким образом, повторное зажигание дуги в узких щелевых камерах может происходить или в результате возобновления дуги при тепловом пробое или по пути остаточного столба дуги, или в результате развития разряда по раскаленному следу на поверхности дугогасительной камеры.

Гашение дуги в плавких предохранителях тоже осуществляется в значительно более узкой щели, которая к тому же охватывает всю поверхность дуги. Для этого вида аппаратов характерен тепловой пробой исключительно по оплавленной поверхности наполнителя во всем диапазоне токов отключения. Тепловые пробой по сравнению с предыдущим случаем имеют большую длительность развития из-за более интенсивного отвода тепла в кварцевый наполнитель, которая доходит до 3 мс. Другой особенностью тепловых пробоев в плавких предохранителях является значение остаточных токов проводимости, достигающих 300 А.

На основании вышесказанного следует.

Тепловой пробой МП имеет место, если концентрация электронов в единице объема превышает определенный уровень. Возможность появления теплового пробоя, определяется значением энергии дуги на предшествующем пробоем этапе горения дуги, если она превышает определенный уровень. Данный вывод касается, прежде всего, способов гашения дуги в деионных решетках и щелевых узких дугогасительных камер. Гашение дуги при кратностях тока не превышающих пятикратное значение по отношению к номинальному току сопровождается исключительно с возможностью появления тепловых пробоев.

Исходной причиной тепловых пробоев является энергия дуги – первостепенная характеристика процесса отключения тока коммутационным аппаратом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брон О. Б. Электрическая дуга в аппаратах управления. – ГЭИ. : М. – Л.: 1954. – 532 с.
2. Мещеряков В. П. Электрическая дуга большой мощности в выключателях, Ч. 2. – Ульяновск : ОАО Контактор, 2008. – 429 с.
3. Таев И. С. Электрические аппараты: общая теория. – М. : Энергия, 1977. – 272 с.
4. Дзежбитцки С., Вальчук Е. Токоограничивающие выключатели переменного тока. – Пер. с польск. – Л. : Энергоиздат, 1982.
5. Мещеряков В. П. Электрическая дуга большой мощности в выключателях, Ч.2. – Ульяновск : ОАО Контактор, 2008. – 429 с.
6. Лесков Г. И. Электрическая сварочная дуга. – М. : Машиностроение, 1970 г. – 335 с.
7. Кукеков Г. А. Выключатели переменного тока высокого напряжения. – Изд. 2-е, перераб. – Л. : Энергия, 1972. – 336 с.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРОБОЙ МЕЖКОНТАКТНЫХ ПРОМЕЖУТКОВ В АППАРАТАХ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Е. С. Муслимова, магистрант группы ЭЭМв-21

Научный руководитель – доцент кафедры «Электроснабжение»

Д. С. Александров

Наиболее распространенными для защиты электрических сетей от аварийных режимов являются коммутационные аппараты защиты (аппараты) переменного тока. Гашение дуги является необходимым условием обеспечения требуемой предельной коммутационной способности аппаратом защиты. Как правило, восстановление изоляционных свойств межконтактного промежутка (МП) имеет место после естественного перехода тока через нуль. Гашение дуги будет неуспешным, если после перехода тока через нуль произойдет пробой МП. Существуют два вида пробоев, связанных с двумя формами ионизации: ударной ионизацией и термической ионизацией. Соответственно различают электрические пробои, обусловленные ударной ионизацией, и тепловые пробои, обусловленные термической ионизацией за счет тепловых потерь и увеличения остаточной проводимости пути протекания остаточного тока.

Широкое распространение в аппаратах низкого напряжения получил способ гашения дуги в деионных решетках, для которого характерны оба вида пробоев. Изоляционные свойства МП в условиях электрического пробоя² общепринято характеризовать восстанавливающей прочностью (ВП). Важнейшим параметром ВП является начальный скачок прочности $U_{вп0}$ после перехода тока через нуль [1-3].

Целью работы является исследование влияния характеристик донулевых процессов на значение начальной прочности около катодной зоны (ОКЗ) при отключении переменного тока. Кроме того, необходимо установить характеристики отключения, влияющие на классификацию аппаратов в части коммутационной способности. Основным методом решения поставленной задачи – анализ опытных данных.

Несмотря на достаточно обстоятельно проведенные исследования [1-3], включающие в себя исследования влияния на начальную прочность ряда факторов: материала электродов; расстояния между электродами; скорости расхождения контактов; числа и температуры нагрева деионных пластин решетки; значения ожидаемого тока; давления воздуха; частоты переменного тока, роль донулевых процессов систематизировано не изучалась.

Гашения дуги в деионных решетках может произойти после перехода тока через нуль, если начальная прочность превосходит значение переходного

²Электрический пробой МП имеет место, если концентрация электронов в единице объема не превышает определенного уровня. В случае превышения уровня характер пробоя МП резко изменяется и обусловлен не пробоем, а «разогревом» остаточного столба дуги до состояния возникновения термической ионизации. Тепловые пробои в настоящей работе не рассматриваются.

восстанавливающегося напряжения (ПВН). Принцип гашения дуги заключается в получении достаточного количества коротких электрических дуг, горящих между деионными пластинами, с тем, чтобы соответственно получить пропорциональное количеству дуг число ОКЗ после перехода тока через нуль, которые бы смогли приобрести суммарную электрическую прочность достаточную для успешного гашения дуги. Чем меньше положительный заряд имеет место в ОКЗ в начальный момент времени, тем больше будет электрическая прочность [2]. На начальное значение положительного заряда оказывает, прежде всего, скорость изменения тока $(di/dt)_0$ в донулевой промежуток времени, на который влияют следующие сетевые факторы: апериодическая составляющая тока короткого замыкания (КЗ); напряжение на дуге и изменение индуктивности элементов цепи с ферромагнитными сердечниками. Рассмотрим вклад каждого фактора в значение $(di/dt)_0$.

Апериодическая составляющая тока КЗ i_a в любой фазе трехфазной цепи в зависимости от начальной фазы ЭДС источника питания α и коэффициента мощности цепи $\cos\varphi$ может приобретать начальное значение в диапазоне $i_{a0} = 0 - I_m$, где I_m амплитуда периодической составляющей тока КЗ. При металлическом КЗ значение тока КЗ определяется по выражению [2]

$$\bar{i} = \frac{i}{\sqrt{2}I_m} = \sin(\omega t + \alpha - \varphi) - \sin(\alpha - \varphi)e^{-\omega t/\omega T_a}, \quad (1)$$

где $\bar{i} = \frac{i}{\sqrt{2}I_m}$ – безразмерное мгновенное значение тока КЗ;

$T_a = -$ постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ.

В случае неучета напряжения дуги скорость изменения тока, соответствующего формуле (1), определяется по выражению

$$\frac{d\bar{i}}{dt} = \cos(\omega t + \alpha - \varphi) + \sin(\alpha - \varphi) \frac{e^{-\omega t/\omega T_a}}{\omega T_a}. \quad (2)$$

Анализ выражения (2) показывает, что наибольшее значение скорость изменения тока КЗ $(di/dt)_0$ имеет место при $\alpha = 90^\circ$, когда апериодическая составляющая тока КЗ отсутствует. Наименьшее значение скорость изменения тока КЗ $(di/dt)_0$ имеет место при $\alpha = 0$, когда апериодическая составляющая тока КЗ максимальна. Уменьшение скорости изменения полного тока КЗ $(di/dt)_0$ не превышает 9 %.

Рассмотрим влияние напряжения на дуге u_d на скорость изменения полного тока КЗ $(di/dt)_0$. Рассмотрим самый тяжелый случай с точки зрения скорости изменения тока. Если принять напряжение на дуге непрерывно линейно возрастающим и $\alpha = 0$, то значение тока КЗ определяется по выражению

$$\bar{i} = \sin(\omega t - \varphi) + \sin(\varphi)e^{-\omega t/\omega T_a} - \frac{\varepsilon(\omega t - \varphi_a)}{\omega \cdot \cos \varphi} \times \left[1 - \frac{\omega T_a}{(\omega t - \varphi_a)} (e^{-(\omega t - \varphi_a)/\omega T_a}) \right], \quad (3)$$

где $\varepsilon = u_d/(E_m \cdot t)$ – относительная крутизна напряжения на дуге в единицу времени; E_m – амплитуда ЭДС источника питания; φ_a – фаза включения дуги после возникновения КЗ.

Скорость изменения тока, соответствующая формуле (3), определяется по выражению

$$\frac{d\bar{i}}{dt} = \cos(\omega t + \alpha - \varphi) + \sin(\alpha - \varphi) \frac{e^{-\omega t/\omega T_a}}{\omega T_a} - \frac{\varepsilon}{\omega \cdot \cos \varphi} \left[1 - \left(e^{(\varphi_a - \omega t)/\omega T_a} \right) \right].$$

Анализ выражения di/dt показывает, что значение скорости изменения полного тока КЗ di/dt значительно больше по сравнению со значением скорости изменения тока периодической составляющей тока $(di_{\text{пер}}/dt)_0$ и составило 36% при $\varepsilon_2 = 100 \text{ с}^{-1}$. Влияние изменения относительной крутизны напряжения на дуге ε незначительно и при ее изменении в два раза с $\varepsilon_1 = 50 \text{ с}^{-1}$ до значения $\varepsilon_2 = 100 \text{ с}^{-1}$ увеличение $(di/dt)_0$ составило значение менее 3%. Следовательно, форма напряжения дуги является решающим фактором.

Изменение индуктивности элементов цепи с ферромагнитными сердечниками при подходе тока к нулю. Рассмотрим результаты эксперимента.

Давно замечено, что отключение в цепи переменного тока, содержащей элементы с ферромагнитными сердечниками или другими нелинейными элементами, происходит более успешно по сравнению с отключением тока в цепи с линейными элементами.

В [3] исследовалась электрическая прочность единичного промежутка вентильного разрядника. Вентильный разрядник представляет собой аппарат, состоящий из множества промежутков с последовательно включенными вилитовыми дисками, имеющими резко нелинейную вольтамперную характеристику (рис. 1, а).

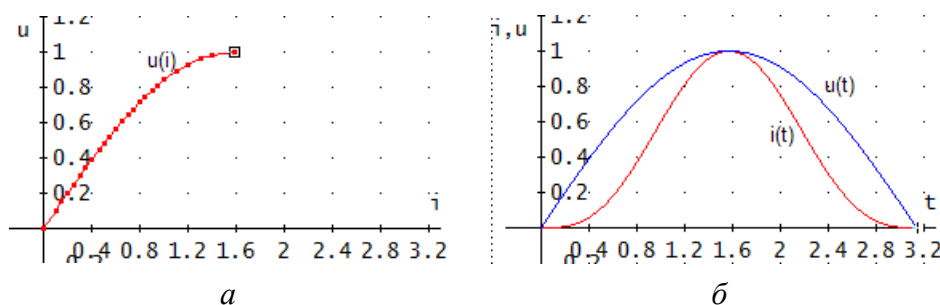


Рис. 1. Вольтамперная характеристика (а) вилита, форма кривой тока $i=f(t)$ и напряжения в цепи $u=f(t)$, содержащей нелинейное вилитовое сопротивление (б)

Начальная прочность единичного промежутка вентильного разрядника с латунными электродами при прохождении тока в $I = (35-50) \text{ А}$ составляла $U_{\text{вп}0} = 700-1400 \text{ В}$, т. е. значительно большее значение, чем при синусоидальном токах, где значение начальной прочности не превышает $U_{\text{вп}0} \leq 320 \text{ В}$ [2].

По мнению авторов более благоприятные условия возрастания прочности МП возникают из-за несинусоидальной формы тока в дуге (см. рис. 1) и подход его к нулю значительно более медленный, чем при синусоидальной форме.

В [4] выполнялось сравнение процессов гашения дуги обычным контактором при отключении заторможенного асинхронного двигателя, который представляет собой индуктивную нагрузку с железным сердечником, и эквивалентной ему воздушной индуктивной нагрузкой и реостатами. Результаты характерных опытов представлены на рис. 1 и рис. 2. Параметры ПВН: собственная частота f_0 и коэффициент превышения амплитуды γ не определялись. По характеру пиков зажигания можно утверждать:

- характер ПВН (см. рис. 2) колебательный со значением коэффициента превышения амплитуды не менее $\gamma \geq 1,5$;
- характер ПВН (см. рис. 3) колебательный, но близкий к аperiodической форме и со значением коэффициента превышения амплитуды не менее $\gamma \leq 1,1$.

Сравнительно более легкое отключение контактором заторможенного асинхронного двигателя (рис. 2) по сравнению с воздушной нагрузкой (рис. 3) объясняется изменением магнитной связи между статором и ротором, что приводит к изменению обмена энергией между обмотками статора и ротора.

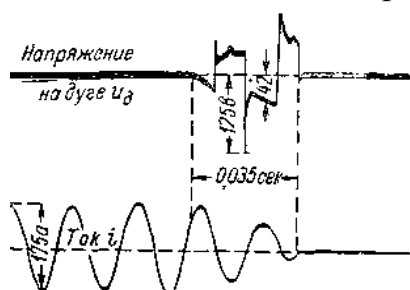


Рис. 2. Отключение индуктивной нагрузки из воздушных катушек:
 $I = 175 \text{ A}; U = 470 \text{ В}; \cos\varphi = 0,446$.

$$t_d = 35 \text{ мс}$$

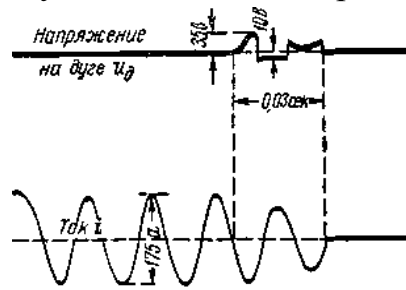


Рис. 3. Отключение заторможенного двигателя:
 $I = 175 \text{ A}; U = 470 \text{ В}; \cos\varphi = 0,465$.

$$t_d = 30 \text{ мс}$$

Примечания:

1. U – напряжение 50 Гц на выводах источника.
2. I – действующее значение ожидаемого тока.
3. t_d – среднее время дуги в 10-ти опытах.

В [5] выполнялось сравнение процессов гашения дуги при испытаниях коммутационной способности контактов промежуточного реле в условиях отключения индуктивной нагрузки с железным сердечником, и ей эквивалентной воздушной индуктивной нагрузкой с реостатами. Результаты характерных опытов представлены на рис. 4 и рис. 5.

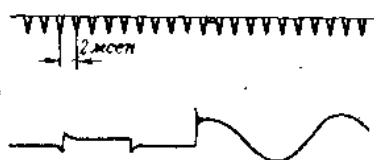


Рис. 4. Отключение индуктивной нагрузки из воздушных катушек:
 $I = 20 \text{ A}; U = 400 \text{ В}; \cos\varphi = 0,345$;
 $f_0 = 29 \text{ кГц}; \gamma = 1,6$.

$$t_d = 10\text{--}60 \text{ мс}$$

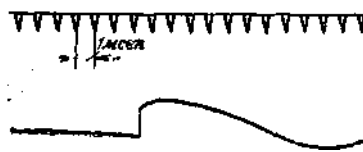


Рис. 5. Отключение индуктивной нагрузки с железным сердечником:
 $I = 21 \text{ A}; U = 470 \text{ В}; \cos\varphi = 0,335$;

$$t_d = 5\text{--}10 \text{ мс}$$

Различие результатов экспериментов испытательной цепи с воздушной нагрузкой (рис. 4) по сравнению с индуктивной нагрузки с железным сердечником (рис. 5) авторами объясняется различным значением скорости роста восстанавливающегося напряжения. То есть успешность отключения связывают с посленулевыми процессами, а преднулевые процессы не принимаются во внимание.

В [6] процесс гашения дуги в ионных приборах рассматривался как совокупность донулевых и посленулевых процессов в МП.

Электрический пробой может происходить в условиях некоторой достаточно малой проводимости остаточного столба дуги, которая обуславливает наличие остаточного тока. Пока концентрация зарядов в распадающейся плазме не выходит за некоторые границы, остаточный ток мал и может учитываться как несамостоятельный разряд. Когда значение концентрации заряженных частиц *выходит* за некоторые границы, остаточный ток, представляющий собой ток несамостоятельного разряда, переходит в самостоятельный, притом дуговой разряд.

Начальная концентрация ионов n_0 на границе с плазмой в момент спада тока дуги к нулю пропорциональна скорости изменения тока di/dt при подходе его к нулю, то есть $(di/dt)_0 \equiv n_0$. Начальная концентрация ионов n_0 в свою очередь определяет начальное значение остаточного тока i_0 . Поэтому справедливо следующее выражение

$$i_0 \equiv n_0 \equiv (di/dt)_0;$$

В [6] приведена схема с насыщающимся реактором, включаемым последовательно в цепь ртутного вентиля, который позволяет резко снизить скорость изменения тока $(di/dt)_0$ при подходе к нулю, создавая своеобразную «ступеньку» тока. Результат технического решения – значительное сокращение частоты повторных зажигания.

В [7] показано влияние характерного резкого подъема напряжения на дуге в начале и в конце полупериода. Резкое увеличение напряжения на дуге в конце полупериода должно увеличивать ток i_C емкости, шунтирующей дугу. Соответственно должен уменьшаться ток дуги i_d , значение которого определяется разностью

$$i_d = i - i_C, \quad (4)$$

где i – мгновенное значение тока. Этот переходный процесс увеличения тока емкости и уменьшения тока дуги в конце полупериода протекает до некоторого момента времени, когда значение тока емкости i_C достигает значения тока дуги i_d , после чего в рассматриваемой системе происходит переход в качественно новое динамическое состояние.

При обесточенном дуговом створе в цепи возникает электромагнитный процесс перезарядки емкости с некоторого начального напряжения, прикладываемого к МП. Из выражения тока дуги (4) следует, что с увеличением скорости изменения тока $(di/dt)_0$ в донулевой промежуток времени значение тока дуги равно нулю $i_d = 0$ при меньшем мгновенном значении тока i . *Значит, остаточная концентрация зарядов в МП n_0 также будет меньше и*

меньше вероятность повторного зажигания в посленулевой период. Вышеизложенное дает основание полагать возможность увеличения остаточной концентрации зарядов в МП за счет увеличения емкости цепи.

На основании приведенного обзора можно сделать следующие выводы.

1. Возникновение электрического пробоя в посленулевой промежуток времени зависит как от донулевых, так и посленулевых процессов в МП.

2. Следует ожидать сильную зависимость значения начальной прочности от скорости изменения тока непосредственно перед переходом его через нуль $U_{вп0} = f(di/dt)_0$. Поэтому очень сильное влияние на значение $U_{вп0}$ следует ожидать в цепи, содержащей элементы с ферромагнитными сердечниками, например, трансформаторы, двигатели и др. Продемонстрируем данное предположение, сравнивая скорости изменения тока в цепи с воздушными элементами $(di/dt)_{ов}$ со скоростью изменения тока в цепи с элементами, содержащими ферромагнитные сердечники $(di/dt)_{0ф}$.

На рис. 6 представлен подход тока в цепи с воздушными элементами и ферромагнитными элементами. Индуктивность цепи с ферромагнитными элементами изменяется от меньшего значения в режиме насыщения до большего значения при подходе тока к нулю, поскольку нелинейная индуктивность рассеивания представляет собой подобие катушки с ферромагнитным сердечником (дресселя). Опытным путем установлено увеличение значения индуктивности в ненасыщенном состоянии по сравнению с насыщенным состоянием в 2-4 два раза. Учитывая возможность аппроксимации синусоидальной зависимости при подходе тока к нулю линейной зависимостью $i \approx I_m \cdot \omega t$, значение скорости изменения тока определится из выражения $(di/dt)_0 = I_m \cdot \omega$. Элементы с ферромагнитным сердечником при подходе тока к нулю изменяют значение индуктивности в 2-4 два раза. Соответственно скорость изменения тока уменьшится в 2-4 два раза

$$\frac{(di/dt)_г}{(di/dt)_ф} \geq 2-4.$$

В соответствии с рис. 6 околокатодная область в точке a имеет большую начальную концентрацию ионов n_0 чем в точке b из-за большего значения тока. Отсюда можно сделать предположение о решающем влиянии на значение начальной прочности $U_{вп0}$ не скорости изменения тока $(di/dt)_0$, а самом значении тока i_0 . Скорость изменения тока определяет, каково будет начальное значение тока i_0 .

На основании сказанного следует вывод о первостепенном влиянии на значение $U_{вп0}$ наличие нелинейных элементов в цепи. Следовательно, проводя испытания коммутационных аппаратов на предельную коммутационную способность при повышенных номинальных напряжениях (660 В или 1140 В) необходимо учитывать неоднозначность испытаний в условиях испытательных стендов с применением воздушных элементов и наличия элементов с ферромагнитным сердечником в реальных электроустановках. Значение начальной восстанавливающейся прочности $U_{вп0}$ примерно прямо пропорционально изменению индуктивности цепи L .

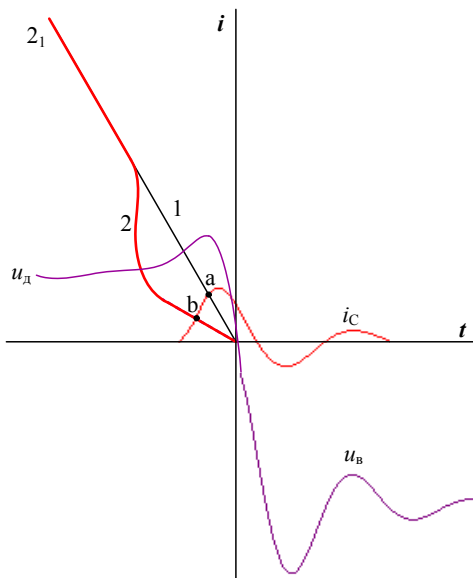


Рис. 6. Преднулевые и посленулевые процессы в межконтактном промежутке:
 1 – подход тока к нулю в цепи с воздушными элементами; 2₁-2-b – подход тока к нулю в цепи с ферромагнитными элементами;
 u_d – напряжение на дуге; u_b – переходное восстанавливающееся напряжение;
 i_c – емкостной ток;
 a – начало посленулевого этапа цепи с воздушными элементами;
 b – начало посленулевого этапа цепи с ферромагнитными элементами

Кроме отмеченного выше, необходимо отметить перспективу создания конкурентоспособных конструкций высоковольтных аппаратов с деионными решетками на номинальное напряжение 1-20 кВ, если добиться обеспечения начальной прочности $U_{вп0} \geq 700$ В на один разрыв. Тогда количество требуемых деионных пластин резко сократится и аппарат будет иметь хорошие массогабаритные параметры.

Электрический пробой МП имеет место, если концентрация электронов в единице объема не превышает определенного уровня. Поэтому возможность появления электрического пробоя, а не теплового пробоя, определяется значением энергии дуги на предшествующем пробую этапу горения дуги. Энергия дуги – первостепенная характеристика процесса отключения тока коммутационным аппаратом.

На начальное значение положительного заряда оказывает значительное влияние нагрев электродов МП [8].

Если опорные точки дуги быстро перемещаются по электродам и последние не нагреваются до температуры оплавления значительных участков МП, то имеет место термоэлектронная эмиссия различной интенсивности в зависимости от температуры нагрева электродов, а не термическая ионизация остаточного столба дуги. Экспериментально установлено, что электрическая прочность в зонах опорных точек характеризуется следующими значениями пробивного напряжения $U_{пр}$:

- при горячих электродах³ и небольшой скорости перемещения дуги (например, в процессе ее формирования) $U_{пр} = 40-60$ В;
- при горячих электродах и средней скорости перемещения дуги (в процессе удаления от места возникновения) $U_{пр} = 140-160$ В;
- при холодных электродах и большой скорости перемещения дуги (в

³Температура электродов выше 800 °С. Если температура электродов менее 800 °С, то считают электроды холодными, понимая под этим отсутствие заметной термоэлектронной эмиссии.

процессе свободного движения по электродам) $U_{пр} = 230-250$ В.

На основании сказанного следует вывод об очень сильном влиянии на значение $U_{вп0}$ энергии дуги, выделившейся на предшествующем этапе горения дуги. Кроме того, следует отметить возможность существования электрического пробоя только в том случае, если значение энергии дуги не превышает определенного уровня. В противном случае форма пробоя МП изменяется, и она приобретает форму теплового пробоя, для которого начальная прочность $U_{вп0}$ не является параметром процесса отключения.

Итак, на энергию дуги в силу своего определяющего влияния на успешность отключения тока по сравнению с сетевыми факторами может выступать в роли классификационного параметра в части коммутационной способности электрических аппаратов. Разумеется, влиянием сетевых факторов на значение начальной прочности $U_{вп0}$ пренебрегать нельзя и следует учитывать при проведении классификации, оговаривая, при каких условиях она выполнена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таев И. С. Электрические аппараты управления: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1984. – 247 с.
2. Буткевич Г. В. Дуговые процессы при коммутации электрических цепей. – М. : Энергия, 1973. – 264 с.
3. Техника высоких напряжений: Часть 1 /Под редакцией Л. И. Сиротинского. – М.-Л. : ГЭИ, 1951. – 291 с.
4. Брон О. Б. Электрическая дуга в аппаратах управления. – ГЭИ. : М.-Л. : 1954. – 532 с.
5. Дулин В. А. Методы исследования надежности низковольтных аппаратов. – М. : Энергия, 1970. – 152 с.
6. Каганов И. Л. Ионные приборы. – М. : Энергия, 1972. – 528 с.
7. Кукеков Г. А. Выключатели переменного тока высокого. – Изд. 2-е, перераб. – Л. Энергия, 1972. – 336 с.
8. Жуков В. В. Короткие замыкания в электроустановках постоянного. – 2-е изд., стереотип. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007.– 160 с.

КОНТРОЛЬ ОБЪЕКТОВ ИСПЫТАНИЯ СТАЦИОНАРНЫМИ ЭЛЕКТРОЛАБОРАТОРИЯМИ

Р. Д. Прошин, магистрант группы ЭЭМв-21

Научный руководитель – доцент кафедры «Электроснабжение»

Д. С. Александров

Контроль технического состояния объектов испытания, связанных с электроустановками, электролабораториями, прежде всего, зависит от места проведения испытаний. В отношении этого фактора они подразделяются на стационарные и передвижные. Совокупные условия испытаний стационарных и

передвижных электролабораторий имеют значимые различия в части возможности получения результата испытания необходимого качества. Поэтому, подходы к организации испытаний стационарных и передвижных электролабораторий не могут быть одинаковыми.

Предлагается результат испытания по объекту испытания определять, принимая во внимание совокупность результатов испытания по всем типам испытания, определяемым программой испытания (ПИ). Основная идея и принципиальная схема получения результата по объекту испытания, наглядно представлена на рисунке. Имеются следующие обозначения:

1_1 и 1_2 – цифра **1** означает первый этап испытаний – *техосмотр*. Индексы 1 и 2 означают первый и второй каналы соответствия 1-й и 2-й характеристик *техосмотра*.

2_1 и 2_2 – цифра **2** означает второй этап, именуемый этапом *испытания*. Индексы 1 и 2 означают первый и второй каналы соответствия 1-й и 2-й характеристик *испытания*.

• • • – многоточие означает то обстоятельство, что на этапе *техосмотра* и *испытаний* может контролироваться не две, а соответственно n и m характеристик в зависимости от требований ПИ.

Схема, представленная на рисунке, состоит из двух основных частей: каналов соответствия по типам испытания ($1_1, 1_2, 2_1, 2_2,$) и канала соответствия по объекту испытания. Основной характеристикой качества испытания по объекту является достоверность результата испытаний⁴. Представленная схема получения результата по объекту испытания принципиально позволяет получить необходимую достоверность при условии достоверности результатов испытания каждого из простых каналов соответствия, обеспечивающих достоверность результатов по типу испытания с доверительной вероятностью недостоверности менее $q_{n,m} < 0,01$. Тогда, значение достоверности результата испытания по объекту $q_{o.и.}$, учитывая независимость каналов соответствия друг от друга для изображенной на рисунке схемы, определится по выражению $q_{o.и.min} < q_{1.1} \cdot q_{1.2} \cdot q_{2.1} \cdot q_{2.2} < 0,01 \cdot 0,01 \cdot 0,01 \cdot 0,01 < 10^{-4}$, что является приемлемым.

Фактическая достоверность результата испытания по объекту обеспечивается, прежде всего, ПИ, которая должна кроме организационной части содержать план испытаний. Важнейшей характеристикой ПИ является перечень типов испытаний общим числом $n + m$, определяющий объем ПИ, который зависит от требований надежности и безопасности. Утвержденный объем ПИ может корректироваться только в сторону увеличения. Результат испытаний по объекту в случае недостаточного количества n и (или) m типов испытаний, несоблюдения требуемой последовательности испытаний и невыполнение контроля хотя бы одной характеристики должен

⁴Другая характеристика качества испытаний – воспроизводимость результата испытания по объекту во внимание не принимается, т. к. отсутствует необходимость проведения повторных испытаний для подтверждения предварительно полученного результата.

рассматриваться, как недостоверный, независимо от результатов испытания по проведенным характеристикам.

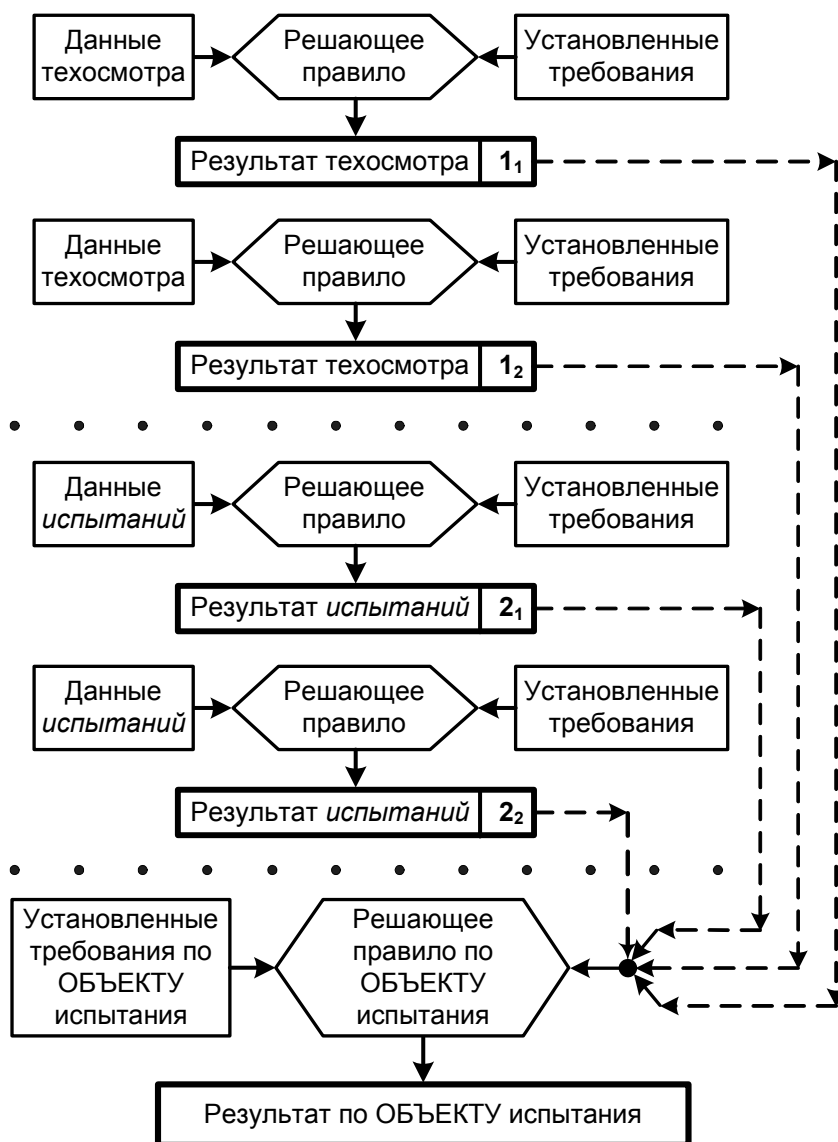


Рис. Структурная схема организации испытаний объектов

План испытания должен представлять собой совокупность, прежде всего, следующих сведений по объекту испытания:

- выбор сплошного или выборочного методов контроля;
- выбор типа выборочного контроля;
- способы и правила формирования выборок;
- количество опытов, в том числе параллельных опытов;
- приемочный уровень дефектности;
- контрольные схемы и контрольные точки;
- критерии завершения испытаний;
- установленные требования по объекту испытания в целом;
- решающие правила при проведении единичных опытов, по типам испытаний и по объекту испытаний в целом.

Выбор сплошного или выборочного методов контроля зависит от требований к виду технического состояния объекта испытания. Стационарные электролаборатории, как правило, выполняют испытания средств защиты, жидких диэлектриков (масел).

Средства защиты в соответствии с Инструкцией по применению и испытанию средств защиты должны быть в исправном техническом состоянии. Оно предполагает наличие соответствия каждой характеристики установленных требований, а значит отсутствие любых дефектов (установленные требования, выраженное словесно) не зависимо от их «веса» в части возможного влияния на результат испытания объекта. Формально процедура сравнения совокупности результатов испытаний по типам испытания Q_{xi} с установленным требованием Q_{yt} определяется по выражению, определенному для качественных характеристик: $Q_{xi} \cong Q_{yt}$ соответствие; $Q_{xi} \neq Q_{yt}$ несоответствие.

Требование исправного техсостояния средств защиты обусловлено назначением средств защиты – защита от поражения электрическим током. Отсюда следует необходимость применения сплошного метода контроля.

Поэтому решающее правило, определяющее положительный результат испытания по объекту, должно выглядеть следующим образом. Сравнивая словесно представленные положительные результаты испытания по типам испытания (отсутствие дефектов у каждой контролируемой характеристики) с установленными требованиями на объект испытания так же выраженное словесно (отсутствие любых дефектов) делается вывод о *соответствии* диэлектрических перчаток требованиям нормативного документа и возможности эксплуатации.

Отрицательный результат испытания по объекту предполагает наличие хотя бы одного дефекта. Процедура сравнения в словесной форме выполняется таким же образом, как и в случае положительного результата.

Характерным для масла является работоспособное техническое состояние. Поэтому применяется выборочный метод контроля пробы масла отбираемой из объекта испытаний по систематическому принципу.

Характеристики, относящиеся к техническому осмотру, могут иметь любые виды дефектов (малозначительные, значительные, критические). Характеристики, относящиеся к этапу испытаний, могут иметь критические дефекты. В части влияния результата испытания по типам испытания на результат испытания объекта сказывается малый «вес» характеристик техосмотра по отношению к «весу» характеристик испытания в связи с трудностью отнесения дефектов к группе малозначительных или значительных дефектов. Поэтому убедительное решение этого вопроса возможно на этапе испытаний. То есть этап испытаний, как наиболее значимый, дополнительно обеспечивает проверку правильности выводов о результате испытаний на этапе техосмотра.

Решающее правило, определяющее положительный результат испытания по объекту выглядит более сложным образом (несколько решающих правил).

Первое правило для случая, если проведенные испытания по типам

испытания не выявили дефектов. Сравнивая словесно представленные положительные результаты испытания по типам испытания (отсутствие дефектов у каждой контролируемой характеристики) с установленными требованиями на объект испытания так же выраженные словесно (отсутствие любых дефектов) делается вывод о *соответствии* пробы масла требованиям нормативного документа и возможности эксплуатации всего объекта испытания.

Второе правило для случая наличия критического дефекта хотя бы у одной характеристики. Сравнивая словесно представленный отрицательный результат испытания по типу испытания (критический дефект) с установленными требованиями на объект испытания так же выраженный словесно (отсутствие критических дефектов) делается вывод о **несоответствии** пробы масла требованиям нормативного документа и невозможности эксплуатации объекта испытания.

Третье правило для случая наличия малозначительного или(и) значительного дефекта хотя бы у одной характеристики на этапе техосмотра. Сравнивая словесно представленный отрицательный результат испытания по типу испытания (малозначительный или(и) значительный дефект) с установленными требованиями на объект испытания так же выраженный словесно (отсутствие дефектов на этапе испытаний) делается вывод о **несоответствии**, если на этапе испытаний также имеется дефект или делается вывод о *соответствии*, если на этапе испытаний дефект отсутствовал. Исходя из полученных выводов, проба масла считается, либо **несоответствующей**, либо *соответствующей* требованиям нормативного документа и невозможности или возможности эксплуатации всего объекта испытания.

Четвертое правило. Если результат испытания по объекту вызывает сомнения, то осуществляют повторный отбор пробы масла и повторное испытание в объеме, регламентированном ПИ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тереза Г. П. Заводские испытательные станции низковольтной. – М-Л. : ГЭИ, 1949. – 159 с.

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК И ГЕНЕРАТОРОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Е. А. Будаева, магистрант группы ЭЭМв-21

Научный руководитель – доцент кафедры «Электроснабжение»

Д. С. Александров

Для проверки соответствия коммутационных аппаратов требованиям технического задания в процессе разработки или техническим условиям при

освоенном производстве аппаратов проводят испытания на испытательных установках в лабораторных условиях. Испытательная установка представляет собой совокупность: источников электрической энергии; устройств управления источниками, преобразователей электроэнергии, регулирующих элементов стенда, средств измерения параметров процесса испытания.

Для каждого конкретного вида аппаратов стандартами или техническими условиями устанавливается перечень типов испытаний. Наиболее весомыми из них являются: номинальная рабочая наибольшая отключающая способность и номинальная предельная наибольшая отключающая способность. Указанные типы испытаний проводятся в лаборатории разрывных мощностей (ЛРМ). Испытательные стенды ЛРМ должны обеспечивать получение необходимых по условиям испытаний предельных значений мощности КЗ постоянного тока $S_{КЗ}^{(-)} = I_{КЗ}^{(-)} U_{сн}$, где $I_{КЗ}^{(-)}$ – значение постоянного тока короткого замыкания; $U_{сн}$ – среднее номинальное напряжение сети.

Источниками электрической энергии испытательных установок могут служить: ударные генераторы постоянного тока и ударные генераторы переменного тока в совокупности с преобразовательной установкой [1, 2]. Сравнение возможностей перечисленных источников требует аналитического описания зависимости тока КЗ от времени. Проблема заключается в отсутствии аналитического описания переходных процессов в испытательных установках с генераторами переменного тока в совокупности с преобразовательными установками, приведенными к одним и тем же условиям. Это не позволяет выполнить всеобъемлющее объективное сравнение возможностей источников. Анализ переходных процессов численными методами [3] трудоемок и, в основном, применим к конкретным типам электрооборудования.

Ранее было получено путем использования понятия обобщенной электрической машины [4] во вращающейся системе координат d и q аналитическое выражение предельного значения тока КЗ на стороне постоянного тока стенда турбогенератор – преобразовательная установка

$$I_{dq} \approx U \left\{ \left[\frac{1}{Z_{d\Sigma}} + \left(\frac{1}{Z'_{d\Sigma}} - \frac{1}{Z_{d\Sigma}} \right) e^{-t/T'_{d\Sigma}} + \left(\frac{1}{Z''_{d\Sigma}} - \frac{1}{Z'_{d\Sigma}} \right) e^{-t/T''_{d\Sigma}} \right] - \frac{\cos(\omega t)}{Z''_{d\Sigma}} e^{-\omega t/T_{a\Sigma}} \right\}, \quad (1)$$

где I_{dq} – выпрямленное значение тока КЗ;

U – действующее значение фазного напряжения на выводах источника питания до проведения опыта;

$Z_{\Sigma} = \sqrt{\left(\frac{3}{8}R_{\Sigma}\right)^2 + \left(\frac{3}{8}X_{\Sigma}\right)^2}$ – суммарное приведенное продольное сопротивление стороны переменного тока;

$Z'_{d\Sigma} = \sqrt{\left(\frac{3}{8}R_{\Sigma}\right)^2 + \left(\frac{3}{8}X'_{\Sigma}\right)^2}$ – суммарное приведенное переходное продольное сопротивление;

$Z''_{d\Sigma} = \sqrt{\left(\frac{3}{8}R_{\Sigma}\right)^2 + \left(\frac{3}{8}X''_{\Sigma}\right)^2}$ – суммарное приведенное сверхпереходное продольное сопротивление;

$T'_{d\Sigma} = X'_\Sigma / (\omega \sqrt{(R_\Sigma^2 + X_\Sigma^2)})$ – постоянная времени затухания переходного режима;

$T''_{d\Sigma} = X''_\Sigma / (\omega \sqrt{(R_\Sigma^2 + X_\Sigma^2)})$ – постоянная времени затухания.

Сверх переходного режима;

$X_\Sigma = X_d + X_T + X_{вн}$, $X'_\Sigma = X'_d + X_T + X_{вн}$, $X''_\Sigma = X''_d + X_T + X_{вн}$ – соответственно суммарные приведенные продольное, переходное и сверхпереходное индуктивные сопротивления стороны переменного тока;

X_T – индуктивное сопротивление преобразовательного трансформатора;

$X_{вн}$ – внешнее индуктивное сопротивление многофазной стороны переменного тока;

$R_\Sigma = R_a + R_T + R_{вн}$ – суммарное приведенное активное сопротивление стороны переменного тока преобразователя;

R_a и R_T – активное сопротивление обмотки статора генератора и преобразовательного трансформатора;

$R_{вн}$ – активное сопротивление многофазной стороны переменного тока;

$\omega = 2\pi f = 314 \text{ с}^{-1}$ – угловая частота;

$T_{a\Sigma} \approx X''_\Sigma / (\omega \sqrt{(R_\Sigma^2 + X_\Sigma^2)})$ – постоянная времени затухания колебательной составляющей;

t – время от начала КЗ, с.

Значения внешних сопротивлений $X_{вн}$ и $R_{вн}$ должны определяться с учетом всех вентилях многофазной системы выпрямления переменного тока в условиях короткого замыкания на выводах преобразовательной установки.

Применение вращающейся системы координат d и q фактически представляет собой замену трехфазной системы переменного тока обобщенными векторами и размещение их на роторе генератора.

Структура выражения (1) определяется следующими соображениями. Периодическая составляющая обобщенного вектора тока КЗ в системе координат d и q имеет постоянное значение. Аperiodическая составляющая, связанная с обобщенным вектором тока КЗ I в прямоугольной системе вращающихся координат d и q , является периодической функцией с угловой частотой ω , у которой в качестве аргумента выступает безразмерное время ωt .

Периодический член выражения (1) обусловлен наличием на стороне переменного тока аperiodических составляющих в фазах А, В, С, которые в обобщенном виде представлены на стороне постоянного тока одной, обобщенной затухающей периодической функцией. Конкретная форма функции – $\cos(\omega t)$, поскольку в начальный момент времени $t = 0$ должно соблюдаться равенство значений периодической составляющей I и аperiodической составляющей тока КЗ. Значение функции $\cos(\omega t)$ в начальный момент времени $t = 0$ равно единице, то есть $\cos(\omega t) = 1$.

Следует заметить, что, в то время как ток в фазах статора А, В, С при коротком замыкании зависит от значения начальной фазы напряжения, угла α , ток в системе координат d и q не зависит от него. Это объясняется тем, что

свободный ток обмотки в данной системе координат связан с результирующим магнитным потоком, образуемыми соответствующими свободными токами фазных обмоток статора, и значения этого потока не зависит от положения ротора в момент возникновения короткого замыкания.

Аналитическое выражение тока КЗ цепи якоря генератора постоянного тока во вращающейся системе координат d и q определяется выражением [5]

$$I_{dt} = I_{d\infty} - I'_{d0} e^{-t/T'_d} + (I'_{d0} - I_{d\infty}) e^{-t/T'_f}, \quad (2)$$

где I_{dt} – текущее значение переходного тока КЗ в цепи якоря; $I_{d\infty}$ – установившийся ток КЗ в цепи якоря; I'_{d0} – переходный ток КЗ в цепи якоря в начальный момент; $T'_d = (L_a + L_{вн}) / (R_a + R_{вн})$ – постоянная времени цепи якоря, с. Здесь: L_a и R_a – индуктивность и активное сопротивление цепи якоря; $L_{вн} + R_{вн}$ – индуктивность и активное сопротивление внешней цепи; $T'_f = (L_f + L_{вн}) / (R_f + R_{вн})$ – постоянная времени цепи обмотки возбуждения, с.

Здесь L_f и R_f – индуктивность и активное сопротивление цепи обмотки возбуждения.

Из сравнения выражений (1) и (2) видно значительное различие формы тока КЗ в области его предельных значений. В преобразовательном выражении (1) имеется затухающая колебательная составляющая, вызванная аperiodическими составляющими обмоток статора. Выражение тока КЗ в цепи генератора постоянного тока не содержит периодических составляющих.

На рис.1 представлены характерные зависимости $I = f(t)$ предельных значений токов КЗ, построенные по выражениям (1) и (2).

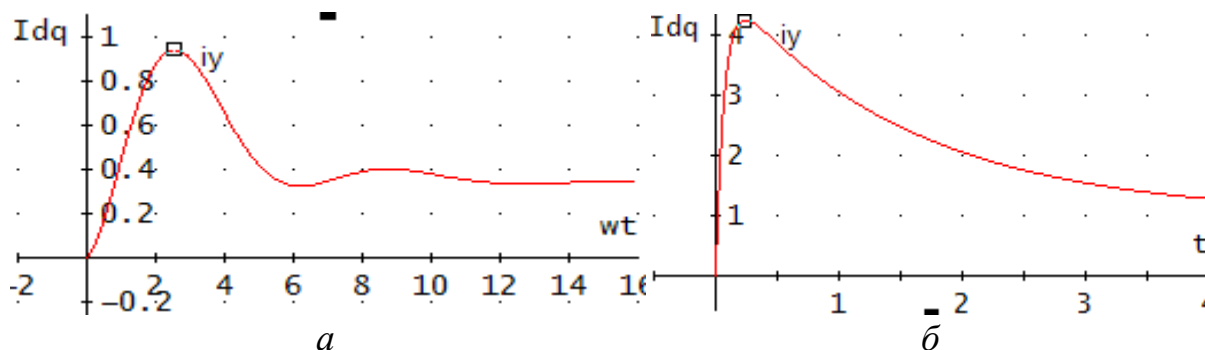


Рис.1. Характерные зависимости $I = f(t)$ предельных значений токов КЗ: a – зависимость $I_{dqm} = f(t)$ в установке, питаемой от турбогенератора (частоте 50 Гц.); b – зависимость $I_{dt} = f(t)$ в установке, питаемой от генератора постоянного тока

Форма зависимостей $I = f(t)$ турбогенератора и генератора постоянного тока в области предельных значений сильно отличаются. Сравнивая кривые $I = f(t)$, можно сделать следующий вывод.

В испытательной установке, питаемой от турбогенератора, имеется колебательная составляющая 50 Гц. В испытательной установке, питаемой от генератора постоянного тока, она отсутствует. Поэтому в случае испытания аппарата с временем отключения большего времени достижения максимума тока КЗ имеет место неодинаковых условий отключения. Такое положение нарушает принцип воспроизводимости испытаний и не позволяет давать

объективную оценку возможностей аппарата, если испытания проводились в различных испытательных лабораториях.

Преобразовательная испытательная установка с генератором переменного тока по сравнению с установкой, где в качестве источника питания используется генератор постоянного тока такой же мощности, может обеспечить значительно меньшее значение установившегося тока КЗ из-за влияния суммарного активного и индуктивного сопротивления стороны переменного тока. Поэтому испытательная установка с генератором переменного тока требует больших капитальных затрат по сравнению с испытательной установкой с генератором постоянного тока.

Более предпочтительной схемой преобразовательной установки является схема – две обратные звезды с уравнительным реактором, так как она позволяет получить ток КЗ в два раза больший, чем трехфазная мостовая схема.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тереза Г. П. Заводские испытательные станции низковольтной аппаратуры. – М-Л. : ГЭИ, 1949. – 159 с.
2. Федченко И. К. – Техника высоких напряжений: испытательные установки и методы испытания выключающих аппаратов высокого напряжения. – Киев : Вища школа, 1969. – 333 с.
3. Глух Е. М., Зеленов В. Е. Защита полупроводниковых преобразователей. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоиздат, 1982. – 152 с.
4. Копылов И. П. Электромеханические преобразователи энергии. – М. : Энергия, 1973. – 400 с.
5. Кузнецов Р. С. Аппараты распределения электрической энергии на напряжение до 1000 В. – Изд. 3-е, переработ, и доп. – М.: Энергия, 1970. – 544 с.
6. ГОСТ 29176–91(2004). Короткие замыкания в электроустановках. Методика расчета в электроустановках постоянного тока. – М. : Изд-во стандартов, 2009. – 35 с.
7. Бей Ю. М. Тяговые подстанции / Ю. М. Бей, Р. Р. Мамошин, В. Н. Пупынин, М. Г. Шалимов – Учебник для вузов ж.-д. транспорта. – М. : Транспорт, 1986. –319 с.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОСТОВЕРНОСТИ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Е. С. Калашников, магистрант группы ЭЭМв-11

Научный руководитель – доцент кафедры «Электроснабжение»

Д. С. Александров

Контроль состояния электроустановок осуществляется, прежде всего, путем установления соответствия установленным требованиям. Трудность определения вида состояния заключается в том, что при установлении

соответствия имеют место серьезные препятствия. К ним можно отнести: полное или частичное отсутствие сведений о принципиальной схеме объекта испытания; неоднородность структуры и непостоянство характеристик свойств объекта испытания; невозможность стабилизации и регулирования большинства условий испытаний; неопределенность или вероятностная природа данных испытаний; трудность учета дополнительных и ненормируемых погрешностей; наличие большого числа качественных характеристик свойств объекта испытания; приближенный характер приведения данных испытаний, полученных в рабочих условиях, к базисным условиям; в ряде случаев неопределенность установленных требований и т. д.

Отсюда возникает задача в разработке методов преодоления возникших трудностей с целью получения достоверного результата испытаний.

Традиционное решение заключается в определении соответствия установленным требованиям в каждом единичном опыте (рис.1) и на этой базе получение результата испытания по объекту.

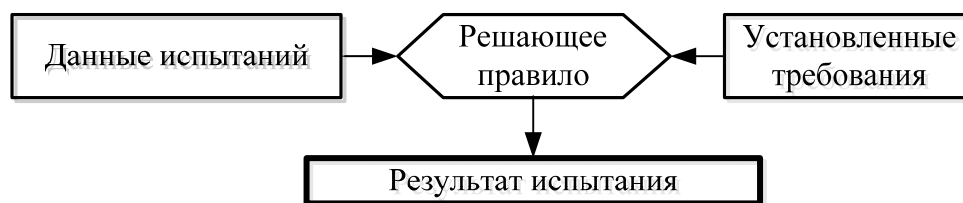


Рис.1. Блок-схема контроля соответствия

Из рис.1 видно, что задача соответствия напоминает известную задачу «прочность – нагрузка». Если значение данного испытания значительно превосходит значение установленного требования, то проблемы в получении достоверного результата не существует. Если значение данного испытания примерно одного порядка со значением установленного требования, то проблема в получении достоверного результата испытаний имеет место (рис. 2).

Применение таких характеристик достоверности, как риск заказчика α или риск исполнителя β [1; 2], имеет ограниченное применение в практике электролабораторий из-за вышеперечисленных серьезных препятствий. Кроме того, формализация объекта и процесса контроля может приводить к недостоверному результату испытаний по следующим объективным причинам: затруднение ее выполнения в связи с многообразием, сложностью и трудоемкостью задач; наличия не только количественных, но и качественных характеристик; отсутствие всей необходимой совокупности условий у персонала лабораторий, в том числе времени на решение задач и необходимого уровня квалификации; необходимость в утвержденных методиках расчетов и исходных данных. К перечисленным причинам следует добавить неубедительность для практиков результата расчетов по сравнению с экспериментально полученным результатом.

Предлагаемый выход из сложившейся ситуации – переход от оценки достоверности в явной форме к оценке достоверности результата в неявной

форме, то есть переход от применения простого соответствия к комплексному соответствию.

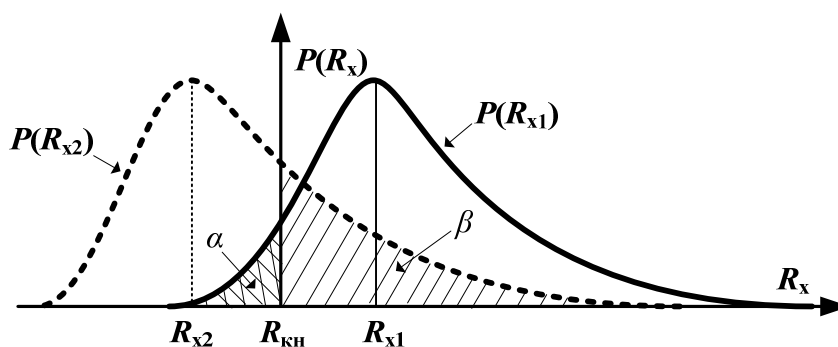


Рис. 2. Распределение параметра объекта испытания $P(R_x)$:

$P(R_{x1})$ и $P(R_{x2})$ – распределение соответственно параметра 1-го и 2-го объекта;
 α и β – соответственно риск заказчика и риск исполнителя; R_{x1} и R_{x2} – соответственно «истинные» значения параметра 1-го и 2-го объекта; $R_{кн}$ – контрольный норматив параметра.

Суть *комплексного соответствия* заключается в получении достоверного результата следующими действиями: проведение испытаний по программе испытаний; использовании всей доступной априорной информации и проведения ряда параллельных мероприятий вне и внутри процесса простого соответствия; продолжение контроля соответствия дополнительными мероприятиями спустя некоторое время после выполнения непосредственно испытаний предусмотренных программой испытаний.

Программа испытаний должна содержать обязательное выполнение технического осмотра и все типы испытаний, предусмотренные основной нормативной документацией. Программа испытаний должна объективно отражать виды контроля – выборочный или сплошной и типы выборочного контроля: качественно – систематический или случайный; количественно – ослабленный, нормальный или усиленный с указанием числа объектов или контрольных точек для испытания. Программа испытаний должна содержать предшествующие и испытательные режимы объекта, контрольные схемы и решающие правила.

Под *априорной информацией* понимается: знание процессов в электрооборудовании и электроустановках на основе теоретического изучения и сбора, систематизации, анализа опытных данных; результаты моделирования процессов и объектов испытаний; информацию на новое электрооборудование – в протоколах заводских испытаний и другой технической документации; информацию межремонтных испытаний на аналогичное электрооборудование, электроустановки; информацию межремонтных испытаний одного и того же электрооборудования, но на других фазах; срок службы и сведения, определяющие ресурс электрооборудования; параметры предшествующих режимов работы; другие параметры внешних условий работы; справочные данные; значение физических постоянных и т. п.

Под *параллельными мероприятиями внутри процесса* простого

соответствия при получении данных испытания и использования установленных требований понимается: применение априорной информации; дополнительных испытаний другими методами и, прежде всего, стандартными методами; дополнительных испытаний с применением других средств испытания, но реализующих один и тот же метод испытания; проведение параллельных опытов. При этом использование решающего правила должно подразумевать дополнительно сведения о причинах и места появления дефекта.

Под *параллельными мероприятиями вне процесса* простого соответствия понимается, прежде всего, выполнение проверок.

К дополнительным мероприятиям спустя некоторое время, после выполнения испытаний предусмотренных программой испытаний, относятся комплексное опробование перед допуском в эксплуатацию объекта и внеочередные испытания.

Проиллюстрируем использования комплексного соответствия на простейшем примере контроля сопротивления изоляции низковольтной, питающей кабельной линии при приемо-сдаточных испытаниях.

Измеренное значение сопротивления изоляции в опыте составило $R_x = 0,9$ МОм. Формально, соответствие требованиям ПУЭ налицо – $R_x = 0,9 > R_{кн} = 0,5$ МОм. Но имеют место следующие обстоятельства – неизвестно «истинное» значение $R_{x,ист}$ и в какой точке распределения $P(R_x)$ (рис. 2) находится полученное значение сопротивления изоляции $R_x=0,9$ МОм. Экспериментальным обследованием сопротивления изоляции вновь вводимых кабельных линий (данные измерения приведены в таблице) установлено, что значение сопротивление изоляции, как правило, значительно больше 0,5 МОм.

Таблица

Экспериментальные значения сопротивлений изоляции

Марка кабеля	Измеренное сопротивление изоляции (R_x), МОм					
	L_1-PEN	L_2-PEN	L_3-PEN	L_1-L_2	L_1-L_3	L_2-L_3
1	2	3	4	5	6	7
АСБ–4×50	1250	1250	1250	1250	1250	1250
АСБ–4×50	75	25	125	125	175	125
АСБ–4×95	25	75	25	125	100	100
АСБ–4×95	25	75	25	125	100	100
АСБ–4×95	75	25	125	125	175	125
АСБ–4×95	75	25	125	125	175	125
АСБ–4×95	75	10	10	100	175	100
АСБ–4×95	150	50	100	175	275	150
АСБ–4×95	2500	2750	2500	1750	1750	1175
АСБ–4×95	1750	1750	2000	1875	500	1250
АСБ–4×95	1500	1500	1500	750	625	625
АСБ–4×95	750	750	750	2,5	1250	625
АСБ–4×95	150	50	100	175	275	150
АСБ–4×95	250	250	250	500	625	500
АСБ–4×95	6250	5000	5000	6250	1000	1000

АСБ-4×95	625	625	500	625	875	1000
АСБ-4×120	2500	2500	2500	2500	3000	2500
АСБ-4×120	250	250	250	625	1250	625
АСБ-4×120	250	250	250	625	625	500
АСБ-4×120	300	175	175	625	625	500
АСБ-4×120	125	125	150	500	500	300
АСБ-4×120 2 линии	625	500	500	750	750	750
АСБ-4×120 2 линии	500	500	500	700	700	725
АСБ-4×120	625	500	600	650	2375	1500
АСБ-4×120	1500	3000	1875	625	625	625
АСБ-4×120	5000	750	25	4000	7500	625
АСБ-4×120	6250	1250	2500	2500	5000	5000
АСБ-4×150	125	62	125	250	275	250
АСБ-4×150	1250	1250	1250	1875	1250	1875
АСБ-4×150	500	250	375	750	750	875
АСБ-4×150	625	625	625	1250	1875	1250
АСБ-4×150	625	625	625	625	1250	1250
АСБ-4×150	5000	5000	5000	5000	5000	5000
АСБ-4×150	1250	1875	1250	2500	2500	2500
АСБ-4×150	125	125	125	125	125	125
АСБ-4×150	125	125	125	125	125	125
АСБ-4×185	2500	2500	2500	5000	5000	2500
АСБ-4×185	1250	1875	1875	5000	5000	5000
АСБ-4×240	3750	3750	3750	2500	3000	3750
АСБ-4×240	1250	1250	1875	2500	2500	3000
АСБ-4×240	200	500	62	250	62	125
АСБ-4×240	625	625	500	1500	1500	1250
АСБ-4×240	300	625	300	2750	2500	2500
ААБл-4×150	300	250	300	375	375	375
ААБл-4×150	300	300	300	350	500	500
ААБл-4×35	1875	1875	1875	6250	7500	3500
ААБл-4×35	1250	1875	1875	3000	3750	3000
ААБл-4×35	5	5	7,5	12,5	12,5	12,5
ААБл-4×95	1250	1250	7500	1250	3750	1250
ААБл-4×95	3750	3750	7500	7500	3750	5000
ААБл-4×95	2500	2500	300	2500	2500	2500
ААБл-4×95 2 линии	1250	1250	1250	2500	2500	1875
ААБл-4×95 2 линии	2500	1875	2500	1875	2500	2500
ААБл-4×120	6250	7500	6250	1250	1250	1250
ААБл-4×120	125	62	125	175	125	175

ААБл-4×120	125	125	125	175	250	125
ААБл-4×185	3750	3750	2500	2500	3750	3750
ААБл-4×185	6250	1000	7500	2500	2500	2500
ААБл-4×185	7500	7500	7500	7500	6250	7500
ААБл-4×185	3750	7500	3750	3750	5000	1250
ААБл-4×185	3750	3750	6250	6250	5000	7500
ААБл-4×185	500	500	250	250	250	125
ААБл-4×185	2500	2500	1250	2500	2500	2500
ААБл-4×185	2500	2500	5000	5000	1250	6250
ААБл-4×185	3750	7500	6250	2750	5000	7500
ААБл-4×185	62	62	62	250	250	250
ААБл-4×185	30	30	30	125	62	62
ААБл-4×240	2500	3000	2500	5000	5000	4500
ААБл-4×240	2500	3000	3500	4500	5000	4500
АВБбШВ-4×25	5000	7500	7500	3750	5000	7500
АВБбШВ-4×35	250	250	250	1250	1250	250
АВВГ-4×120	5000	5000	4500	7500	7500	5000
ВВГ-5×25	3000	3000	3000	5000	5000	5000
ВВГ-5×25	5000	5000	5000	5000	5000	5000
СИП-4×70	1250	500	1250	2500	5000	5000
СИП-4×70	2500	1250	1875	500	6250	4500
СИП 2А 3×120+1×70	5000	5000	5000	5000	5000	5000
СИП 2А 3×50+1×54	5000	5000	5000	5000	5000	5000

Примечание. – L_1, L_2, L_3 – фазы кабеля А, В, С. PEN – совмещенный нулевой защитный и нулевой рабочий проводник.

В ПТЭЭП: Приложение 3.1, табл. 37 установлено максимальное значение контрольного норматива сопротивления изоляции 10 МОм. Поэтому логично предположить возможность применения для кабельных линий дополнительного контрольного норматива $R_{кн.кл} = 10$ МОм, обеспечивающего достоверное определение технического состояния.

Следовательно, значение $R_x = 0,9$ МОм $< R_{кн.кл} = 10$ МОм свидетельствует о наличии значительного дефекта, который необходимо установить и устранить.

На основании вышесказанного следует необходимость введения нескольких контрольных нормативов, если значение измеренной величины незначительно отличается от регламентированного значения этой характеристики, устанавливаемой нормативной документацией. Оценивать техническое состояние испытуемого объекта следует по наиболее жесткому контрольному нормативу. Причем практическое применение дополнительного контрольного норматива возможно в детерминированной форме вместо представления его распределением случайной величины, что резко упрощает

задачу проведения контроля испытуемого объекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рейх Н. Н., Тупиченков А. А., Цейтлин В. Г. Метрологическое обеспечение производства : учебное пособие под ред. Л. К. Исаева. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 248 с.

2. Александров Д. С., Щербаков Е. Ф. Некоторые особенности контроля технического состояния электроустановок // Тезисы докладов 45-й научно-технической конференции. – Ульяновск : УлГТУ, 2011. – С. 20.

АНАЛИЗ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ ПРВТ-10

И. Р. Хусяинов, И. С. Сухов, студенты гр. Эбд-31

Научный руководитель – доцент кафедры «Электроснабжение»

А. Л. Плиско

Предохранители-разъединители серии ПРВТ-10 предназначены для защиты силовых трансформаторов и распределительных систем от коротких замыканий и предельных перегрузочных токов частотой 50 Гц, а также включения и отключения участков электрической цепи (с изолированной или заземленной нейтралью) с отключенной нагрузкой при наличии в них емкостных и индуктивных токов при помощи оперативной штанги.

Предохранители-разъединители выполнены в виде однополюсного аппарата, состоящего из одного фарфорового изолятора, на концах кронштейнах закреплены контактные системы.

В контактных системах устанавливается держатель заменяемого элемента (патрон). Труба патрона предохранителя выполнена из армированного газогенерирующего материала, который имеет не только хорошие изоляционные свойства и дугогасящую способность, но и высокую механическую прочность. Ресурс патрона не менее 5 отключений номинального тока короткого замыкания 6,3 кА (а периодическая составляющая тока 11 кА), а токов перегрузки до нескольких десятков отключений.

Заменяемые элементы выполняются с двумя типами время-токовых характеристик для селективной защиты: типа «К» – быстрые; типа «Т» – медленные, соответствующие по своим характеристикам и надежности требованиям зарубежных стандартов и МЭК.

Предохранитель такого типа может выполнять 2 функции. При токах перегрузки и короткого замыкания плавкая вставка перегорает, держатель заменяемого элемента предохранителя-разъединителя автоматически откидывается, тем самым создается видимый разрыв.

Операции включение, отключение, снятие и установка патрона осуществляются вручную с земли при помощи специально разработанной

оперативной изолирующей штанги, позволяющей производить оперирование даже при влажной погоде и под дождем. Общая длина штанги из 2-х звеньев составляет 4300 мм.

Крепление полюсов предохранителей-разъединителей к опоре осуществляется на траверсе, которая вместе с необходимым крепежом может поставляться по отдельному заказу.

Предохранители-разъединители ПРВТ-10 могут быть поставлены с комплектами монтажных частей, обеспечивающими возможность установки аппарата на различных типах опор и присоединения к питающей линии при любом ее расположении.

На основе ПРВТ-10 ЗАО «ЗЭТО» разработан ряд трансформаторных подстанций 6-10 кВ мощностью от 25 до 160 кВА без разъединительного пункта и шкафа высоковольтных предохранителей (ПТС, ПТСП, КТППР).

По рекомендации Департамента Генеральной инспекции и аудита РАО «ЕЭС России» была разработана инструкция по модернизации существующих комплектных трансформаторных подстанций шкафного типа мощностью от 25 до 160 кВА с целью повышения безопасности и удобства их обслуживания.

Таблица 1.

Технические данные

$U_{\text{ном}}$, кВ	$U_{\text{ном.раб.}}$, кВ	$I_{\text{ном}}$, А	Номинальный ток основания, А	$I_{\text{откл.}}$ кА	Импульсное нормированное испытательное напряжение относительно земли и между полюсами, кВ	Импульсное испытательное нормированное напряжение между контактами при откинутах держателе заменяемого элемента, кВ
0	12	5;6.3;8 10;16;20 25;40;50; 80	2 00	3	9 5	110

Модернизация КТП заключается в замене предохранителей ПКТ, разъединителя РЛНД-10 с приводом ПРНЗ-10 на предохранители-разъединители с соответствующим комплектом монтажных частей и соединительной шиной между проходным изолятором 10 кВ и высоковольтным вводом силового трансформатора КТП.

К недостаткам данных предохранителей можно отнести выброс газов, яркая вспышка, требуется наружная установка, на определенном расстоянии, возникновение неполнофазного режима и как следствие необходимость применения реле контроля фаз, высокая стоимость. Возможны ложные срабатывания при высокой нагрузке.

Таким образом, в качестве доказательств недостатков ПРВТ–10 рассмотрим группу потребителей, подключенных ПС–220/35/6 «Кременки».

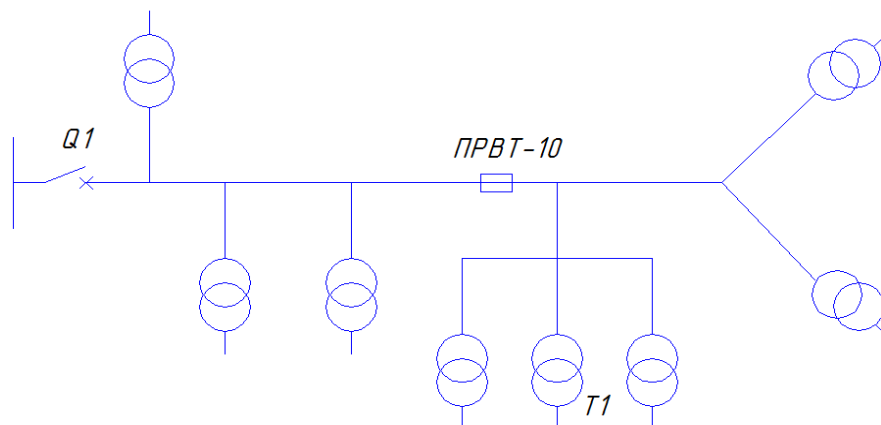


Рис. 1. Условная упрощенная схема подключения потребителей

Проведя анализ данной схемы было установлено, что наибольшей мощностью на участке обладает трансформатор Т1 ($S = 400$ кВА). Суммарная мощность $S_{\text{сум.}} = 1600$ кВА. Максимально зафиксированный ток рассматриваемого участка летом 2017 г. составил $I = 73$ А (ток нагрузки ВЛ – 6 кВ №335). Предохранитель ПРВТ-10, установленный на опоре №103ВЛ – 6 кВ № 335, имеет ток плавкой вставки $I_{\text{п.в.}} = 60$ А.

Необходимо отметить, в летний сезон 2017 г. происходило более 8 отключений предохранителя ПРВТ–10 на рассматриваемом участке. Все отключения сопровождались неполнофазным режимом. Также отключения, происходившие за летний период 2017 г., оказались ложными, т. к. К.З. или повреждений зафиксировано не было.

Анализируя рассматриваемую схему участка электрической сети, присоединенной к ВЛ – 6 кВ № 335 можно сделать следующие **выводы**.

1. Использование для защиты линии предохранителей является нецелесообразным, т.к. при их срабатывании возникает неполнофазный режим, что может привести к выводу из строя электрической насосной станции, подключенной к линии.

2. Установка на ПРВТ–10 (опора №108) плавкой вставки с номинальным током $I_{\text{п.в.}} = 60$ А не позволяет обеспечить нормальное потребление электроэнергии ($I_{\text{ном.}} = 73$ А).

Известно, что при выборе плавких вставок для защиты трансформаторов необходимо отстроится от броска тока намагничивания. Выражение для выбора тока плавкой вставки следующее:

$$I_{\text{ном.п.в.}} \geq (1,5-2) * I_{\text{ном.тр.}} \quad (1)$$

где $I_{\text{ном.тр.}}$ в нашем случае будет равно:

$$\frac{400}{\sqrt{3} * 6} = 40 \text{ А} \quad (2)$$

Таким образом, плавкая вставка устанавливаемая на трансформаторе Т1

должна иметь $I_{\text{ном.п.в.}} = 60-80 \text{ А}$.

При таких величинах номинальных токов и плавких вставок, установленных на ВЛ-6 кВ (опора №108) очевидно появления ложных отключений всего куста присоединенных потребителей.

3. Для исключения появления необоснованных отключений по причине ложного срабатывания плавких вставок предохранителей ПРВТ-10 (опора №108) необходимо, что бы их номинальный ток был выбран по следующим критериям:

а) $I_{\text{ном.п.в.}} \geq K_3 * I_{\text{раб.макс.}}$

где $I_{\text{раб.макс.}}$ – наибольший рабочий ток; K_3 – коэффициент запаса, может быть принят равный 1,3.

б) Для обеспечения нормальной работы ток выше стоящей плавкой вставки должен быть больше тока нижестоящей плавкой вставки на две ступени шкалы номинальных токов (63 А; 80 А; 100 А; 125 А и т.д.).

Таким образом, по условию «а» предельный ток плавкой вставки $I_{\text{ном.п.в.}} \geq 1,3 * 73 = 97,9 \text{ А}$ (по стандартной шкале 100А).

По условию «б» учетом отстройки от нижестоящего предохранителя с $I_{\text{ном.п.в.}} = (60-80) \text{ А} - I_{\text{ном.п.в.}} \geq (100-125) \text{ А}$.

Следует отметить, что установленный на опоре №108 предохранитель ПРВТ-10 имеет $I_{\text{ном.п.в.}} = 80 \text{ А}$. Такой ток гораздо ниже требуемого по указанным нормативам.

Заключение по проведенному исследованию: применение предохранителей ПРВТ-10 для ситуаций, аналогичных рассмотренной ситуации, нецелесообразно. Нужно использовать другие технические решения или более внимательно производить отстройку оборудования и выбирать ток плавких вставок.

ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМАХ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЭП И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖИЛЫХ ОБЪЕКТОВ ВБЛИЗИ ЛЭП

И. А. Прокофьев, В. А. Соловьев, студенты гр. Эбд-31
Научный руководитель – доцент кафедры «Электроснабжение»
А. Л. Плиско

По данным Минприроды на воздушных линиях электропередачи в России каждый год гибнут 7-20 млн. птиц, в том числе до 3 млн. хищных птиц. При этом десятки тысяч из них занесены в Красную книгу России.

Эффективность птицезащитных устройств. Особую опасность для птиц представляют ЛЭП напряжением 6-35 кВ на железобетонных опорах. Это связано с особенностями конструкции таких ЛЭП: к арматуре внутри опоры приваривается металлическая перекладина – траверса, которая, таким образом, заземляется, а к траверсе, в свою очередь, прикрепляются изоляторы, на

которых держатся неизолированные провода. Птица может сесть на провод и коснуться траверсы (или наоборот), что приведет к поражению ее электрическим током и гибели.

Для защиты птиц применяются специальные птицевозащитные устройства (ПЗУ).

К ПЗУ предъявляются следующие требования:

- ПЗУ должны защищать как оборудование от негативного воздействия птиц, так и наоборот – птиц от негативного воздействия оборудования;
- ПЗУ не должны травмировать птиц;
- ПЗУ должны учитывать габариты птиц, строение и размеры их конечностей, а также поведенческие реакции птиц;
- с целью уменьшения стоимости и повышения надежности ПЗУ, по возможности, должны быть совмещены с изоляторами, т. е. изоляторы сами по себе должны быть птицевозащищенными;
- ПЗУ должны иметь срок службы на открытом воздухе не менее срока службы изоляторов – 40 лет.

В наиболее эффективном варианте ПЗУ представляет собой кожух, который закрывает места крепления провода к опоре. Его длина рассчитана по размаху крыльев крупного орла-беркута – 1 м 40 см.

Эффективность ПЗУ подтверждается полевыми исследованиями. Например, с мая по ноябрь 2014 года в Борском и Пестравском районах Самарской области были обследованы опытные (с ПЗУ) и контрольные (без ПЗУ) ЛЭП. В результате исследователи пришли к выводу, что на ЛЭП, оснащенных ПЗУ, случаи гибели птиц от удара током происходят примерно вдвое реже, чем на линиях, не оборудованных ПЗУ. На отдельных линиях с ПЗУ гибель птиц и вовсе не была отмечена. Основными же причинами гибели птиц на оснащенных ПЗУ ЛЭП послужили ошибки при монтаже ПЗУ и отсутствие моделей устройств для защиты всего спектра линий.

Необходимость применения ПЗУ диктуется рядом документов федерального и отраслевого уровня, а именно:

- 1) Федеральным законом № 52-ФЗ «О животном мире»;
- 2) Постановлением Правительства РФ от 13.08.1996 № 997 «Об утверждении требований по предотвращению гибели объектов животного мира при осуществлении производственных процессов, а также при эксплуатации транспортных магистралей, трубопроводов, линий связи и электропередачи»;
- 3) приказом Минэнерго России от 13.01.2003 № 6 «Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей»;
- 4) приказом Минэнерго России от 8.08.2002 № 204 «Об утверждении Правил устройства электроустановок»;

В 2012 году Минприроды установило нормативы стоимости птиц, по которым суд определяет суммы штрафов за ущерб для живой природы. Так, один погибший на проводах грач обойдется владельцу ЛЭП в 1 тыс. руб., ястреб-тетеревятник – в 5 тыс., краснокнижный курганник – в 25 тыс. Редкий степной орел будет стоить уже 50 тыс. руб., орел-могильник – 100 тыс. руб. за

особь, орлан-белохвост тоже 100 тыс. руб., сокол балобан или сокол-сапсан – 600 тыс.руб., а дороже всех – редчайший сокол-кречет, одна птица – 1 млн. 100 тыс. руб. Таким образом, итоговый ущерб для природы и государства – это сотни миллионов рублей в год.

Например, известен случай, когда во время рейда в Волгоградской области были найдены шесть мертвых птиц: три степных орла и три курганника погибли от высокого напряжения. При этом на ЛЭП не было ПЗУ, хотя, по закону, ПАО «МРСК Юга» должно было оснастить ими провода. В результате ПАО по решению суда было оштрафовано на 250 тыс. руб.

В то же время, один кожух ПЗУ вместе с установкой стоит всего около 1 тыс. рублей, во сколько и оценивается жизнь одного грача. Поэтому, даже с экономической точки зрения, энергокомпаниям гораздо выгоднее потратиться на оборудование своих ЛЭП ПЗУ, чем выплачивать огромные штрафы, связанные с гибелью птиц.

Кроме ПЗУ, могут быть найдены и другие способы решения проблемы. Птицы любят сидеть на возвышенности, именно поэтому их так привлекают опоры. Чтобы отвлечь птиц от опор, в местах прокладки ЛЭП можно устанавливать деревянные шесты, которые будут выше самих опор, а потому могут оказаться более привлекательными для птиц. Также возможна установка, например, на подстанциях устройств, имитирующих звуки, отпугивающие птиц.

Электромагнитная безопасность. Электромагнитное воздействие проводов высоковольтных линий передач на человека может привести к различным заболеваниям, таким как: радиоволновая болезнь, изменение частоты сердечного ритма, повышение артериального давления и развитие онкологических заболеваний. Отрицательное воздействие электромагнитного излучения прямо пропорционально напряжению линий электропередачи и времени облучения. Например, жильцы домов, пребывающие в опасной зоне, наиболее сильно подвержены воздействию электромагнитного поля.

Охранная зона – это зона вдоль воздушных линий электропередачи в виде земельного участка воздушного пространства, ограниченного вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии от крайних проводов при неотклоненном их положении на расстоянии, зависящем от напряжения ЛЭП.

Использование территорий, находящихся в зоне ЛЭП, регулируется правилами, изложенными в постановлении Правительства РФ от 24 февраля 2009 г. N 160 «О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон». Например, безопасное расстояние от ЛЭП 110 кВ до жилого дома должно составлять не менее 20 м. Следует учесть, что указанные нормативные расстояния охранных зон ЛЭП, не учитывают магнитной составляющей электромагнитного излучения, которое наносит весомый вред здоровью человека. Поэтому, в некоторых источниках данное расстояние предлагают увеличивать до 100 и более метров.

Согласно пункту 9 постановления правительства РФ N 160 в охранных зонах ЛЭП запрещается: размещать детские и спортивные площадки, рынки,

загоны для скота, гаражи и стоянки всех видов машин и механизмов, проводить любые мероприятия связанные с большим скоплением людей.

Согласно пункту 10 постановления N 160 в пределах охранных зон без письменного решения о согласовании сетевых организаций юридическим и физическим лицам запрещается строительство, капитальный ремонт, реконструкция или снос зданий и сооружений.

Электромагнитную безопасность жилых объектов можно самостоятельно оценить с помощью различных интернет сервисов, использующих снимки со спутника. Одним из таких сервисов является Яндекс Карты.

С помощью данного сервиса была проведена выборочная оценка расстояний от ЛЭП 110 кВ до жилых объектов в городе Ульяновск. Полученные результаты показывают опасность для здоровья людей, проживающих в квартирах, с точки зрения электромагнитной безопасности. Так дом, находящийся по адресу Ефремова 37, находится на расстоянии 16 м от ЛЭП 110 кВ, причем в данном месте концентрация электромагнитного излучения довольно велика, поскольку здесь присутствуют 3 двухцепных ЛЭП 110 кВ. Одна из опор находится над автомобильной стоянкой. Дальнейшие пролеты данной линии проходят вдоль улицы промышленной и пересекают автостоянки, магазины и детскую площадку. Скриншоты из сервиса Яндекс Карты приведены на рис. 1.

Данная ситуация является недопустимой и правильным решением в данной ситуации является перенос воздушных линий под землю в виде кабеля вдоль всего населенного пункта. Во избежание подобных ситуаций в дальнейшем властям города и сетевым компаниям предлагается более внимательно относиться к документации застройщиков. Выдавать разрешение на строительство только при соблюдении требований о минимально допустимом удалении строящегося объекта от ЛЭП.

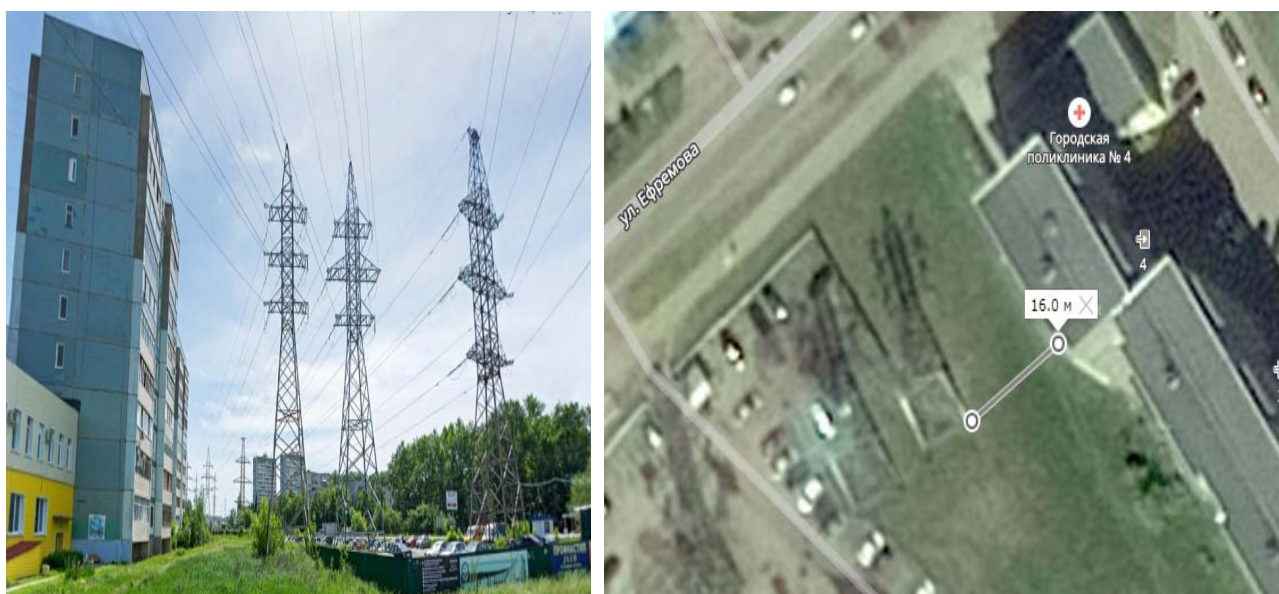


Рис.1. ЛЭП-110 кВ вблизи жилых застроек и автостоянки

ЛИТЕРАТУРА

1. Вести. Экономика. Минприроды: «Россети» убивают до 20 млн. птиц в год. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.vestifinance.ru/articles/53037>
2. Википедия. Гибель птиц на ЛЭП. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Гибель_птиц_на_ЛЭП
3. Павлов И. С., Сенатор С. А. К оценке эффективности птицевзащитных устройств на воздушных линиях электропередачи 6-10 кВ в Заволжье Самарской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-otsenke-effektivnosti-ptitsezaschitnyh-ustroystv-na-vozdushnyh-liniyah-elektroperedachi-6-10-kv-v-zavolzhie-samarskoj-oblasti>
4. Коммерсант.ru. Редких птиц требуют сделать беспроводными [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/2664296>
5. Комсомольская правда. За гибель птиц на ЛЭП волгоградских энергетиков наказали на 250 тыс. руб. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.volgograd.kp.ru/online/news/2594601>
6. Постановление Правительства РФ от 24.02.2009 N 160 (ред. от 17.05.2016) «О порядке установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон» (вместе с «Правилами установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон»). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.base.garant.ru/12165555/>

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ СНИЖЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

А. В. Курганов, А. В. Курганов, студенты гр. Эбд-31

Научный руководитель – доцент кафедры «Электроснабжение»

А. Л. Плиско

Проблема низкого качества электроэнергии играет значительную роль в системе производства, бытовом хозяйстве и сфере жизни людей. Показатели ущерба от него значительны. В настоящее время предприняты законодательные меры по контролю качества электроэнергии.

На рис. 1 представлена диаграмма расходов по причине низкого качества электроэнергии.

Основные параметры низкого качества электроэнергии: отклонения напряжения и частоты; несимметрия напряжений и токов; несинусоидальность кривых напряжений и токов; колебания напряжения и кратковременные его выбросы и провалы.

Последствия низкого качества электроэнергии в сферах производства и жизни людей показаны на рис. 2.

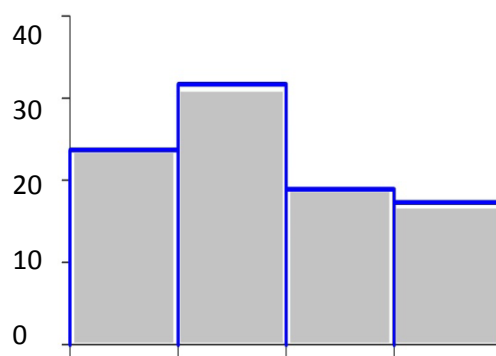


Рис. 1. Расходы низкого качества электроэнергии соответственно:
Россия, Страны ЕС, США, страны Азии

При отклонениях напряжения от номинального значения сокращается срок службы электротермического оборудования. Увеличиваются потери активной мощности и потребление реактивной мощности асинхронных двигателей.

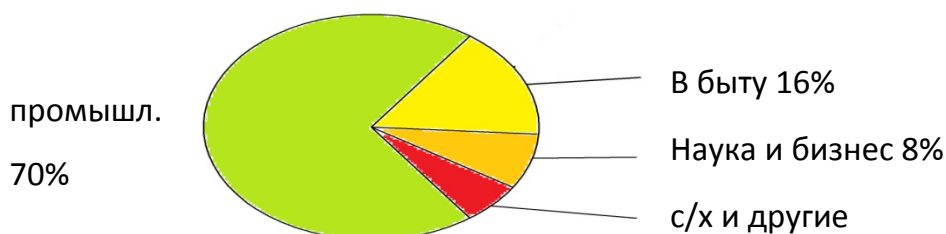


Рис. 2. Последствия низкого качества электроэнергии в различных сферах

Ущерб, обусловленный несимметрией напряжения, источниками которой в электрических сетях промышленных предприятий являются мощные однофазные потребители, может быть представлен в ценах в табл. 1.

Таблица 1

Ущерб от низкого качества электроэнергии

Вид оборудования	Ежегодный ущерб (тыс. руб.)
АД $U_n=6 - 10$ кВ; $P>100$ кВт	40 - 120
СД $U_n= 6 - 10$ кВ; $P = 1000-5000$ кВт	200 - 750
Трансформатор связи с энергосистемой	
$U_n= 35/6 - 10$ В	40 - 800
$U_n= 220 - 110/6 - 10$ В	400 - 1100
Цеховые трансформаторы	
$S_n<630$ кВА	5 - 8
$S_n>630$ кВА	10 - 50

Ущерб, обусловленный несинусоидальностью напряжения, вызывается работой электроприемников с нелинейными сопротивлениями. Происходит

ускорение старения изоляции электрооборудования и увеличением потерь активной мощности. Повышается себестоимость продукции вследствие увеличения удельного расхода электроэнергии.

Ущерб, обусловленный колебаниями напряжения, вызывается электропотребителями с резкопеременным режимом работы: электродуговые сталеплавильные печи, электроприводы прокатных станков, электродуговая и контактная сварка. Колебания напряжения оказывают негативное влияние на станы непрерывной прокатки. Уменьшаются сроки службы электролитных установок [2].

В последнее время во многих странах мира наблюдается положительная динамика в области контроля качества электроэнергии и уменьшения случаев возникновения вредных параметров электроэнергии, приводящих к экономическим затратам. Но сокращения затрат незначительны, что требует необходимость в нахождении новых методов решения проблемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чепмен Д. Цена низкого качества электроэнергии // Электроснабжение. – 2004. – №1. – С. 66-69.
2. Масленников Г. К., Дубинский Е. В. Обеспечение качества электроэнергии в системе электроснабжения общего назначения // Энергосбережение. – 2002. – №1.
3. Лакутин Б. В., Муравлев И. О. Качество снабжения промышленных потребителей: учебное пособие. – Томск : изд-во ТПУ – 2014. – 89 с.

ИСТОРИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

О. И. Антропова, студентка гр. ЭАбд-41

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Первым стационарным промышленным роботом был программируемый Unimate. Это гидравлическая тяжело поднимающаяся рука, которая могла повторить произвольные последовательности движений и управлялась в электронном виде. В 1961 Condec Corp поставила первый в мире робот фабрике GM; в его задачу входило удаление и укладка горячих металлических деталей от машин. Руки Unimate продолжают развиваться и продаваться во всем мире. Автомобильная промышленность, остается крупнейшим покупателем.

Более продвинутые управляемые компьютером электрические руки, были развиты в конце 1960-х и 1970-х в Массачусетском технологическом институте (MIT) и в Стэнфордском университете, где они использовались с камерами в автоматизированном зрительно-моторном исследовании. Виктор Шейнмен Стэнфорд, работающий с Unimation для GM, спроектировал первую такую руку, используемую в промышленности. С 1990-х маленькие электрические руки стали важными в лабораториях молекулярной биологии, они точно обращались

со множеством пробирок и выполняли перелив сложных реактивов [1].

Мобильные промышленные роботы также сначала появились в 1954. В этом же году беспилотный электрокар, сделанный Barrett Electronics Corporation, начал тянуть грузы вокруг склада бакалеи Южной Каролины. Хотя промышленные роботы сначала появились в Соединенных Штатах, бизнес не процветал там. Unimation была приобретена Westinghouse Electric Corporation в 1983 и закрывалась несколько лет спустя. Иностранные лицензиаты Unimation, особенно в Японии и Швеции, продолжают существовать. В 1980-х годах другие компании в Японии и Европе начали энергично входить в эту область робототехники.

Перспектива стареющего населения и нехватки рабочих побудила японских производителей экспериментировать с передовой автоматизацией. К концу 1980-х Япония – во главе с подразделением робототехники Matsushita Electric Group – была мировым лидером в изготовлении и использовании промышленных роботов [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Козырев Ю. Г. Промышленные роботы: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1988. – 392 с.
2. <http://fb.ru/article/162809/promyishlennyiy-robot-robotyi-na-proizvodstve-avtomaty-robotyi>

РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДУГОВОЙ СВАРКИ

И. А. Соколова, студентка гр. ЭАбд-41

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Сварка представляет собой один из наиболее эффективных способов для соединения всех видов промышленных металлов, обладающих самыми различными свойствами. В настоящее время в отрасли современного машиностроения одной из наиболее распространенных технологических операций по праву считается дуговая сварка.

Роботизированная сварка представляет собой полностью автоматизированный процесс, который реализуется за счет использования специальных роботов-манипуляторов, системы управления всем комплексом и другого сварочного оборудования, сопряженного с системой управления комплексом.

Из-за значительных объемов производства, которые достигают 45% от общего производства металлических заготовок, выявилась необходимость применения сварочных промышленных роботов.

Применение промышленных роботов в процессе сварки позволяют осуществить первоклассное качество сварного соединения и экономию

расходного материала, что в свою очередь ведет к снижению количества брака и переработки. Кроме этого ввод промышленных роботов в данной области производства дает возможность оградить человека от вредных условий труда, таких как сильное ультрафиолетовое излучение, брызги расплавленного металла, вредные для здоровья газы.

Промышленные роботы дуговой сварки могут быть различного конструктивного исполнения, их манипуляторы обладают, как правило, пятью – шестью степенями подвижности. Многозвенная кинематика руки робота позволяет перемещать закрепленную в ней сварочную горелку по сложным траекториям [1].

При дуговой сварке наибольшее применение нашли роботы портального и напольного типов. Портальные роботы предназначены для сварки крупногабаритных изделий с протяженными швами, такие как корпуса, каркасы, рамные конструкции.

К настоящему времени уже разработаны сварочные роботы, которые дают возможность добиться точности позиционирования сварочной горелки порядка 0.03-0.05 мм, что является достаточным для подавляющего большинства сварочных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черпаков Б. И. Робототехнические комплексы / под ред. Б. И. Черпакова. – М.: Высш. шк., 1989. – 95 с.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

А. Н. Борисов, студент гр. ЭАбд-41

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Программное обеспечение системы управления является одним из самых сложных и дорогостоящих компонентов робота. Для промышленных роботов программное обеспечение разрабатывается с нуля и подстраивается под каждого робота отдельно. От запрограммированного интеллекта зависит принцип действия робота [1].

Разработка программ управления промышленными роботами происходит двумя видами – онлайн и офлайн. Во втором случае программирование роботов идет на месте их установки. А при онлайн-программировании робот программирует уже сам себя. Также может применяться метод Teach-In, где оператор, управляя консолью, направляет робота в заданное место пространства и выполняет поставленные задачи, в это время робот «запоминает» координаты местонахождения и скорость движения в каждом пункте. Еще один метод Playback, в нем оператор вручную обводит робота по необходимой траектории движения.

Но при помощи онлайн-программирования управление промышленными роботами не всегда удобно, так как в программы, которые созданы онлайн, нельзя вносить изменения. В этом случае офлайн-программирование будет наиболее эффективным, потому что программы пишутся на простом компьютере в текстовом редакторе, поставляемом с комплексом программного обеспечения робота. Алгоритм программы в виде текста загружается в компьютер робота, отлаживается и корректируется, в последнее время набирают популярность 3D и CAD-модели. С этим программным обеспечением значительная экономия времени, оно дает создание визуализации и возможность заранее оценить множество параметров и узнать итоговый успех работы.

В пример готовых работ можно привести высокоинтеллектуальные роботы, которые способны реализовывать любые свои перемещения в согласовании с требующейся манипуляционной операцией. При этом программа с нужными координатами и технологической информацией загружается в память системы управления [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Программное обеспечение промышленных роботов/ Михайлов В. Е., Москва, Наука, 1986. – 273 с.
2. Проектирование систем приводов шагающих роботов с древовидной кинематической системой: Учебное пособие для вузов / Каргинов Л. А., Ковальчук А. К., Кулаков Д. Б. [и др.]. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013.

ШАРНИРНЫЕ РОБОТЫ

М. Э. Быков, студент гр. ЭАбд-41

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Роботы с шарнирным манипулятором по возможностям перемещения напоминают действия руки человека (рис.1, *а*). На рис.1, *б* показан шарнирный робот, имеющий 6 степеней свободы. Механическая конструкция такого манипулятора содержит как минимум три поворотных соединения, образующих полярную систему координат.

Три базовые вращательные оси обеспечивают поворот руки, ее наклон в плечевом соединении и сгибание в локтевом звене (рис. 1, *б*). Дополнительные три поворотные оси (крен, тангаж и рыскание) и одно призматическое сочленение позволяют манипулятору выбирать любое направление, а затем вытягиваться по радиусу на требуемое расстояние.

Эта конструктивная схема, отличающаяся очень высокой гибкостью, позволяет манипулятору обходить препятствия. В принципе рука робота может занять любое положение и направление внутри зоны обслуживания. Роботы с шарнирной рукой используются в самых различных целях.

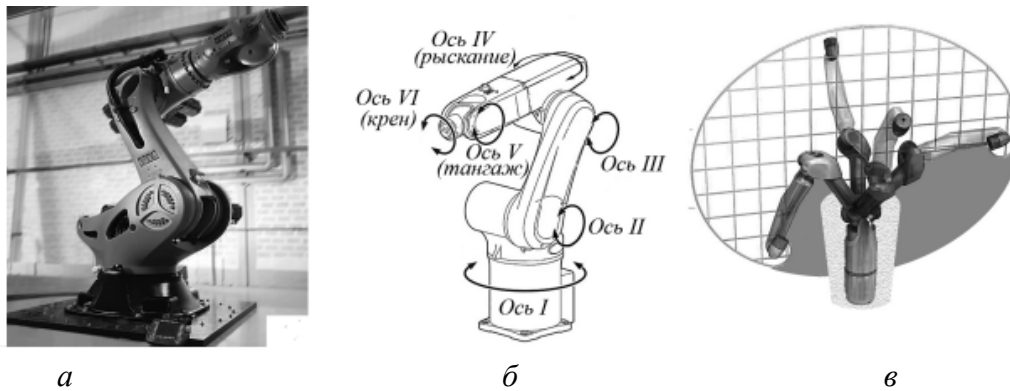


Рис. 1. Основные типы промышленных роботов с примерным соотношением размеров зоны обслуживания и занимаемой площади

Например, робот с шарнирной рукой манипулирует сварочной головкой почти так же, как это делает человек. Углы ориентации головки сварочного аппарата и траекторию ее движения можно изменять для получения требуемого качества сварки в любых положениях. Шарнирные роботы позволяют выполнять дуговую сварку в самых труднодоступных местах. Кроме этого, шарнирные роботы компактны, и обслуживаемая ими рабочая зона намного больше пространства, занимаемого роботом (рис. 1, в).

Типовые шарнирные роботы имеют 5 или 6 программируемых звеньев или осей. Несмотря на то, что роботы этого типа удобны для многих видов применения, управление ими является достаточно сложным. Когда управление роботом осуществляется в обычной для них системе обобщенных координат, мысленное представление характера движений манипулятора сильно затруднено, так как для перемещения каждого его звена используется принцип минимального значения требуемого угла. Это означает, что траектория перемещения инструмента не является прямой линией.

Отличительной чертой шарнирных роботов является возможность координированного взаимодействия друг с другом, используемого для уменьшения размеров производственных площадей или применяемого вынужденно из-за ограниченности рабочего пространства.

В традиционной малоинвазивной хирургии (хирургии минимального вмешательства) операцию проводят через небольшие разрезы в коже человека для сохранения жизненно важных органов. Хирург работает, используя длинные тонкие инструменты, в условиях сильно ограниченного доступа к операционной зоне. Работа в таких условиях требует большого опыта и напряжения хирурга, поскольку существует риск потери координированного действия глаз и рук оперирующего или контакта с операционной зоной. По этой причине многие операции не удается провести с минимальным хирургическим вмешательством.

Эти недостатки малоинвазивной хирургии удается преодолеть с помощью технологий, использующих эффект присутствия и телеуправления. В этом случае инструментами манипулирует не хирург, а руки специального

дистанционно управляемого робота. Хирург во время операции удобно сидит за пультом управления. Благодаря трехмерному эндоскопическому обзору, обратной связи по усилиям и восстановленной координации зрения и действия рук, хирург вновь получает возможность практически прямого доступа к операционному полю.

Следует сказать, что представленная классификация роботов по типу их конструкции в последнее время принимает все более условный характер. Роботы с шарнирной рукой устанавливают на декартовые системы перемещения, роботы СКАРА также дополняются шарнирными манипуляторами, а декартовые манипуляторы обзаводятся дополнительными степенями свободы перемещений.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.eu-robotics.net/about/about-eurobotics-aisbl> /(Дата обращения: 22.04.2018).
2. <http://www.kuka-robotics.com/russia/ru/> (дата обращения: 22.04.2018).
3. <http://tehplaneta.ru/category/robototekhnika> /(Дата обращения: 22.04.2018).
4. <http://www.dlr.de/rm/en/desktopdefault.aspx/tabid-3828> /(Дата обращения 22.04.2018).

МЕХАТРОННЫЕ МОДУЛИ МИКРОПЕРЕМЕЩЕНИЙ

В. А. Вилков, студент гр. ЭАбд-41

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Микроманипуляционные системы (ММС) в связи с чрезвычайно малыми перемещениями рабочих органов (до 0,1 мм) и высокими требованиями к точности отработки их движений (до, 1 мкм) должны быть оснащены высокочувствительными датчикам обратной связи.

Одно из главных требований к ним – это минимальные габариты, позволяющие встроить датчики в элементы микромеханической системы. Сочетание высокой точности и достоверности информации обратной связи с миниатюрными размерами датчиков усложняет задачу создания ММС. При обычной схеме построения системы управления сигналы с датчиков поступают в блок управления, располагающийся отдельно от механического блока.

В связи с миниатюрными размерами приводов ММС аналоговые сигналы обратной связи и управляющие сигналы оказывают взаимное влияние, что резко ухудшает достоверность информации и управления. Поэтому логично было бы расположить преобразователи аналоговых сигналов, поступающих с датчиков, в дискретные непосредственно рядом с датчиком, т.к. достоверность передачи дискретных сигналов на порядок выше, чем аналоговых. Такое решение приводит к появлению следующего технического противоречия: для повышения

точности всего микропривода необходимо оснастить датчики преобразователями сигналов в непосредственной близости от них, что при этом не должно приводить к увеличению габаритов ММС. Преодоление этого противоречия возможно двумя путями [1]:

- использование оптических систем передачи информации;
- использование миниатюрных интегральных электронных устройств (в том числе оптоэлектронных).

Наиболее перспективное направление в этой области состоит в разработке мехатронных микромеханических модулей (ММ), из которых образуется ММС. Суть мехатронного подхода к проектированию заключается в интеграции в единый функциональный модуль приводной, информационной и управляющей составляющих электромеханической системы. Такой ММ может состоять из следующих элементов:

- микроэлектрический привод;
- упругие механически передачи;
- миниатюрные датчики обратной связи;
- первичные преобразователи электрических сигналов;
- интерфейсы и аналого-цифровые преобразователи.

Для надежной работы всей системы в целом, сигналы от датчиков обратной связи должны передаваться в двоичном коде. В соответствии с этим требованием структура механического датчика может быть следующей (рис. 1). Внешнее механическое воздействие действует на чувствительный элемент, который преобразовывает его в электрический сигнал. Чувствительный элемент непосредственно связан первичным аналоговым преобразователем, который усиливает электрический сигнал до уровня, необходимого для нормальной работы аналого-цифрового преобразователя [2].

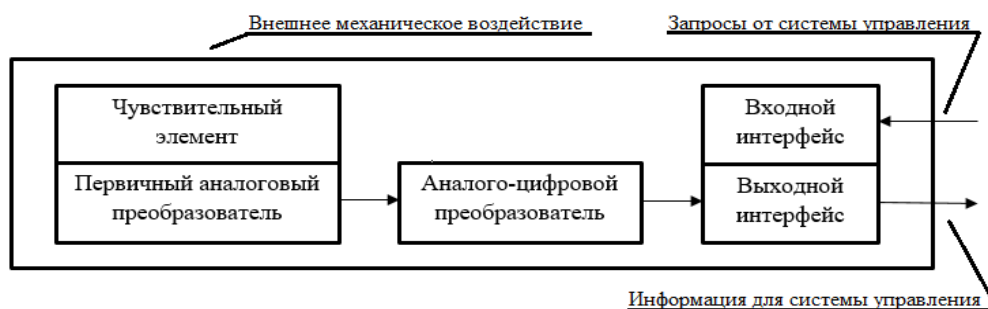


Рис.1. Структурная схема мехатронного датчика микромеханического модуля

Во время периодического опроса мехатронных датчиков всей ММС запрос на рассматриваемый датчик поступает на входной интерфейс, который открывает канал для получения информации от выходного интерфейса. Для уменьшения габаритов мехатронных модулей ММС сигналы от системы управления и обратно идут по одной шине.

Оснащение ММС мехатронными датчиками позволяет вводить в систему управления информацию о внешних воздействиях различной физической природы. В этом случае становятся эффективными методы адаптивного

управления и методы, основанные на нечеткой логике [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Подураев Ю. В. Основы мехатроники: Учебное пособие. – М. : МГТУ «СТАНКИ», 2000.

2. Управляемое движение мобильных роботов по произвольно ориентированным в пространстве поверхностям / В. Г. Градецкий, В. Б. Вешников, С. В. Калиниченко, Л. Н. Кравчук. Ин-т пробл. Механики. – М. : Наука. 2001.

3. Поспелов В. И., Войнов В. В. Перспективы применения микроробототехнических систем // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2002. – №5.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАНИПУЛЯТОРА

А. С. Долгова, студентка гр. ЭАбд-41

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

В разных отраслях машиностроения сборочные работы составляют небольшой процент общей трудоемкости изготовления изделия, собственно это объясняется невысоким уровнем их автоматизации и механизации. Снижение стоимости сборки можно добиться методом организационно-технических мероприятий, путем использования механизированных сборочных приспособлений и инструмента, увеличения объема механизации и автоматизации сборочных процессов. При этом основным событием высокого результата сборочного производства (СП) является его автоматизация [2].

В производстве все чаще применяются автоматические манипуляторы, которые плохо поддаются автоматической ориентации в бункерных загрузочных устройствах. По этой причине основной функцией манипуляторов является поштучный забор из магазина, подача в зону сборки и установка в требуемом положении на сборочное приспособление собираемых деталей и съем собранного узла с дальнейшей его укладкой в тару. В этом случае манипулятор оснащается одной или двумя руками с механизмом выдвижения, механизмом подъема и поворота руки, с закрепленным на ней схватом. Вторая рука манипулятора используется для съема с приспособления – спутника собранного узла [1].

В условиях многономенклатурного СП большая результативность обеспечивается внедрением автоматических манипуляторов. Они имеют широкий диапазон регулирования, а очередность движений может меняться путем изменения программы работы манипулятора. Особенностью конструкции является большая универсальность, приспособленность для работы с деталями разных размеров и типов соединений [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Козырев Ю. Г. Промышленные роботы: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1988. – 392 с.
2. Автоматизация сборочных процессов в машиностроении: метод. пособие / В. А. Глазков, А. Д. Шаратинов. – Вологда : ВоГТУ, 2011. – 56 с.

ОБЗОР ГЛОБАЛЬНОГО РЫНКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РОБОТОВ

Н. А. Дорофеев, студент гр. ЭАбд-41

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М.В. Петрова

Рост индустриализации в развивающихся странах привел к миграции рабочей силы из сельского хозяйства на промышленные рабочие места. В результате, увеличение средних затрат на рабочую силу во всем мире сместилось на автоматизацию сельскохозяйственной деятельности в последние годы. Ожидается, что на мировом рынке сельскохозяйственных роботов ожидается увеличение роста на уровне CAGR примерно на 11% в течение прогнозируемого периода [1].

Развитые страны, особенно в Европейском союзе и США, вкладывают огромные суммы в разработку передовых роботов, которые могут использоваться в коммерческих целях. Например, в 2013 году Европейский союз запустил рамочную программу исследований и инноваций Horizon 2020, на которую в течение семи лет был выделен бюджет в размере почти 109 млрд. долл. США. Интеграция роботов с беспилотными летательными аппаратами и системами GPS поможет собрать точные полевые данные, которые могут быть использованы при разработке новых сортов сельскохозяйственных культур, включая генетически модифицированные культуры [2].

Возможности сельскохозяйственных роботов:

- управление животноводством;
- автоматизированная подача корма для скота;
- очищение территорий;
- анализ и охрана дикой природы.

В 2014 году сегмент управления животноводством доминировал на рынке сельскохозяйственных роботов с долей рынка около 77%. Необходимость повышения производительности труда на молочных фермах является ключевым фактором роста этого сегмента.

Роботы сохранения дикой природы используются для проверки незаконного браконьерства диких животных. Они также используются для наблюдения и наблюдения за объектами и животными в лесу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров О. Д., Подураев Ю. В., Буйнов М. А, «Робототехнические мехатронные системы»: Справочник. – 2015. – 122 с.
2. Автоматизация процессов в сельскохозяйственной деятельности: сборник статей / В. А. Глазков, А. Д. Шаратинов. – Вологда: ВоГТУ, 2011 – 56 с.

РОБОТЫ В ЛЕГКОЙ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В. О. Зудилин, студент гр. ЭАбд-41

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Легкая и пищевая промышленность задают основные направления роста экономики государства, так как им принадлежит значительная доля производства ВВП. Технологии данных отраслей позволяют быстро менять ассортимент выпускаемой продукции при минимальных затратах.

Упаковка готовой продукции является, как правило, сложным и многодельным этапом и, зачастую, осложняет производственный процесс. Оптимальное решение проблемы упаковки лежит в плоскости максимальной ее автоматизации. Роботизированное оборудование данных видов промышленности – это автоматизированные производственные линии, различные манипуляторы-упаковщики.

Принцип действия манипуляторов-упаковщиков: объект с конвейера укладывается его в упаковочные ящики. Точнейшая разработка манипуляторов-упаковщиков позволяет им брать и перемещать даже хрупкие стеклянные и фарфоровые изделия, не нарушая их целостности. Эти аппараты молниеносно заполняют пакеты сахаром и крупой, отвешивая равные доли с максимальной точностью, маркируют этикетку и транспортируют пакет на склад готовой продукции. По сравнению с ручной фасовкой робот существенно сокращает неизбежные потери продукта [1].

Очень эффективными технологиями при обслуживании конвейеров и производственных линий считаются роботы для сортировки. Данные устройства особенно актуальны, когда требуется высокая производительность при ограниченном времени цикла на операцию.

Роботы для сортировки, так называемые «сортировщики», служат для вычленения разных видов продукции и распределения их в свои потоки. Робот-сортировщик, получив предмет, считывает его штрихкод, определяет назначение предмета и кладет на соответствующую ленту конвейера.

К сожалению, в настоящее время, согласованная работа в автоматическом режиме нескольких роботов от разных производителей не может быть осуществлена на базе стандартного контроллера. Причина – ограниченность доступа к некоторым интерфейсам в системе управления роботами, которые не производятся, а покупаются в готовом виде, в качестве «закрытой системы». И, конечно, существенным препятствием к массовому внедрению программного

обеспечение системы управления, является безусловная дороговизна аппаратуры, продаваемой различными фирмами. Очевидно, альтернативой таким технологиям является создание и развитие собственной системы управления для технологических роботов. Система управления является наиболее наукоемкой частью любой роботизированной ячейки или технологической линии [2].

Создание передовой системы управления, выпуск отечественных технологических роботов и внедрение роботизированных технологий требуют наработки собственных ноу-хау. Только двигаясь в этом направлении, Россия не останется в роли догоняющего по отношению к зарубежным конкурентам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шахинпур М. Курс робототехники: Пер. с англ. – М. : Мир, 1990. – 527 с.
2. Попов Е. П., Письменный Г. В. Основы робототехники: Введение в специальность: Учеб. для вузов по спец. «Робототехнические системы и комплексы». – М. : Высш. шк., 1990. – 224 с.

РОБОТОТЕХНИКА В МЕДИЦИНЕ

А. В. Ибрямов, студент гр. ЭАбд-41

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

В эпохе развития науки и техники появляется множество различных нововведений в самых различных областях. Старое заменяется новым необыкновенным, к которому будет тяжело привыкнуть. Прогресс идет, а значит, люди познают множество загадок, которых тщательно скрывают сама природа. Несмотря на все это, современные ученые и физики безостановочно ведут разработки в различных сферах. Наука движется вперед, и в любых областях жизнедеятельности человека нужны какие-либо нововведения. В данном примере хотелось бы выбрать как определенный аспект – область медицины, а точнее ее технического потенциала. Медицина продвигается вперед: появляются новые сложнейшие аппараты, для жизнеобеспечения человека, примером тому могут стать множество аппаратов, например, аппарат для искусственной вентиляции легких, либо аппарат искусственной почки и т.п. Появились миниатюрные измерители: датчики давления, датчики уровня кислорода и сахара в крови и т.п. Конкретнее хочется остановиться на примере внедрения робототехники в медицинскую отрасль [1].

На конференции производитель NVIDIA, которые производит графические чипы, озвучил идею – проводить операцию на сердце без вскрытия грудной клетки, при этом, даже не останавливая сердце. Робот-хирург будет производить операцию с помощью манипуляторов, подведенных к сердцу через небольшие отверстия в груди пациента. Разработка визуализации быстро

оцифровывает бьющееся сердце, показывая хирургу трехмерную модель, по которой он имеет возможность ориентироваться при вскрытии грудной клетки. Основная сложность заключается в том, что сердце совершает примерно 75-160 ударов в минуту, но, по словам создателей, мощности передовых вычислительных систем на базе графических процессоров NVIDIA достаточно, дабы визуализировать орган, чтобы происходила взаимосвязь между передвижением инструментов робота и биением сердца. За счет всего этого будет происходить эффект неподвижности: манипуляторы робота будут поддерживать работу сердца, не создавая проблем для хирурга, при этом хирургу будет без разницы будет ли работать сердце или нет [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Саврасов Г. В. Медицинская робототехника: учеб. Пособие. Ч.1. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. – 35с.
2. Саврасов Г. В., Юценко А. С. Основные направления развития медицинской робототехники. – Мехатроникаю, 2000. – № 4. – С. 34-39.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКИ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

И. Б. Кафаров, студент гр. ЭАбд-41

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

В настоящее время процесс проектирования и разработки мехатронной системы можно разделить на разработку процесса управления и соответствующую ему систему управления. Для осмысления процесса проектирования и разработки технической системы с мехатроникой применяют такие науки как: методы оптимизации решений, методы управления и исследования больших систем и математическое моделирование [1].

Существует ряд основных типов стратегий при разработке мехатронной системы: линейная, циклическая, разветвленная, адаптивная и случайная [2].

Линейная стратегия заключается в том, что действия системы состоят из последовательных шагов, каждый из которых зависит только от результата предыдущего шага. Данная стратегия является наиболее простой.

Циклическая стратегия основывается на линейной, но только здесь после получения результата очередного шага происходит возврат информации в предыдущие блоки.

Разветвленная стратегия включает в себя шаги, которые происходят параллельно с другими и на основе полученных результатов получается стратегия работы устройства.

Адаптивная стратегия подразумевает внесение только исходного задания, а выбор действия системы происходит автоматически, на основе полученной информации с датчиков.

В настоящее время уровень развития современных технологий не позволяет в полной мере реализовывать адаптивные системы управления. Поэтому существующие сейчас системы представляют собой комбинацию перечисленных стратегий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козырев Ю. Г. Промышленные роботы: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1988. – 392 с.
2. Оборудование производства интегральных микросхем и промышленные роботы. Под ред. Ю. В. Панфилова. – 1988. – 176 с.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ФРЕЗЕРОВОЧНЫЕ РОБОТЫ

И. С. Курушин, студент гр. ЭАбд-41

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Огромное распространение в производственной деятельности человека получили на сегодня промышленные манипуляторы. Роботы являются одним из эффективнейших средств автоматизации и механизации погрузочных и транспортных работ, а также многих других производственных процессов. Так или иначе, роботизированные безлюдные решения на производствах приобретают сегодня все большую актуальность хотя бы потому, что вредное влияние на здоровье человека сводится к минимуму. Добавим понимание того, что полный цикл обработки и монтажа происходит значительно быстрее, без брака и ошибок, свойственных любому производственному предприятию, где вместо работа живой человек. Человеческий фактор, после настройки роботов и запуска технологического процесса, практически исключается [1].

Использование роботов для сверления, фрезерования и обработки кромок различных металлов, пластмасс, древесины, а также камня – абсолютно новая, развивающаяся высокими темпами технология. Она стала возможна, прежде всего, благодаря увеличению скорости, точности и жесткости современных роботов. Основные преимущества заключаются в практически неограниченной рабочей зоне манипулятора (робота можно оборудовать линейной осью в несколько десятков метров), большом количестве управляемых осей и высокой скорости обработки. Так, например, типичная фрезеровальная ячейка на базе промышленного робота имеет 8-10 управляемых осей и позволяет получить максимальную гибкость и точность при обработке [2].

Положительный эффект от внедрения промышленных манипуляторов, как правило, замечен одновременно с нескольких сторон: замечен прирост в производительности труда, увеличивается качество и количество конечного продукта, снижаются затраты на производство, условия труда для человека становятся более благоприятными, и, наконец, значительно облегчается переход предприятия с выпуска одного вида продукции на другой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шурков В. Н. Основы автоматизации производства и промышленные роботы: Учеб. пособие для машиностроительных техникумов. – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.
2. Манипуляционные системы роботов. Под. ред. А. И. Корендясева. – М.: Машиностроение, 1989.

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

П. А. Кутепов, студент гр. ЭАбд-41

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Преимущества роботов становились все более заметными по мере развития промышленной робототехники, создание которой началось в 1950-х гг. с создания и практического использования первого промышленного робота. В настоящее время 90% всех роботов используется в промышленном секторе для обслуживания технологических процессов. В России пока роботы не находят широкого применения. Причинами отставания являются недостаточная информированность российских технических специалистов и менеджмента предприятий, желание избежать больших затрат на их внедрение. Роботы используются также на складах, в лабораториях и научных центрах, в изыскательских работах, на энергетических предприятиях, в медицинских учреждениях и при исследовании космического пространства.

Преимущества роботов могут быть разделены на 4 главные категории:

Преимущество I – высокая точность, надежность и безошибочность.

Многие промышленные роботы изготавливают в форме роботизированной руки. Благодаря механической природе конструкции и компьютеризированному управлению, роботизированные руки могут многократно выполнять повторяющиеся операции с высокой точностью, что обеспечивает высокое качество и стабильность свойств конечного изделия. Эти машины применимы для большого числа технологических операций: сборочных работ, сварки, окрашивания, резки заготовок и отделки изделий.

Преимущество II – производительность, высокая работоспособность, экономичность.

Те же вышеупомянутые особенности роботов, обусловленные механической природой этого оборудования, обеспечивают резкое повышение производительности и скорости выполнения операций по сравнению с использованием ручного труда рабочих. Другой аспект повышения эффективности технологических процессов заключается в том, что робот, смонтированный на потолочном перекрытии, может взаимодействовать с «напольным» оборудованием из верхнего положения, не занимая производственную площадь.

Преимущество III – способность работать в условиях, представляющих

угрозу для жизни и здоровья человека.

Эта особенность очень важна для ведения современных технологических процессов. Есть работы, идеально подходящие для выполнения роботами. Например, окраска с помощью пульверизатора, так как в этом случае не придется беспокоиться о том, что исполнитель работ будет вдыхать пары краски. Кроме того, есть и такие опасные и тяжелые работы, как обезвреживание бомб или очистка канализационных систем.

Преимущество IV – отсутствие ограничений, свойственных человеку: утомляемости, потребности в питании и сне.

В этом преимуществе имеется определенная связь с первыми двумя категориями достоинств роботов, так как отсутствие влияния монотонности операций на работу робота обеспечивает высокую точность, качество и эффективность его действий. Поскольку робот не испытывает потребности в еде или отдыхе, он может работать круглосуточно с плановыми остановками на техническое обслуживание.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов А. А. Основы робототехники. М.: Форум, 2012. – С. 224.
2. Петреченко В. А. Потенциал российских инноваций на рынке систем автоматизации и робототехники: сайт – URL: http://www.rusventure.ru/ru/programm/analytics/docs/Otchet_robot-FINAL%20291014.pdf (Дата обращения: 21.04.2018).

ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ

Д. А. Лукьяненко, студент гр. ЭАбд-41

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Последние несколько десятилетий отмечены большим скачком в развитии промышленности. В связи с этим неудивительно, что промышленные роботы приобретают все большую популярность. В автоматизации производства непосредственную роль занимают промышленные роботы, являясь частью роботизированного технологического комплекса, иными словами автоматизированного производства. Внедрение промышленных роботов весьма значительно упрощает и ускоряет процесс производства. Широкое применение промышленных роботов получили в машиностроении[1].

Промышленный робот автономное устройство, основой его являются механический манипулятор, состоящий из манипуляционной системы и системы передвижения, а также перепрограммируемая система управления, которая в свою очередь получает сигналы от сенсорной части.

Остановимся поподробнее на манипуляторе. Он представляет собой механизм для управления пространственным положением орудий и объектов труда, состоящий из подвижных звеньев. Движение в звеньях может быть

обеспечено посредством использования электрического, гидравлического или пневматического привода [1]. Существует несколько типов управления промышленными роботами: программное управление – это самая простая система управления, использующаяся, как правило, для управления манипуляторами на промышленных производствах; адаптивная система управления, которая оснащена сенсорной частью.

Роботы на дистанционном управлении применяются в сложных, опасных для человека условиях труда. Таким образом, исключается риск негативного воздействия среды на здоровье человека, таких как, например, высоких температур или вредных химических испарений [2].

Промышленные роботы имеют достаточно широкий спектр применения на производстве: фрезеровка, сверление, сварка различных металлов, передвижение вдоль монорельсов, с целью перемещения заготовок между станками, сборка, упаковка, маркировка готовой продукции. В обозримом будущем роботы будут использоваться во всех производственных процессах [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://fb.ru/article/162809/promyishlennyiy-robot-robotyi-na-proizvodstve-avtomaty-robotyi>
2. <http://metalworking-expo.com/about/sections/industrial-robotics/>
3. <https://geektimes.com/company/top3dshop/blog/288314/>

МЕХАТРОННЫЕ МОДУЛИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

А. В. Мосалева, студентка гр. ЭАбд-42

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Мехатроника – это активно развивающаяся отрасль науки, которая основана на достижениях в области электроники, механики, автоматики и информатики. Знания, полученные в этих областях науки и техники, привели к созданию принципиально новых узлов-модулей станочного оборудования.

К мехатронным устройствам относят такие устройства, которые обеспечивают следующие функции: контроль точности обработки; контроль установки заготовок; компенсацию деформации узлов; диагностирование узлов и инструмента; оптимизация режимов обработки.

Станки нового поколения создаются на базе мехатронных модулей, в этих станках используют электроприводы прямого действия, в которых нет промежуточных кинематических звеньев (коробок передач, редукторов, устройств, преобразовывающих вращательное движение в линейное, и др.). Основные преимущества приводов прямого действия значительно проявляются в динамичных и высокоточных электроприводах. Так как отсутствуют механические передачи, становится возможным исключить кинематические

погрешности движения, которые связаны с накопленной погрешностью зубчатого зацепления, погрешностью шага, зазорами и т.д. В приводах прямого действия применяются линейные двигатели с высокими значениями тяговой силы или сверхвысоко-моментные электродвигатели вращательного движения. В механизмах, где рабочий орган совершает линейные перемещения, например, механизм подачи металлообрабатывающего станка, манипулятор и др., а также в механизмах возвратно-поступательного движения, рациональным стало использование таких приводов прямого действия на базе синхронных, асинхронных и шаговых линейных двигателей. Линейные двигатели обладают значительно более высокими техническими характеристиками: длина перемещения не ограничена, максимальная скорость – до 200 м/мин. Эти преимущества позволяют создавать на их основе абсолютно новые компоновки станков и реализовывать высокие технологии (субмикронная и высокоскоростная точность обработки). Использование для питания преобразователей частоты или полупроводниковых коммутаторов тока на базе транзисторов, обеспечивает высокую управляемость линейных двигателей.

Мехатронным модулем главного вращательного движения станков называют высокоскоростной электродвигатель главного движения, у которого на роторе установлен шпиндель станка. Элементы и конструкция такого шпиндельного узла, называемого мотор-шпинделем, который предназначен для скоростной обработки, отличается от традиционных электрошпинделей. В конструкции привода главного движения высокоскоростного токарного станка, где максимальная частота вращения шпинделя достигает более 10 000 мин⁻¹ и выполнение операций с высокой эффективной мощностью резания невозможно применять обычный электрошпиндель или электродвигатель с механическими передачами. Таким образом, в высокоскоростных токарных станках желательно применять мотор-шпиндели, относящиеся к приводу прямого действия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мехатронные узлы. Металлорежущие станки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tops100.ru/metall/mekhatronnye-uzly/> (Дата обращения: 28.03.2018).
2. Мехатронные узлы. Конструкции и наладка токарных станков. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studref.com/325513/tehnika/mehatronnye_uzly (Дата обращения: 28.03.2018).

ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

К. О. Мурский, студент гр. ЭАбд-41

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

В конце XX века в связи со значительным ростом промышленного производства началось массовое распространение роботов. Огромное

количество продукции привело к потребности в интенсивности и качестве такой работы, которая превышает реальные человеческие возможности.

На замену большому количеству квалифицированных рабочих на современных высокотехнологичных заводах и производствах пришли многочисленные эффективные автоматизированные линии, которые могут работать как в режиме прерывного, так и непрерывного циклов. Фавориты в развитии таких технологий, пропагандирующие широкое применение промышленных роботов, считаются: Германия, Швеция, США и Япония.

По способу управления, в вышеперечисленных странах, современные промышленные роботы делятся на две большие группы такие как: автоматические манипуляторы и устройства, дистанционно управляемые человеком. Увы, но переоснащение такими «умными» машинами всех отраслей промышленности затруднено из-за отсутствия инвестиций [1].

Роботы разделяются по назначению и исполняемым функциям, вот лишь некоторые из них: промышленные роботы бывают универсальные, сварочные, машиностроительные, режущие, комплектовочные, сборочные, упаковочные, складские и малярные. Это далеко не полный перечень: количество всевозможных вариантов постоянно растет и все перечислить невозможно в рамках одной статьи. Можно лишь с уверенностью сказать о том, что вряд ли найдется такая область человеческой деятельности, где роботы не смогли бы сделать труд человека творческим, взяв монотонную и опасную часть работы на себя. Однако достоинства от их использования в несколько раз превышают все денежные затраты, так как они диктуют не только автоматизацию, но и огромные изменения как в сфере труда, так и в сфере производства [2].

Применение промышленных роботов позволяет эффективно выполнять непосильные человеку по трудоемкости и точности работы, а именно: сборку механических и электронных деталей, загрузку/разгрузку, укладку, сортировку, перемещение деталей на склад и многое другое.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козырев Ю. Г. Промышленные роботы: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1988. – 392 с.
2. Промышленная робототехника: метод. пособие / Л. С. Ямпольский. – Вологда: ВоГТУ, 2011. – 63 с.

СКЛАДСКИЕ РОБОТЫ

А. В. Наземнов, студент гр. ЭАбд-41

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Складские роботы – это роботы, предназначенные для проведения рабочих мероприятий на складах. Разработано и используются уже несколько их типов, а также комплексные решение задач по автоматизации складов,

использующие, например, промышленные манипуляторы и прочую подобную технику. Роботы-тележки разработаны со способностью автономно перевозить паллеты по территории склада. Некоторые из них имеют функции автоматически выбирать нужные товары и снимать их с полки и помещать их в контейнеры или на паллету, а также, наоборот, – раскладывать товары или продукцию по стеллажам. Ряд таких роботов требуют для выполнения своих целей определенной подготовки склада – разметки на полу или установки специальных меток (беспроводных или отражательных) на стенах и полках. Также конструируются системы, не требующие разметки склада – они ориентируются на техническое зрение с распознаванием контуров объекта на базе встроенного ИИ, например, система TORU Cube разработки Magazino. Роботы-сортировщики – неотъемлемая часть при упаковке товаров, для примера, в системах онлайн-торговли. В дальнейшем у них должна быть разработана возможность справляться с задачей выборки товаров или изделий из множества предметов на складе, с их точной идентификацией. Это можно внедрить, если иметь цифровую базу трехмерных изображений всех предметов, которыми манипулирует робот.

Есть идея создания групп роботов, предназначенных для работы на складах, например, один робот снимает со стеллажей товары, другие занимаются транспортировкой этих товаров к месту выдачи. С помощью беспилотников научились проводить быструю инвентаризацию складов с многоуровневыми стеллажами. В память робота загружается список SKU. Автоматическое составление пути до стеллажей. Тележка движется к полке, сборщик следует за ней. После остановки у конечной точки маршрута, сборщик перекладывает SKU в ящик. СкладоБот едет дальше по маршруту. В конце манипуляций собранный заказ отправляется на место назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. [Электронный ресурс] /Robotrends Режим доступа: <http://robotrends.ru/robopedia/skladskie-roboty>, свободный (Дата обращения: 30.03.18)
2. [Электронный ресурс] /iot.ru Новости Интернета вещей Режим доступа: <https://iot.ru/riteyl/umnye-sklady-kak-sensory-roboty-i-drony-menyayut-logistiku> (Дата обращения: 30.03.18)

БАЗОВАЯ РОБОТОТЕХНИКА: ЧТО ТАКОЕ ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ

А. А. Новосельцев, студент гр. ЭАбд-41

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Промышленные роботы выполняют несколько задач, таких как сбор и размещение объектов, движение, адаптированное к наблюдению за тем, как

схожие ручные задачи обрабатываются полностью функционирующей человеческой рукой. Такие роботизированные руки также известны как роботизированные манипуляторы. Эти манипуляторы первоначально использовались для применения в отношении биоопасных или радиоактивных материалов или для использования в труднодоступных местах. Серия скользящих или сочлененных сегментов объединяется для создания манипулятора типа руки, который способен автоматически перемещать объекты в пределах определенного количества степеней свободы. Каждый коммерческий робот включает в себя контроллер и манипулятор. Производительность манипулятора зависит от его скорости, веса и точности нагрузки. Однако досягаемость его конечных эффектов, общее рабочее пространство и ориентация работы определяются структурой манипулятора [1].

Сегодня основным типом манипуляционных систем роботов являются механические манипуляторы. Это механизмы в виде разомкнутых кинематических цепей звеньев, образующих кинематические пары одной (реже двумя) степенями подвижности с угловым или поступательным относительным движением и системой приводов обычно отдельных для каждой степени подвижности. Конструкция манипуляторов определяется, прежде всего, их кинематической схемой. Кроме того, существенное значение имеют тип и размещение приводов и механизмов передачи движения от них к звеньям манипулятора. Наконец, в манипуляторах часто применяются устройства уравнивания, которые также существенно сказываются на конструкции манипуляторов. Особую группу манипуляционных систем образуют манипуляторы с управляемой деформацией.

Многообразие конструкций и широкое разнообразие промышленных роботов позволяет применять их для широкого спектра задач, а также в различных отраслях науки и промышленности [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Козырев Ю. Г. Промышленные роботы: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1988. – 392 с.
2. Попов Е. П. Основы робототехники. Введение в специальность: учебник / Е. П. Попов, Г. В. Письменный. – М.: Выс. шк., 1990. – 224 с.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ В РОССИИ. ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ РОБОТОТЕХНИКИ

А. С. Савельева, студентка гр. ЭАбд-42

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Промышленные роботы имеют большой спрос во многих странах зарубежья, в отличие от отечественных предприятий, которые сейчас отстают в усовершенствовании своих фабрик и заводов, обходясь ручным трудом,

который, по мнению владельцев, значительно экономичнее. Несмотря на финансовую сторону ручное производство не способно вести конкуренцию на развивающемся рынке с высокотехнологическим предприятием. Это способствует снижению темпов развития робототехники в России [1].

Рост производства промышленных роботов наблюдается в Китае, где идет внедрение научных достижений, которые связаны с применением промышленных роботов в различных отраслях производства [2].

Когда в мировой индустрии происходило развитие технологических роботов, в отечественной промышленности шел период упадка, из-за чего в России лишь несколько предприятий занялось применением роботов на своих предприятиях. Даже на сегодняшний день темпы внедрения роботизации в отечественные предприятия, значительно отстают от зарубежных [2].

Существует ряд других проблем, задерживающих развитие робототехники в нашей стране:

- малое количество квалифицированных кадров, готовых обеспечивать эксплуатацию роботов;

- дефицит специалистов по проектированию роботизированных ячеек и линий, внедрению и осуществлению технологической подготовки роботов;

- неосведомленность российских предприятий о выгоде применения роботов, отсутствие знаний об экономических /технических основах роботизированных технологий.

- низкая скорость трансфера научных прорывов в промышленность РФ.

- отсутствие ассортимента роботов на отечественном рынке, следовательно, дорогое оборудование, приобретаемое из зарубежья [1].

Для решения проблемы следует сформировать правильное представление о робототехнике в промышленности, об их роли в предприятии, функциях, возможностях и перспективах развития. Россия должна создать собственные производства таких систем. На данный момент государственные органы не уделяют должного внимания развитию данной отрасли [2].

Российский рынок закупает готовые роботизированные системы у зарубежных представителей в качестве «закрытой системы» за баснословные деньги. Большой процент закупаемых машин не осуществляет работу на базе стандартного контроллера из-за отсутствия в них доступа к опционам сенсорики и нескольким интерфейсам в системе управления. Зарубежные разработчики предлагают необходимое программное обеспечение, но вновь за дополнительную плату [1].

Чтобы вывести российские промышленные предприятия на новый технологический уровень, стране нужно акцентировать внимание на разработке собственных роботов и ПО для управления ими. Подобная перспектива позволит повысить качество выпускаемой продукции, улучшить гибкость и производительность производственных процессов. Если в ближайшее десятилетие Россия не сократит отставание в отрасли робототехники, то страна рискует навсегда остаться позади лидеров мировой индустрии [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://metalworking-expo.com/about/sections/industrial-robotics/>.
2. <http://roboticslib.ru/books/item/f00/s00/z0000031/st003.shtml>.

СВЯЗЬ РОБОТА С ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Д. В. Свешников, студент гр. ЭАбд-42

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Условия эксплуатации промышленного робота в комплексе с другим технологическим оборудованием всегда требуют принятия специальных мер, обеспечивающих их синхронную работу и безопасность обслуживания. Главная роль в комплексе совместно работающих машин отводится роботу. С этой целью в его системе управления предусматривается возможность выдачи на внешнее оборудование серии команд, с помощью которых и обеспечивается синхронность работы всего комплекса машин. Команды можно разделить на 2 группы:

– команды на включение ранее отключенных управляющих устройств внешнего технологического оборудования, с подачей которых автоматически прерывается воспроизведение роботом в его систему управления данной программы до прихода сигналов, подтверждающих, что поданные команды выполнены технологическим оборудованием.

– команды на включение ранее отключенных управляющим устройств внешнего оборудования, подача которых не прерывает воспроизведения роботом заданной программы [1].

Количество команд, необходимых для связи робота с другим оборудованием, определяется требованиями технологического процесса и составляет обычно не менее 2, но может достигать 15-20 (при обслуживании одним роботом группы многокоординатных фрезерных станков с ЧПУ, например, станки FANUCRobodrill представляют собой универсальные сверлильно-фрезерные обрабатывающие центры с ЧПУ на базе технологии искусственного интеллекта). FANUCRobodrill предназначены для высокоскоростной механической обработки деталей (фрезерование, нарезание резьбы, сверление, контурная обработка) из различных материалов: чугуна, стали (в т. ч. нержавеющей), легких сплавов, пластика и т. д.). Система ЧПУ оснащена высокоточным датчиком с функциями интерполяции и нанометровым разрешением.

Выбор вида команды целиком определяется конкретными условиям требованиями безопасности эксплуатации всего комплекса оборудования. Технологическое оборудование, как правило, не адаптировано для стыковки с роботом без соответствующей модернизации. Необходимая модернизация включает в себя вывод на внешнее распределительное устройство цепей включения отключения оборудования, установку дополнительных датчиков для

контроля положения его подвижных рабочих органов, механизацию и автоматизацию операций, которые до стыковки с роботом осуществлялись оператором вручную и ряд других работ. При стыковке робота с определенным станком, прессом или с другим оборудованием 1 команды, требующей подтверждения исполнения, используется для контроля оборудования к взаимодействию с роботом. С ее поддержкой проверяется нахождение всех рабочих органов оборудования в исход, гарантирующем безопасность обслуживания при движении руки робота в рабочую зону.

Система управления робота построена так, что при одновременной подаче нескольких команд на технологическое оборудование ввод следующего кадра перфоленты вероятен только впоследствии прихода сигналов об исполнении всех одновременно поданных команд.

Конструкции систем управления промышленными роботами очень быстро развиваются и постоянно совершенствуются. Без этого невозможно последующее расширение областей рационального применения и увеличение производительности роботов [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Белянин П. Н. Промышленные роботы. – М. : Машиностроение, 1973. – 400 с.
2. Попов Е. П., Письменный Г. В. Основы робототехники. Введение в специальность: учебник. – М.: Выс. шк., 1990. – 224 с.

РОБОТЫ С АДАПТИВНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Н. С. Селиверстов, студент гр. ЭАбд-42

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

В настоящее время на многих предприятиях широкое применение получило внедрение роботов в технологический процесс производства. Одними из таких являются роботы с адаптивным управлением [1].

Основные задачи адаптивного управления – обеспечение работоспособности роботов в заранее неизвестных и меняющихся условиях, в ходе выполнения различных технологических операций, а также выполнение команд, с которыми не могут справиться обычные роботы с жестким программным управлением [1]. Роботы с адаптивным управлением значительно превосходят по своим возможностям роботов с программным управлением: они могут распознавать препятствия на своем пути и обходить их, приспосабливаться к изменениям обстановки, определять параметры объектов, идентифицировать их по различным критериям и определять их характеристики. Данный вид роботов может осуществлять на предприятии сборочные операции типа «вставить вал в отверстие», «завинтить гайку», «прецизионная микросварка» и др. Также они могут осуществлять выгрузку,

погрузку и транспортировку грузов в изменяющейся и недетерминированной обстановке, при этом обеспечивая высочайшую точность своих действий [2]. Еще одним преимуществом адаптивных промышленных роботов является использование в их конструкции дополнительных адаптивных сборочных модулей, которые помогают скорректировать и минимизировать начальные позиционные погрешности собираемых изделий.

Благодаря современным микропроцессорам, системам микроЭВМ и сенсорным модулям адаптивные роботизированные системы вышли на новый уровень. На сегодняшний день, благодаря успехам в области теории адаптивного управления, потребность в адаптивных роботах видна не только в промышленности, но и в других отраслях деятельности человека, в том числе в опасных условиях и средах.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://roboticslib.ru/books/item/f00/s00/z0000031/st011.shtml>.
2. <http://mash-xxl.info/info/421638/>.

ЦИКЛОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

А. А. Тулузаков, студент гр. ЭАбд-41

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Системы управления промышленных роботов могут быть разделены на две основные группы:

- работающие по жесткой программе;
- работающие по гибкой программе.

В свою очередь системы управления, работающие по жесткой программе, могут быть разделены на:

- цикловые;
- позиционные;
- контурные;
- контурно-позиционные.

Цикловые системы управления нашли применение в промышленных роботах с ограниченным числом точек позиционирования, в которых перемещение подвижных элементов ограничивается либо концевыми выключателями, либо жесткими переналаживаемыми упорами.

В схему входят: программатор циклов, схема автоматики, исполнительное устройство и устройство обратной связи.

Программатор циклов состоит из блока задания программы 1 и блока поэтапного ввода программы 7. Из блока задания программы 1 информация поступает в схему автоматики, состоящую из схемы управления циклом работы станка 2 и схемы преобразования сигналов контроля 6. Схема автоматики согласует действия программатора циклов с исполнительными элементами

станка и датчиком обратной связи, может выполнять ряд логических функций. Схему автоматики в системах ЦПУ чаще всего строят на электромагнитных реле. Из блока 2 сигналы поступают в исполнительное устройство, обеспечивающее обработку заданных программой команд.

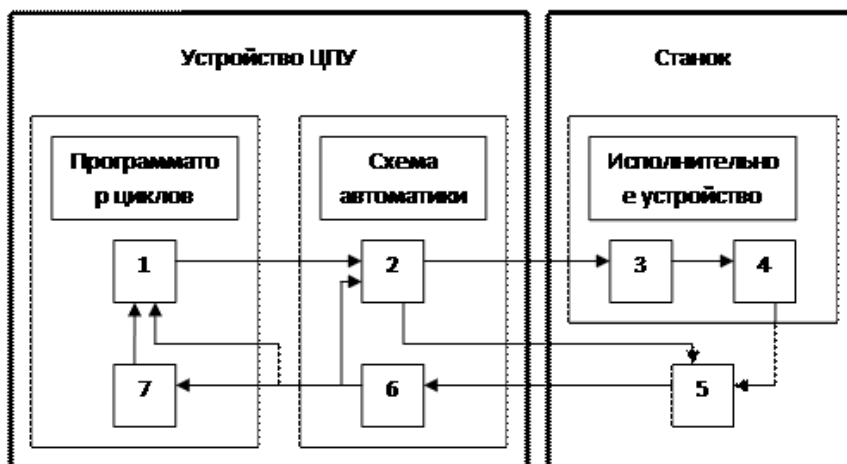


Рис.1. Функциональная схема системы ЦПУ

Исполнительное устройство состоит из исполнительных элементов 3 (приводы, муфты и т.д.) и рабочих органов станка 4 (суппорт, насосы, столы, револьверные головки). Рабочие органы обрабатывают этап программы, а датчик 5 контролирует окончание обработки и дает команду блоку 7 через блок 6 на переключение следующего этапа программы.

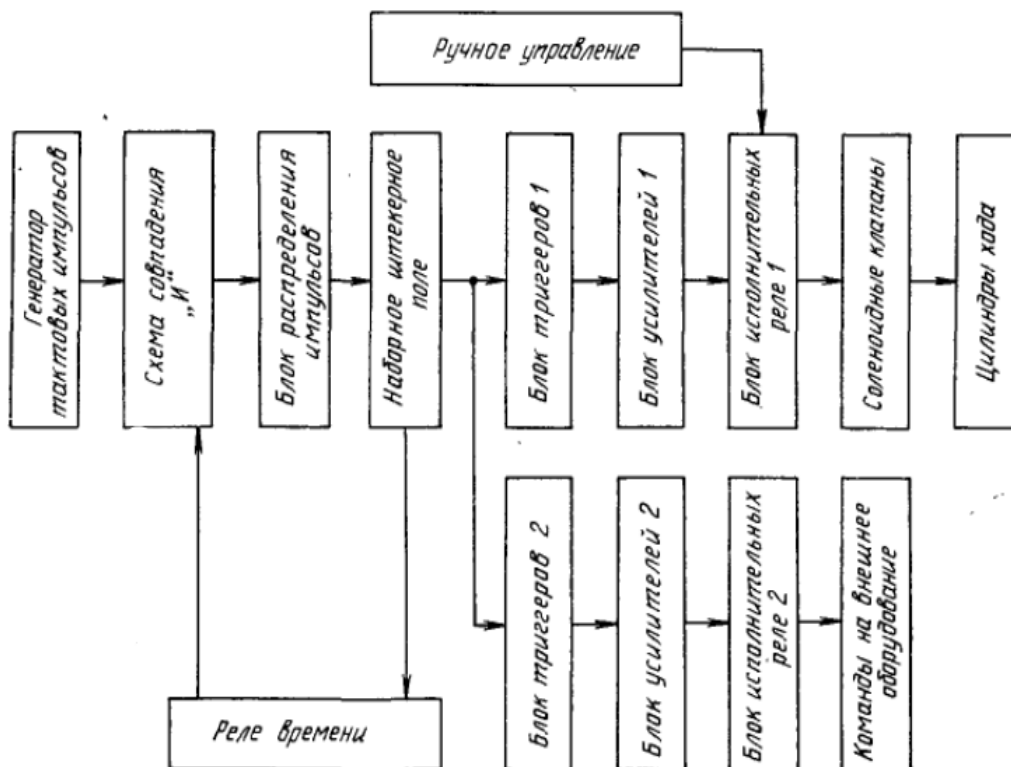


Рис. 2. Блок-схема цикловой системы управления

ЛИТЕРАТУРА

1. Белянин П. Н. Промышленные роботы. – М. : «Машиностроение», 1973. – 400 с.
2. Жеребцов И. П. Основы электроники. 5-е изд., перераб, и доп. – Л. : Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1989. – 352 с.

РОБОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ НАНЕСЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

А. А. Чекалина, студентка гр. ЭАбд-41

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

В настоящее время приблизительно 80% промышленных изделий защищаются от коррозии при помощи лакокрасочных покрытий.

При этом 70-80% покрытий наносят способом распыления, причем основная масса работ выполняется вручную. Создание промышленных роботов позволило значительно автоматизировать процесс окраски.

В настоящее время применяются специализированные и универсальные окрасочные роботы.

Для окраски плоских и приводимых к ним поверхностей (крышки, фланцы, боковины и др.) предусмотрены специализированные окрасочные роботы, которые представляют собой вертикальные или же горизонтальные колонны, на каретке которых укреплены электростатические поступательные краскораспылители. Эти роботы отыскали применение в машиностроении в условиях крупносерийного и массового производства.

Универсальные окрасочные роботы представляют собой в общем случае многозвенные шарнирно-совмещенные (антропоморфные) установки, способные окрашивать сложные пространственные контуры.

Стандартный окрасочный комплекс в совокупном случае состоит из следующих ведущих элементов: промышленного робота, оснащенного краскораспылителем, окрасочной камеры, системы подачи краски и подготовки воздуха, кабины оператора, шкафа силовых электрических цепей, устройств ориентации и опознавания изделий, пульта управления, блока электроавтоматики.

Проблема комплексной автоматизации процесса нанесения лакокрасочных покрытий считается довольно трудной, т. к. в одно и тоже время необходимо автоматизировать и объединить в единый технологический комплекс подготовку поверхности изделия, установку изделия на конвейер или другую транспортную систему, транспортирование, нанесение покрытия, подготовку и доставку краски, промывку трубопроводов, разгрузку, диспетчерование и управление комплексом, идентификацию изделий, складирование, очистку и устранение отходов изготовления. Большая часть перечисленных операций решается с помощью окрасочных робототехнических комплексов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шурков В. Н. Основы автоматизации производства и промышленные роботы. – М. : «Машиностроение», 1989. – 240 с.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ-МАНИПУЛЯТОРЫ

Н. А. Шкуропат, студент гр. ЭАбд-41

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

В настоящее время модернизировать производство способна любая производственная компания. Обычный промышленный робот-манипулятор основывается на пространственных механизмах, которые обладают многими степенями свободы. Эти устройства применяются для работы в опасной среде или не доступной для людей зоне. Помимо этого, манипуляторы используются в качестве вспомогательных автоматизированных роботов в промышленном производстве и в медицинской практике (создание протезов) [1].

Одним из наиболее распространенных манипуляторов в наше время считается «механическая рука» – робот – «рука» представляет собой программно управляемое устройство, используемое с целью выполнения задач, подобных тем, которые выполняет человек: перемещение массивных или крупногабаритных грузов, сварка, покраска, сортировка. Процесс его проектирования осуществляется исходя из производственной задачи, которая должна решаться конкретным роботом-манипулятором. Одним из лучших примеров подобной технологии считается внедрение манипуляторов и прочей робототехники в технологический процесс. Достоинства и преимущества робота-манипулятора: робот-манипулятор способен обеспечивать максимально высокую степень точности; возможность применения технологического оборудования непрерывно; оптимизация эксплуатации производственных помещений; быстрая окупаемость; отсутствие человеческого фактора во время выполнения работ, которые требуют высокой точности [2].

Причины внедрения подобных технологий: уменьшение расходов, что позволит существенно повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции; повышение качества продукции; улучшение качества работы сотрудников конкретного предприятия; повышение объемов производства; снижение числа отходов производства.

Механизмы могут взять на себя тяжелую, неприятную или опасную для здоровья работу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шурков В. Н. Основы автоматизации производства и промышленные роботы: Учеб. пособие для машиностроительных техникумов. – М.: Машиностроение, 1989. – 240с.

2. Манипуляционные системы роботов/ Под. ред. А. И. Корендясева. – М. : Машиностроение, 1989.

МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ В ПОЛИГРАФИИ

А. В. Щербинин, студент гр. ЭАбд-41

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Полиграфические машины нового века оборудованы огромным числом электроприводов постоянного и переменного тока разной сложности – начиная с простых нерегулируемых электроприводов и заканчивая трудными многоконтурными системами с подчиненным регулированием с двигателями постоянного и переменного тока разной мощности [1].

В качестве примера разберем функциональную схему основного электропривода печатной машины.

В качестве примера возьмем функциональную схему главного электропривода печатной машины.

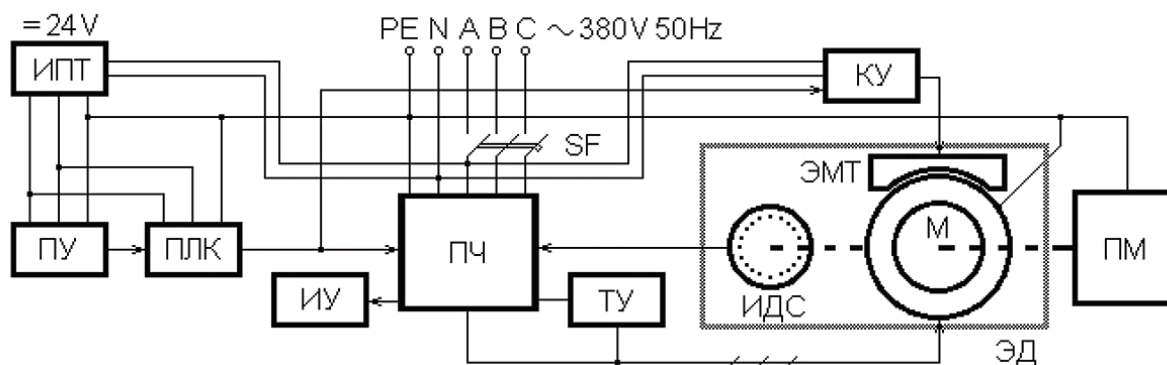


Рис. 1. Функциональная схема электропривода полиграфической машины

Главный электропривод прогрессивной полиграфической машины (ПМ) работает согласно схеме «преобразователь частоты (ПЧ) – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором (М)». Подобная схема дает возможность сохранять заданную скорость с точностью $\pm 0,01\%$ от номинальной при воздействии возмущающих факторов; гарантировать защиту двигателя от перегрузки; укладываться в установленный период разгона и торможения; осуществлять закон регулирования скорости вращения; осуществлять необходимые режимы работы машины.

Модуль получает питание от трехфазной (АВС) сети переменного тока с шинами нейтрали (N) и заземления (PE). Посредством автоматического выключателя SF сетевого напряжения (с предназначением защиты цепей от токов короткого замыкания и перегрузок) питание подается в преобразователь частоты (ПЧ), выступающий в роли электронного силового преобразователя, дающий амплитуду и частоту питающего напряжения асинхронного двигателя

М, приводящего в движение полиграфическую машину (ПМ). Импульсный датчик скорости (ИДС) сообщает данные о скорости вращения электропривода в ПЧ. В блок электродвигателя (ЭД) входит еще электромеханическое тормозное устройство (ЭМТ). ПЧ осуществит закон регулирования скорости двигателя «напряжение/частота».

Напряжение задания, установленное требуемым режимом работы объекта, производится программируемым логическим контроллером (ПЛК). Его роль высвечивается в индикаторном устройстве (ИУ). Тормозное устройство (ТУ), содержащее тормозной резистор и прерыватель, реализовывает динамическое торможение асинхронного двигателя.

Питание ПЛК, равно как и пульта управления, осуществляется с стабилизированного источника постоянного тока (ИПТ). Наравне с ПЧ, команды управления с ПЛК даются на коммутационное устройство (КУ), выступающее в роли бесконтактного реле включения и отключения ЭМТ [2].

Наиболее высокие требования, предъявляемые к электроприводам полиграфических машин, присущи печатным машинам. В особенности данное условие касается рулонных печатных машин. Длина многосекционных рулонных печатных машин большого формата с механизмами сушки и фальцаппаратами, работающих на скорости 60 тыс. об./ч и выше, доходит 50 м.

Использование прецизионных датчиков скорости и углов поворота и способов компьютерного управления машиной в целом гарантирует:

- синхронизацию скорости вращения и угла поворота печатных цилиндров абсолютно всех секций с наиболее высокой точностью;
- полную синхронизацию работы абсолютно всех исполнительных устройств машины в переходных процессах;
- возможность реализации продольной приводки в процессе печати.

ЛИТЕРАТУРА

1. Штоляков В. И., Румянцев В. Н. Печатное оборудование. Учебник для ВУЗов. – М. : МГУП, 2011. – 520 с.
2. Артыков Э. С. Модернизация систем автоматического управления электроприводов полиграфических машин // Вестник МГУП. – 2010. – № 8. – С. 2430.

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РОБОТОВ

Д. Р. Юсупов, студент гр. ЭАбд-42

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Робототехника является одним из новых и быстро развивающихся направлений современной техники. В нашей стране, а также в развитых странах (США, Япония и др.) уже создается новая отрасль машиностроения – роботостроение, которое набирает мощности из года в год, увеличивая

производство и продажу промышленных роботов. В связи с расширением области применения роботов все дальше и дальше открываются научные технические перспективы их развития.

Наряду с быстрым совершенствованием конструкций роботов первого поколения, ведутся работы по созданию роботов второго и третьего поколений – интеллектуальных роботов. Эти работы сопровождаются большим объемом исследований – как теоретических, так и экспериментальных [1].

Ведутся также особые научно-исследовательские работы по анализу производства и возможностей использования существующих роботов. К работам над роботами будущего должны привлекаться биофизики, физиологи и специалисты самых разных направлений науки и техники. Современный этап развития роботов характерен стремлением конструкторов оснастить роботы органами, способными выполнять функции, аналогичные функциям осязания, зрения, обоняния, слуха и других человеческих чувств, без чего невозможно анализировать обстановку и управлять движениями. Создание таких машин, не нуждающихся в постоянном внимании человека и его управлении, является очень важной тенденцией современной техники промышленных роботов. Следует отметить, что чувствительность, разрешающая способность, информационная мощность, эффективность и искусственная «интеллектуальность», а также целенаправленность самостоятельных действий первых образцов ниже способностей человека [2].

Благодаря интенсивной работе ученых и инженеров, в дальнейшем улучшаться характеристики роботов, в том числе получится упростить адаптацию к условиям работы и программирование их действий (включая запись программы со слов оператора). Роботы будущего, видимо, будут иметь системы «самоорганизующегося управления» [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Белянин П. Н. Промышленные роботы. – Москва: Машиностроение, 1975. – 400 с.
2. Промышленная робототехника: метод. пособие / Ямпольский Л. С. – Вологда : ВоГТУ, 2011 – 63 с.

МАНИПУЛЯЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Р. Ф. Зялалов, студент гр. ЭАбд-41

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

В настоящее время основным типом для манипуляционных систем роботов применяются механические манипуляторы. Эти манипуляторы представляют собой пространственные механизмы, которые образуют цепь кинематических звеньев [1]. Манипуляторы классифицируются по степени подвижности на переносные и ориентирующиеся. Переносные – применяются

для перемещения рабочего органа в рабочей зоне манипулятора, а ориентирующие – применяются для угловой ориентации. Самое минимальное число переносных степеней подвижности для перемещения рабочего органа равно трем. В настоящее время манипуляторы имеют от 4 до 6 степеней, а новейшие манипуляторы 8-9 степеней подвижности. Манипуляторы, имеющие все степени подвижности поступательные, работают в прямоугольной системе координат, и рабочая зона у них в форме параллелепипеда. Манипуляторы только с угловыми перемещениями работают в цилиндрической системе координат, и его звенья представляют собой шарниры [1]. Важным компонентом манипуляторов является система уравнивания. Она позволяет осуществлять статическую разгрузку приводов, что снижает в свою очередь усилие и мощность, требуемую от приводов. Существуют два способа – пассивный и активный. В пассивном уравнивании применяются манипуляторы, уравнивающие грузы и пружины. Активное уравнивание сделано на основе применения манипуляторов для компенсации веса частей манипулятора простых дополнительных нерегулируемых двигателей, которые действуют на развивающем усилии, равном статической нагрузке от этих частей [1].

Манипуляционные системы можно разделить на три вида: автоматически действующие роботы, дистанционно управляемые роботы, ручные [2].

Автоматически действующие роботы широко применяются на производстве, делятся на четыре рода или, как называют, некоторые на четыре поколения: жестковстроенные (нулевое (дороботное) поколение), программные (первое поколение роботов), адаптивные роботы (второе поколение роботов), интеллектуальные роботы (третье поколение роботов) [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Юревич Е. И. Основы робототехники: Учебное пособие. – 3-е издание. – СПб: БХВ – Петербург, 2010.
2. Егоров О. Д. Конструирование механизмов роботов. – М. : Абрис, 2012.

ПРИВОД ПОВОРОТА РУЛЕЙ УСПОКОИТЕЛЕЙ КАЧКИ СУДОВ

Я. А. Швердяков, студент гр. ЭАбд-31

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Бортовая качка судов отрицательно влияет на устойчивость судов, так же это приводит к ухудшению самочувствия людей на борту. Инновационным решением этой проблемы являются гидравлические стабилизаторы. Для механического демпфирования качки судна служат различные стабилизирующие средства и установки. Они позволяют уменьшить бортовую качку. Одна из последних разработанных устройств уменьшения бортовой качки после гидроскопически управляемых успокоительных цистерн являются

гидродинамические стабилизаторы. Рули таких стабилизаторов находятся по боковым бортам судна. Во время хода судна рули создают вращающий момент, противодействующий бортовой качке судна. Если судно кренится на правый борт, то передняя часть руля этого же борта поднимается. Вода, обтекающая корпус, давит вверх на руль. Одновременно передняя часть руля левого борта опускается, и протекающая вода создает с этого борта давление вниз. Под воздействием этих сил положение движущегося судна выравнивается. В состоянии покоя, рули не оказывают никакого влияния. Регулирующий гироскоп для управления приводом рулей работает так быстро и эффективно, время перехода рулей из одного крайнего положения в другое всего 1-2 с, поэтому бортовая качка демпфируется уже в самом начале. Но, к сожалению, эта система не так широко используется, хотя разработка была опубликована в 1971 году.

Рассмотрим приводы поворота рулей успокоителей качки судов, с насосными агрегатами регулируемой производительности и использованием серводвигателей, авторами изобретения являются М. С. Темкин и Б. Е. Рапопорт. Особенность этого привода состоит в том, что цилиндры серводвигателей разделены поршнями на две полости с различными рабочими площадями поверхности поршней. Каждая рабочая полость цилиндров связана с насосным агрегатом трубопроводами, на которых установлены регуляторы движения рабочей жидкости, управляемые в зависимости от приборов, связанных со скоростью судна. Благодаря этому используются насосы меньшей мощности и, не нагружая их, при больших скоростях и углах поворота рулей успокоителя.

На рис. 1 приведена схема описываемого привода, привод содержит насосный агрегат 1, питающий исполнительные серводвигатели, и клапаны, регулируемые программным устройством 2, получающим импульсы от лага 3. Исполнительные серводвигатели выполнены в виде симметрично расположенных относительно баллера руля 4 цилиндров 5.

Поршни 6 цилиндров имеют общий шток 7, кинематически связанный с румпелем 8. В полостях 9 и 10 цилиндров рабочие площади поршней меньше площадей поршней в полостях 11 и 12. Каждая полость цилиндров связана с насосным агрегатом рабочими трубопроводами 13, 14, 15 и 16, на которых установлены клапаны 17, 18, 19 и 20. Полости 11 и 12 сообщаются между собой сливным трубопроводом 21 через клапан 22, а полости 9 и 10 сливным трубопроводом 23 через клапан 24. Производительность насосного агрегата 1 регулируется прибором системы управления 25.

При движении судна с малой скоростью, когда крутящие моменты на баллере руля невелики, а угол поворота рулей максимальный. При увеличении скорости хода крутящий момент на баллере руля увеличивается, а угол поворота рулей уменьшается. Рабочая площадь S поршней в полостях 9 и 10 выбрана из условия преодоления крутящих моментов, возникающих при скоростях движения, соответствующих углу поворота рулей. Необходимое рабочее давление создается маслом, которое нагнетается насосным агрегатом, управляемым прибором.

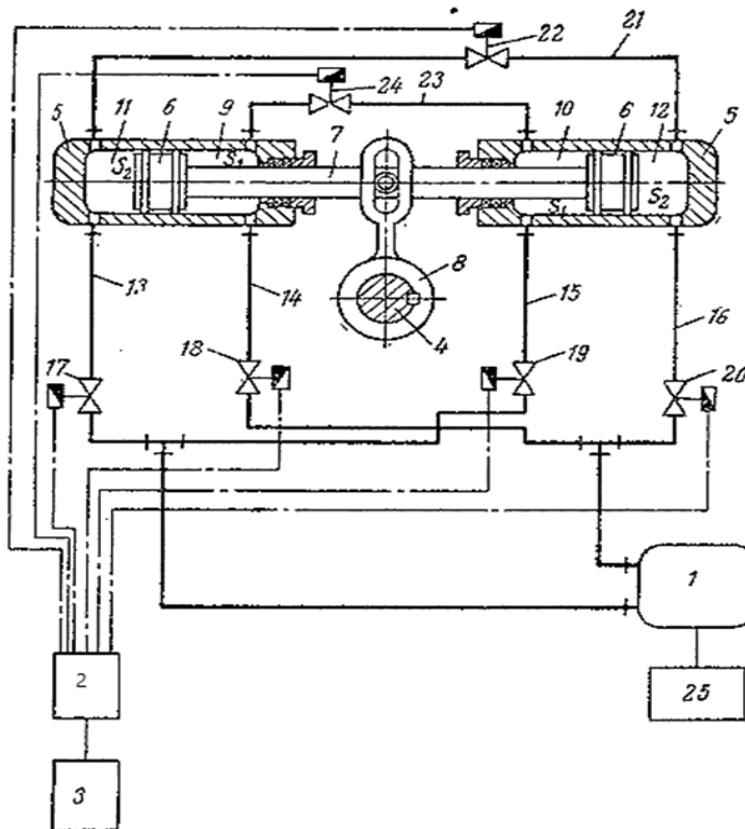


Рис. 1. Схема привода порота рулей успокоителей качки судов

С помощью использования цилиндров серводвигателей, разделенных поршнями на две полости с разными рабочими площадями поршней и управлению насосными агрегатами с помощью регуляторов движения жидкости, управляемых в зависимости от приборов, связанных со скоростью судна, появляется возможность использования насосных агрегатов меньшей мощности и создания близких условий работы насосных агрегатов при различных скоростях движения судна и различных углах поворота рулей успокоителей качки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Описание изобретения к авторскому свидетельству: Комитет по делам изобретений и открытий Совета Министерства СССР. – 1971г.

ИОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ НА СПУТНИКАХ

Е. В. Чекулаев, студент гр. ЭАбд-32

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Ионный двигатель является разновидностью электродвигателя, используемого для движения космических кораблей и спутников. Этот тип двигателей создает тягу за счет ускорения ионов. Ионные двигатели

разделяются на типы тем, как они ускоряют ионы. Существует два основных типа таких двигателей: электростатические двигатели; электромагнитные двигатели.

Основная область применения этих двигателей контроль ориентации орбитальных спутников (в некоторых спутниках установлены 10ки маломощных двигателей) также их используют как основные двигатели для малогабаритных роботизированных космических аппаратов (таких как DeepSpace 1).

Ионные двигатели используют пучки ионов (электрически заряженных атомов или молекул) для создания тяги согласно закону сохранения импульса. Благодаря малой разности потенциалов заряда к массе иона, такие двигатели могут создавать большую скорость выхлопа, составляющую 20-50км/с, КПД в 60-80% уменьшает количество необходимого топлива, но требует увеличенную удельную мощность по сравнению с химическими двигателями. К примеру, спутник весом около двух тонн ионный двигатель будет разгонять до 90км/ч в течение двух дней непрерывной работы. Недостатком такой системы является низкая тяга и как следствие низкое ускорение, поскольку масса блока питания напрямую связана с количеством мощности. Эта низкая тяга делает ионные двигатели непригодными для запуска космических аппаратов на орбиту, но эффективными для движения в космосе. Источником питания для ионных двигателей являются солнечные батареи.

Как уже было сказано выше, ионные двигатели делятся на два основных типа электростатический и электромагнитный в этих двух системах используется одинаковый способ ионизации нейтрального газа, обычно для этого используют ксенон. Газ, попадающий в камеру ионизации, бомбардируется электронами, что приводит к выбиванию из атомов отрицательных электронов и превращение атома в положительно заряженный ион. Далее в электростатической системе положительно заряженные ионы попадают в систему, состоящую из сеток, и ускоряются, после чего выбрасываются из двигателя, создавая тягу благодаря большой разнице в потенциалах между первой и второй сеткой. Ионные двигатели выпускают пучок, положительно заряженный ионов ксенона. Чтобы удерживать космический аппарат от накапливания заряда, рядом с двигателем помещается катод для испускания электронов в ионный пучок, оставляя выхлоп электрически нейтральным. Это нужно для предотвращения возвращения ионов к космическому кораблю, что отменило бы тягу.

Так же из наиболее используемых двигателей электростатического типа, которые устанавливались в основном на советские спутники двигатель Холла, в котором ионизация газа происходила благодаря электрическим разрядам, а не от высвобождения электронов из катода, тот же принцип применяется для работы ксеноновых фар.

Во втором типе двигателей электромагнитном для разгона ионов используется электромагнитное поле, как это происходит в электродвигателях. Как стало ясно из выше сказанного ионные двигатели очень эффективны для

использования в безвоздушном пространстве из-за их экономичности и эффективности именно поэтому эти двигатели имеют много применений в космосе. Лучшее место использования миссии с большой продолжительностью, когда значительная тяга не нужна. Например, орбитальные трансферты, компенсация низких околоземных орбит. Ионные подруливающие устройства также могут использоваться для межпланетных и глубоководных миссий, где скорости ускорения не имеют решающего значения. Непрерывная тяга в течение длительного промежутка времени может достигать высоких скоростей, потребляя гораздо меньше топлива, чем традиционные химические ракеты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ионные и плазменные Двигатели [Электронный ресурс]//<http://galspace.spb.ru>. URL:<http://galspace.spb.ru/orbita/ximdv.htm> (дата обращения: 20.12.2017).
2. Ионный двигатель – что это такое?[Электронный ресурс]//pikabu.ru. URL:https://pikabu.ru/story/ionnyiy_dvigatel_chno_yeto_takoe_4566370 (дата обращения: 20.12.2017).

УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИП РАБОТЫ РУЛЕВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА СУДАХ

А. Р. Шакуров, студент группы ЭАбд-31

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

На транспортных кораблях в качестве основного средства обеспечения маневрирования выступают кормовые рули, движение которых осуществляется с помощью электропривода. Управляемое качество объекта, состоящего из комплекса: корпус, рулевого колеса, винтов, которые могут быть полностью реализованы только при надлежащем функционировании рулевого механизма и его системы управления. Управляющий привод является самым важным электрическим приводом на корабле. От его надежной и качественной работы зависит безопасность судоходства, безопасность судна, экипажа и груза. Данный факт определяет необходимость наиболее жестких требований по производительности привода, как при проектировании, так и при комплектации, а также проведения плановых работ по техническому обслуживанию с целью сохранения этих характеристик в процессе эксплуатации. Задача поворота судна сводится к перемещению рулевого колеса в требуемом направлении под углом, требуемой эффективностью управляющего действия.

Рулевое устройство обеспечивает управляемость судна, т. е. удерживает судно на курсе или изменять его направление движения независимо от влияния ветра, волн или течений.

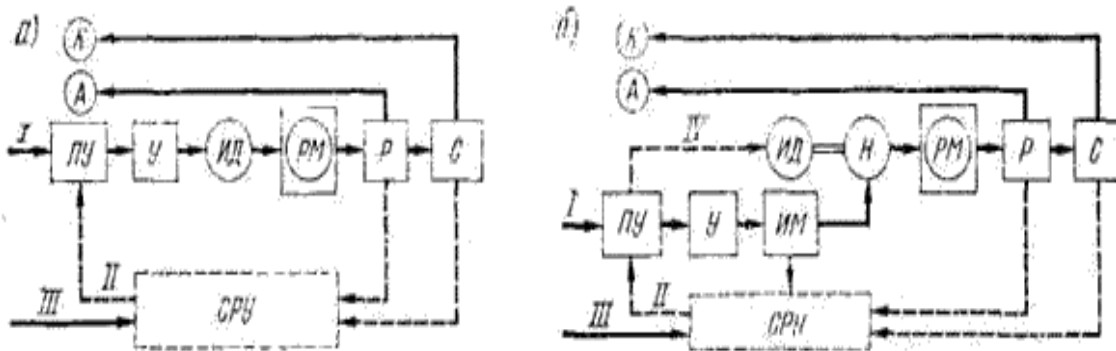


Рис. 1. Блок-схема управления судном

а – с помощью РЭМ-приводом; б - с помощью РЭГ- привода; Я – ручного управления; Б – автоматическое управление; Ш– управление программой; ИВ– готово; с – судно; Р – колесо; ПУ – пост управления рулем; усилитель; ИД- исполнительный двигатель; им – исполнительный механизм; Н – насос переменной или постоянной производительности (электрогидравлические рулевые машины); РМ – рулевая машина; СРУ счетно-расчетное устройства (система навигации); а – аксиометр (хвост указатель); – репитер гирокомаса (сельсин-приемник гирокомаса)

Система управления включает в себя следующие части:

1. ПУ– контроль (командное устройство).

Главный пост расположен в рулевой рубке. Он имеет набор переключателей для перехода на указанные типы ручного или автоматического рулевого управления.

2. У – усилитель. Электродвигатели (генератор с приводным двигателем), магнитные, гидравлические.

3. СРУ – счетно-расчетное устройство судового навигационного комплекса, генерирующие алгоритм управления судном, автоматически контролирующее выполнение маневров.

Наиболее часто используется система стабилизации корабля по прямому курсу, где СРУ вырождается в системе при автоматическом управлении отклонением курсового угла.

На рис. 1 представлена общая структурная схема электрогидравлическим рулевым управлением (РЭГ) диска, где идентификатор вращается с постоянной скоростью насоса рулевого управления Н.

Система управления предназначена для проверки работоспособности команд (действие) на предмет ретрансляции рулевого управления и его воздействия на корабль. В блоке управления, управляющей частью рулевого указателя является аксиометр, и он позволяет определить положение руля относительно диаметральной плоскости, а также ретранслятор гироскопа для указания хода судна и его изменения.

Так же каждое судно оснащается запасным рулевым приводом. Каждое, судно оборудуется запасным (аварийным) рулевым приводом, с ручным управлением запасные приводы чаще всего бывают валиковые, винтовые или гидравлические.

ЛИТЕРАТУРА

1. Судовые электроприводы и электродвижение судов. К. А. Чекунов,. – Ленинград: «Судостроение, 1969. – 158 с.
2. Справочник судового электротехника. Г.И. Китаенко. – 1980. – том 2.
3. Электронный ресурс: [<https://studfiles.net/preview/4598363/>].

АВАРИЙНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НА СУДАХ

О. В. Чаукова, студентка гр. ЭАбд-32

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Аварийный источник электропитания – это источник энергии, являющийся полностью автономным, т. е. не зависящий от основных источников питания, который применяется в том случае, если произойдет отключение напряжения в основных питающих сетях.

Любой аварийный источник питания должен обладать достаточной мощностью, которая необходима для обеспечения постоянного электропитания различных аварийных потребителей, а также для безопасной работы людей, находящихся на судне, в аварийных условиях. Для дизельного генератора такая мощность обычно не превышает 100 кВт.

Аварийный источник электропитания должен обеспечивать электроэнергией следующие приемники: аварийные светильники и сигнализацию, электроприводы, системы, сигнализацию водонепроницаемых дверей, щит сигнально-отличительных огней, фонари «Не могу управляться» и дневной сигнализации, устройства дистанционного пуска, предупредительную сигнализацию средств пожаротушения и пожарного насоса, компрессоры и насосы спринклерной системы, радиотехнические средства, радиолокационные системы, гирокомпас и другие системы и устройства, работа которых необходима для безопасности судна[1].

Аварийная электростанция на судах состоит из генератора и аварийного распределительного щита. Длительность работы аварийного судового источника электропитания на грузовых судах неограниченного и ограниченного плавания должна быть более 18 часов. Аварийный источник электроэнергии на пассажирских судах должен сохранять свою работоспособность в течение 36 часов. В качестве аварийного источника электропитания на судах может служить либо электрогенератор, либо аккумуляторная батарея. Чаще всего в качестве аварийного электрогенератора применяется именно дизельный генератор, так как большим достоинством данных генераторов является быстрота запуска. Дизель-генераторы должны быть установлены в специальных отдельных помещениях, предназначенных только для этой цели. Это помещение должно иметь легкодоступный выход на палубу, а также должно находиться выше палубы непотопляемости. Источник энергии, аварийный распределительный щита

должен быть расположен таким образом, чтобы пожар или любая другая авария в помещении основного источника электроэнергии не вызывали помех в питании и распределении электроэнергии от аварийного источника. Запуск аварийного дизельного генератора может быть автоматическим или ручным дистанционным. Запуск и включение аварийного источника энергии в сеть происходит автоматически, в том случае, если основной источник электропитания выйдет из строя и прекратится подача напряжения в основные питающие сети, в течение 45 секунд, но не более. Если в конструкции судна не предусмотрен автоматический запуск аварийного источника питания или время его запуска более 45 секунд, то должен быть предусмотрен кратковременный аварийный источник электроэнергии. Таким источником является аккумуляторная батарея. Ее включение в сеть является автоматическим. АКБ должна обеспечивать в течение не менее 30 минут без дополнительного заряда необходимым электропитанием основные аварийные системы и сети: систему внутренней связи, систему аварийного освещения, противопожарную систему, спасательные устройства и так далее. При аварийном режиме основных судовых источников электропитания аварийная электростанция является единственным и основным источником энергии на судне.

В нормальном режиме работы основных источников питания аварийный электрогенератор не работает, но часть коммутационных устройств щита аварийной судовой электростанции используются для подачи питания от главного распределительного щита.

В настоящее время в связи с ростом цен на топливо и обострением мировой экологической проблемы вопрос об использовании на судах различных альтернативных источников энергии становится все более актуальным.

Одним из множества вариантов альтернативных источников энергии являются установки, которые преобразовывают энергию ветра в электрическую энергию. Конечно, мощности ветроустановки будет недостаточно для питания всех необходимых устройств и систем в случае аварийного режима основных источников питания. Но ветродвигатели можно использовать на речных и морских судах в качестве дополнительного источника питания для аварийных дизельных генераторов. Это позволит уменьшить использование топлива на 25-30%, что приведет к экономии денежных средств и уменьшению загрязняющих выбросов в окружающую среду. Энергии, полученной с помощью ветроустановок, будет вполне достаточно для обеспечения приемлемой скорости для судов. Так как мощность судовой ветроустановки ограничена массогабаритными показателями и характеристиками судна, то более правильным и выгодным решением будет совмещение ветродвигателя и валогенераторной установки. Однако в настоящее время ветрогенераторы практически не применяются на судах, но использование ветроэнергетических установок является очень перспективным направлением для исследования и изучения в области электроэнергетики.

Таким образом, аварийным источником энергии на судовом транспорте может быть, как дизельный генератор, так и аккумуляторная батарея. Но для

удовлетворения экономических и энергетических будет вполне приемлемым использование альтернативных источников электроэнергии, например, ветроустановок. Для безопасного нахождения и работы экипажа судна, а также пассажиров данного судна аварийный источник электроэнергии должен обеспечивать нормальную работу всех необходимых систем судна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аварийные электростанции – Судовые электрические станции и сети [Электронный ресурс]. URL: <http://leg.co.ua/arhiv/raznoe-arhiv/sudovye-elektricheskie-stancii-i-seti-16.html> (дата обращения:30.11.2017).

ТИПЫ ГЕНЕРАТОРОВ НА МОРСКИХ СУДАХ

А. В. Тягусев, студент гр. ЭАбд-31

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Морские судна являются автономными объектами, поэтому они должны обладать собственными электроэнергетическими установками, способными обеспечивать питание электрических потребителей в определенных режимах работы. Учитывая большую потребность судов в электроэнергии, а также особые требования к надежности и особенностям эксплуатации, выбор генераторной установки становится особенно важным. Генераторы на морских судах имеют специальную форму исполнения, обеспечивающие защиту от влаги.

Генераторные установки судовой электростанции, различают по следующим параметрам: назначение, тип первичного двигателя и тип самого генератора.

По назначению выделяют основные, резервные и аварийные генераторы. Основные обладают мощностью, способной обеспечить наибольшую электрическую нагрузку, возможную в разных режимах работы судна. На судне устанавливают несколько основных генераторных агрегатов. В случае неисправности основного генератора, энергия ходового и аварийного режима обеспечивается мощностью резервного генератора.

Аварийные агрегаты обеспечивают электричеством наиболее важных потребителей при выходе из строя резервных и основных генераторов. Возможно использование аккумуляторов в качестве аварийного источника питания, но такой способ имеет ряд недостатков, поэтому целесообразнее использовать дизель генераторы, которые в свою очередь обладают такими достоинствами как: автономность, быстрая готовность к пуску.

По типу первичного двигателя выделяют: валогенератор, турбогенератор и дизель генератор. Как правило, на судах используются несколько типов, выбор основного генератора зависит от того, на какой тяге осуществляется движения судна. Валогенератор представляет собой электрический генератор,

приводимый в движение гребным валом. Привод осуществляется через ременную передачу, с помощью редуктора или непосредственным включением валогенератора в линию вала.

Главное достоинство валогенератора – возможность питания всех потребителей во время хода судна с нормальной скоростью. При этом другие типы генераторов могут быть отключены, что значительно снизит расходы на топливо и эксплуатацию, однако снижение оборотов главного двигателя изменит скорость вращения валогенератора, что повлечет за собой изменение напряжения и частоты тока. В данной ситуации необходимо принять меры по стабилизации напряжения и частоты тока. Помимо этого необходимо будет внести изменения в схемах распределения потребителей в зависимости от их требований по стабилизации. Главным недостатком можно назвать отсутствие электропитания в случае не исправности гребного вала.

Дизель генераторы имеют прямой привод от дизельного двигателя внутреннего сгорания. В качестве приводного двигателя используются четырехтактные двигатели по причине большего моторесурса в сравнении с двухтактными двигателями. Достоинства – автономность работы, быстрота пуска и наладки. Недостатком является малая экономичность. Турбогенератор – представляет собой синхронный генератор, приводящийся во вращение паровой или газовой турбиной. Турбина в свою очередь вращается под действием пара высокого давления.

Непосредственно сами генераторы делятся по типу напряжения: переменного (синхронные и асинхронные генераторы) и постоянного (генераторы с независимым возбуждением, генераторы с самовозбуждением, генераторы с параллельным возбуждением, с последовательным возбуждением и генераторы со смешанным возбуждением). Также в составе генераторной установки могут присутствовать инверторные, тиристорные преобразователи, преобразователи частоты и т.д.

1. Судовые энергетические установки/ Г. А. Артемов, В. П. Волошин и др. – Л. : «Судостроение», 1987. – 480с.
2. Баранов А. П. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы. – Л. : «Судостроение», 2005.

ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ КРАНОВ

И. И. Семочкин, студент гр. ЭАбд-31

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Устройство электропривода судовых крановых механизмов содержит разнообразные составляющие: двигатели, устройства, приборы и датчики. Крановая установка имеет 3 координаты перемещения для оптимальной работы.

Каждый узел поворота или подъема имеет свой привод и редуктор при необходимости. Таким образом, повышается надежность работы крана, его экономичность, снижаются потери энергии.

В зависимости от назначения и комплектации электроприводов в их состав входят электродвигатели (асинхронные и синхронные), статические или вращающиеся преобразователи, аппаратура управления и защиты, тормоза, редуктора и другое оборудование. Перед постановкой электроприводов в режим автоматического резерва должны быть выполнены необходимые проверки согласно назначению приводных механизмов, обеспечивающие надежное включение их электроприводов в действие по сигналу автоматического пуска. При использовании электроприводов необходимо контролировать: нагрузку электродвигателей (при наличии амперметров), работу щеточного аппарата, температуру нагрева корпусов, подшипников и электромагнитных тормозов, отсутствие постороннего шума и недопустимой вибрации. Для отдельных электроприводов с асинхронными короткозамкнутыми электродвигателями с прямым пуском могут существовать ограничения по продолжительности работы, количеству пусков или переключений с одной скорости на другую по условиям нагрева. При использовании таких электроприводов в каждом отдельном случае следует руководствоваться заводскими инструкциями. Электроприводы должны быть остановлены, и все цепи питания обесточены при возникновении аварийных или опасных ситуаций. Для этого применяются разнообразные датчики: тока, напряжения, числа оборотов, задымленности и другие [1].

При работе крановых механизмов в режиме торможения любого из них или при их совместной работе асинхронные электродвигатели переводятся в генераторный режим. Мощность торможения через статические преобразователи частоты передается на общие шины. При этом величина данной мощности будет пропорциональна частоте вращения соответствующего двигателя и может изменяться статическими преобразователями частоты. Принимая во внимание, что производительность крана зависит от скорости перемещения грузов, то торможение должно осуществляться с максимальной скоростью и, следовательно, на общие шины поступает максимально возможная мощность. Основным же потребителем указанной мощности являются общесудовые потребители. В режимах работы крана с номинальными грузами и номинальными скоростями мощность торможения может составлять до 70% от максимальной мощности, потребляемой при работе механизмов в двигательном режиме, и мощности общесудовых потребителей оказывается недостаточной для нормального функционирования. Это приводит к разгрузке генераторов 1 и 2 и появлению обратной мощности, и при достижении ее 5% от номинальной мощности происходит срабатывание защит генераторов и остановке работы крана [3]. Следовательно, для обеспечения оптимального режима потребления мощности торможения требуется регулирование мощности. В устройствах регулирование осуществляется таким образом, что в режиме торможения при снижении нагрузки на генераторах до нуля происходит смена знака мощности

на них, что фиксируется датчиками обратной мощности. Сигнал с этих датчиков поступает в качестве сигнала задания на систему управления выпрямителя. На выходе выпрямителя появляется напряжение, величина которого изменяется в функции изменения сигнала с датчиков обратной мощности. Изменение напряжения приводит к изменению тока в нагрузочном устройстве и мощности. Увеличение сигнала с датчиков обратной мощности влечет за собой увеличение мощности нагрузочного устройства, а уменьшение этого сигнала приводит к снижению мощности нагрузочного устройства, следовательно, предлагаемое устройство обеспечивает автоматическое регулирование необходимой мощности нагрузочного устройства с учетом величины мощности торможения крановых механизмов и мощности общесудовых потребителей, повышая тем самым надежность работы крана, его экономичность и эксплуатационные характеристики [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Электропривод кранов. [Электронный ресурс]. URL: <http://bankpatentov.ru/node/538450>. (дата обращения 18.12.17).
2. Электропривод подъемных механизмов кранов. [Электронный ресурс]. URL: <http://businesspravo.ru/Docum/DocumShow.asp?DocumID=110970&DocumType=9>. (дата обращения 24.12.17).
3. Привод подъемных кранов. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.drive2.ru/b/1463431/>. (дата обращения: 20.12.2017).

НАЗНАЧЕНИЕ, СОСТАВ И КЛАССИФИКАЦИЯ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Г. М. Рязанов, студент гр. ЭАбд-31

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Судовая электроэнергетическая установка состоит из сложного технического комплекса, предназначенного для генерирования и распределения электроэнергии по объектам судна, преобразующим электроэнергию в другие виды энергии: химическую, механическую, световую, тепловую.

В состав судовой электроэнергетической установки входят следующие виды: судовая электроэнергетическая система (СЭЭС), общесудовые приемники электроэнергии, гребная электрическая установка (ГЭУ).

В состав судовой электроэнергетической системы входят следующие виды: судовые распределительные сети и судовая электростанция. Судовая электроэнергетическая система – это совокупность источников электроэнергии и главного распределительного щитка, которая снабжает электроэнергией всех потребителей судна в каком угодно режиме работы. Судовые электростанции классифицируются на основные, аварийные и специальные.

Основная электростанция снабжает питанием общесудовые приемники во

всех возможных режимах работы, в том числе аварийный. Аварийная электростанция снабжает электроэнергией только наиболее важные приемники в случае поломки основной.

Специальные электростанции могут применяться на судах для снабжения технологических комплексов. Специальными считаются СЭС, которые снабжают гребные электрические установки. В них источники электроэнергии присоединяются к щиту электродвижения. Если СЭС в то же время снабжает электроэнергией гребной электродвигатель (ГЭД) и общесудовые приемники, то в этом случае СЭС принято считать единой.

Судовые распределительные сети состоят из: электрических линий; распределительных щитов (РЩ); преобразователей электроэнергии.

Во многих случаях передвиганию судна служат основные двигатели (дизели), которые в составе главной энергетической установки (ГлЭУ). На большинстве судов различного назначения для снабжения передвижения судна применяется ГЭУ.

На судах с гребной электрической установкой передвижение создается за счет работы ГЭД, которые снабжаются от специальных или от основных электростанций.

Судовые электроэнергетические системы по типу взаимодействия с ГлЭУ можно поделить на: автономные СЭЭС, характеризующиеся отсутствием непосредственной связи с ГлЭУ; СЭЭС с отбором мощности от ГлЭУ; единые СЭЭС. Автономная СЭЭС имеет в составе автономные источники энергии, в которых могут использоваться турбогенераторы или дизель-генераторы.

СЭЭС с отбором мощности от ГлЭУ включает в себя автономные источники энергии и генераторные агрегаты, применяющие для создания электроэнергии мощность главного двигателя. Такого рода оборудованию относят валогенераторные установки и утилизационные установки. В валогенераторных установках электроэнергию производят валогенераторы. В утилизационных установках используются газо- или паротурбогенераторы.

В отличие от валогенераторных установок, утилизационные установки редко используются в современных судах. Это взаимосвязано с малой мощностью утилизационной установки.

Валогенераторные установки делают напрямую отбор мощности от ГлЭУ, а утилизационные установки – косвенно. В единых СЭЭС, получаемая электроэнергия, тратится на судовую потребность и снабжения передвижения судна.

Вывод. Рассмотрены все особенности судовой электроэнергетической установки и сделан вывод, что разнообразие форм энергии на современном судне необходимы для: обеспечения безопасного мореходства, обеспечения движения судна, освещения и сигнализации, работы палубных механизмов, обеспечения условий нормальной жизнедеятельности экипажа и пассажиров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Судовые энергетические установки/ Артемов Г. А., Волошин В. П. и др.

– Л. : «Судостроение», 1987. – 480

2. Баранов А. П. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы. – Л. : «Судостроение», 2005.

3. Гребные электрические установки атомных ледоколов/ А. С. Быков, В. В. Башаев, В. А. Малышев, В. В. Романовский. – С.-Пб : Элмор, 2004.

4. Баев А. С. Судовая энергетическая установка как объект управления/ Учебное пособие. – С.-Пб. : СПбГМТУ, 2012. – 195с.

ЭЛЕКТРОПРИВОД ЯКОРНО-ШВАРТОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

А. О. Логинов, студент гр. ЭАбд-32

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Якорно-швартовое устройство – это одно из важнейших устройств судна, так как оно обеспечивает безопасность эксплуатации. С его помощью выполняются основные операции, такие как стоянка, съёмка с якоря и обеспечение швартовки.

Существуют две группы швартовых механизмов:

- якорно-швартовые шпили;
- брашпили.

Их отличие состоит в расположении грузового вала и количества звезд:

- вертикальное положение и одна звездочка;
- горизонтальное положение и две звездочки.

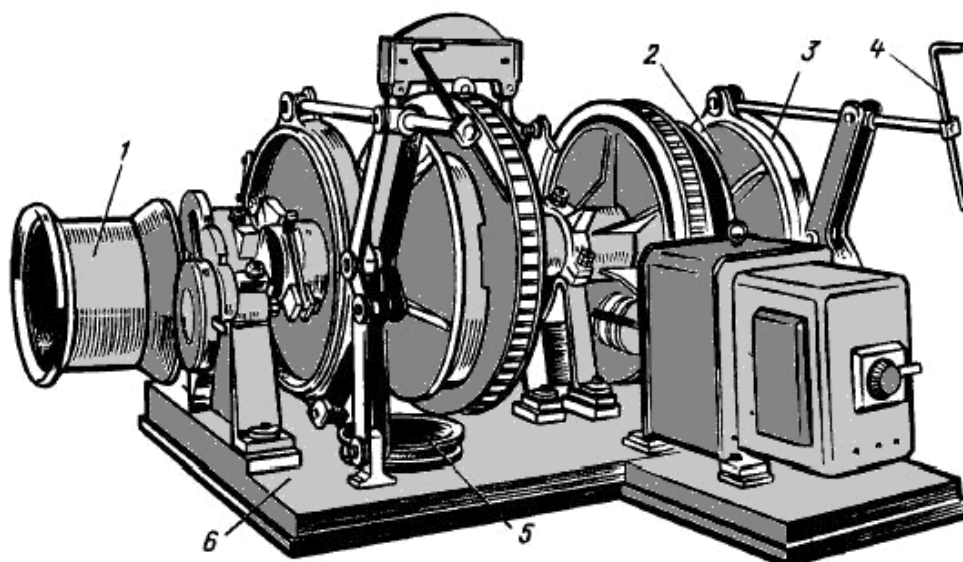
Шпили в свою очередь классифицируются по скорости выбирания якорной цепи, а также по конструктивным характеристикам. Например, звездочка и двигатель могут находиться на разных палубах. В состав якорно-швартового устройства входит брашпиль (рис. 1).

Брашпиль – это машина для подъема якоря и втягивания тросов при швартовке, отличающаяся от шпиля наличием горизонтального вала.

Главными элементами брашпиля являются электродвигатель две звезды с углублениями для цепи якоря, турачки или швартовые барабаны, основной вал, разъединительные устройства, позволяющие производить одновременный подъем двух якорей или по отдельности. Турачки брашпиля выбирают канат, через его натяжение они притягивают судно к причалу.

Во многих случаях брашпили оснащены электрическими двигателями и имеют вал позиционирования. Для электродвигателей брашпелей применяются следующие системы управления:

1. контакторная;
2. контроллерная:
 - электродвигатель смешанного возбуждения;
 - барабанный контроллер;
 - пускорегулировочные, разрядные и другие сопротивления;
 - тормозной электромагнит.



Брашпиль:
 1-турачка; 2-звездочка; 3-ленточный стопор; 4-привод ленточного стопора; 5-ключ;
 6-станина

Рис.1. Брашпиль

Таким образом, электропривод якорно-швартовых устройств обеспечивает безопасность движения и управления судном, полностью автоматизируя все операции, связанные с остановкой и стоянкой судна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морская библиотека [Электронный ресурс]. URL: <http://sea-library.ru/morskaja-praktika/329-jakorno-schvartovnoe-ustroystvo.html>(дата обращения: 18.12.2017).
2. Блог электромеханика [Электронный ресурс]. URL: <http://www.electroengineer.ru/2014/11/electric-windlass-capstan.html> (дата обращения: 18.12.2017).

АВАРИЙНЫЕ СУДОВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Н. Ю. Кочнев, студент гр. ЭАбд-31

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Суда, способные перевозить на своем борту более 12 человек, согласно судовому регистру, кроме основной электростанции оснащаются также и аварийной электростанцией. Назначение аварийной электростанции понятно из ее названия. Она должна обеспечить работоспособность таких составляющих судна как: рулевое устройство, компрессор, пожарный насос, аварийная сигнализация, аварийное освещение и приборы навигации, в случае полного выхода из строя основной электростанции. Ее название обуславливает и место ее установки. Так как электростанция аварийная, то она обязана работать в

аварийных условиях, то есть при пожаре или частичном затоплении судна. Судовой регистр предписывает располагать такие станции как можно выше грузовой ватерлинии и не ниже палубы переборок. Кроме того, в это помещение должен быть обеспечен доступ с верхней открытой палубы.

Мощности аварийных электростанций лежат в пределах от 25 до 300 кВт. Обычно они оборудуются только одним агрегатом, однако на больших судах (круизных лайнерах) может быть установлено сразу несколько. Мощность аварийного освещения при этом на разных судах в зависимости от размера может составлять 3 – 5 кВт или 10 – 20 кВт.

Для пуска аварийного агрегата применяется специальный первичный двигатель, часто бескомпрессорный дизель, который пускается в ход вручную. Поэтому для него существуют специальные требования. На подготовку к запуску и на сам пуск должно уходить не более 5 минут.

Первичный двигатель может быть использован и не по назначению. С его помощью вырабатывают сжатый воздух необходимый во многих операциях на судне, поэтому такие двигатели комплектуются небольшими компрессорами. [1]

Другой важной составляющей аварийной системы судна является аварийный распределительный щит. По своей конструкции и назначению он сходен с главным распределительным щитом основной электростанции. Аварийный щит состоит из трех основных частей: силовая на 380 В, генераторная на 380 В, и часть на 220 В питающая навигационные приборы и сигнализации.

При обычном режиме работы аварийный распределительный щит питается от главного распределительного щита через специальную кабельную линию. На ней имеется контактор блокировки. Его задача состоит в том, чтобы не дать включить аварийный генератор, если в работе находится основной.

Аварийный распределительный щит питает потребителей первой степени ответственности. Имеющиеся аккумуляторы должны обеспечить питанием основные приемники в случае отказа всех систем в течение не менее 30 минут.

Для пуска в ход аварийного генератора может быть применена система автоматического пуска. Эта система располагается либо внутри генераторной панели аварийного распределительного щита, либо может быть вынесена наружу в качестве отдельного щита управления. В такой щит поступает контролирующее питание от главного распределительного щита, срабатывает реле подающее команду на пуск аварийного дизель генератора и, если все прошло успешно, то команда на включение аварийного дизель генератора поступает на шины аварийного распределительного щита. Регистром установлено, что на такую операцию уходит 45 секунд.

Для контроля над состоянием, щит укомплектован измерительными приборами, что дает возможность следить за параметрами работы аварийной электростанции [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Аварийная судовая электростанция. [Электронный ресурс]. URL:

<http://www.electroengineer.ru/2014/09/emergency-ship-s-power-plant.html>. (дата обращения: 18.12.2017).

2. Главный распределительный щит.[Электронный ресурс]. URL: https://studopedia.ru/7_140832_analiticheskiy-metod-rascheta.html (дата обращения: 18.12.2017).

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ГРЕБНЫХ ВИНТОВ

Е. В. Зорина, студентка гр. ЭАбд-32

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Вопрос о развитии экономики страны уже долгие годы сохраняет свою актуальность. Рост экономики достигается за счет научно-технического прогресса, благодаря которому мы обладаем рядом современных технологий и ресурсов, а также за счет международных рыночных отношений, важную роль в которых играют суда, обеспечивающие быструю транспортировку товара. С точки зрения специалистов объемы торговли за несколько десятков лет увеличиваются примерно вдвое, следовательно, увеличиваются и перевозки.

Морские суда появились еще до нашей эры и были единственным средством, с помощью которого можно было преодолеть море. На сегодня существуют и другие способы, но, не смотря на разнообразность современных возможностей, перевозка груза обходится гораздо дешевле с использованием судов, чем каких-либо летательных аппаратов и других транспортных средств. Для повышения их эффективности применяется автоматизированный электропривод, в частности для гребных установок (ГУ).

Гребные электроустановки (ГЭУ) обеспечивает быстрое передвижение судна с помощью двигателя, установленного на одном валу с генератором, вырабатываемая электрическая энергия которого передается гребному электродвигателю, соединенному с гребным винтом. Одним из достоинств является широкий диапазон регулирования частоты вращения гребного винта, при неизменной частоте вращения первичного двигателя, что обеспечивает его эффективность.

В таких установках двигатель и движитель не связаны между собой механически, что является плюсом этой системы, так как появляется возможность использовать двигатель для вращения дополнительных генераторов, питающих электроприводы вспомогательных механизмов, и применять двух якорные гребные электродвигатели, с целью повышения надежности и упрощения конструкции первичных двигателей [1].

Б. С. Якоби внес огромный вклад в развитие человечества, его изобретение находит место во всех сферах деятельности, в том числе с 1838 г. в морских судах. Благодаря этому и произошел такой скачок в судостроении. Но идеала не бывает, и везде найдутся недостатки. В данном случае внедрение электропривода в ГУ приводит к увеличению массы установки,

многочисленному обслуживающему персоналу и высокой стоимости, как самого оборудования, так и на его ремонт. Не смотря на то, что с тех пор прошло более века, так и не удалось устранить эти недостатки, либо предложить достойную альтернативу. Зато ГЭУ классифицируются по разным признакам, позволяя выбрать оптимальный вариант установки.

ГЭУ можно выбрать.

1. По роду тока: переменного, постоянного, двойного рода тока.

Чаще всего находят применения ГЭУ постоянного и двойного рода тока, которые позволяют получить необходимые значения частоты вращения[2].

2. По типу системы управления: ручное, автоматизированное.

Большой популярностью пользуется автоматизированное управление, обеспечивающее высокое быстродействие.

Таким образом, можно обеспечить максимальное удобство обслуживания, высокую надежность эксплуатации и быстроту управления, а также снизить расход топлива. Поэтому такие системы помогают повышать рост экономики страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гребные электрические установки [Электронный ресурс]. URL: <http://cdot-nntu.ru/basebook/GrebUstanovki/files/assets/basic-html/page2.html>(дата обращения: 18.12.2017).

2. Блог для электромеханика [Электронный ресурс]. URL: <https://blamper.ru/auto/wiki/salon/bortovoy-kompyuter-3725> (дата обращения: 18.12.2017).

ТИПЫ ГЕНЕРАТОРОВ НА САМОЛЕТАХ

А. Н. Емельянов, студент гр. ЭАбд-31

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Энергосистема самолетов состоит из двух видов систем питания: это система питания трехфазным переменным током и питание постоянным током. В связи повышения частоты, с 50 Гц до 400 Гц, удалось уменьшить габариты и массу трансформаторов. Это хорошо для самолетов, так как не приходится переносить дополнительный вес.

Система переменного тока. Главными источниками электроэнергии для данной системы являются два генератора, которые установлены на коробке приводов каждого двигателя и приводятся во вращение от вала турбины высокого давления. Так как обороты реактивного двигателя непостоянны, то для того чтобы получить стабильную частоту в 400 Гц, нужно чтобы вал генератора вращался с постоянным значением оборотов. Для этого внутри генератора установлен механизм, который выполняет данную функцию. (CSD – *constant speed drive* – *привод постоянных оборотов*). Он обеспечивает стабильную частоту вращения на выходе. Вдобавок предусмотрена

возможность отключения генератора от коробки приводов. Есть ручное отключение генератора и автоматическое. Автоматическое отключение происходит в двух случаях: когда температура масла в CSD превысит допустимое значение или, когда возникнет очень большой крутящий момент на валу. Ручным отключением пользуются пилоты, если с генератором что-то случается в полете. Дополнительным источником переменного тока служит генератор вспомогательной силовой установки (ВСУ – небольшой газотурбинный двигатель, установленный в хвосте самолета). Генератор здесь такой же, как и на двигателе, не считая того, что он без привода постоянных оборотов. Данный генератор может использоваться для питания самолета в воздухе, в случае отказа одного из генераторов, установленных на двигателе. Так же его используют для того, чтобы запитать самолет на земле, когда двигатели не работают. Аварийным источником переменного тока служит (*ADG* – *air driven generator*, генератор, управляемый воздухом) турбина, которая раскручивается встречным потоком воздуха. Данный тип генераторов выпускается вручную или автоматически, когда становится совсем плохо с электричеством. На одном валу с турбиной стоит генератор, который дает 15 кВА переменного трехфазного тока 115 В 400 Гц. К нему подключены только жизненно-важные потребители.

Система постоянного тока. Основными источниками постоянного тока на самолете служат пять выпрямительных устройств (*TRU* – *transformer rectifier units* – блоки выпрямителя тока трансформатора). Они преобразуют переменный ток 115 В 400 Гц в постоянный 28 В. Максимальный ток, который может выдать такой выпрямитель – 100 А.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авиационные генераторы. [Электронный ресурс]. URL:<http://ooobskspetsavia.ru/2015/09/14/aviacionnye-generatory-peremennogo-tona/> (дата обращения: 10.12.2017).
2. Электричество на самолете. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pvsm.ru/e-nergija-i-e-lementy-pitaniya/92682> (дата обращения: 10.12.2017).

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСТАРТЕРНОГО ПУСКА АВИАДВИГАТЕЛЕЙ

А. А. Багров, студент гр. ЭАбд-32

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Для того чтобы тепловой двигатель функционировал, необходимо, чтобы топливо подавалось в камеру сгорания, с того момента, когда в ней созданы благоприятные условия для работы двигателя: давление и определенный расход

воздуха. Чтобы эти условия были созданы, нужно раскрутить ротор авиадвигателя от внешнего источника механической энергии. Под ротором ГТД понимают компрессор и турбину.

Источником механической энергии в этом разделе мы рассматриваем электропривод. В соответствии со своими функциями этот электропривод называется электростартер. Назначение электростартера – раскрутка ротора авиадвигателя до скорости, которой хвати для самостоятельного и надежного перехода турбины на режим малого газа. Следовательно, запуском авиадвигателя называется процесс его вывода на режим малого газа. Под режимом малого газа понимают устойчивый режим работы с минимальной мощностью, с помощью которого обеспечивается надежный выход на любой рабочий режим за нужное время. При включении авиадвигателя в воздухе стартер не включается, потому что реактивный двигатель вращается за счет набегающего потока воздуха (авторотация). Кроме этого, применяется холодная прокрутка реактивного двигателя. Она выполняется по причине того, чтобы после неудачной попытки запуска убрать топливо из двигателя. Если этого не выполнить, то топливо будет гореть на стенках камер сгорания, в выходном канале и на лопатках турбины, вызывая недопустимое повышение температуры. В момент холодной прокрутки стартер раскручивает авиадвигатель, при этом заставляя компрессор создавать поток воздуха. В это время топливо в двигатель не подается и зажигание не включается. В исходном положении при запуске ГТД между ведомой и ведущей частями муфт может быть довольно большой свободный ход (люфт): ведущая часть до сцепления с ведомой, поворачивается на некоторый угол. Это может привести к сильному удару частей муфт и их поломке. Для того чтобы этого избежать в цепь питания включают в первые секунды запуска пусковые резисторы R_p . Скорость и момент вращения стартеров ограничиваются, и происходит плавное, без резких ударов, сцепление муфт. После того, как сцепление осуществилось, резисторы пуска шунтируют, в результате этого стартеры получают включенными на полное напряжение.

Электростартеры разделяются на электростартеры прямого и косвенного действия, а также стартер-генераторы.

1. Стартеры прямого действия представляют собой четырехполюсные электродвигатели смешанного возбуждения мощностью от 3 до 7 кВт

2. Стартер-генератор работает при запуске реактивного двигателя как стартер (в двигательном режиме), а во время того, когда реактивный двигатель запустится, переходит в генераторный режим и, получая механическую энергию от ГТД, уже работает как источник электроэнергии на борту самолета. Они используются на самолетах, где первичным является постоянный ток и мощность генераторов достаточна для их использования в качестве стартера.

В качестве стартеров переменного тока могут использоваться асинхронные электростартеры и синхронные стартер-генераторы.

В период подготовки к запуску авиадвигателя запускается бортовой турбогенератор, который состоит из газовой турбины и генератора переменного тока, питающий стартер-генератор СТГ. При пуске турбогенератора происходит

асинхронный разгон вхолостую невозбужденного СТГ, который имеет короткозамкнутую демпферную обмотку. На валу СТГ установлен дифференциально-тормозной привод, который состоит из дифференциального редуктора и электродинамического тормоза. Авиадвигатель на первом этапе неподвижен, а скорость вращения тормоза увеличивается в одно время с увеличением скорости СТГ. В момент, когда скорость СТГ достигнет значения, близкого к синхронному, производится синхронизация турбогенератора и СТГ, которые друг с другом образуют синхронный электрический вал. Данные машины вращаются со строго одинаковыми скоростями, а механическая нагрузка на валу СТГ создает их расхождение по углу, которое можно сравнить с деформацией кручения обычного вала.

Распространение крутящего момента на вал авиадвигателя достигается возбуждением тормоза. Скорость тормоза падает, когда скорость авиадвигателя постепенно нарастает. Скорость СТГ сохраняет неизменное значение.

Одним из недостатков способа управления запуском при постоянной частоте являются большие потери в тормозе. Эти потери могут быть снижены, если использовать синхронный вал при переменной скорости вращения. Для этого перед запуском авиадвигателя устанавливается пониженная скорость вращения турбогенератора. Вследствие этого тормоз и СТГ разгоняются до меньшей скорости. Синхронизация и формирование синхронного вала происходят при пониженной частоте. Исследования показали, что синхронный вал способен передавать почти полный крутящий момент уже при скорости, равной около 25% от номинальной. Как и в предыдущем случае, процесс разгона авиадвигателя начинается возбуждением тормоза.

Третий этап запуска проходит также, но скорость, которую имеет турбина авиадвигателя к концу третьего этапа, недостаточна для его запуска. Нужно повышение скорости осуществляется путем увеличения скорости вращения турбогенератора. На последнем этапе запуска скорости СТГ и авиадвигателя повышаются, а скорость тормоза остается неизменной. Из-за того, что скорости вращения тормоза значительно ниже, чем при постоянной скорости синхронного вала, потери в тормозе и его нагрев снижаются, а КПД процесса запуска увеличивается.

При генераторном режиме управление скоростью вращения СТГ также производится путем изменения тока возбуждения тормоза, это дает возможность получения постоянства скорости вращения СТГ при изменениях скорости вращения авиадвигателя и изменениях нагрузки СТГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ставровский Б. А., Панов В. И. Автоматизированный электропривод летательных аппаратов. – Киев, 1974. – 392 с.
2. Сапиро Д. Н. Электрооборудование самолетов. – М.: «Машиностроение», 1977. – 304 с.
3. Брускин Д. Э. Электрооборудование самолетов. – М.-Л.: «Государственное энергетическое издание», 1956. – 336 с.

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ДОБЫЧНЫХ УСТАНОВОК

Е. И. Баканова, студентка гр. ЭАбд-21

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Добычная установка – установка непрерывного действия на гусеничном или шагающе-рельсовом ходовом оборудовании разрабатывающий грунт породу с помощью рабочих элементов (ковшов, скребков или резцов), укрепленных на роторном колесе.

На открытых горных разработках для вскрышных работ, добычи и транспортирования полезных ископаемых применяют различного рода экскаваторы, бурильные машины, транспортно-отвальные мосты, конвейеры и т. д. Для прохождения подземных горных выработок, добычи и транспортирования полезных ископаемых применяют проходческие комбайны и погрузочные машины, механизированные комплексы, конвейеры, бурильные машины, электровозы [1].

Характерные особенности электрооборудования:

- концентрация значительного его количества на небольшой поворотной платформе экскаватора;
- наличие нескольких ступеней напряжения – от 12 В для переносных ламп до 6-10 кВ для подвода электроэнергии к силовому трансформатору;
- широкий диапазон используемых мощностей электродвигателей – от 1 кВт для привода вспомогательных механизмов до 1000 кВт и более для привода главных механизмов;
- применение кольцевых токоприемников (тот же механизм в дрели), с помощью которых производится передача электроэнергии. От неподвижных к вращающимся или поворачивающимся механизмам;
- одновременная эксплуатация электрических машин переменного и постоянного тока.

Для питания двигателей устанавливают три генератора, из которых первый питает двигатели механизмов подъема, второй – двигатели механизмов напора, третий – двигатели механизмов поворота и хода.

Для привода вспомогательных механизмов (компрессоров, вентиляторов, насосов, лебедок) применяют асинхронные электродвигатели, которые получают питание от трансформатора собственных нужд. Для управления и защиты двигателей переменного и постоянного тока на экскаваторах устанавливают станцию управления, состоящую из двух панелей, на которых отдельно смонтирована аппаратура постоянного и переменного тока.

При добыче полезных ископаемых открытым способом применяют также многоковшовые цепные и роторные экскаваторы непрерывного действия на железнодорожном или гусеничном ходу. Главным электроприводом является привод ковшовой цепи или роторного колеса. Двигатели устанавливают открыто под навесом на площадке роторного колеса на роторной стреле.

К основному электроприводу относятся также двигатели лебедки для

подъема и опускания ковшовой или роторной стрелы экскаваторов, двигатели ходовых и поворотного механизмов, двигатели конвейеров. Кроме того, на многоковшовых экскаваторах установлено значительное количество двигателей для привода вспомогательных механизмов (компрессоров, вентиляторов, питателей, маслонасосов, кабельных барабанов и других механизмов).

В зависимости от типа экскаватора суммарная установленная мощность электропривода колеблется от нескольких сотен до нескольких тысяч кВт при количестве от десятков до сотен единиц вращающихся электрических машин [2].

Таким образом, роторные добычные установки по сравнению с цепными имеют некоторые преимущества: меньшей конструктивной массой и меньшими эксплуатационными расходами на 1 м³ производительности, более чем вдвое большей скоростью резания, высокой эффективностью при селективной выемке, возможностью применения в более плотных породах благодаря повышенным режущим усилиям на кромке ковшей ротора, меньшим удельным расходом электроэнергии (на 1 м³ породы).

ЛИТЕРАТУРА

1. Родштейн Л. А. Электрические аппараты. – Л. : Энергия, 1971. – 304 с.
2. Самохин Ф. И., Левите А., Маврицын А. М. Горная электротехника. – М.: Недра, 1972. – 236 с.

ЭЛЕКТРОБЕНЗОНАСОС ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Я. Д. Закалина, студентка гр. ЭАбд-21

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Бензонасос – это часть автомобиля, обеспечивающая подачу бензина в двигатель. Бензонасос является одним из главных элементов, так как без него не возможна работа двигателя в целом. Всего существует два вида бензонасосов: механический и электрический [4].

Главным различием является сфера использования бензонасоса. Электрическим бензонасосом комплектуют автомобили с топливными системами непосредственно инжекторного типа, где бензин подается под давлением [5].

В списке основных плюсов после установки электрического насоса на карбюратор следует выделить легкость запуска ДВС. Двигатель заводится быстро, причем как на холодную, так и на горячую, снижается нагрузка на АКБ и стартер. Что касается эксплуатации, при правильном подключении в салоне не так сильно пахнет бензином, также горючее расходуется более экономно.

Следует отметить, что перед покупкой бензонасоса необходимо тщательно изучить его характеристики по производительности и давлению, потребляемому току и т.д. В ряде случаев может возникнуть ситуация, когда устройство не в

состоянии нормально работать с тем или иным карбюратором [2].

Бензонасосы в большинстве случаев ремонту не подлежат и при их поломке требуют замены на новый агрегат. Оригинальные бензонасосы – довольно дорогостоящая деталь, их средняя стоимость 5-6 тысяч рублей. Такая стоимость объясняется просто – это высокотехнологичный узел. Если представить, что за свою службу бензонасос перекачивает тысячи литров бензина, подвергаясь при этом воздействию вибрации, низких и высоких температур, то понятно, что для производства такого узла производитель должен использовать самые качественные материалы и передовые технологии, что отражается на конечной цене детали.

В силу современной экономической обстановки большинство автовладельцев не готовы приобретать новые оригинальные бензонасосы, отдавая предпочтение либо контрактным деталям (бывшие в употреблении оригинальные узлы), либо дубликатным производителям. Среди дубликатных производителей можно выделить группу качественных (Denso, Bosch) и условно качественных – различные китайские бренды. Понятно, что качественный дубликат не может стоить в магазине дешевле 3000 рублей, так как хорошая деталь не может стоить дешевле оригинала в два раза. Стоимость китайских дубликатных бензонасосов находится на уровне 1000 рублей, хотя можно встретить магазины, предлагающие из по 2-3 тысячи рублей, как правило под видом известных брендов [3].

Зависимость срока службы бензонасоса; во-первых, от качества бензина; во-вторых, от периодичности смены топливного фильтра, который рекомендуется менять через каждые 20 тыс. км. И, конечно же, надо ставить качественные фильтры, например, фирмы "KNECHT".

Фирмы, выпускающие ЭБН: в России продаются насосы трех фирм: «BOSCH», «PIERBURG» и «VDO».

Лучшие производители:

- «VDO» -Германия;
- «PIERBURG» -Германия и США;
- «BOSCH» -Германия и Чехия [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Подборка электробензонасоса [Электронный ресурс] URL: <http://aparts.webzone.ru/Fuelpump/fuelpumps.html>
 - Преимущества установки электробензонасоса [Электронный ресурс] URL: <http://krutimotor.ru/elektricheskiy-benzonasos-na-karbyurator/#i-3>
 - Рекомендации [Электронный ресурс] URL: <https://stars-auto.com/o-benzonasosah>
 - Топливная система двигателя [Электронный ресурс] URL: <http://vipwash.ru/toplivnaya-sistema/kak-proverit-benzonas>
 - Устройство бензонасоса [Электронный ресурс] URL: <https://auto.today/bok/3207-ustroystvo-elektrobenezonasosa-cto-kachaet-toplivo.html>

СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ

И. О. Козин, студент гр. ЭАбд-22

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Система зажигания – это совокупность всех приборов и устройств, обеспечивающих появление электрической искры, воспламеняющей топливовоздушную смесь в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания в нужный момент. Эта система является частью общей системы электрооборудования [1].

За последние годы системы зажигания автомобилей значительно улучшились, чтобы обеспечить улучшенные, более надежные и более мощные характеристики. Сегодня существует три первичные системы зажигания:

- распределительная автомобильная система зажигания;
- автоматическая система зажигания без распределителя;
- система зажигания катушки зажигания.

Несмотря на их различия в технологиях и компонентах, все они работают на одних и тех же основных принципах. Все автомобильные системы зажигания (кроме дизелей) должны генерировать искру, достаточно сильную, чтобы перепрыгнуть через зазор свечи зажигания. Это достигается с использованием катушки зажигания, состоящей из двух катушек проволоки, обернутых вокруг железного сердечника. Цель состоит в том, чтобы создать электромагнит, проложив 12 вольт батареи через первичный змеевик. Когда система зажигания автомобиля отключает поток мощности, магнитное поле разрушается, и, как это происходит, вторичная катушка захватывает это коллапсирующее магнитное поле и преобразует его в 15000-25000 вольт. Чтобы генерировать максимальную мощность из смеси воздух/топливо, искра должна срабатывать в нужный момент во время такта сжатия.

Автомобильная система зажигания на базе дистрибьютора подключается к распределительному валу с шестернями. В полностью механическом распределителе шестерни вращают главный распределительный вал. Внутри, набор «точек воспламенения» протирает многогранный кулачок на валу распределителя. Кулачок открывает и закрывает точки; они действуют как механический переключатель, который прерывает ток. Вот что начинается и прекращает подачу питания на катушку зажигания. Как только катушка генерирует напряжение зажигания, она перемещается к верхней части катушки и в верхней части крышки распределителя. Там вращающийся диск, прикрепленный к валу распределителя, «распределяет» мощность по каждому из проводов свечи зажигания.

Эти ранние, полностью механические распределительные системы имели свои недостатки. Точки воспламенения будут разрушаться, и менять время искры, вникать в эффективность двигателя и требовать замены так часто, как каждые 12000 миль. Они также должны были быть установлены очень точно с использованием набора датчиков щупальца; неправильно обработанные точки

не будут работать очень эффективно.

Решение заключалось в том, чтобы перейти от полностью механического распределителя, включив твердотельные переключатели, которые не изнашивались. Это повысило надежность, но твердотельные переключатели по-прежнему принимали свои маршрутирующие заказы от вала распределителя, который все еще механически приводился в движение от распределительного вала. Валы распределителя будут иметь тенденцию развивать определенное количество «ресниц» или отстой после 120000 миль. Поскольку износ механизма всегда был бы препятствием для правильного искрового времени, механические системы зажигания должны были развиваться, и, начиная с начала 80-х годов, производители автомобилей начали переходить от механического распределителя к автомобильной системе зажигания [3].

Эта система определяет искровую синхронизацию на основе двух датчиков положения вала и компьютера. Датчик положения коленчатого вала (СКР) установлен в передней части коленчатого вала, или вблизи маховика на некоторых автомобилях, и датчик положения распределительного вала (СМР) установлен ближе к концу вала. Эти датчики постоянно контролируют положение обоих валов и подают эту информацию в компьютер.

DIS также использует другую настройку катушки по сравнению с ее предшественником. Вместо того чтобы просить одну катушку приводить в действие все цилиндры, DIS использует несколько катушек зажигания, называемых «катушечными пакетами», каждая из которых генерирует искру только для двух цилиндров. В результате каждая катушка может быть «дольше» и развивать более сильное магнитное поле – столько же, сколько 30000 вольт – и более сильная, более горячая искра, необходимая для зажигания более легких топливных смесей более новых автомобилей.

Система зажигания автомобиля с катушкой зажигания (СОР) включает в себя все электронные элементы управления, обнаруженные в системе зажигания автомобиля DIS, но вместо двух цилиндров, использующих одну катушку, каждая обмотка СОР обслуживает только один цилиндр и имеет в два раза больше времени развивать максимальное магнитное поле. В результате некоторые системы зажигания автомобильных автомобилей серии СОР генерируют от 40000 до 50000 вольт и намного более горячие, более сильные искры.

Системы воспламенения СОР имеют еще одно большое преимущество перед системами зажигания DIS. Так как катушка монтируется непосредственно над свечой зажигания, кабели свечей зажигания устраняются, поскольку напряжение срабатывания подается непосредственно на вилку. Штепсельные кабели означают большую потерю силы тока и напряжения, а также возможность загрязнения и перекрестного огня между кабелями, если они становятся жирными или изношенными.

Катушки в системе воспламенения СОР могут быть повреждены обезжиривающими средствами и водой во время очистки двигателя, поэтому убедитесь, что каждая из них завернута в пластик и защищена до того, как начнется очистка нижней крышки.

Системы зажигания будут продолжать улучшаться благодаря функциям, которые сегодня немыслимы, несмотря на то, что все три типа систем зажигания все еще хорошо подходят для эпохи транспортных средств, изначально предназначенных для них, их легко поддерживать и ремонтировать, поскольку технологические достижения приводят к постоянным улучшениям [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%B7%D0%B0%D0%B6%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F.
2. <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/8888888-zazhiganiya/katushka-klassicheskoy-sistemy-zazhiganiya/>.
3. <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/sistema-zazhiganiya/sistema-zazhiganiya-bez-raspredelatelya/>.
4. <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/sistema-zazhiganiya/naznachenie-sistem-zazhiganiya/>.

ЭЛЕКТРОСТЕКЛОПОДЪЕМНИК

Л. М. Корчагин, студент гр. ЭАбд-22

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Электростеклоподъемник – устройство в автомобиле, позволяющее закрывать боковые стекла дверей без усилий, нажатием на кнопку. Стеклоподъемники обычно устанавливаются либо на все четыре двери, либо только на передние двери.

Стеклоподъемники изначально были созданы для того, чтобы водитель и пассажиры могли самостоятельно опускать и поднимать стекла в автомобиле. В случае электрического стеклоподъемника все сделать гораздо легче, так как у такого устройства есть электрический привод. Такой стеклоподъемник является системой комфорта, то есть создает дополнительное удобство для водителя и пассажиров. Сегодня модели оснащены в основном электрическими стеклоподъемниками, устройства с механическим приводом почти вытеснены из обихода [1].

Электростеклоподъемник монтируется в салоне, а конкретнее – внутри дверного корпуса, на нем самом или же отдельно поставленном подрамнике. Стеклоподъемник с электрическим приводом включает в себя приводной механизм, механизм подъема и систему управления. Приводной механизм (или мотор-редуктор) в своем действии объединяет электродвигатель, зубчатую и червячную передачи, которые выполнены в виде цельного блока. Этот механизм необходим для создания усилия, которым будет подниматься, и опускаться стекло. Из-за использования червячной передачи окно случайным образом открыть не удастся. Червячный редуктор устроен так, что передача вращения

будет идти только по одному направлению – от червяка к колесу. Если будет попытка выполнить вращение в обратном направлении, то передача будет заблокирована. Управление у электрических стеклоподъемников может быть непосредственным и электронным. При непосредственном управлении электроподъемник управляется трехпозиционным переключателем, который включен в цепь питания электрического двигателя. Когда происходит перемещение переключателя в первую позицию, вращение двигателя идет в одну сторону, а когда переключатель находится во второй позиции, двигатель меняет полярность, то есть меняется направление, в котором движок вращается. Так как такой стеклоподъемник – штука достаточно травмоопасная, то применяется он в достаточно ограниченном количестве. У электронного управления стеклоподъемника более сложная конструкция, которая включает в себя входные устройства, исполнительное устройство и ЭБУ. Входными устройствами являются переключатель режимов работы и датчики положения стекла. В конструкцию ЭБУ входят трехпозиционные переключатели. Со стороны водителя в двери установлен блок переключателей, через который можно управлять стеклоподъемником на каждой из дверей. В том же месте может стоять выключатель блокировки подъемников стекла на дверях. Датчиками положения стекла могут быть датчики Холла. Они монтируются на червячном колесе. Когда червячное колесо вращается, меняется магнитный поток, и это изменение датчиками преобразуется в импульсы напряжения, выходящие из датчика [1].

В электронном блоке управления учитывается:

- количество импульсов, когда определяется величина опускания (подъема) стекла;
- после включения блокировки движения стекла вычисляется продолжительность этих импульсов;
- когда устанавливается направление движения, учитывается импульсный сдвиг от пары датчиков.

У каждого стеклоподъемника зачастую есть свой ЭБУ. В этом блоке управления происходит преобразование сигналов от входящих устройств в управляющие импульсы для исполнительного устройства – электродвигателя постоянного тока. Между всеми блоками есть связь через центральный БУ. Благодаря электронному управлению значительно расширяются функциональные возможности электростеклоподъемников. Кроме выполнения своих стандартных функций по подъему и опусканию стекла, подъемники могут реализовать такие функции:

- автоматическое закрывание и открывание окон;
- блокирование включения переключателей;
- обеспечение работоспособности после того, как двигатель перестал работать;
- управление стеклоподъемниками извне;
- стекло может автоматически опускаться, когда открывается безрамная дверь [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Брюханов А. Б., Хомич В. И. «Электроника на автомобильном транспорте». – М.: Транспорт, 1984. – 126 с.
2. Справочник по диагностике неисправностей автомобиля/ Под ред. В. В. Волгина. – Атласы автомобилей, 1999. – 96 с.

ШТАБЕЛЕР, УСТРОЙСТВО И РАЗНОВИДНОСТИ

Н. Д. Усольцев, студент гр. ЭАбд-22

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Штабелер – это подъемно-транспортное оборудование, которое используется на складах со стеллажным методом хранения товаров. Основная функция этого оборудования – перемещение на небольшие расстояния паллетов с грузом, и укладка их в ровные ряды. Аппарат используется для того, чтобы снизить нагрузку на сотрудников склада и повысить показатели эффективности труда [1].

Техническое устройство кранов-штабелеров частично зависит от их функционального назначения, а также, в частности, от типа груза и характеристик помещения, в котором ему предстоит работать. Мостовые краны-штабелеры имеют ряд общих элементов, к числу которых относятся:

- мост, который перемещается по подвесным или опорным путям;
- тележка, которая в свою очередь передвигается по мосту. Она также может быть подвесной или опорной. Задача тележки — нести поворотную платформу, на которой закреплена колонна;
- поворотная платформа;
- колонна. Она служит для перемещения по ней грузоподъемника, оснащенного разными видами захватов в зависимости от типа груза.

Этот тип складской техники выпускается с различными вариантами подъемного механизма и способа передвижения [2].

Ручной гидравлический штабелер – это один из самых простых и экономичных видов техники для склада. Такое оборудование поднимает паллету с грузом за счет накачивания гидравлической жидкости при помощи ручного рычага.

Главные достоинства заключаются в простоте конструкции, доступном управлении и недорогом ремонте. Кроме того, этот вид техники для склада не требует обязательной подзарядки аккумуляторов, что позволяет эксплуатировать ее в несколько смен и значительно снижает расходы на эксплуатацию.

Самоходные электрические штабелеры отличаются от ручных тем, что подъем паллет выполняется механически. Кроме того, данный вид складской техники способен передвигаться по территории склада самостоятельно. Средняя скорость движения электроштабелера составляет 5-10 км/час. Это

значительно ускоряет проведение складских работ и экономит физические ресурсы сотрудников [1].

Работа крана-штабелера начинается с захвата груза, упакованного в тары, с пола или с транспортного средства. Кран захватывает тару при помощи разных видов грузозахватывающих устройств, в зависимости от типа груза. Самый распространенный вид — вилочный захват. Оператор, управляющий краном, поднимает груз на небольшое расстояние от пола, затем в работу включается тележка крана-штабелера, которая перемещается к тому месту, куда необходимо доставить груз. Доехав до нужного прохода, тележка останавливается, и после этого уже весь мост крана начинает двигаться по крановым путям, продвигая колонну крана к тому месту стеллажа, куда необходимо установить груз. В указанном месте кран останавливается, и грузоподъемное устройство начинает движение вверх до необходимой ячейки стеллажа, куда следует уложить груз. Дойдя до нужной ячейки, тележка двигает вилочный захват, который выдвигает груз и укладывает его на место.

Высота складирования кранов-штабелеров зависит от их конструкции и грузоподъемности. Мостовые краны-штабелеры могут укладывать груз на высоту до 10-12 метров, в то время как стеллажные краны могут подниматься еще выше — до 30 метров и выше. Грузоподъемность кранов-штабелеров обычно варьируется в пределах 1-12 тонн [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Зерцалов А. И. Краны-штабелеры 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1986. — 360 с.
2. Зерцалов А. И., Певзнер Б. И. Краны-штабелеры. Монография. — Изд. 2-е, доп. и переработ. — М.: «Машиностроение», 1974. — 216 с.

ИНЖЕКТОРНАЯ СИСТЕМА ПОДАЧИ ТОПЛИВА

Н. В. Бердников, студент гр. ЭАбд-21

Научный руководитель — доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Инжекторная система впрыска — система подачи топлива, установленная на современных бензиновых двигателях. Двигатели, имеющие такую систему, называются инжекторами [2].

В системе топливо впрыскивается в воздушный поток специальными форсунками инжекторами. Системы впрыска разделяют следующим образом. Моновпрыск или центральный впрыск это одна форсунка для всех цилиндров, расположенных вместо карбюратора (на впускном коллекторе). В современных двигателях он не используется.

Распределенный впрыск — каждый цилиндр обслуживается отдельным изолированным инжектором во впускном коллекторе. Существует несколько типов распределенного впрыска:

1. Одновременный – все струи открываются одновременно.
2. Параллельный – сопла открываются парами, и один инжектор открывается сразу перед циклом впуска, а второй перед выхлопом.
3. Поэтапный впрыск – каждый инжектор контролируется отдельно и открывается сразу перед ходом впуска.
4. Прямой впрыск – инжекторы расположены непосредственно рядом с цилиндрами и топливо впрыскивается непосредственно в него[1].

Метод управления системой. Электронная – решение о времени и продолжительности открытия инжекторов берется микроконтроллером на основе данных, поступающих от датчиков. Рассмотрим один из примеров работы.

Контроллер (ВАЗ-2111) получает следующую информацию: о положении и скорости вращения коленчатого вала, о массовом воздушном потоке двигателя, о температуре хладагента, положение дроссельной заслонки, о содержании кислорода в выхлопных газах, о наличии детонации в двигателе, о напряжении в бортовой сети транспортного средства, о скорости автомобиля, о положении распределительного вала (в системе с последовательным распределенным впрыском топлива), по запросу включить кондиционер (если он установлен на автомобиле)

На основе полученной информации контроллер управляет следующими системами и устройствами: подача топлива (форсунки и электрический бензиновый насос), система зажигания, регулятор скорости без нагрузки, вентилятор охлаждения двигателя, сцепление компрессора кондиционера (если оно находится на автомобиле), диагностическая система.

Изменение параметров электронного впрыска может происходить буквально «на лету», поскольку управление осуществляется программно и может принимать во внимание большое количество программных функций и данных от датчиков. Кроме того, современные электронные системы впрыска способны адаптировать программу работы к конкретной копии двигателя, стилю вождения и т. д.[2]

Преимущества двухтактного двигателя инжектора по сравнению с двухтактным карбюраторным двигателем: сокращение выбросов несгоревших углеводородов на 75%; снижение расхода топлива на 40%; легкий старт; более линейный крутящий момент.

Одно из первых таких разработок было введено OMC Corporation в своих двигателях в 1997 году, выпустив двухтактный двигатель. В этой технологии ключевым фактором было использование специальных форсунок, которые позволяли вводить топливо непосредственно в камеру сгорания. Это революционное решение наряду с использованием современного бортового компьютера позволило точно дозировать топливо в тот момент, когда поршень в обратном движении блокирует все окна. В полости коленчатого вала распыляется чистое масло, которое не смывается топливом. Топливо не смывает масло, что снижает его потребление. Благодаря этому решению разработчики получили двухтактный двигатель с идеальной динамикой ускорения, отличной кривой мощности и низким весом.

Система сопел позволяет улучшить эксплуатационные и энергетические характеристики двигателя (такие как динамика ускорения, расход топлива, характеристики окружающей среды и т. Д.).

Стоит выделить несколько недостатков. Основными недостатками двигателей впрыска по сравнению с карбюраторными двигателями являются: высокая стоимость ремонта; высокая стоимость узлов; неработоспособность элементов; высокие требования к качеству топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Топливная система двигателя [Электронный ресурс] URL: <http://vipwash.ru/toplivnaya-sistema/kak-proverit-benzonasos>.
2. Устройство и принцип работы инжектора [Электронный ресурс] URL: <http://ktonaavto.ru/remont-i-obluzhivanie/toplivnaya-sistema/ustrojstvo-i-princip-raboty-inzhektora>.

БЕСКОНТАКТНАЯ СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ

М. Н. Залялютдинов, студент гр. ЭАбд-21

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Бесконтактная система зажигания является конструктивным продолжением системы контактно-транзисторной. В этой системе зажигания контактный прерыватель заменяется датчиком приближения. Бесконтактная система зажигания стандартно устанавливается на ряде моделей российских автомобилей и может также устанавливаться самостоятельно автовладельцем, вместо контактной системы.

Использование бесконтактной системы зажигания позволяет увеличить мощность двигателя, снизить расход топлива и выбросы вредных веществ из-за более высокого разрядного напряжения и, соответственно, улучшить сгорание топливно-воздушной смеси.

Структурно бесконтактная система зажигания объединяет ряд элементов, среди которых источник питания, ключ зажигания, импульсный датчик, транзисторный переключатель, катушка зажигания, распределитель и, конечно же, свечи зажигания. Распределитель подключается к свече зажигания и катушке зажигания с помощью высоковольтных проводов.

В общем, устройство бесконтактной системы зажигания аналогично системе контактного зажигания, за исключением импульсного датчика и транзисторного переключателя.

Импульсный датчик предназначен для создания электрических импульсов низкого напряжения. Имеются импульсные датчики следующих типов: Холл, индуктивный и оптический.

Наибольшее применение в бесконтактной системе зажигания было обнаружено импульсным датчиком с использованием эффекта Холла

(появление поперечного напряжения в проводящей пластине с током под действием магнитного поля). Датчик Холла состоит из постоянного магнита, полупроводниковой пластины с микросхемой и стального экрана с прорезями.

Вырез в стальном экране проходит магнитное поле, и напряжение появляется в полупроводниковой пластине. Стальной экран не пропускает магнитного поля, а напряжение на полупроводниковой пластине не возникает. Изменение вырез в стальном экране создает импульсы низкого напряжения.

Датчик импульсов структурно интегрирован с распределителем и формирует одно устройство – датчик-распределитель. Распределитель датчиков аналогичен по внешнему виду распределителю-распределителю и имеет аналогичный привод от коленчатого вала двигателя. Транзисторный переключатель служит для прерывания цепи тока в первичной обмотке катушки зажигания в соответствии с импульсными сигналами. Ток прерывается разблокировкой и блокировкой выходного транзистора.

Принцип работы бесконтактной системы зажигания

Когда коленчатый вал двигателя вращается, датчик распределения генерирует импульсы напряжения и передает их на коммутатор. Коммутатор генерирует импульсы тока в первичной цепи катушки зажигания. В момент прерывания тока во вторичной обмотке катушки зажигания индуцируется ток высокого напряжения. Ток высокого напряжения подается на центральный контакт распределителя. В соответствии с порядком работы цилиндров двигателя высоковольтный ток подается через высоковольтные провода к свече зажигания. Свечи зажигания зажигают топливно-воздушную смесь.

Когда частота вращения двигателя увеличивается, время зажигания контролируется центробежным регулятором синхронизации зажигания.

Когда нагрузка на двигатель изменяется, угол опережения зажигания контролируется с помощью вакуумного регулятора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боровских Ю. И., Буралев Ю. В., Морозов К. А. Устройство автомобиля.
2. Полосков В. П., Лещев П. М., Хартанович В. Н. Устройство и эксплуатация автомобилей.
3. Карагодин В. Н., Шестопалов С. К. Устройство и техническое обслуживание грузовых автомобилей.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ БЛОКИРОВКА ДВЕРЕЙ

А. А. Коныхов, студент гр. ЭАбд-21

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Многие современные автомобили оснащены автоматической системой дверных замков, что повышает безопасность и удобство эксплуатации

автомобиля [1]. Повышенная безопасность движения обеспечивается за счет подачи водителю светового или звукового сигнала при попытке начать движение с открытых дверей [2]. Кроме того, система не позволяет открывать двери на ходу, автоматически запирая дверные замки. Автоматическая система блокировки дверей позволяет запереть все двери, крышку багажника и топливного бака, нажав кнопку с места водителя или с внешней стороны автомобиля дистанционно. Система сигнализации активируется автоматически. Дистанционное отпирание дверей осуществляется с помощью инфракрасного «ключа», луча от которого достаточно осветить специальный датчик на лобовом стекле автомобиля. В случае попытки открыть автомобиль лицами, не имеющими соответствующего «ключа», работает охранная сигнализация [3].

Автоматическая система запираения дверей (рис. 1.) состоит из электронного блока управления, органов управления, датчиков и приводов.



Рис. 1. Система автоматической блокировки дверей

Электронный блок подключен к блокам управления охранной сигнализацией и дистанционному «ключу». Он управляет открытием и закрытием дверей по сигналам с пульта дистанционного управления или традиционным механическим «ключом», а также кнопками управления, расположенными внутри автомобиля [1].

Электронный блок управления получает сигналы от датчиков:

- датчик ускорения – сигнализирует об аварийном ускорении автомобиля, требующем отключения дверного замка (например, при ДТП);
- датчик скорости – дает сигнал начать движение;
- датчики состояния дверей – сигнализируют об открытии (неполном закрытии) дверей, крышки багажника, люка газового бака;

- датчик качения – срабатывает, когда злоумышленники пытаются украсть колеса автомобиля двигателя: водяной насос, насос гидроусилителя руля и кондиционера. Также был добавлен вакуумный насос, необходимый для работы тормозов.

На основе сигналов датчиков и органов управления электронный блок управляет механизмами управления дверными замками, крышкой

багажника, люком бензобака, сигнальными лампами, сиреной сигнализации, плафонами внутреннего освещения [2]. Схема электрических замков запираения дверей автомобиля Москвич-214145 «Святогор» (рис. 2). Буквы на схеме обозначают цвета проводов: В-белый; Д-синий; Н-зеленый; С-коричневый; Ч-черный он состоит из блока управления 7403.3761, серводвигателя двери водителя 87.3730 и исполнительного двигателя других дверей 871.3730. Также возможно завершить 2 мотора управления в обоих парадных входах. В 7403.3761 можно контролировать с помощью системы транспортного средства сигнализации [4].

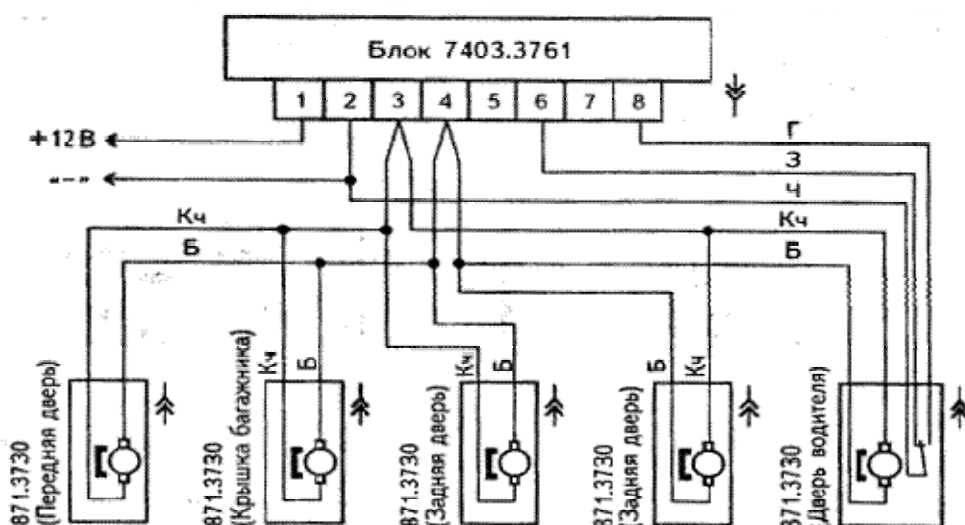


Рис. 2. Схема электрической блокировки замков дверей автомобиля Москвич-214145

Надежность современных конструкций дверных замков позволяет дверям автомобиля оставаться закрытыми даже при значительных повреждениях кузова и неизбежном возникновении механических напряжений при аварии. Поэтому для запираения дверей используются обычные дверные замки. Исполнительный механизм замка состоит из шагового двигателя, на валу которого установлен кулачковый замок.

В случае отказа системы автоматическая блокировка дверей предусматривает возможность их механического запираения и отпираения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варзаносов П. В. Анализ преимуществ и недостатков видов легкого транспорта / В сборнике: Технические науки: проблемы и перспективы Материалы IV Международной научной конференции. – 2016. – С. 142-145.
2. <http://megalektsii.ru/s73867t1.html> (дата обращения 17.04.2018).
3. <http://refwin.ru/1976037116.html>. (дата обращения 17.04.2018).
4. <http://www.studfiles.ru/preview/6234705/page:62/> (дата обращения 17.04.2018).

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР: УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ

О. А. Носов, студент гр. ЭАбд-21

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Автомобильный генератор – устройство, обеспечивающее преобразование механической энергии вращения коленчатого вала двигателя автомобиля в электрическую.

В 1833 году русский ученый Э. Х. Ленц выдвинул теорию об обратимости электрических машин. Он предположил, что если на одну и ту же машину подать электричество, то она станет работать как электродвигатель, а если ее роутер с помощью другой машины привести в движение, то получится генератор электрического тока.

Вторым этапом 1851-1867 гг. было создание генераторов, используемых электромагниты вместо постоянных магнитов. Что позволило увеличить мощность электрической машины.

Подобная машина была создана англичанином Генри Уальдом в 1863 г. В ходе эксплуатации данного вида генератора выяснилась уникальная возможность. Генераторы, вырабатывая электричество для потребителя, могли одновременно снабжать ток и свои электромагниты [1].

На начальном этапе автомобилестроения в качестве основного источника электроэнергии в автомобиле применялись генераторы постоянного тока. Но эти устройства имели целый ряд существенных недостатков. Одним из таких недостатков являлось то, что присутствовала необходимость постоянного контроля и обслуживания узла коллектора. Кроме того, узел коллектора сам имел некоторые недостатки, связанные с существенным ограничением тока нагрузки. На смену генераторов постоянного тока пришли генераторы переменного тока. Их использование стало возможным после появления диодных выпрямителей. К преимуществам генераторов переменного тока можно отнести то, что они позволяли получать требуемую мощность, а также имели более стабильный выходной ток. При всех вышеперечисленных преимуществах такие генераторы также имели более высокую надежность работы и для своего изготовления требовали меньший объем материала. То есть, были менее материалоемкими и поэтому менее тяжелыми.

Поэтому для более подробного ознакомления с электрооборудованием нам необходимо рассмотреть устройство генератора автомобиля.

Корпус генератора. При изготовлении корпуса генератора автомобиля применяются сплавы легких металлов. Это нужно для максимального уменьшения его массы. Наиболее часто используется дюралюминий. При работе генератора внутри выделяется много тепла. Для эффективного отвода тепла в корпусе генератора делают множество вентиляционных отверстий. Это так называемая система охлаждения. Для разных генераторов эта система имеет разную конструкцию. Основными параметрами для выбора конструкции

системы охлаждения являются диапазон рабочих оборотов генератора и температура окружающей среды, то есть температура под капотом автомобиля. В конструкции передней и задней крышки корпуса имеются подшипники, предназначенные для вращения ротора.

Статор генератора. В генераторе статорная обмотка изготовлена из медного провода. Так как обмотка в процессе работы подвержена сильному нагреву, медный провод покрыт двойной термоустойчивой изоляцией. Возможно также применение специального защитного лака. Уложена обмотка в пазы сердечника. Сердечник представляет собой круг. В качестве материала, используемого при изготовлении сердечника, применяется металл с высокими показателями магнитных характеристик. Таким металлом является трансформаторное железо. В качестве источника энергии в автомобилях широко используются генераторы, имеющие три фазы (трехфазные). Соответственно статор такого генератора должен иметь три статорных обмотки, соединенные треугольником. К местам соединения обмоток подключен диодный мост.

Ротор генератора. В устройстве генератора имеется электромагнит с одной обмоткой. Этот элемент называется ротором. Также конструкция включает в себя вал, на котором роторная обмотка размещена. Сердечник, изготовленный из специального ферромагнитного материала, расположен поверх роторной обмотки. Диаметр этого сердечника должен отличаться от диаметра статора внутри на небольшую величину. Примерно 1.5мм, но в некоторых случаях может достигать до 2 мм. На валу также размещены кольца из меди, которые соединяются с обмоткой с помощью графитовых щеток. Предназначением медных колец является подача управляющего напряжения от регулятора на роторную обмотку.

Регулятор напряжения генератора. Регулятор напряжения – это устройство, выполняющее контроль напряжения, выдаваемого генератором. В бортовой сети автомобиля для нормальной работы всего электрооборудования нужно поддерживать напряжение в заданных пределах. Как правило, такими пределами являются следующие значения: 13.5 В – нижний предел, 14.6 В – верхний. При низких температурах для заряда автомобильного аккумулятора требуется большее напряжение.

Диодный мост генератора. Как было отмечено ранее, в современных автомобилях применяются генераторы переменного тока. Для питания устройств бортовой сети используется постоянный ток. Соответственно, внутри генератора необходимо преобразовывать переменный ток в постоянный. Эту задачу решает диодный мост. Состоит диодный мост из шести попарно соединенных диодов [2].

Рассмотрим принцип действия автомобильного генератора.

Преобразование механической энергии, которую автомобильный генератор получает от двигателя внутреннего сгорания через ременную передачу в электрическую, происходит, как и в любом генераторе в соответствии с явлением электромагнитной индукции. Суть явления состоит в том, что, если изменять магнитный поток, пронизывающий катушку, витки

которой выполнены из проводящего материала, например, медного провода, то на выводах катушки появляется электрическое напряжение, равное произведению числа ее витков на скорость изменения магнитного потока. Совокупность таких катушек образует в генераторе обмотку статора. Возможны два варианта изменения магнитного потока: по величине и направлению, что обеспечивается в щеточной конструкции вентильного генератора, или только по величине, что характерно для индукторного бесщеточного генератора. Для образования магнитного потока достаточно пропустить через катушку электрический ток. Эта катушка образует обмотку возбуждения. Сталь, в отличие от воздуха, хорошо проводит магнитный поток. Поэтому основные узлы генератора, в которых происходит преобразование механической энергии в электрическую, состоят из стальных участков и обмоток, в которых создается магнитный поток при протекании в них электрического тока (обмотка возбуждения), и возникает электрический ток при изменении этого потока (обмотка статора) [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Вики Чтение. История электротехники. [Электронный ресурс]. URL:<https://tech.wikireading.ru/15674>.
2. Авто-Устройство. [Электронный ресурс]. URL: <http://avto-ustroistvo.ru/ustrojstvo-generatora-avtomobilya.php>.
3. Акимов С. В., Чижков Ю. П. «Электрооборудование автомобилей». Учебник для ВУЗов. – М. : ЗАО КЖИ «За рулем», 2004. – 384с.

ЭЛЕКТРОУСИЛИТЕЛЬ РУЛЯ: УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ

Д. А. Лаврентьев, студент гр. ЭАбд-21

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Электрический усилитель руля (ЭУР) – электромеханическая система автомобиля, предназначенная для снижения управляющего усилия, прикладываемого к рулевому колесу.

Использование электрической энергии в усилителях расширяют возможность оптимизации характеристик рулевого управления автомобиля с позиции управляемости, устойчивости движения и эргономики. Электрические усилители с использованием малогабаритных высокооборотных регулируемых двигателей постоянного тока обладают высоким быстродействием и обеспечивают усилителю точное следящее действие [1].

Рассмотрим принцип действия ЭУР.

Принцип работы электроусилителя руля следующий. С поворотом руля торсион на валу закручивается тем сильнее, чем больше прилагаемое усилие. Величина приложенного усилия оценивается по взаимному расположению

частей датчика. Измеренное значение передается в блок управления. Вторым датчик измеряет угол поворота руля и также передает измерения в управляющий блок, куда дополнительно поступают данные о скорости движения машины (от ABS системы) и оборотах двигателя (от контроллера). А на основании всей полученной информации, электронный блок управления рассчитывает величину вспомогательного усилия, и подает на электромотор напряжение нужной величины и полярности. Через сервопривод электродвигатель перемещает рулевую рейку или вращает рулевой вал.

При движении с небольшой скоростью, например, на парковке, когда приходится быстро поворачивать колеса из одного крайнего положения в другое, электромотор работает с максимальной мощностью, и обеспечивается так называемый «легкий руль». И наоборот, когда машина едет по трассе с высокой скоростью, руль поворачивается на небольшие углы, поэтому вспомогательное усилие минимально, руль получается более «тяжелым». Вдобавок, электроусилитель руля способен увеличивать реактивное усилие, которое возникает при повороте колес, помогая им вернуться в среднее положение [2].

Электроусилитель состоит из:

1. исполнительного механизма;
2. блока управления;
3. следящих датчиков.

Исполнительный механизм создает усилие, тем самым обеспечивая облегчение управления авто. Состоит он из электродвигателя и силовой передачи. Что касается мотора, то в конструкции ЭУР применяется асинхронный либо синхронный эл. двигатель бесконтактного типа, что обеспечивает высокую надежность узлу.

В ЭУР используется несколько типов силовых передач (в зависимости от типа) – червячные, шестеренчатые или же шарико-винтовые. Нередко силовые передачи исполнительного механизма называют сервоприводом.

Блок управления «заведует» работой исполнительного механизма. Именно он подает электрический ток (строго определенных параметров) на электродвигатель, обеспечивая включение его в работу. Подавая импульсы на исполнительный механизм, блок управления ориентируется на показания датчиков, используемых в конструкции ЭУР

Следящих датчиков – несколько, каждый собирает определенную информацию и передает ее на блок управления. Основным среди них является датчик крутящего момента (его еще называют датчик усилия), определяющего, какое усилие на руль приложил водитель. Также в конструкции используется датчик угла поворота руля. Опционально ЭУР также может использовать информацию о скорости движения авто и оборотах силовой установки [3].

Эти составные части присутствуют в любых типах ЭУР. Также некоторые виды дополнительно могут использовать информацию и из других датчиков – скорости движения и оборотов коленчатого вала.

ЭУР более надежный, компактный и экономичный по сравнению с другими усилителями руля. Этот механизм при помощи электромотора создает

вспомогательное усилие на рулевом валу при его повороте. Появился он относительно недавно и постепенно начинает вытеснять своих предшественников – гидро- и электрогидроусилитель.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чайковский И. П., Саломатин П. А. Рулевые управления автомобилей. – М. : Машиностроение, 1987. – 176 с.
2. ЗнаниеАвто. [Электронный ресурс].
URL:<http://znanieavto.ru/rulim/elektroasilitel-rulya.html>.
3. Устройство и эксплуатация автомобиля. [Электронный ресурс] URL:
<http://autoleek.ru/hodovaja-chast/rulevoe-upravlenie/ustrojstvo-elektroasilitelya-rulya.html>.

СИСТЕМА ВПРЫСКА COMMON RAIL

Д. В. Мягков, студент гр. ЭАбд-21

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Система впрыска Common Rail (Common Rail в переводе с английского – «общий путь», «Common ramp») – это современная система впрыска топлива дизельных двигателей. Однако, аналог такой системы используется в бензиновых двигателях с принудительным впрыском топлива, т. е. дизелях. Система была разработана специалистами известной немецкой компании «Bosch». В автомобилях с применением электронного управления, такие системы появились в 1997 году.

Главная особенность системы – возможность отдавать нужную мощность при минимальном расходе топлива. Также система Common Rail способна снижать уровень выхлопных газов. Автомобилисты сказали, что автомобиль с этой системой впрыска намного тише (нет «грохота», как на старых дизелях) [2].

В настоящее время работы по использованию систем Common Rail ведутся практически у всех производителей ТПА (R. Bosch, Lucas, Siemens, L'Orange). Главное отличие системы Common Rail от классической заключается в том, что топливо подается в форсунки не непосредственно от топливного насоса, а от общего привода – топливной рампы. Топливная рампа (топливный аккумулятор) представляет собой толстостенный цилиндрический сосуд, способный выдерживать высокое давление, создаваемое топливным насосом. Рампа поддерживает постоянное топливное давление, используя насос системы подачи топлива и регулятор давления, и каждая форсунка соединена с топливопроводом с рампой.

В нужный момент блок управления формирует управляющий сигнал на электромагнитный (или пьезоэлектрический) клапан форсунки, она открывается и топливо впрыскивается в цилиндр [1].

Главной отличительной особенностью системы Common Rail является

разделение процессов создания давления и впрыска топлива, что позволяет получить ряд преимуществ в эксплуатации. Применение данной системы позволяет снизить расход топлива, токсичность выхлопных газов, уровень шума дизельного топлива, а также значительно улучшить его динамические характеристики. По сравнению с обычным дизелем, Common Rail снижает расход топлива до 50% при одновременном снижении выбросов выхлопных газов и уровня шума на 15%.

Основным преимуществом системы Common Rail является возможность управления через компьютер (электронный блок управления), что позволяет осуществлять широкий диапазон регулирования количества и времени начала впрыска топлива. Система впрыска Common Rail конструктивно формирует контур высокого давления топливной системы классического дизельного двигателя. Система использует прямой впрыск топлива, т. е. дизельное топливо впрыскивается непосредственно в камеру сгорания.

Система Common Rail включает топливный насос высокого давления, топливный дозирующий клапан, регулятор давления топлива (обратный клапан), топливную рампу и форсунки. Все элементы совмещают топливопроводы [5].

Поскольку давление впрыска не зависит от частоты вращения двигателя и нагрузки, давление и продолжительность впрыска могут быть свободно выбраны в широком диапазоне значений.

Кроме того, можно применять предварительный впрыск (или многократный впрыск), регулируемый в зависимости от потребностей двигателя, что приводит к значительному снижению шума двигателя наряду с улучшением процесса горения и уменьшением выброса вредных веществ с выхлопными газами.

В целях повышения эффективности работы двигателя в системе Common Rail реализован многократный впрыск топлива в течение одного цикла работы двигателя. Различают: предварительный впрыск, основной впрыск и дополнительный впрыск.

Предварительный впрыск небольшого количества топлива производится перед основным впрыском для повышения температуры и давления в камере сгорания, тем самым ускоряется самовоспламенение основного заряда, снижение шума и токсичности отработавших газов. В зависимости от режима работы двигателя производится:

- два предварительных впрыска на холостом ходу;
- один предварительный впрыск – с повышенной нагрузкой;
- предварительный впрыск не производится – при полной нагрузке;
- основной впрыск обеспечивает работу двигателя при частичных и номинальных нагрузках.

Дополнительный впрыск производится для повышения температуры отработавших газов и сгорания частиц сажи в сажевом фильтре [4].

Использование системы электроснабжения Common Rail в дизельных двигателях вместо классической системы электроснабжения дает значительное

увеличение мощности и эффективности двигателя. Снижение расхода топлива, шума, выброса вредных веществ наряду с увеличением динамических параметров достигается возможностью компьютерного управления всеми процессами впрыска, что невозможно осуществить в традиционных энергосистемах, даже самых сложных и совершенных.

К существенным недостаткам Common Rail можно отнести сложность технического обслуживания, требующего использования специального оборудования для испытания системы. Поэтому, если автомобиль эксплуатируется в условиях ограниченного технического обслуживания низкого уровня, безопаснее использовать классическую энергосистему.

Следует отметить, что система электроснабжения Common Rail подвергает моторное масло значительным тепловым нагрузкам. Благодаря более интенсивному горению поршневая головка нагревается гораздо больше, чем классический дизельный двигатель. Если поршневая головка классического дизельного двигателя прямого впрыска нагревается до 315-360 °С, то при работе с системой Common Rail – более 400 °С.

В результате моторное масло сгорает и окисляется гораздо интенсивнее. По этой причине синтетические или моторные масла должны использоваться в системе дизельной смазки впрыска Common Rail [3].

Усовершенствование системы Common Rail осуществляется по пути повышения давления впрыска, поскольку, чем выше давление в системе в момент впрыска, тем больше топлива успевает попасть в цилиндр за равный промежуток времени и реализовать большую мощность двигателя. Помимо этого, впрыск под высоким давлением обеспечивает высокое качество распыливания форсункой топлива, что благотворно сказывается на процессах смесеобразования и сгорания. В современных двигателях повышение давления впрыска ограничивается прочностью топливного аккумулятора (рампы) и топливопроводов высокого давления. Тем не менее, за пятнадцать лет инженерным решениям удалось увеличить давление на впрыск более чем наполовину – в современных дизелях с системой Common Rail оно достигает 230 МПа и даже больше [2]. Система Common Rail на сегодняшний день считается одной из самых надежных. Эта система используется на большинстве дизельных автомобилей европейского производства. Несмотря на свою сложность, она имеет огромный потенциал.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грехов Л. В. Аккумуляторные топливные системы двигателей внутреннего сгорания типа Common Rail. – Издательство МГТУ, 2000. – 64 с.
2. Жосан А. А., Головин С. И., Ревякин М. М. Лабораторный практикум по технической эксплуатации автомобилей. Раздел диагностика. – Орел: Изд-во Орел ГАУ, 2015. – 272 с.
3. Жосан А. А., Головин С. И., Ревякин М. М. Лабораторный практикум по технической эксплуатации автомобилей. Раздел Техническое обслуживание. – Орел: Изд-во Орел ГАУ, 2015. – 272 с.

4. Персональный сайт преподавателя Гончарова О. Г. КГБПОУ «Каменский агротехнический техникум» [Электронный ресурс] URL: http://k-a-t.ru/dvs_pitanie/60-dizel_2_common_rail/.

5. Сетевой научный журнал Орел ГАУ [Электронный ресурс] URL: [http://www.orelsau.ru/science/online-journal/files/2\(7\)-2016.pdf](http://www.orelsau.ru/science/online-journal/files/2(7)-2016.pdf).

ЭЛЕКТРОПРИВОД АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДВЕРИ МИКРОАВТОБУСА

М. Р. Санатуллин, студент гр. ЭАбд-22

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Автоматические двери для микроавтобусов имеют ряд некоторых преимуществ. Кроме того, что они весьма удобны в использовании, автоматические двери еще и обладают неким фактором безопасности. Связано это с тем, что высадка и посадка пассажиров находится под полным контролем водителя авто. Автоматический привод позволяет открывать и закрывать двери всегда с одинаковой силой. Поэтому отпадает необходимость рассчитывать силу закрытия двери, а это в свою очередь уменьшает износ дверного замка и ручек в разы. В случае аварийной ситуации есть возможность открыть дверь вручную, так как она оборудована системой аварийного обесточивания, что в свою очередь, исключает блокировку двери. При желании, двери могут быть оснащены фотоэлементами, для того, чтобы пассажира с чрезвычайной ситуации не зажало [1]. В зависимости от передаточного устройства приводы автоматических дверей делятся на два вида: Реечный привод и шнуровой привод. В качестве передаточного устройства в реечном приводе используется рейка и маховик. Они предназначены для частных микроавтобусов с малой интенсивностью использования. Их привилегия в том, что установка проходит весьма оперативно, не более 3-4 часов. Невысокая стоимость делает автоматические двери более доступными для среднестатистического населения. И самое главное, что стоит отметить, реечный привод универсален, он подходит почти ко всем типам и моделям микроавтобусов. Реечный зажим безопасен, благодаря таким характерным чертам: зубцы рейки привода не торчат; крышки привода покрыты защитным слоем пластика; при необходимости вы можете передвинуть дверь рукой; есть возможность аварийного открывания, как говорилось ранее; анти зажим позволит избежать травм и дискомфорта.

Шнуровой привод спроектирован специально для работы в общественном транспорте, а точнее в маршрутных такси. Так как в шнуровом приводе передаточным устройством является трос, находящийся внутри, его установка занимает больше времени, чем реечного, но также подходит почти на все модели и виды микроавтобусов.

Преимущества данного привода – это большой ресурс работы, то есть до 1 000 000 циклов без замены деталей (в большинстве случаев). Возможность

работы с высокой интенсивностью тоже можно назвать весомым плюсом, особенно для маршруток и автобусов. Автомобиль может открывать-закрывать двери с интервалом 30 сек. Нужно подбирать двери к авто с полным соответствием требованиям безопасности ЕЭКОН № 52. Абсолютная невидимость в салоне автобуса тоже весомый плюс. Удобство управления: дверь открывается от кнопок управления, может открываться вручную как из салона, так и вручную [2].

Основой электропривода автоматической двери является малоинерционный плоскочастотный двигатель постоянного тока.

Дисковый якорь с печатной обмоткой выполняется в виде тонкого диска из изоляционного материала, на обе стороны которого наносятся соединяющиеся между собой части плоской обмотки. Проводники секций выполняются из медной фольги, с трех сторон окруженной воздухом. Изоляцией между отдельными проводниками обмотки якоря служит материал диска.

Дисковый якорь вращается между полюсами, создающими поток, направленный аксиально в воздушном зазоре. К печатной обмотке якоря посредством щеток, скользящих по неизолированным поверхностям проводников секций якоря, подводится напряжение. В результате взаимодействия тока проводников обмотки якоря с магнитным полем полюсов создается вращающий момент, так же, как и в обычном двигателе постоянного тока.

Эти двигатели не имеют коллектора и щеток, что обеспечивает их более надежную работу в условиях тряски, вибрации, резко изменяющихся температур, при высоких частотах вращения, достигающих десятков и сотен тысяч оборотов в минуту, и значительно повышает срок службы[3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Привод автоматических дверей [электронный ресурс]. URL: <http://www.ador.su/ru/press-center/press/avtomaticheskaja-dver-dlja-mikroavtobusov>.
2. Автоматические двери для микроавтобусов [электронный ресурс]. URL: <http://komtransp.ru/obzoryi/avtomaticheskie-dveri-dlya-avtobusov-mikroavtobusov>.
3. Кацман М. М. Электрические машины автоматических систем. – Высшая школа, 1979. – 264 с.

ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЯ (ESP)

П. В. Слышев, студент гр. ЭАбд-21

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Занос является одной из основных причин дорожно-транспортных происшествий. Международные исследования показывают, что, по меньшей мере, 40% всех смертельных дорожно-транспортных происшествий вызвано

заносом. ESP может предотвратить до 80% всех последствий заноса во время движения. ESP видит, что занос является неизбежным и очень быстро вмешивается. Водитель остается под контролем транспортного средства и не попадает в занос, при условии, что физика движения не нарушена. ESP всегда активен. Микрокомпьютер контролирует сигналы от датчиков ABS и проверяет 25 раз в секунду, соответствует ли рулевое управление фактическому направлению движения автомобиля. Если автомобиль движется в другом направлении, ESP обнаруживает критическую ситуацию и реагирует сразу – независимо от водителя. Система использует тормозную систему транспортного средства, чтобы «направить» автомобиль в нужную сторону. Благодаря этим выборочным вмешательствам торможения ESP генерирует желаемую противодействующую силу, так чтобы автомобиль двигался, как предполагает водитель. ESP не только управляет колесами автомобиля, но также может вмешаться в управление двигателем, чтобы ускорить ведомые колеса. Таким образом, в рамках физики автомобиль безопасно держится на нужном направлении.

Система состоит из:

- гидравлический блок с присоединенным блоком управления (ABS). Гидравлический блок выполняет команды от блока управления и регулирует давление в тормозах через электромагнитные клапаны. Гидравлический блок представляет собой соединение между главным цилиндром и колесными цилиндрами. Он расположен в моторном отсеке;

- датчик частоты вращения. Блок управления использует сигналы от датчиков скорости колеса для расчета скорости колес. Используются два разных принципа работы: пассивные и активные датчики скорости вращения колеса (датчики индуктивности и холла). Оба измеряют скорость колеса бесконтактным способом через магнитные поля. В настоящее время в основном используются активные датчики. Они могут определить, как направление вращения, так и остановку колеса;

- датчик угла поворота рулевого колеса. Задачей датчика угла поворота рулевого колеса является измерение положения рулевого колеса. Из угла поворота, скорости транспортного средства и требуемого давления торможения или положения педали акселератора рассчитывается траектория движения автомобиля;

- датчик скорости и бокового ускорения. Датчик скорости регистрирует все движения транспортного средства вокруг его вертикальной оси, в сочетании со встроенным датчиком поперечного ускорения. Состояние транспортного средства можно определить и сравнить с траекторией движения;

- связь с управлением двигателем. Через шину данных блок управления ESP способен связываться с блоком управления двигателем. Таким образом, крутящий момент двигателя может быть уменьшен, если водитель слишком сильно разгоняется. Точно так же он может компенсировать чрезмерное скольжение ведомых колес, вызванное моментом двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пополов А. С. Солнечный транспорт. – М. : Транспорт, 1996. – 166 с.
2. Электромобиль: техника и экономика/ В. А. Щетина, Ю. Я. Морговский, Б. И. Центер, В. А. Богомазов. – Л : Машиностроение, 1987. – 253 с.

ВЕНТИЛЯТОР СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

А. А. Токмаков, студент гр. ЭАбд-21

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания разделились на две ветки в процессе своего развития: воздушное охлаждение и жидкостное охлаждение [1].

Гибридная система охлаждения почти полностью заменила воздушное охлаждение в производстве серийных автомобилей. Вентилятор охлаждения позволяет принудительно охлаждать двигатель и радиатор гибридной жидкостной системы охлаждения.

Вентилятор радиатора может отличаться в дизайне привода. Существующие типы делятся на: механические; гидромеханические; электрические.

Механический привод. Такой привод представляет собой конструкцию, которая является, по сути, постоянным приводом от коленчатого вала силовой установки. Такой привод является простейшим и реализован при помощи ременной передачи. Основным недостатком механического привода является отбор мощности у агрегата, которая расходуется на обеспечение постоянного вращения вентилятора. Сегодня механический привод практически не используется в системах охлаждения на гражданских авто [2].

Гидромеханический привод. Этот тип привода – это решение, которое реализуется путем установки вязкой муфты или гидравлической муфты. Муфта может быть частично или полностью заблокирована повышающейся температурой жидкости, в которую она заполнена. Такая наполняющая жидкость представляет собой силикон. Повышение температуры происходит в результате увеличения частоты вращения двигателя и увеличения нагрузки на двигатель. Муфта блокируется, и охлаждающий вентилятор начинает вращаться. Гидравлическое соединение отличается в соответствии с принципом устройства от вязкой муфты и блокируется в зависимости от количества масла, которое находится в муфте.

Электрический привод. Активная разработка и внедрение электронных устройств управления и контроля для различных систем во время работы двигателя привела к появлению вентилятора радиатора с электроприводом. Этот привод имеет отдельный электродвигатель и собственную систему управления. Контроллер позволяет установить интенсивность импеллера и гибко изменить скорость и длительность вентилятора на основе датчика

температуры. Датчик измеряет температуру охлаждающей жидкости в двигателе внутреннего сгорания. Это решение не только повысило эффективность, но и улучшило однородность охлаждения двигателя по сравнению с системами, основанными на использовании вязкой связи.

Электродвигатель вентилятора питается от бортовой сети автомобиля. Существующие решения следует разделить на: вентилятор с термическим выключателем; вентилятор с электронным блоком.

Машины на ранней стадии не имели никаких электронных блоков управления. Активация и выключение электродвигателя вентилятора системы охлаждения выполнялось с помощью теплового выключателя. Термовыключатель активируется при повышении температуры, но зависит от показаний охлаждающей жидкости охлаждающей жидкости в радиаторе. Устройство работает в узком температурном диапазоне.

Схема управления вентилятором намного сложнее в современных моделях с ДВС и включает в себя ряд элементов и исполнительных механизмов, среди которых основные: датчик температуры охлаждающей жидкости; компьютер; реле включения вентилятора; электродвигатель.

Датчик температуры измеряет температуру охлаждающей жидкости в блоке питания. Для более эффективного управления также задействованы дополнительные устройства.

Комплекс сигналов от датчиков передается в ЭБУ двигателя, который анализирует их и активирует реле вентилятора в нужный момент. Вентилятор работает ровно столько, сколько необходимо для достижения оптимального температурного индекса в зависимости от конкретной частоты вращения двигателя и нагрузки на ДВС.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://partm.ru/info/вентилятор-радиатора/>
2. <http://krutimotor.ru/ventilyator-sistemy-oxlazhdeniya/>

РАБОТА ЭЛЕКТРОСТЕКЛОПОДЪЕМНИКА

Е. А. Тураев, студент гр. ЭАбд-21

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Электростеклоподъемник – устройство в автомобиле, позволяющее закрывать боковые стекла дверей без усилий, нажатием на кнопку [1].

Считается, что впервые электрические стеклоподъемники появились на GeneralMotors Y-Job в 1940 году. А на моделях 1941 года они стали доступны массовому покупателю. Кроме Buick и Cadillac GM электрические стеклоподъемники можно было встретить и на роскошных моделях конкурентов-Packard,Chrysler и Lincoln.

В России электростеклоподъемники появились в 1945 году – на

автомобиле ЗиС-110 [2].

Когда стеклоподъемник работает в режиме подъема одной командой или одним касанием, окно перемещается в выбранном направлении, пока выключатель не изменит положение на обратное, что остановит мотор, или пока стеклоподъемник не получит сигнал от схемы двери. Проблема с движением «одним касанием» состоит в том, что если ребенок, например, окажется зажатым в окне, есть серьезный риск получить травму. Чтобы предотвратить это, используется свойство возврата. К якорю мотора крепится дополнительный коммутатор, который через две щетки передает сигнал, пропорциональный скорости вращения мотора. Если при закрытии окна будет обнаружено изменение скорости мотора ниже определенного порога, то стеклоподъемник реверсирует направление движения мотора, пока окно не будет полностью открыто. Подсчитав число полученных импульсов, стеклоподъемник может также определить положение окна. Это важно, поскольку стеклоподъемник не должен реверсировать направление, когда окно останавливается в закрытом положении. Для того чтобы стеклоподъемник запомнил положение окна, нужно выполнить инициализацию. Это делается просто путем включения мотора до полного открытия окна, и затем до полного закрытия. Если это не будет сделано, то функция «закрыть в одно касание» не будет работать.

В некоторых системах для определения скорости вращения мотора используются датчики на эффекте Холла. Другие системы контролируют ток, потребляемый мотором, и используют его значение как показатель скорости.

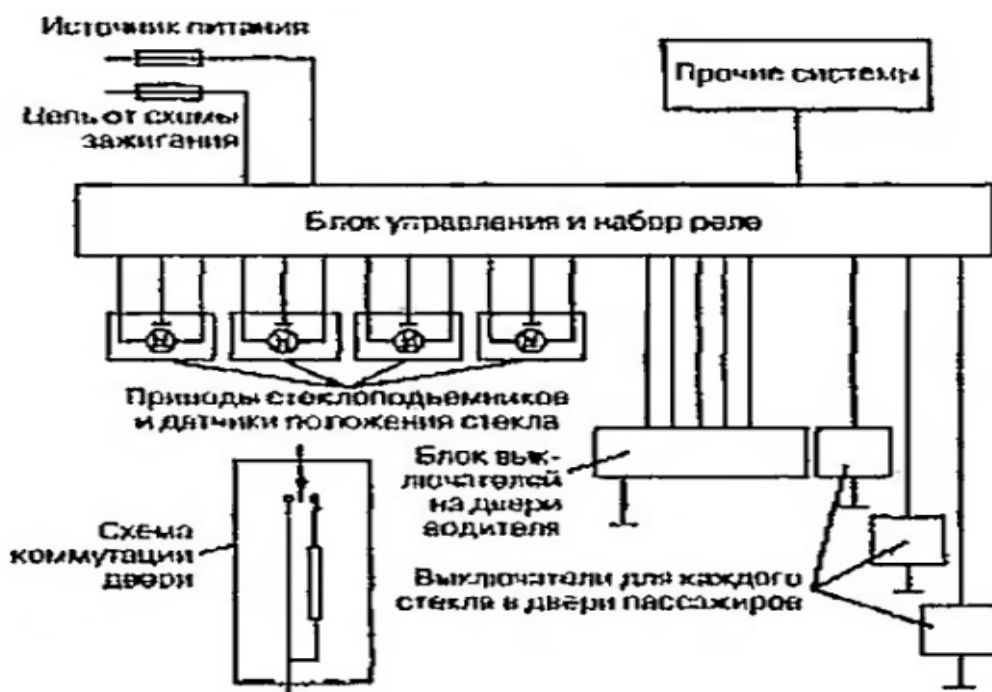


Рис.1. Схема управления электростеклоподъемниками

Функции «медленной блокировки» позволяет автомобилю быть полностью заблокированным с помощью одной команды дистанционного ключа. Это осуществляется с помощью связей между блоком управления

замком двери и блоком управления люком и стеклоподъемниками. По сигналу поочередно закрываются все окна, затем люк, и, наконец, запираются двери. Если требуется, будет установлен режим охраны. Окна закрываются поочередно, чтобы предотвратить чрезмерное потребление тока, которое имело место, если бы все стеклоподъемники заработали в одно и то же время [3]. Схема электростеклоподъемника и подключение его к блоку управления представлена на рис.1.

Наличие автоматического управления стеклоподъемниками в автомобиле способствует обеспечению: возможности автоматического отключения электродвигателя в стеклоподъемнике в момент обрыва его троса; самостоятельного отключения стеклоподъемника в случае короткого замыкания в цепи относящегося к нему электродвигателя; возможности осуществления программирования на частичное открытие стекол [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Электростеклоподъемник>.
2. <https://www.kommersant.ru/doc/296935>.
3. <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/sistemy-bezopasnosti-i-komforta/rabota-elektricheskogo-steklopod-emnika/>.
4. https://fastmb.ru/auto_shem/10-shema-avtomaticheskogo-steklopodemnika.html.

ИНВЕРТОР В ЭЛЕКТРОМОБИЛЕ

А. А. Чекалин, студент гр. ЭАбд-21

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Электрический автомобиль – это современный экологически чистый автомобиль. Несмотря на большую популярность двигателей внутреннего сгорания, будущее будет для машин, которые не загрязняют окружающую среду. Растущие цены на нефтепродукты заставляют нас думать об экономичном использовании автомобилей с двигателем внутреннего сгорания, растущий уровень шума в городах, производимых автомобилями, оказывает пагубное влияние не только на здоровье граждан, но и на окружающую среду [1]. Эти и многие другие причины привели к тому, что почти каждая ведущая автомобильная компания начала создавать свой электромобиль [2]. Качественное различие между электромобилем и автомобилем заключается в использовании асинхронного или синхронного трехфазного электродвигателя вместо традиционного бензинового двигателя. Для управления двигателем требуется определенная скорость и создание необходимого момента на валу. Для этого используются различные системы управления двигателем. Чтобы понять, какое место занимает электродвигатель в машине и как происходит контроль, рассмотрим структурную схему электромобиля, представленную на

рис. 1 на примере схемы автомобиля Mitsubishi i-MiEV [1].

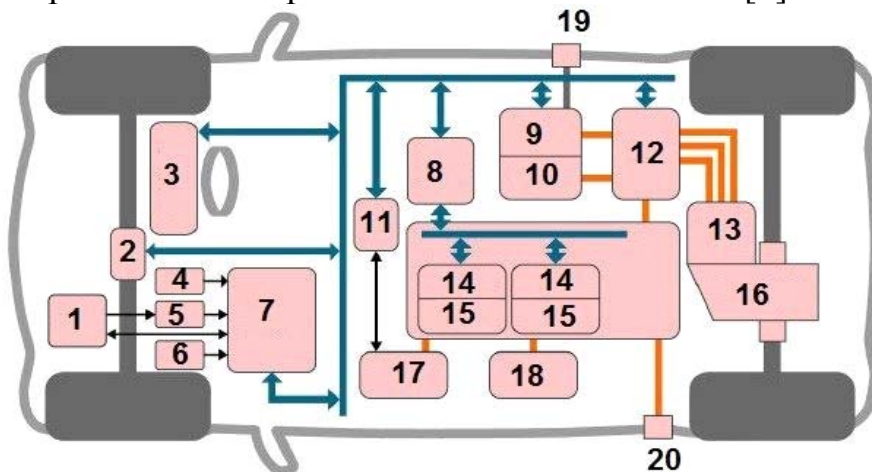


Рис. 1. Структурная схема автомобиля [1]

- 1- датчик давления в тормозной системе; 2- электроусилитель рулевого управления; 3- приборная панель; 4- датчик положения педали акселератора; 5- датчик положения педали тормоза; 6- датчик положения селектора переключения передач; 7- блок управления электромобилем; 8- блок управления аккумуляторной батареей; 9- бортовое зарядное устройство; 10- преобразователь постоянного тока; 11- блок управления кондиционером; 12- инвертор; 13- электродвигатель; 14- датчик уровня зарядки аккумуляторной батареи; 15- модуль аккумуляторной батареи; 16- трансмиссия; 17- компрессор кондиционера; 18- отопитель; 19- разъем для обычной зарядки; 20- разъем для быстрой зарядки.

Инвертор представляет собой электрическое устройство, которое преобразует электроэнергию, полученную из источника постоянного тока (постоянного тока) в переменный (переменный ток), который может использоваться для управления целой системы или отдельным устройством. Рассмотрим структуру инвертора, изображенную на рисунке 2.

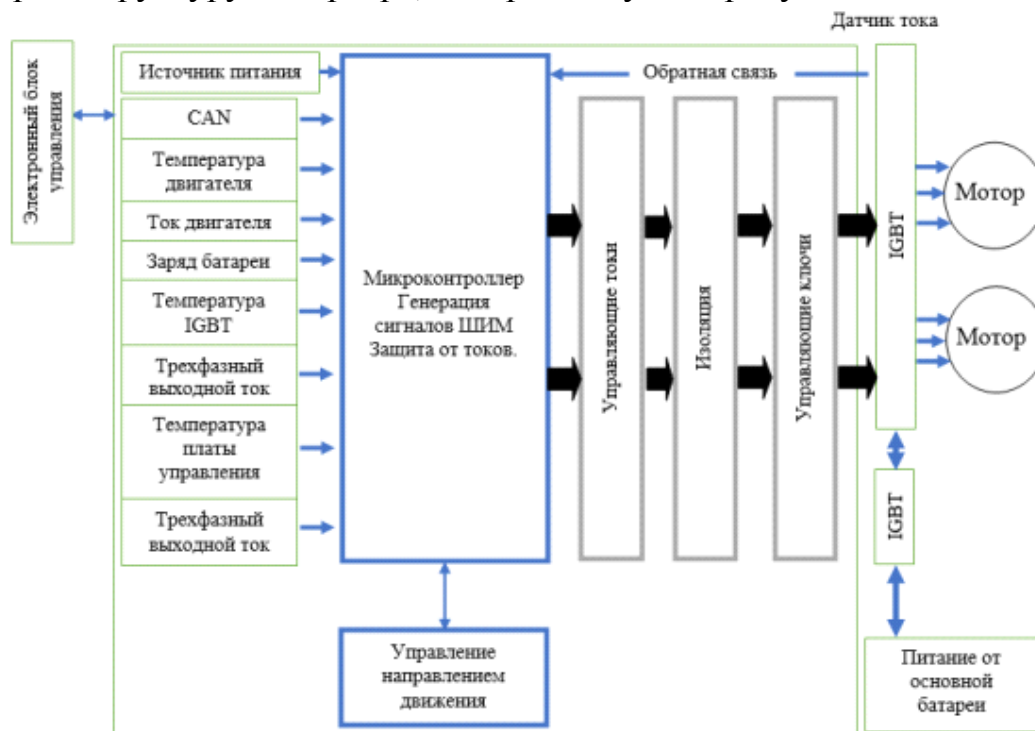


Рис. 2. Блок-схема инвертора [1]

Если говорить кратко и просто, то принцип инвертора заключается в следующем: постоянный ток от аккумуляторной батареи, подается на первичную обмотку трансформатора внутри корпуса инвертора. Через электронный переключатель (как правило, комплект полупроводниковых транзисторов) направление потока тока непрерывно и регулярно меняется (электрический заряд перемещается в первичную обмотку, затем резко меняет направление и течет обратно). Ввод/вывод потока электроэнергии вырабатывает переменный ток в цепи вторичной обмотки трансформатора. В конечном счете, это индуцированное электричество переменного тока обеспечивает необходимую мощность электрического тягового двигателя электромобиля.

Основными требованиями к системе управления электроприводом являются:

- плавное изменение скорости;
- стабильность автоматического регулирования скорости, установленная водителем (не менее 10%), это требование дает рациональное использование энергии в городских условиях;
- плавное управление тяговым и тормозным моментом во время ускорения и торможения, соответственно;
- автоматическое ограничение максимального крутящего момента и мощности на определенном уровне;
- ограничение тока зарядки для рекуперативного торможения с определенным уровнем заряда;
- возможность перемещения в режиме прокатки с последующим плавным ускорением или электрическим торможением.

На микроконтроллере частотного преобразователя выполняется программное обеспечение, которое управляет скоростью и моментом двигателя путем изменения частоты, напряжения, промежуточных токов в различных системах координат. Наиболее подходящим для системы управления электромобилем является система векторного управления с прямым контролем крутящего момента с таблицей включения. Отражая в таблице все возможные векторные состояния и увеличивая частоту итераций, вы можете получать статические и динамические характеристики, а также удовлетворять всем остальным требованиям, предъявляемым к системе. На этом этапе развития электромобилей эта система управления однозначно приведет к значительному увеличению стоимости системы управления и, следовательно, всего электромобиля, но в будущем, поскольку популярность электромобилей возрастает, эксперты прогнозируют, что цена будет снижаться, но качество управления останется на высоком уровне [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Варзаносов П. В. Выбор системы управления двигателем электромобиля // Технические науки в России и за рубежом: материалы VI Междунар. науч. конф. (г. Москва, ноябрь 2016 г.). – М.: Буки-Веди, 2016. – С. 50.
2. Варзаносов П. В. Анализ преимуществ и недостатков видов легкого

электротранспорта / В сборнике: Технические науки: проблемы и перспективы
Материалы IV Международной научной конференции, 2016. – С. 89-90

3. <http://toshiba.semicon-storage.com/ru/application/automotive/ecology/hev-ev.html> (дата обращения 8.04.2018).

РАБОТА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Э. Г. Мартиросян, студентка гр. ЭАбд-21

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Электромобиль – автомобиль, приводимый в движение одним или несколькими электродвигателями с питанием от автономного источника электроэнергии, а не двигателем внутреннего сгорания[1].

Такой электромобиль должен иметь низкий расход энергии, облегченные ходовую часть и кузов, высокую надежность, достаточный комфорт, быть несложным в управлении [2].

Электромобили меньше загрязняют окружающую среду, чем аналогичные автомобили с бензиновым двигателем. Они приводятся в движение с помощью электрических моторов. В большинстве случаев электромобили создаются путем доработки автомобиля с двигателем внутреннего сгорания (ДВС). Электромобили отличаются бесшумностью и высоким запасом прочности за счет отсутствия трения в трансмиссии. Если заглянуть под капот, то у автомобилей с ДВС и электромобилей достаточно различий. Двигатель электромобиля получает питание от контроллера, который подключен к аккумуляторным батареям[1].

Один из электромобилей начал свою жизнь в 1994 году как бензиновый и назывался Geo Prism. Рассмотрим изменения, которые произвели инженеры, чтобы сделать из классического автомобиля с ДВС электромобиль:

- был удален бензиновый двигатель вместе с глушителем, катализатором, выхлопной трубой, бензобаком и сцепление. Осталась коробка передач с постоянно включенной второй передачей, которая соединялась с двигателем переменного тока с помощью адаптера;

- пятьдесят 12 вольтовых свинцово-кислотных аккумуляторов размещаются в полу электромобиля, разделенном на два отсека по 25 штук, создающие напряжение 300 вольт;

- были добавлены электродвигатели, для тех узлов, которые раньше приводились в движение от бензинового двигателя: водяной насос, насос гидроусилителя руля и кондиционера. Также был добавлен вакуумный насос, необходимый для работы тормозов;

- переключатель коробки передач был заменен на двухпозиционный переключатель, имеющий положение вперед и назад;

- для поддержания заданной температуры в салоне был добавлен

небольшой электрический нагреватель;

- было добавлено зарядное устройство для подзарядки батареи, на самом деле этот автомобиль имеет две цепи зарядки от 120 вольт и от 240 вольт, а также панель для индуктивной зарядки – Magna;

- датчик топлива был заменен вольтметром, который отслеживал напряжение на аккумуляторах.

Остальные части машины остались без изменений и процесс вождения остался таким же.

Рассмотрим некоторые статистические моменты:

- максимальная скорость автомобиля может достигать 80 км/ч;
- разгон до 60 км/ч за 15 секунд;
- для подзарядки автомобиля после 80-километровой поездки необходима энергия 12 киловатт-часов;

- вес батареи составляет около 500 кг;

- срок службы батареи составляет 3-4 года.

Подзаряжать электромобиль приходится самыми необычными способами, одни умудряются возить с собой небольшой генератор, другие же просят подзарядиться в обычном магазине или кафе. Но все же сеть понемногу развивается и через 5 лет планируют установить не меньше станций подзарядки, нежели автозаправочных станций, к тому же сами АЗС подумывают о наличии такой услуги.

Содержать электромобиль выходит дешевле, чем заправлять обычный автомобиль топливом. По словам специалистов и владельцев электромобилей, себя он окупит от 3 до 5-ти лет, при этом техобслуживание самое элементарное: замена масла, замена покрышек и мелких расходников. Особенно выгодным электромобиль будет для водителей, дистанция поездки которых составляет не более 5-10 километров. Можно сказать, это будет идеальный вариант сочетания комфорта, качества и экономии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пополов А. С. Солнечный транспорт. – М. : Транспорт, 1996. – 166 с.
2. Электромобиль: техника и экономика/ В. А. Щетина, Ю. Я. Морговский, Б. И. Центер, В. А. Богомазов. – Л: Машиностроение, 1987. – 253 с.

АНТИБЛОКИРОВАЧНАЯ СИСТЕМА ABS

Р. Р. Айзатуллов, студент гр. ЭАбд-21

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

ABS, или АБС – это антиблокировочная система, предотвращающая блокировку колес во время торможения. Если при торможении одно или несколько колес автомобиля заблокируются и начнут скользить по поверхности, АБС уменьшит давление в соответствующей тормозной магистрали, и колесо

снова начнет вращаться. Если педаль тормоза будет постоянно и сильно нажата, этот процесс блокировки-разблокировки колеса будет продолжаться непрерывно до конца торможения, и может осуществляться несколько раз в секунду. АБС – это отличный помощник для водителя, особенно для новичка, но нужно знать, что она помогает в управлении машиной, а не управляет ею, поэтому не нужно полностью полагаться на эту систему. В наше время АБС представляет собой более сложной электронной системой торможения, которая способна включать в себя такие элементы как: противобуксовочная система электронного контроля устойчивости и система помощи при внезапном торможении.

Первую, работоспособную АБС изобрели немцы. Кроме Bosch, с 1964 года работу над созданием АБС начала компания Teldix GmbH. Ее инженер Гейнц Либер разработал первоначальные основы будущей АБС. Позже он возглавил отдел электрики и электроники концерна Daimler-Benz и в 1970 году Daimler-Benz объявил о создании первых работоспособных АБС. Система под названием «ABS 1» состояла из электронного контроллера, датчиков скорости, установленных на каждом колесе, и двух или более гидравлических клапанов в тормозном контуре. Система работала от данных о разности скоростей вращения разных колес: если они вращались с разной скоростью, то контроллер, отмеряя тормозное усилие, балансировал скорость вращения. После этого система давала возможность повысить тормозное усилие[1]. В середине 1970-х годов АБС начали устанавливать опционально (по желанию покупателя и за дополнительную плату) на автомобили представительского класса, а с 1978 года штатно на двух немецких автомобилях – Mercedes Benz W116 (S-класс) [1] и BMW 7-й серии, причем стоимость системы в то время составляла примерно 10% от стоимости всего автомобиля [2]. С июля 2004 года каждый новый автомобиль, продаваемый в странах Евросоюза, должен был иметь систему АБС в стандартной комплектации.

Элементы антиблокировочной системы состоят из 3 элементов: блок управления, который получает сигналы от датчиков и управляет работой клапанов; датчики скорости, установлены на ступицах колес транспортного средства; управляющие клапаны, которые представляют собой элементами модулятора давления, установленные в магистрали основной тормозной системы;

Существуют три основных фаз работы АБС:

1. Сброс давления в тормозном цилиндре.
2. Постоянное поддержание давления в цилиндре.
3. Увеличение давления в тормозном цилиндре до определенного уровня.

Кроме обычного есть и другие типы АБС:

1. В трехканальном АБС имеется три датчика скорости: один установлен на заднем мосту, а два других на передних колесах. Поэтому и гидроблок будет иметь три пары клапанов. Принцип работы данного типа АБС заключается в контроле каждого из колес (передних и задних).

2. В двухканальном АБС работает контроль попарных колес, расположенных по одному борту.

3. В одноканальном АБС на заднем мосту имеется датчик, который регулирует тормозное усилие на все колеса в одно время. В этой системе имеется одна пара клапанов, и размер давления одинаково изменяется по контуру.

В результате можно сказать, что разница между ними только в количестве клапанов и, соответственно, датчиков скорости, но принцип работы аналогичен для всех типов АБС [3].

Данная система имеет ряд преимуществ:

- возможность выполнить торможение не только на входе в поворот, но и на его дуге;
- возможность осуществлять одновременно и торможение, и маневрирование;
- мгновенная реакция на блокировку колес при торможении;
- освобождает вас от сложных приемов торможения, эта система все сделает необходимое за вас.

Но, несмотря на достоинства, существуют и недостатки:

- вы не можете знать, где именно произойдет остановка, ведь за это отвечает система;
- вначале возможна маленькая задержка, связанная с тестированием дорожной поверхности, но это может привести неопытного водителя в панику;
- могут возникнуть проблемы с торможением на рыхлой поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. ABS – 30 лет на страже жизни // За рулем. – М. : 2008. – №4. – С. 24.
2. Аксенова М. Д. Техника. – М. : Аванта+, 2000.

БОРТОВОЙ КОМПЬЮТЕР

Д. С. Вальков, студент гр. ЭАбд-22.

Научный руководитель-доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Бортовой компьютер – компьютер, находящийся на борту какого-либо транспортного средства – судна, автомобиля или иного автономного оборудования и управляющий его работой.

Бортовые компьютеры можно разделить на две основные группы.

- **Узконаправленные.** К ним относят компьютеры, способные выполнять какую-то конкретную функцию. К примеру, измерять расход топлива, показывать время и влиять на какие-то электрические системы автомобиля.

– **Универсальные.** К ним относятся специальные устройства, имеющие возможность выхода в интернет. При помощи них, можно определить свои географические координаты, погоду и получать различные данные о ситуациях на дороге.

Типы бортовых компьютеров: маршрутный, сервисный, управляющий. Как правило, бортовой компьютер совмещает в себе не только устройство, способное обнаруживать неисправность, но и диагностический сканер, который может делать заключения на основании данных, поступивших от датчиков и ускорять процесс диагностики или ремонта. Бортовой компьютер можно встретить на инжекторных, дизельных, но никак не карбюраторных ДВС. Так повелось, что бортовым компьютером, автомобилисты чаще всего именуют самый обыкновенный маршрутный компьютер или диагностический автосканер [2]. Универсальный бортовой компьютер прекрасно совмещает в себе многофункциональность, т. к. может работать как бортовик, DVD-проигрыватель, а также выполнять функцию GPS-навигатора. В некоторых моделях автомобилей универсальный бортовой компьютер дополнен датчиками, которые входят в состав системы парктроников или системы управления зажиганием, форсунками, обеспечения экономичности [2].

Функции и задачи бортового компьютера

– Прибор контролирует все рабочие узлы транспортного средства и в случае неисправностей выводит на специальное табло определенный код ошибки, который указывает на конкретную поломку.

– Чтобы сохранить безопасность и предотвратить создание аварийной ситуации на дороге мультитроник имеет пятнадцать разработанных голосовых сигналов, предупреждающих водителя об опасности.

– Имеет специальную функцию, которая следит за тем, какого качества топливо заливается в бак. Предотвращает неисправности основных механизмов и систем.

– Прибор снабжен функцией «эконометра», что позволяет контролировать количество расходуемого топлива, и помогает выбрать наиболее благоприятный стиль вождения, с целью сэкономить финансовые средства.

– Записывает приоритетную скорость, расстояние и другие статистические данные автомашины, что бы распланировать денежные затраты на содержание транспортного средства.

– Имеется шестьдесят протоколов для инжекторных и дизельных автомобилей, что позволяет легко установить маршрутный компьютер.

Бортовой компьютер очень удобная вещь в повседневной жизни, с помощью него мы можем контролировать работу нашего автомобиля, однако есть и минусы. В случае выхода из строя этой центральной компьютерной системы, владелец автомобиля в один миг лишится всего: средств связи, мультимедийной системы, средств диагностики, системы спутниковой навигации, а также аварийной сигнализации неисправностей.

Электронный блок управления

Управление двигателем является наиболее интенсивной работой бортового компьютера в автомобиле, и блок управления двигателем (ЭБУ) является самым мощным компьютером на большинстве автомобилей. ЭБУ использует контроль с обратной связью – схему управления, которая анализирует выходные данные работы двигателя для управления им же, контролируя выбросы и экономию топлива двигателя (а также множество других параметров). Собирая данные из десятков различных датчиков, ЭБУ знает все, начиная от температуры охлаждающей жидкости до количества каждого вещества в выхлопных газах. С помощью этих данных он выполняет миллионы вычислений каждую секунду, в том числе анализ значений в таблице данных о работе двигателя, расчет результатов длинных уравнений, принятие решения о лучшем времени подачи искры и определении того, как долго топливный инжектор должен быть открыт. ЭБУ делает все это для обеспечения самого низкого показателя выбросов и лучшего пробега на одном топливном баке [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Опарин И., Купеев Ю., Белов Е. Электронные системы зажигания. – М. : Машиностроение, 2004.
2. Юшин А. М. Цифровые микросхемы для электронных устройств. Справочник. – М.: Высшая школа, 2003.

УСТРОЙСТВО АВТОМОБИЛЬНОЙ ЛЕБЕДКИ

П. С. Сергеев, студент гр. ЭАбд-21

Научный руководитель – доцент кафедры «ЭП и АПУ»

М. В. Петрова

Лебедки состоят из следующих основных механизмов: тяговый барабан, на который наматывается трос, понижающий редуктор, предохранительное устройство, тормозное устройство.

Тяговые барабаны располагают чаще всего горизонтально и поперек продольной оси ТС, реже – вертикально. На барабане размещается запас троса длиной 50... 100 м. Трос укладывают на барабан вручную или тросоукладчиком. Вертикально расположенные барабаны имеют меньшую длину, но больший диаметр по сравнению с горизонтально расположенными барабанами. Увеличенный диаметр барабана способствует большему сроку службы троса, так как в этом случае он подвержен меньшим деформациям при наматывании и сматывании, а уменьшенная длина предохраняет трос от спутывания. Это позволяет не применять тросоукладчиков. В качестве понижающего редуктора используют преимущественно червячный редуктор с большим передаточным числом, что обеспечивает при его небольших размерах высокие значения тяговых усилий на тросе.

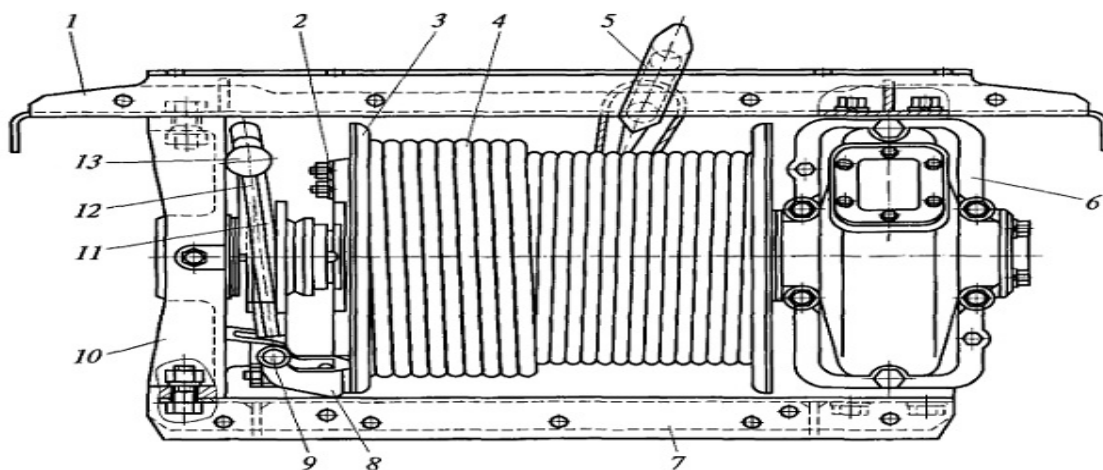


Рис. 1. Тяговый барабан

Предохранительное устройство предназначено для ограничения максимального тягового усилия лебедок, которое обычно составляет 0,5-0,8 полного веса машины. Роль такого устройства выполняет предохранительный штифт или предохранительная муфта. При возникновении на тросе лебедки усилия, превышающие допустимые, штифт срезается (или муфта выключается), и лебедка перестает действовать.

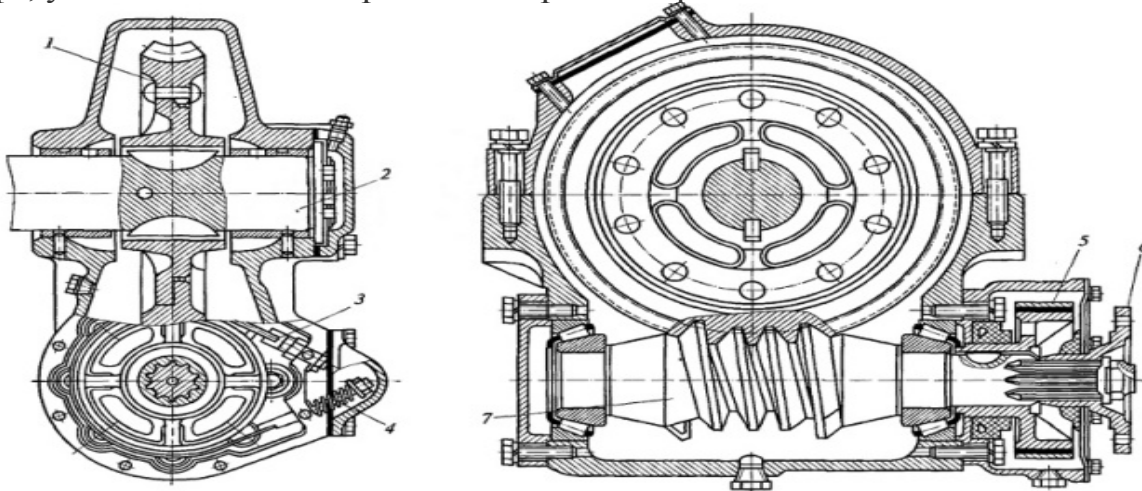
Автоматическое тормозное устройство предназначено для исключения возможности сматывания троса с барабана под нагрузкой при отключенном приводе лебедки. На колесных ТС для этой цели используются ленточные тормозные механизмы, на гусеничных – как ленточные, так и винтовые тормозные механизмы дискового типа. Привод лебедок осуществляется карданными валами от коробок отбора мощности ТС. Обычно лебедки имеют две скорости движения троса: высокую – при сматывании троса с барабана и низкую – при наматывании. Это достигается за счет различных значений передаточных чисел в приводе лебедки. На колесных ТС чаще всего применяют лебедки с горизонтальными барабанами, которые устанавливают в передней, задней и средней частях несущих систем машин. При переднем расположении лебедки с ручной укладкой троса обеспечивается хороший доступ к ней и упрощается ее привод. Если лебедка расположена в средней части ТС (между кабиной и грузовой платформой), то можно использовать барабан большой длины с тросо-укладчиком. Подача троса может осуществляться вперед и назад. Однако при таком расположении лебедки ее привод усложняется, сокращается длина грузовой платформы, а масса лебедки возрастает.

Лебедки, расположенные в задней части колесного ТС, оснащены тросо-укладчиком и обеспечивают подачу троса назад. Лебедки колесных транспортных средств в основном сходны между собой. Разницу обуславливают их габаритные размеры, характеристики и некоторые конструктивные особенности.

На рисунке представлена лебедка с горизонтальным барабаном, устанавливаемая в передней части колесного ТС. Лебедка состоит из барабана, червячного редуктора, механизма включения барабана и тормоза. Вращающийся

момент от коробки отбора мощности передается через карданную передачу на редуктор лебедки, представляющий собой червячную глобоидальную пару, состоящую из однозаходного червяка и червячного колеса с бронзовым венцом. Затем вращающий момент передается через механизм включения с оси червячного колеса на барабан и преобразуется на нем в тяговое усилие на тросе.

Соединение барабана с валом червячного колеса осуществляется муфтой с торцевыми кулачками, которые входят в зацепление с кулачками на торцевой части барабана. Муфта перемещается с помощью рычага при повороте его рукоятки. В рукоятке имеется палец-фиксатор с пружиной, который удерживает рычаг в одном из двух положений: барабан включен или выключен. При выводе муфты из зацепления с барабаном колодка тормоза барабана, установленная шарнирно на оси, прижимается с помощью пружины коротким плечом рычага к обработанной наружной торцевой поверхности барабана и притормаживает его. Предохранительным устройством в лебедке служит штифт, установленный в карданной передаче привода.



В качестве тормозного устройства применяется тормоз червяка редуктора ленточного типа. Барабан тормоза установлен на ведущем валу редуктора. Его охватывает стальная лента с фрикционной накладкой, один конец которой закреплен на картере редуктора жестко, а другой оттягивается пружиной, прижимающей ленту к барабану.

Тормоз червяка работает следующим образом. При наматывании троса на барабан ведущий вал редуктора вращается по часовой стрелке. Лента тормоза, увлекаемая силой трения, сжимает пружину и отходит от большей части барабана тормоза. Сила трения между лентой и барабаном при этом небольшая, и вал редуктора легко вращается.

При срезании предохранительного штифта ведущий вал редуктора начнет вращаться в обратную сторону с большой скоростью. Лента тормоза, жестко прикрепленная одним концом к картеру, под действием силы трения затянется, вал редуктора затормозится, и сматывание троса с барабана лебедки прекратится. При небольшой частоте вращения вала редуктора незначительное усилие торможения, создаваемое автоматическим тормозом, не препятствует разматыванию троса, которое можно осуществлять как вручную, так и при

включенной передаче в коробке отбора мощности на разматывание. Для разматывания вручную нужно выключить муфту включения барабана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Типы и устройство лебедок [Электронный ресурс] URL: http://www.liftcenter.ru/winch_classes.html
2. Лебедка. Конструкция и принцип работы. [Электронный ресурс] URL: <http://ustroistvo-avtomobilya.ru/bez-rubriki/lebedki/>

ТРЕБОВАНИЯ К ГАЗОВОМУ СОСТАВУ ВОЗДУХА В ОБЩЕСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

А. Д. Абулеев, студент гр. ТЭбд-31

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры
«Тепловая и топливная энергетика»

Ю. Е. Чамчиян

Газовый состав и качество воздуха

В настоящее время человек проводит в помещениях жилых и общественных зданий в зависимости от образа жизни и условий трудовой деятельности от 52 до 85% суточного времени. Поэтому внутренняя среда помещений даже при относительно невысоких концентрациях большого количества токсических веществ небезразлична для человека и может влиять на его самочувствие, работоспособность и здоровье.

В воздухе помещений могут содержаться различные загрязнители. В конечном итоге газовый состав воздуха помещений определяется газовым составом приточного атмосферного воздуха и веществами-загрязнителями, выделяющимися внутри помещений. Наличие атмосферного воздуха в суммарной химической нагрузке составляет 20-36 %.

Показателем чистоты воздуха закрытых помещений считается углекислый газ, так как его содержание отражает химический состав и физические свойства воздушной среды. Оптимальное содержание углекислого газа в воздухе помещения 0,1%. Вместе с тем малые концентрации углекислого газа не всегда свидетельствуют о чистоте воздуха. Они могут оставаться низкими при значительном загрязнении воздуха пылью, бактериями и вредными химическими веществами, выделяющимися из синтетических отделочных материалов. Для комплексной оценки загрязнения воздуха помещения, кроме содержания углекислого газа, используют интегральный показатель по органическим соединениям воздуха – окисляемость воздуха, а также ПДК химических веществ различного происхождения.

Углекислый газ (CO₂) относится к основным видам вредных выделений в жилых, общественных и производственных помещениях. Нередко отмечающиеся в закрытых помещениях духота и нехватка

кислорода в первую очередь связаны с повышением содержания в воздухе углекислого газа. В состоянии покоя организм человека поглощает около 20 л кислорода в час и выделяет примерно 20 л углекислого газа. Количество выделяемого углекислого газа зависит от возраста человека и характера выполняемой работы.

В воздухе помещений могут содержаться загрязнения бактериальной и химической природы. Они являются следствием физиологических обменных процессов человека, бытовых действий (приготовления пищи и сжигания газа в бытовых приборах). В воздух помещений может поступать также комплекс продуктов деструкции полимерных отделочных материалов и др. Наконец, газовый состав воздуха закрытых помещений определяется газовым составом приточного атмосферного воздуха и химическими веществами-загрязнителями, выделяемыми внутри помещений.

Основная причина загрязнения воздуха помещений жилых и общественных зданий – накопление таких газообразных продуктов жизнедеятельности человека (антропоксины), как углерода диоксид, аммиак, аммонийные соединения, сероводород, летучие жирные кислоты, индол и др.

В настоящее время установлено, что содержание углерода диоксида в воздухе помещений до 0,7% и даже 1% само по себе не способно неблагоприятно влиять на организм человека и что его накопление не всегда происходит параллельно с накоплением вредных веществ и запахов.

Вместе с тем незначительные концентрации углерода диоксида не всегда свидетельствуют о чистоте воздуха в помещении. Концентрация углерода диоксида может оставаться низкой при существенном загрязнении воздуха пылью, бактериями и вредными химическими веществами. Особенно в том случае, если при строительстве используют синтетические материалы, концентрация которых не всегда возрастает одновременно с увеличением содержания углерода диоксида.

Следовательно, для оценки воздушной среды и эффективности вентиляции закрытых помещений знать содержания только углерода диоксида недостаточно. На данном этапе этот показатель не способен служить эталоном качества воздушной среды закрытых помещений.

Другим критерием, характеризующим качество воздушной среды, является содержание в воздухе аммиака и аммонийных соединений. В результате детального изучения вредного влияния измененного воздуха помещений на организм человека установлена высокая активность аммиака и аммонийных соединений, поступающих с поверхности кожи человека.

Качество воздуха в помещениях жилых и общественных зданий обеспечивается согласно действующим нормативно-техническим документам, необходимым уровнем вентиляции (величиной воздухообмена в помещениях), обеспечивающим допустимые значения содержания углекислого газа в помещении. При сокращении воздухообмена обеспечивается снижение энергозатрат системой вентиляции, а также повышение энергоэффективности систем вентиляции. [1]

В Российской Федерации действует ГОСТ Р ЕН 13779-2007 [3].

Необходимый воздухообмен в помещении может быть определен двумя способами:

- на основе удельных норм воздухообмена;
- на основе расчета воздухообмена, необходимого для обеспечения допустимых концентраций загрязняющих веществ.

Расходы воздуха систем вентиляции, принимаемые для обеспечения качества воздуха, зависят от количества людей в помещении, их деятельности, технологических процессов (выделений загрязняющих веществ от бытовой и оргтехники, из строительных материалов, мебели и др.), а также от систем отопления и вентиляции.

Вентиляция общественных зданий

В вентиляции общественных зданий используют приточные и вытяжные системы, как по отдельности, так и совместно. Проектировка вентиляции общественных зданий должна соответствовать требованиям СНиП, и включать в себя расчеты самого разного характера, часто осложненные архитектурными особенностями рассматриваемых зданий.

Общественные здания выделяются на фоне других объектов большим разнообразием архитектурно-планировочных решений, потому систему вентиляции общественных зданий проектируют с учетом особенностей конструкции здания. На некоторых объектах ограничиваются лишь приточной вентиляцией, на других устанавливают только вытяжную, ну а в большинстве общественных зданий вентиляция представлена совмещенной системой (приток и вытяжка воздуха). К примеру, в зданиях научно-исследовательских организаций и административных учреждений оборудуют совмещенную систему вентиляции.

Из приточной системы вентиляции общественных зданий воздух подается непосредственно в вестибюли, кухни, обеденные залы, конференц-залы и другие подобные помещения. В свою очередь, самостоятельные вытяжные системы вентиляции обслуживают служебные помещения, холлы, коридоры, курительные комнаты, помещения с санузлами и кабинеты, площадь которых равняется, или больше 35 квадратных метров. Если площадь некоторых помещений в общественном здании составляет менее 35 квадратных метров, то наиболее рационально удалять из них воздух можно путем перетекания его в коридор. Если площадь помещений большая, то воздух необходимо удалять непосредственно из них. Однако применение рециркуляции в системе вентиляции общественных зданий ограничено соответствующими требованиями СНиП (Строительные нормы и правила) по проектированию различных зданий.

Проектирование систем вентиляции общественных зданий следует производить с учетом требований СНиП 21-01-97, СНиП 44-01-2003, СНиП 2.08.02-89, СНиП 2.09.04-87, СНиП 31-05-2003. Все схемы и решения должны быть изложены достаточно подробно в техническом задании на проектирование, и согласованы с заказчиком. Следует помнить, что в помещения без естественной вентиляции, в которых постоянно находятся или

работают люди, нужно предусматривать системы не менее чем с двумя вытяжными и двумя приточными вентиляторами. [2]

Заключение

Основными показателями воздушно-теплового комфорта помещений являются состав и чистота воздуха (качество воздуха) и параметры микроклимата, обеспечиваемые системами вентиляции и кондиционирования воздуха. Качество воздуха в помещении зависит от многих факторов: качества наружного воздуха; наличия в помещении источников загрязнений, мощности и расположения этих источников; способа и конструкции системы вентиляции и кондиционирования воздуха, способов управления.

Воздух в помещении не должен содержать загрязняющих веществ в концентрациях, опасных для здоровья человека или вызывающих дискомфорт. К подобным загрязнениям относятся: различные газы, пары, микроорганизмы, табачный дым и некоторые аэрозоли, например пыль. Загрязняющие вещества могут попадать в помещения вместе с наружным приточным воздухом, от источников загрязняющих веществ в помещении, в том числе продуктов жизнедеятельности людей, технологических процессов, мебели, ковров, строительных и декоративных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сазонов Э. В. Состав воздуха в помещениях: Учебное пособие. – Воронеж : Издательство ВГУ, 1991. – 188 с.
2. Ладыженский Р. М. Вентиляция в помещениях. – М.: Пищепромиздат, 1986. – 442 с.
3. ГОСТ Р ЕН 13779-2007 . [Электронный ресурс] – Режим доступа : URL: <http://www.vashdom.ru/gost/13779-2007/> (27.12.2007).

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ

С. А. Баранов, студент группы ТЭбд-31

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры

«Тепловая и топливная энергетика»

Ю. Е. Чамчиян

Сжиженные углеводородные газы (СУГ) получают из попутного нефтяного газа. Это нередкие газы или же особые смеси, которые имеют все шансы быть применены для отопления жилищ, в качестве авто горючего, а еще изготовления нефтехимической продукции. Сжиженные углеводородные газы получают из широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ), которую, в свою очередь, выделяют из попутного нефтяного газа (ПНГ).

Применение сжиженных углеводородных газов. Сжиженные газы широко применяют в качестве сырья для нефтехимической промышленности, используют как моторное топливо, а также бытовое топливо для газификации

населенных пунктов, предприятий, животноводческих ферм и т. д. Основным потребителем сжиженных газов в настоящее время – это нефтехимические производства. Этан, пропан, н-бутан, а также газовый бензин и гексан служат сырьем для производства этилена, из которого получают этиловый спирт, глицерин, этиленгликоль, дихлорэтан, хлористый этил и др. При дальнейшей переработке этих веществ получают лаки, растворители, красители, моющие средства, синтетический каучук, полиэтилен, полипропилен. В промышленности сжиженные углеводородные газы используются для термической обработки и резки черных металлов, для сварки и пайки цветных металлов, для поверхностной закалки и сушки. Применение газа для технологических нужд промышленности снижает стоимость топлива, способствует повышению производительности и улучшению качественных показателей работы агрегатов, а в химической промышленности улучшает технико-экономические показатели производства и позволяет уменьшить использование других веществ. Сжиженные газы получают из попутного нефтяного газа, который добывается вместе с нефтью на нефтяных месторождениях. Добытый на месторождениях нефтяной газ представляет собой смесь различных углеводородов, водяных паров, азота, а иногда и кислых компонентов: углекислоты и сероводорода. Транспортировать такой газ по трубопроводам на относительно большие расстояния и под давлением выше 0,7 МПа практически невозможно, так как водяные пары и тяжелые углеводороды при понижении температуры конденсируются, образуя жидкостные, ледяные и гидратные пробки, поэтому нефтяной газ подвергается переработке на газоперерабатывающих заводах. Аналогично при сохранении постоянства объема паровой фазы повышение температуры сопровождается испарением части жидкости с соответствующим повышением давления, т. е. упругости насыщенных паров углеводорода. Охлаждение двухфазной системы при неизменности объема влечет понижение упругости насыщенных паров. Промышленными методами производства сжиженных газов являются компрессионный, адсорбционный и абсорбционный. Принципиальная сущность технологии этих способов может быть рассмотрена на упрощенных схемах соответствующих установках.

Компрессионный метод основан на различии давлений и температур конденсации отдельных компонентов смеси углеводородных газов, составляющих попутный нефтяной газ.

Адсорбционный (углепоглощающий) метод основан на способности некоторых твердых пористых тел (активированного угля, силикагеля и др.) избирательно удерживать (адсорбировать) на поверхности пор и микропор тяжелые углеводороды и выделять их при последующем нагреве и увлажнении.

Абсорбционный (маслопоглощающий) метод основан на способности масел (например, солярового) в холодном виде избирательно растворять в себе (абсорбировать) тяжелые углеводороды, а при нагревании выделять их обратно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт ОАО «ГАЗПРОМ» [сайт]. – ГАЗПРОМ, 2003 – 2018. – Режим доступа: <http://www.gazprom.ru/about/>.
2. Кикоин А. К., Кикоин И. К. Молекулярная физика. – М. : Наука 1976. – 480 с.
3. Сивухин Д. И. Общий курс физики. Термодинамика и молекулярная физика. – М. : Наука 1979. – 552 с.
4. Усюкин И. П. Установки, машины и аппараты криогенной техники. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982, – С. 185 – 186.

АКТИВНАЯ ОХЛАЖДАЮЩАЯ БАЛКА КАК СОВРЕМЕННОЕ СРЕДСТВО МОДЕЛИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ЗДАНИЯ

О. Ю. Синявский, студент гр. ТЭбд-31

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры
«Тепловая и топливная энергетика»

Ю. Е. Чамчиян

Активная охлаждающая балка представляет собой климатическую систему, двух- или четырехтрубный теплообменник со змеевиком во внутренней конструкции. Она является одним из современных средств моделирования микроклимата здания благодаря своей эффективности и низкому энергопотреблению. Рассмотрим конструкцию и принцип действия активной охлаждающей балки с помощью рис.1.

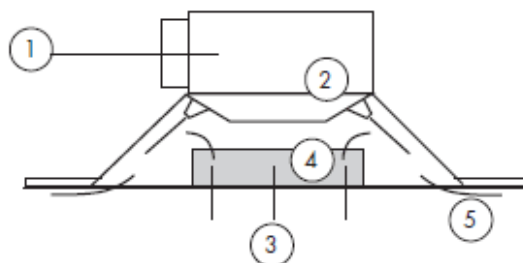


Рис.1. Конструкция активной охлаждающей балки

Первичный охлажденный и осушенный воздух (1) подается в камеру системы по воздуховодам от центральной приточной установки. Затем поток воздуха инжектируется через сопла (2). Проходя через сопла, первичный воздух создает эффект эжекции, за счет которого он увлекает за собой внутренний воздух из помещения (3). Внутренний воздух проходит через змеевик (4), нагреваясь или охлаждаясь, смешивается с первичным воздухом и попадает обратно в помещение (5). При этом объем внутреннего воздуха превышает объем первичного воздуха в 3-5 раз. [2] Распределение воздуха в помещении происходит подобно действию линейных щелевых диффузоров. Большая часть охлаждающей или нагревающей нагрузки в данном случае обеспечивается

теплоносителем внутри змеевика – холодной или горячей водой соответственно (50-75% требуемой теплоты). Это позволяет снизить расход первичного воздуха.

Охлаждающие балки характеризуются и классифицируются по типовым размерам, расходу свежего (первичного) воздуха, расходу теплоносителя (воды), виду сопла (влияет на коэффициент эжекции) [1]. С учетом этих параметров рассчитывается температура охлажденного воздуха, теоретическая охлаждающая и нагревающая мощность системы.

К преимуществам активных охлаждающих балок можно отнести: отсутствие движущихся частей – высокий ресурс работы (до 20 лет), энергосбережение, экологичность, низкий уровень шума (10-30 Дб).

Первое важное замечание – необходимость подбора и регуляции температуры теплоносителя. Она должна быть равна точке росы для данного помещения, или превышать ее - это позволит избежать образования конденсата. [3] Исходя из этого, балки нецелесообразно применять в помещениях с неконтролируемым уровнем инфильтрации, а также в помещениях с низкими потолками. Климатические балки заметно проигрывают фанкойлам и кондиционерам в холодо- и теплопроизводительности (разница от 2 до 9 кВт в одинаковом ценовом сегменте). [2] Система создает фоновую температуру в помещении, а менять ее может только увеличением расхода воздуха. [3]

Однако существует возможность использования системы в совокупности с датчиками и АСР. В данном случае, имеется возможность получить автономную систему, создающую микроклимат в помещении при помощи ряда считываемых параметров (влажность, температура, концентрация кислорода и т.д.). Пример – датчики ADT-93 и DHT-11.

Минусом системы можно считать отсутствие фильтров. Система рекомендована для применения в торговых центрах, офисах, больничных палатах. Как было указано выше, установка потребляет больше воздуха из помещения. В таком воздухе присутствуют различные взвеси. Циркуляция такого «грязного» воздуха скажется на характеристиках установки, загрязняя теплообменник, а также будет негативно сказываться на качестве конечного выдуваемого воздуха. Возможна установка тонких или электростатических продольных фильтров на входе воздуха (3), однако из-за малой мощности это снизит производительность установки при рециркуляции. [1]

Проанализировав все плюсы и минусы установки, пришли к выводу, что она может быть рассмотрена, как альтернатива традиционным системам кондиционирования, как наиболее энергоэффективная система, но она непопулярна из-за приведенных недостатков в производительности и системе фильтрации. Исправить недостатки и сделать систему наиболее эффективной и многофункциональной возможно при использовании систем автоматизации процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Комфорт и экономия энергоресурсов»/ Пер.с.фр. – «АВОК», 2006. – № 5.
2. «Проектирование охлаждающих балок для достижения теплового комфорта»/ Пер.с.фр. – «АВОК», 2010, № 2.

3. ASHRAE Standard 55 – 2004, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

Н. И. Ермакова, студентка гр. ТЭбд-31

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры
«Тепловая и топливная энергетика»

Ю. Е. Чамчиян

Выпуск разнообразной продукции на нефтепереработки зависит во многом от качества сырья – нефти. Но немалую роль в качестве получаемых продуктов играет как выбор технологических процессов переработки, так и качество проведения каждого процесса нефтепереработки.

Целью и задачей данного процесса является производство нефтепродуктов, прежде всего различных видов топлива (автомобильного, авиационного, котельного и т. д.) и сырья для последующей химической переработки.

Производство нефтепродуктов и нефтехимического сырья из нефти организовано на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ).

Переработка нефти на НПЗ осуществляется с помощью различных технологических процессов, которые могут быть условно разделены на следующие группы.

1. Разделение нефтяного сырья на фракции, различающиеся по интервалам температур кипения (*первичная переработка*).

2. Переработка полученных фракций путем химических превращений, содержащихся в них углеводородов и выработка компонентов товарных нефтепродуктов (*вторичная переработка*).

3. Смешение компонентов с вовлечением, при необходимости, различных присадок, с получением товарных нефтепродуктов с заданными показателями качества (*товарное производство*) [1].

После поставки сырой нефти на НПЗ, а именно в емкости *товарно-сырьевой базы* ее необходимо отчистить от различных солей и других примесей. Для этого существуют установки электрообессоливания (ЭЛОУ). Процесс обессоливания осуществляется в *электродегидраторах* – цилиндрических аппаратах со смонтированными внутри электродами. Под воздействием тока высокого напряжения (25 кВ и более), смесь воды и нефти (эмульсия) разрушается, вода собирается внизу аппарата и откачивается.

Далее обессоленная нефть поступает на следующую установку атмосферно-вакуумной перегонки нефти (АВТ), разделенной на два блока – атмосферный и вакуумный соответственно [2].

Атмосферная перегонка необходима для отбора *светлых нефтяных*

фракций – бензиновой, керосиновой и дизельных, выкипающих до 360°C, потенциальный выход которых составляет 45-60% на нефть. Остаток атмосферной перегонки – мазут. Процесс заключается в разделении нагретой в печи нефти на отдельные фракции в *ректификационной колонне* – цилиндрическом вертикальном аппарате, внутри которого расположены *контактные устройства (тарелки)*, через которые пары движутся вверх, а жидкость – вниз. В результате сверху колонны отводится бензиновая фракция в виде паров, а пары керосиновой и дизельных фракций конденсируются в соответствующих частях колонны и выводятся, мазут остается жидким и откачивается с низа колонны.

Вакуумная перегонка же предназначена для отбора от мазута, поступившего после атмосферной перегонки, *масляных дистиллятов*. Остатком вакуумной перегонки является гудрон. Необходимость процесса обусловлена тем, что при температуре свыше 380°C начинается термическое разложение углеводородов (*крекинг*), а конец кипения вакуумного газойля – 520°C. Поэтому перегонку ведут при остаточном давлении 40-60 мм рт. ст., что позволяет снизить максимальную температуру в аппарате до 360-380°C. Разряжение в колонне создается при помощи соответствующего оборудования, ключевыми аппаратами являются паровые или жидкостные *эжекторы* [2].

После первичной перегонки получившегося сырья, необходимой для удаления остаточных газов (пропан и бутан) в объеме, нефть поступает на установки вторичной переработки. Т.к. продукты первичной переработки не имеют достаточного октанового числа бензиновых фракций, необходима дальнейшая углубленная переработка.

Каталитический риформинг предназначен для повышения октанового числа прямогонных бензиновых фракций путем химического превращения углеводородов, входящих в их состав, до 92-100 пунктов. Процесс ведется в присутствии алюмо-платино-рениевого катализатора. Повышение октанового числа происходит за счет увеличения доли ароматических углеводородов.

Оптимальным сырьем является тяжелая бензиновая фракция с интервалами кипения 85-180°C. Сырье подвергается предварительной *гидроочистке* – удалению сернистых и азотистых соединений, даже в незначительных количествах необратимо отравляющих катализатор риформинга. Полученный продукт – *стабильный риформат* охлаждается и выводится с установки [3].

Изомеризация также применяется для повышения октанового числа легких бензиновых фракций. Сырьем изомеризации являются легкие бензиновые фракции с концом кипения 62°C или 85°C. Повышение октанового числа достигается за счет увеличения доли изопарафинов. Иногда риформинг и изомеризация объединяются в единый комплекс по производству высокооктановых бензинов.

Каталитический крекинг (КК) – важнейший процесс нефтепереработки, существенно влияющий на эффективность НПЗ. Сущность процесса

заключается в разложении углеводородов в составе нефти под воздействием температуры в присутствии цеолитсодержащего алюмосиликатного катализатора. Продукт установки КК – высокооктановый компонент бензина с октановым числом 90 пунктов и более, его выход составляет от 50 до 65% в зависимости от используемого сырья. Высокое октановое число обусловлено также изомеризацией. В ходе процесса образуются газы, содержащие пропилен и бутилены – сырье для производства сажи, или компонент мазутов [3].

Гидрокрекинг (ГК) – процесс, направленный на получение высококачественных дистиллятов, а также вакуумного газойля путем крекинга углеводородов исходного сырья в присутствии водорода. Одновременно с крекингом происходит очистка продуктов от серы, насыщение олефинов и ароматических соединений, что обуславливает высокие эксплуатационные и экологические характеристики получаемых топлив. Совместное строительство установок ГК и КК в рамках комплексов глубокой переработки нефти представляется наиболее эффективным для производства высокооктановых бензинов и высококачественных средних дистиллятов [3].

Следует отметить, что в процессе переработки нефти и для получения конечного продукта используется весь комплекс нефтегазовых и нефтехимических технологий. Сложность и разнообразие готовых продуктов, которые можно получить из добытого сырья, определяют и разнообразность нефтеперерабатывающих процессов [3].

Важнейшими проблемами, стоящими перед современной нефтепереработкой, можно считать следующие.

1. Дальнейшее углубление переработки нефти.
2. Повышение октановых чисел автобензинов.
3. Снижение энергоемкости производства за счет внедрения новейших достижений в области тепло- и массообмена, разработки более совершенных и интенсивных технологий глубокой безотходной и экологически безвредной переработки нефти и др.

Решение этих проблем предусматривает.

1. Совершенствование новых аппаратов, установок, АВТ: контактных устройств ректификационных колонн от эффективности которых зависит затраты на переработку нефти и ее качество; конденсационно-вакуумсоздающих систем (КВС) промышленных вакуумных колонн; трубчатых печей и теплообменно-холодильного оборудования.

2. Совершенствование технологических систем. При выборе технологической схемы и режима установки необходимо руководствоваться потенциальным содержанием фракций.

3. Совершенствование схем и технологий вакуумной и глубоковакуумной перегонки мазута.

Если список проблем будет решен, то дальнейшая нефтепереработка будет более практичной и эффективной [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Серeda Н. Г., Муравьев В. М. Основы нефтяного и газового дела. – М.: Недра, 1980. – 287 с.
2. Метопром: торгово-промышленный портал [электронный ресурс] режим работы : <http://www.metaprom.ru/articles/a1813-neft/>.
3. НГФР: нефть, газ и фондовый рынок [электронный ресурс] режим работы: <http://www.ngfr.ru/ngd.html?neft21>.

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ ВОЗДУХА ПОМЕЩЕНИЙ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Н. А. Гормакова, студентка гр. ТЭбд-31

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры
«Тепловая и топливная энергетика»

Ю.Е. Чамчиян

Около 80% своей жизни человек проводит в помещении: жилых, общественных, производственных зданиях, транспорте. Здоровье и работоспособность человека в значительной степени зависят от того, насколько помещение в санитарно-гигиеническом отношении удовлетворяет его физиологическим требованиям. Обеспечение заданных показателей микроклимата является одной из основных задач специалистов по строительной теплофизике, отоплению, вентиляции и кондиционированию воздуха.

Метеорологические параметры, такие как температура, скорость движения воздуха и относительная влажность определяют теплообмен человека с окружающей средой и, следовательно, самочувствие человека, поэтому очень важно выдерживать метеорологические параметры воздуха общественных зданий. Совокупность указанных параметров называется микроклиматом [3].

Сочетания этих параметров микроклимата, при которых сохраняется тепловое равновесие в организме человека и отсутствует напряжение в его системе терморегуляции, называют **комфортными** или **оптимальными**.

Оптимальные микроклиматические условия это такие сочетания количественных показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального теплового состояния организма без напряжения механизмов терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта и создают предпосылки для высокого уровня трудоспособности.

Допустимые микроклиматические условия это сочетания количественных показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать преходящие и быстро нормализующиеся изменения теплового состояния организма, сопровождающиеся напряжением механизмов терморегуляции, не выходящим

за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает повреждений или нарушений состояния здоровья [4].

Основные метеорологические характеристики воздуха.

1. Относительная влажность воздуха.
2. Температура.
3. Результирующая температура помещения.
4. Локальная асимметрия результирующей температуры.
5. Скорость движения воздуха.

Таблица 1

Оптимальные и допустимые значения параметров воздуха помещений в теплый и холодный периоды [2]

Период года	Наименование помещения	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более	оптимальная, не более	допустимая, не более
Холодный	Жилая комната	20-22	18-24 (20-24)	19-20	17-23 (19-23)	45-30	60	0,15	0,2
	То же, в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31 °С и ниже	21-23	20-24 (22-24)	20-22	19-23 (21-23)	45-30	60	0,15	0,2
	Кухня	19-21	18-26	18-20	17-25	НН*	НН	0,15	0,2
	Туалет	19-21	18-26	18-20	17-25	НН	НН	0,15	0,2
	Ванная, совмещенный санузел	24-26	18-26	23-27	17-26	НН	НН	0,15	0,2
	Помещения для отдыха и учебных занятий	20-22	18-24	19-21	17-23	45-30	60	0,15	0,2
	Межквартирный коридор	18-20	16-22	17-19	15-21	45-30	60	0,15	0,2
	Вестибюль, лестничная клетка	16-18	14-20	15-17	13-19	НН	НН	0,2	0,3
	Кладовые	16-18	12-22	15-17	11-21	НН	НН	НН	НН
Теплый	Жилая комната	22-25	20-28	22-24	18-27	60-30	65	0,2	0,3

Рассмотрим устройство для создания микроклимата в помещении, содержащее холодильную установку 1, отопительный котел 10, трубопроводы 4 и 5, насос 6, батареи, причем холодильная установка 1 с вентилятором 2 и электродвигателем вентилятора 3 подключена трубами первичного тока воды 4 и обратного тока воды 5 через вентили 9 с трубами отопления и соединена с котлом 10 обогрева трубами охлаждения и трубами отопления, холодильная установка также содержит датчик температуры охлаждающей жидкости 7. При такой компоновке установка равномерно охлаждает в летний период одновременно все комнаты помещения.

Технический результат, достигаемый при реализации данного

изобретения, заключается в том, что не нарушается внешний облик здания, снижаются шумы в помещении, нет направленного потока холодного воздуха и поддержание регулируемых температур происходит без резких перепадов, что важно для здоровья людей, а также исключается попадание наружного воздуха внутрь охлаждаемого помещения, например, смога, дыма.

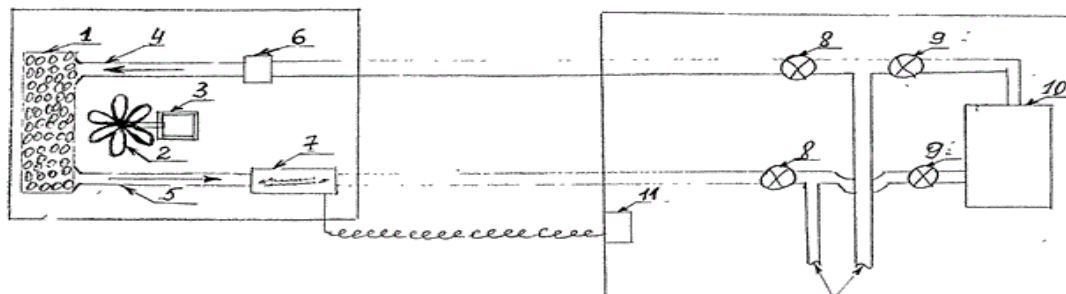


Рис.

Работа установки в летний период. Вентильми 9 отключается котел обогрева. Вентильми 8 открывается магистраль на холодильную установку.

Включается электропитание пульта управления 11 и автоматически датчик температуры охлаждающей жидкости 7. На пульте управления человеком задается желаемая температура в помещении. Далее все работает в автоматическом режиме. Включенная холодильная установка охлаждает жидкость, циркулирующую по системе бывшего отопления, охлаждая воздух внутри помещения. Батареи так же как отдавали тепло зимой, будут летом отдавать прохладный воздух. В программе управления будут заложены циклы периодического кратковременного (15-20 мин) отключения холодильной установки для плавного охлаждения воздуха при первом включении.

Переключение на зимний вариант. Выключается электропитание пульта управления 11. Вентильми 8 отключается магистраль охлаждения, через вентиль 12 сливается жидкость из магистрали охлаждения. Открывая вентили 9, запускается система отопления. Таким образом, все сезонные переключения производятся быстро, без выполнения монтажных и демонтажных работ [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравченко В. П. Установка для создания микроклимата в помещении // Патент России №2 534 976. – 2013. – Бюл. № 34.
2. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – Введ. 2013-01-01 – М.: Изд-во стандартов, 2013. – 12 с.
3. Бухмиров В. В., Пророкова М. В. Оценка микроклимата в помещениях жилых, общественных и административных зданий// Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2015. – № 4. – С. 5-10.
4. Кокорин О. Я., Варфоломеев Ю. М. Системы и оборудование для создания микроклимата помещений: Учеб. для студ. и колледжей строит. проф. и бакалавров строит. вузов . – М. : ИНФРА-М, 2011. – 273 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ

В. Д. Иевлев, студент гр. ТЭбд-31

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры
«Тепловая и топливная энергетика»

Ю. Е. Чамчиян

В зависимости от того как организовано прохождение нефти сквозь нефтеперекачивающие станции различают следующие системы перекачки:

- а) постанционная;
- б) через резервуар станции;
- в) с присоединенными резервуарами;
- г) из насоса в насос.

При применении схемы перекачки «из насоса в насос» резервуары промежуточных НПС (если они имеются) отключаются от трубопровода и нефть с предшествующего участка серверируется непосредственно в насосы данных станций для последующей транспортировки по следующему участку. Эта схема перекачки очень прогрессивна, потому что ликвидирует промежуточные технологические операции и неизбежно связанные с ними потери нефти. Не считая того, что она сильно удешевляет технологию, потому что исключает сооружение дорогостоящих резервуарных парков. Главным минусом этой схемы считается «жесткая» гидравлическая связь всех участков, работающих в данном режиме, потому что всякое изменение на одном из них вызывает изменение на всех остальных. В частности, аварийная остановка одного участка ведет к остановке всех участков, связанных с ним режимом перекачки. Как раз в следствии этого нефтепроводы большой протяженности, работающие по системе «из насоса в насос», разделяют на эксплуатационные участки, разбитые резервуарными парками [1].

При применении постанционной схемы перекачки нефть на НПС принимают поочередно в один из резервуаров станции, в то время как закачку нефти в трубопровод осуществляют из другого резервуара. Превосходство постанционной схемы перекачки заключается в том, что отдельные участки нефтепровода оказываются не связанными той жесткой гидравлической зависимостью, которая имеет место в случае перекачки «из насоса в насос», в следствии этого нефтепровод имеет большую степень надежности и способность к бесперебойной поставке нефти потребителю. Кроме того, при постанционной схеме возможен порезервуарный учет количества транспортируемой нефти, что очень важно для контроля за сохранностью продукции. Основным недостатком постанционной схемы перекачки являются высокая стоимость сооружения и эксплуатации резервуарных парков, а также потери нефти при больших дыханиях резервуаров, связанных с выбросами паров нефти в атмосферу при заполнении резервуаров. Постанционная схема перекачки применяется в основном на головных НПС нефтепровода [3].

При применении схемы перекачки сквозь резервуары нефть с

предшествующего участка поступает в резервуар ПНПС и закачивается еще из сего резервуара. Эта схема готовит слияние участков нефтепровода больше «мягким» в гидравлическом отношении. Не считая такого, в резервуаре случается гашение волн давления, связанных с переменами режима перекачки, собственно что увеличивает надежность эксплуатации нефтепровода, впрочем, данному методике присущи все дефекты предшествующего и в реальное время он буквально не применяется.

Схема перекачки с присоединенными резервуарами учитывает собственно, что ведущие численность нефти прокачивают по трубопроводу, минуя резервуар, впрочем, при данном допускается, собственно что затраты нефти на прошлом и следующем участках имеют все шансы в направлении кое-какого времени отличаться друг от друга, а дебаланс затрат компенсируется сбросом или же подкачкой части нефти в присоединенный резервуар. При синхронной работе участков, т.е. перекачке с одной и той же затратой, уровень нефти в присоединенном резервуаре остается неизменным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коршак А. А., Шаммазов А. М. Основы нефтегазового дела. Учебник для ВУЗов. – ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2001. – 544 с.
2. Трубопроводный транспорт нефти / Г. Г. Васильев, Г. Е. Коробков, А. А. Коршак и др.; Под ред. С. М. Вайнштока. – Учеб. для ВУЗов: В 2-х т. – М. : ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. – Т. 1. – 407 с.
3. Нефтегазовое строительство: учеб. пособие для студентов вузов/ В. Я. Беляева и др: Под общ. ред. проф. И. И. Мазура и проф. В. Д. Шапиро. – М. : Изд-во ОМЕГА-Л, 2005. – 744 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ КЛАССИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ДОБЫЧИ НЕФТИ

А. М. Хохлов, студент гр. ТЭбд-31

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры
«Тепловая и топливная энергетика»

Ю. Е. Чамчиян

По принципу физического воздействия на жидкое нефтяное тело сегодня есть только два основных способа добычи: **фонтанный** и **механизированный**.

В свою очередь, к механизированному способу можно отнести **газлифтный** и **насосный** методы подъема.

Если нефть из недр выдавливается на землю только под воздействием природной энергии нефтеносного пласта, то способ добычи называют фонтанным.

Но всегда наступает момент, когда запасы энергии пласта истощаются, а скважина перестает фонтанировать. Тогда подъем осуществляют с применением дополнительного энергетического оборудования. Такой способ добычи и является механизированным.

Фонтанный способ

Освоение новых месторождений всегда осуществляется с использованием фонтанного способа добычи. Это самый простой, эффективный и дешевый метод. Он не требует дополнительных энергоресурсов и сложного оборудования, так как процесс подъема продукта на поверхность происходит за счет избыточного давления в самой нефтяной залежи.

Для эксплуатации новой скважины нужно установить над ней полный контроль. Укroщение фонтана производится с помощью монтажа специальной запорной арматуры, позволяющей управлять потоком, контролировать режимы работы. Скважины оборудуют подъемными трубами разного диаметра, в зависимости от предполагаемого дебита добычи и внутрипластового давления [1].

Главные преимущества фонтанного способа:

- несложное оборудование скважины;
- минимум затрат электроэнергии;
- широкие возможности для регулировки функционирования скважины;
- возможность дистанционного управления процессами добычи;
- длительный межсервисный интервал работы механизмов.

По завершению процесса фонтанирования, на скважине начинают применять механизированные методы добычи.

Механизированные способы добычи

Механизированный способ бывает газлифтным и насосным.

Газлифт является одним из механизированных способов добычи нефти и логическим продолжением фонтанного способа. Когда энергии пласта становится недостаточно для выталкивания нефти, подъем начинают осуществлять с помощью подкачки в пласт сжатого газа. Это может быть простой воздух или сопутствующий газ с ближайшего месторождения.

Насосная эксплуатация обеспечивает подъем нефти по скважине соответствующим насосным оборудованием. Насосы бывают штанговые и бесштанговые. Бесштанговые – погружного типа электроцентробежные.

Газлифтный способ

Газлифт (эрлифт) – система, состоящая из эксплуатационной (обсадной) колонны труб и опущенных в нее НКТ (насосно-компрессорных труб), в которой подъем жидкости осуществляется с помощью сжатого газа (воздуха). Иногда эту систему называют газовый (воздушный) подъемник [2].

Преимущества.

- Эксплуатация скважин с большим газовым фактором, т.е. использование энергии пластового газа.
- Малое влияние профиля ствола скважины на эффективность работы газлифта, что особенно важно для наклонно-направленных скважин, т.е. для условий морских месторождений и районов освоения Севера и Сибири.
- Отсутствие влияния высоких давлений и температуры продукции скважин, а также наличия в ней мехпримесей (песка) на работу скважин.
- Простота обслуживания и ремонта газлифтных скважин и большой межремонтный период их работы при использовании современного

оборудования.

К недостаткам газлифтного способа добычи можно отнести.

– Большие начальные капитальные вложения в строительство компрессорных станций.

– Сравнительно низкий коэффициент полезного действия (КПД) газлифтной системы.

– Возможность образования стойких эмульсий в процессе подъема продукции скважин.

Насосные способы добычи

Если давления в продуктивном пласте не хватает, как правило, нефть извлекается при помощи специальных механизмов, которые позволяют поднимать сырье на поверхность, а также используются для закачивания в продуктивные пласты воды, продвижения перекачиваемой продукции по промысловым трубопроводам и так далее. Эти механизмы называются нефтяными насосами.

Наиболее распространена схема откачки нефти **штанговыми глубинными насосами**. Эти механизмы являются устройствами объемного типа. Их используют для подъема добываемого сырья из скважины путем создания так называемой депрессии.

В состав штангового насоса входит блок цилиндров, плунжеры, клапана, специальные крепления, штоки, штанга, переходники и так далее. Такие насосные установки используются более чем на половине ныне эксплуатируемых нефтяных промыслов.

Широкая популярность этого вида нефтяного насоса обусловлена следующими качественными и эксплуатационными характеристиками:

- высокий коэффициент эффективности при эксплуатации;
- легкость, удобство и простота проведения ремонтных работ;
- возможность использования самых разных типов приводов;
- возможность применения даже в экстремальных условиях.

В связи с невысокой надежностью и производительностью штанговых плунжерных насосов в наше время все больше применяются насосные установки погружного типа – **электроцентробежные насосы (УЭЦН)**.

Электроцентробежные погружные насосы применяются в глубоких и наклонных нефтяных скважинах (и даже в горизонтальных); в сильно обводненных скважинах.

Преимущества электроцентробежных насосов:

- хороший показатель производительности;
- солидный межремонтный период до полутора лет и более;
- возможность обработки наклонных скважин;
- производительность насоса регулируется количеством ступеней.

Центробежные насосы хорошо подходят для старых месторождений с большим содержанием воды [3].

Заключение

Каждая из описанных выше технологий имеет право на существование и

ни об одной из них нельзя сказать однозначно – хороша она или плоха. Все зависит от комплекса параметров, характеризующих конкретное месторождение. Выбор способа может быть основан только на результатах тщательного экономического исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ивановский В. Н. Оборудование для добычи нефти и газа: учебное пособие /В. Н. Ивановский, В. И. Дарищев, В. С. Каштанов. Москва: ГУП «Нефть и газ», 2002. – 768 с.

2. Уразаков К. Р. Справочник по добыче нефти / К. Р. Уразаков, А. В. Дашевский, С. Е. Здольник. – Москва: Недра, 2006. – 448 с.

3. Молчанов А. Г. Машины и оборудование для добычи нефти и газа / А. Г. Молчанов. – Москва: Недра, 2010. – 588 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА ЖИЛЫХ И АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ

В. Р. Кильдеева, студент гр. ТЭбд-31

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры
«Тепловая и топливная энергетика»

Ю. Е. Чамчиян

В современном мире потребление энергии (тепловой, электрической и т. д.) увеличивается и связано это с нарастающими потребностями населения в условиях ограниченных ресурсов. Поэтому главной задачей является снижение потребления энергии или же ее рациональное использование. Главным решением данной проблемы являются использования энергосберегающих технологий, автоматизации и интеллектуальные систем управления микроклимата зданий и т. д.

Системам микроклимата зданий присущи существенные недостатки: они не учитывают фактический воздушный и тепловой баланс зданий, реальные погодные условия, температуру, влажность наружного воздуха, скорость и направление ветра, атмосферное давление, солнечную радиацию и т. п. [4]. Необходимость снижения энергопотребления в системах обеспечения микроклимата требует применения энергосберегающего оборудования, энергосберегающих технологий обработки воздуха, различных организационных энергосберегающих мероприятий. В современных зданиях внутренние комфортные условия обеспечиваются путем сложных технических задач, требующих обеспечения оптимальных значений всех факторов, влияющих на микроклимат, при ограничении потребления энергии. Оптимальными условиями являются такие, при которых обеспечена высокая

работоспособность и безопасность здоровья человека.

Решение этой задачи представляет собой один из важных компонентов проектирования системы управления интеллектуальным зданием (управление системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха – ОВК) [8]. В мире накоплен значительный опыт проектирования систем управления ОВК, что приводит к экономии энергоресурсов в среднем на 8-12% при обеспечении оптимальной комфортности для жителей в интеллектуальных зданиях [7].

Структура интеллектуальной системы состоит из трех основных блоков: база знаний, блок мотивации и вычислитель [5]. При создании «интеллектуального здания» (интегрированная система управления зданием) основными задачами является сочетание: комфортности, удобства эксплуатации, безопасность и экономичность [1].

Важным условием уменьшения трудоемкости проектирования таких систем является применение компьютерного моделирования, точность и адекватность используемых моделей микроклимата в помещении.

Наибольшая степень комфорта может быть достигнута лишь одним способом – построением единой системы управления всеми электроприборами в пределах одного здания. Единая интеллектуальная система управления зданием подразумевает не только максимально комфортные условия для тех, кто работает в здании, но и сокращение временных, человеческих и финансовых затрат на эксплуатацию объекта в целом.

Приведем пример. Один из блоков интеллектуальной системы управления (ИСУ) (назовем его «базой знаний»), основываясь на информации, полученной от соответствующих сенсоров, ведет мониторинг состояния микроклимата помещения, в результате которого ИСУ «знает», что суббота и воскресенье – нерабочие дни, «знает» начало и окончание рабочего дня. Ведя статистику, оценивая повторяемость событий, то есть пополняя и используя «базу знаний», ИСУ может планировать целевым образом суточную, недельную производительность вентиляционного агрегата, тепловую мощность воздухонагревателя, то есть адаптироваться к планово меняющимся условиям, тем самым оптимизируя затраты на потребляемые ресурсы. Если цель достигнута, ИСУ «запоминает» оптимальный вариант, внося его в «базу знаний», и в дальнейшем будет переходить на него при соответствующем состоянии окружающей среды. Если цель по каким-либо причинам недостижима, например, недостаточна мощность теплообменника при текущих параметрах наружного климата, ИСУ корректирует цель, «ухудшая» до допустимого порога параметры микроклимата, снижая, например, производительность вентиляционного агрегата или температуру воздуха в помещении [2].

Таким образом, для достижения экономии энергии в зданиях, следует использовать ИСУ, энергосберегающие технологии и т. п. так как данные технологии рационально потребляют энергию (тепловую, электрическую и т.д.), создают необходимый уровень комфорта в помещении, сокращает временные, человеческие и финансовые затраты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарь Е. С., Гордиенко А. С., Михайлов В. А., Нимич Г. В. // Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха, ISBN 966-8571-15-0. – К.: 2005. – с. 521-527.
2. Кувшинов Ю. Я., Мансуров Р. Ш. Интеллектуальная система управления процессами формирования микроклимата помещений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5113.
3. Лысенко А. В. Интеллектуальные системы микроклимата как основа повышения энергоэффективности // Вестник Пензенского государственного университета. – 2015. – №7.
4. Кокорин О. Я., Варфоломеев Ю.М. Системы и оборудование для создания микроклимата помещений: Учебник. – М. : ИНФРА – М, 2010. – 273 с.
5. Макаров И. М., Лохина В. М. Интеллектуальные системы автоматического управления, ISBN 5-9221-0162-5. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – С. 15-24.
6. Мансуров Р. Ш. Экспериментальное исследование переходных процессов в системах обеспечения микроклимата / Сб. докладов 4-й международной научно-технической конференции «Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции». – М. : МГСУ, 2011.
7. Метаковский М. Экономическая эффективность эксплуатации «Интеллектуальных объектов» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.bacnet.ru/knowledge-base/articles/index.php?ELEMENT_ID=769
8. Петрова И. Ю., Зарипова В. М., Лежнина Ю. А. Проектирование информационно-измерительных и управляющих систем для интеллектуальных зданий. Направления дальнейшего развития // Вестник МГСУ. – 2015. – № 12. – С. 147–160.

МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ДОЖИГА УХОДЯЩИХ ГАЗОВ В ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

А. А. Костюнина, студентка группы ТЭбд-31

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры
«Тепловая и топливная энергетика»

Ю. Е. Чамчян

При работе отопительного оборудования образуются дымовые газы, в которых присутствуют не сгоревшие частицы топлива и для их дожига применяются различные способы с целью повышения КПД сгорания и уменьшения количества вредных выбросов в атмосферу. Разработано достаточно много эффективных вариантов и способов дожига дымовых газов [1].

К примеру, твердотопливный котел с пиролизным сжиганием, суть

которого заключается в том, что под действием высокой температуры и в условиях недостатка кислорода сухая древесина разлагается на летучую часть – так называемый пиролизный газ и твердый остаток – древесный уголь (кокс). Но имеет один значительный недостаток – это его цена. Она на порядок выше, чем у традиционных твердотопливных котлов. Однако эта разница быстро окупается вследствие более высокого КПД.

Смешение кислорода воздуха с выделившимся пиролизным газом при высокой температуре вызывает процесс горения последнего, который используется в дальнейшем для получения тепловой энергии. При этом следует отметить, что пиролизный газ в процессе сгорания взаимодействует с активным углеродом, в результате чего дымовые газы на выходе из котла практически не содержат вредных примесей, являясь, по большей части, смесью углекислого газа и водяного пара. И даже СО₂ такой котел будет выбрасывать в атмосферу до 3-х раз меньше, чем обычный дровяной и, тем более, угольный котел.

Котел состоит из двух камер, расположенных одна над другой. Верхняя камера представляет собой топливный бункер. В нее закладываются дрова, и здесь же происходит их горение, в результате которого выделяется «древесный газ». Благодаря процессу газификации, в топливном бункере происходит предварительное подсушивание дров, а также подогрев воздуха, направляемого в камеру сгорания. Нижний отсек является камерой сгорания и зольником одновременно [2].

Сущность изобретения заключается в том, что отверстие и камера дожига горючих газов выполнены под нижней стенкой проема дверного блока, а за боковыми стенками проема дверного блока установлены каналы для вывода дымогазов из камеры дожига горючих газов. Механизм подачи воздуха в камеру дожига горючих газов выполнен из сквозного отверстия, соединяющего камеру дожига горючих газов с зольной камерой и задвижки, регулирующей величину воздушного потока, поступающего снаружи [5].

Одним из путей рационального использования биомасс является их прямое сжигание в специальных котельных установках. Опыт сжигания растительных отходов показал, что даже при низкой их зольности (например, подсолнечная лузга) имеет место формирование мощных отложений золы в топке и котельных пучках. Это требует для обеспечения надежной эксплуатации соответствующих режимных и конструктивных мероприятий.

Наиболее унифицированным топочным устройством, где могут эффективно сжигаться и древесные отходы, и низкосортные угли являются топки со схемой свободного форсированного низкотемпературного кипящего слоя (НКТС) с организацией вихревого движения в объеме над слоем подачей вторичного дутья. В основе концепции создания таких топок лежит технологическая схема с использованием топки со свободным (без погруженных поверхностей нагрева), форсированным (скорость ожигения 5...10 м/с), низкотемпературным (800...1000°С) кипящим слоем (НКТС), вписываемой в профиль котельного блока (котла) с использованием его

элементов (экранов) и топочного объема для сепарации частиц и дожигания горючих с учетом видов топлива [4].

Котлы с такими топками (водогрейные и паровые) удовлетворяют современным экологическим требованиям и рассчитаны на сжигание низкосортных углей, биомассы (древесных отходов) и горючих твердотопливных отходов.

Так же одним из эффективных способов дожига является разрыв струи дымовых газов с помощью отдельной камеры дожига – «Теплового фонаря»

«Тепловой фонарь» предназначен для дожига дымовых газов от отопительного оборудования – печей, топок, каминных топок, обогревательных котлов, работающих предпочтительно на дровах, топливных брикетах, пеллетах, газе с целью повышения к.п.д. сгорания топлива, для дополнительного обогрева и получения эффекта инфракрасного обогрева помещений. Такой результат достигается совокупностью применения сопла, локализатора, дополнительной подачи воздуха и (или) газа, стеклопанелей, линз или отражателей в конструкции камеры дожига дымовых газов. [7]

ЛИТЕРАТУРА

1. Головков С. И., Коперин И. Ф., Найденев В. И. Энергетическое использование древесных отходов. – М.: Лесная промышленность, 1987. – 216 с.
2. Гамбург Д. Ю., Семенов В. П. Производство генераторного газа на базе твердого топлива. – М.: Химическая промышленность, 2010. – 152 с.
3. Альтшулер В. С. Современное состояние и развитие технологии газификации твердого топлива // Химическая технология. – 2013.
4. <http://www.findpatent.ru/patent/256/2566876.html> Владельцы патента RU 2566876: Благодаров Юрий Петрович (RU).
5. http://www.gigavat.com/netradicionnaya_energetika_biomassa_11.php.
6. Заявка на полезную модель от 28.11.2008г. №2008147186.

ВЛИЯНИЕ ОКОН ПОВЫШЕННОЙ ГЕРМЕТИЧНОСТИ НА МИКРОКЛИМАТ ПОМЕЩЕНИЙ

И. Ю. Лебедев, студент гр. ТЭбд-31

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры
«Тепловая и топливная энергетика»

Ю. Е. Чамчиян

Как известно, окна являются одним из основных каналов тепловых потерь зданий. В основном это не столько потери через саму конструкцию окна, сколько потери за счет неконтролируемой инфильтрации внешнего воздуха во время отопительного сезона. Поэтому одним из последствий мирового энергетического кризиса начала 70-х гг. прошлого века стало массовое применение в строительстве герметичных окон со стеклопакетами из ПВХ, дерева и алюминия.

Герметичность новых окон наряду с использованием и более теплых светопрозрачных элементов сделала их действительно энергосберегающими. Но эта же герметичность вызвала у обитателей загерметизированных квартир и целый ряд проблем, ранее малораспространенных или не встречавшихся вообще. Дело в том, что основной технологией вентилирования жилых помещений была и остается естественная вентиляция с использованием вытяжных каналов в подсобных помещениях (кухне, ванной, туалете). Приток свежего воздуха при естественной вентиляции предполагается через щели и неплотности притворов окон, что осуществлялось только при старой деревянной «столярке». Современные окна являются гораздо более герметичными и в закрытом состоянии обеспечивают только 10-20% воздухообмена, необходимого для здоровья. Итог этого несоответствия известен: из-за нарушенного воздухообмена водяные пары, выделяемые самими жильцами (дыхание, стирка, душ, приготовление пищи...), остаются в объеме квартиры, из-за чего резко возрастает уровень относительной влажности воздуха в помещениях.

Кроме повышения влажности воздуха замена старых окон на новые привела к значительному изменению распределения температур на оконном откосе. Наиболее заметно это в зданиях с однородными стенами (кирпич). Из-за гораздо меньшей ширины оконной коробки (60-70 мм) плоскость окна оказывается в зоне более низких температур, что приводит к более низкой температуре примыкания того же штукатурного откоса к коробке. Эти два «фактора риска» – повышенная влажность воздуха и стоки тепла по кирпичу – привели к резкому увеличению вероятности достижения на поверхности откоса «точки росы», выпадению конденсата, появлению плесени и грибков. Понимая суть происходящих физических процессов, нетрудно понять и как надо бороться с этими негативными процессами. Также ясно и какие технологии могут решить эти проблемы.

В первую очередь избавиться от конденсата и плесени помогает вентиляция помещений, обеспечивающая удаление вырабатываемой жильцами влаги вместе с отработанным воздухом. Большую роль играет эффективность работы системы отопления, которое снижает относительную влажность воздуха, повышая его температуру, что приводит и к увеличению температуры откосов. Поскольку кроме относительной влажности воздуха на образование конденсата (плесени) влияет и температура поверхности, важно всячески ее повышать. Из монтажных атрибутов, помогающих смягчить указанную проблему, необходимо упомянуть различные технологии утепления откосов и использование тепла отопительных приборов для подогрева нижней части окна в целом.

Необходимо отметить, что запотевание стеклопакетов, не говоря уже о плесени на откосах, является сильнейшим раздражающим фактором для потребителей и основной причиной предъявления рекламаций. При этом исключительно важно при проведении экспертизы в таких случаях правильно определить причину наблюдаемых явлений и наметить пути исправления негативной ситуации. И совсем не обязательно, что конденсат на окнах (плесень

на откосах) связаны с дефектами самих окон и их монтажом. Как правило, причина не в окнах, а в их неправильном использовании, за что оконная фирма, производящая окна, не может и не обязана нести ответственность.

Компетентные эксперты правильно оценивают ситуацию, что позволяет принять и правильные меры по устранению конденсата и плесени на откосах. Так, еще в 2000 г. в статье «Основы экспертной оценки окон» в бюллетене «Окна и двери», № 11-12/2000 технический эксперт Р. Г. Алекперов писал: «Образующаяся в помещении влага должна из него удаляться. В противном случае возможно выпадение конденсата на внутренней стороне стеклопакета и на откосах и, как следствие, появление плесени на откосах и стенах. Заказчик делает вывод: причина в самих окнах, и вызывает технического эксперта, требует устранить причину запотевания окон. В 99% случаях из 100 причина запотевания стеклопакетов – нарушение системы вентиляции...». Об этом же пишут и авторы А. Д. Кривошеин, Г. А. Пахотин, И. В. Платонов в статье «К вопросу о влажностном режиме монтажных швов» в журнале «Светопрозрачные конструкции», № 6/2005: «Если говорить о статистике рекламаций, то по частоте появления претензий со стороны потребителей необходимо отметить, прежде всего, нарушение воздухообмена помещений, обусловленное герметичностью оконных блоков; как следствие – повышение влажности внутреннего воздуха, появление конденсата на остеклении, подоконниках и т. д.». Такой важный вопрос, как конденсат и плесень на ограждающих конструкциях, не мог остаться без внимания и специалистов по вентиляции и микроклимату жилых помещений. Так, в Технических рекомендациях «ТР АВОК-4-2004» по организации воздухообмена в квартирах многоэтажного жилого дома, согласованных с Госстроем России, Москомархитектурой и Москомэкспертизой, отмечается, что «...высокая герметичность современных окон сделала практически неработоспособными системы естественной вентиляции. В квартирах ухудшилась комфортность проживания: имеет место высокая влажность и низкое качество воздуха, возрастает вероятность грибковых поражений конструкций...».

Казалось бы, причины негативных явлений выяснены, из них следуют и адекватные методы решения проблем конденсата и плесени: нормализовать воздухообмен в помещениях и, если этого недостаточно, утеплить откосы, модернизировать подоконник (сделать каналы для подвода теплого воздуха от радиатора как можно ближе к стеклопакету). Однако с появлением на российском рынке продавцов монтажных лент (для пароизоляции пены со стороны помещения и гидроизоляции с внешней стороны) в рекламных материалах, на конференциях, в статьях стала предлагаться еще одна версия появления конденсата и плесени на откосах – возможное увлажнение монтажной пены за счет диффузии паров воды зимой из помещения наружу, снижение ее теплоизолирующих свойств, превращение в «мостик холода», из-за которого происходит охлаждение примыкания откос-коробка.

Насколько обоснованно увязывание плесени на откосах с возможным увлажнением пены? Существует масса примеров, когда при замене окон,

установленных по сложившимся в России простейшим традиционным технологиям и простоявшим не один год, никаких признаков разрушения пены и ее хронического намокания не обнаруживается. Очень подробно об этом написано в уже упомянутой статье «К вопросу о влажностном режиме монтажных швов»: «Значение влажностного режима и степень его влияния на эксплуатационные показатели монтажных швов несколько преувеличены. Статистика многочисленных судебных и досудебных экспертиз за последние десять лет, проводимых авторами, свидетельствует о практическом отсутствии рекламаций, связанных с нарушением влажностного режима именно монтажных швов или разрушением монтажной пены вследствие ее увлажнения конденсационной влагой...». Другими словами, при традиционных монтажных технологиях намокание пены – проблема надуманная. Об этом же говорят и результаты проведенных исследований по изучению влагопоглощения монтажной пены при самом примитивном монтаже, приведенные в статье А. Д. Кривошеина и П. Е. Нестеренко «Швы против щелей» в газете «Строительство и бизнес», № 1 (53), 2005 г. За период наблюдения (три зимы) максимальное влагопоглощение при монтаже на одну пену не превысило 10% по массе, что соответствует примерно 0,2-0,3% по объему. Такое незначительное увлажнение не может существенно изменить теплофизические характеристики пены. При этом в первую зиму влагосодержание примитивного шва и шва, выполненного по технологии «Иллбрук», практически одинаковы. А именно, в первую зиму оконные фирмы, как правило, попадают под незаслуженные штрафы и рекламации. По какой схеме это происходит? В качестве примера (а таких случаев все больше) приведу сообщение одного из производителей окон (компания «Регион-ДСК», г. Томск): «Клиент, у которого дома влажность более 80%, а дому более 100 лет, температура в норме, недавно закончен ремонт (штукатурка), подал на нас в суд, т. к. на его окнах и откосах выпадает конденсат. Экспертиза, которую он заказал (ему провела томская областная судебная экспертиза), признала, что окна установлены не по ГОСТу...». Вот конкретный пример «компетентности» экспертов. Но самое интересное дальше: «...пишу вам, чтобы рассказать, чем закончилась моя встреча с юристом, коротко: если наша компания монтирует окна не по ГОСТу и потом появляется конденсат, то клиент вправе подать иск в суд за конденсат, а судить вас будут за неправильный монтаж, и клиент вправе потребовать обратно деньги по договору и за просрочку в размере 3% за каждый день. Короче, если ваши окна установлены не по ГОСТу..., то клиент может с вас снять деньги даже в том случае, если конденсат у него НЕ ЯВЛЯЕТСЯ причиной неправильно смонтированных окон (думаю, автор имел в виду не «причиной», а «следствием»)). Получается, что пожаловался клиент на одно, а наказали совсем за другое, что никакого вреда клиенту не нанесло и, вероятнее всего, не нанесет. Думаю, такая трактовка ситуации томскими юристами является идеальной почвой для развития «потребительского экстремизма», часто перерастающего в «потребительский терроризм». Судя по сообщениям в различных интернетовских форумах пострадавших оконщиков, появился целый

ряд покупателей, поставивших себе цель – установить окна бесплатно, да еще и заработать на этом. Для этого надо заказать и поставить окна летом, а с наступлением зимних холодов затеять ремонт с «мокрыми» работами, подождать появления плесени и вызывать экспертов. Дальше разыгрывается «томский вариант».

Как известно, окна являются одним из основных каналов тепловых потерь зданий. В основном, это не столько потери из-за самой конструкции окна, сколько за счет неконтролируемой инфильтрации внешнего воздуха во время отопительного сезона. Поэтому одним из последствий мирового энергетического кризиса начала 70-х годов прошлого века стало массовое применение в строительстве герметичных окон со стеклопакетами из ПВХ, дерева и алюминия. Герметичность новых окон, наряду с использованием и более теплых светопрозрачных элементов, сделала их действительно энергосберегающими. Но она же вызвала у обитателей плотно закрытых квартир и целый ряд проблем, ранее малораспространенных или не встречавшихся вообще. Дело в том, что основной технологией вентилирования жилых помещений была и остается естественная вентиляция с использованием вытяжных каналов в подсобных помещениях (кухня, ванная, туалет). Приток свежего воздуха при естественной вентиляции предполагается через щели и неплотности притворов окон, что выполнялось только со старой деревянной «столяркой». Современные окна являются гораздо более герметичными и в закрытом состоянии обеспечивают только 10-20% необходимого для здоровья воздухообмена. Итог таков: из-за нарушенного воздухообмена водяные пары, выделяемые самими жильцами (дыхание, стирка, душ, приготовление пищи), остаются в объеме квартиры, то есть резко возрастает уровень относительной влажности воздуха в помещениях.

Кроме повышения влажности воздуха замена старых окон на новые привела к значительному изменению распределения температур на оконном откосе. Наиболее заметно это в зданиях с однородными стенами (кирпич). Из-за гораздо меньшей ширины оконной коробки (60-70 мм) плоскость окна оказывается в зоне более низких температур, что приводит к более низкой температуре примыкания того же штукатурного откоса к коробке. Эти два «фактора риска» – повышенная влажность воздуха и отток тепла по сечению – привели к резкому увеличению вероятности достижения на поверхности откоса «точки росы», выпадению конденсата, появлению плесени и грибков. Избавиться от них можно с помощью активной приточно-отточной вентиляции помещений, обеспечивающей удаление вырабатываемой жильцами влаги вместе с отработанным воздухом. Большую роль играет эффективность работы системы отопления, которая снижает относительную влажность воздуха, повышая его температуру, что приводит и к увеличению температуры откосов. Поскольку, кроме относительной влажности воздуха на образование конденсата (плесени) влияет и температура поверхности, важно всячески ее повышать. Из монтажных приемов, помогающих смягчить указанную проблему, стоит упомянуть различные технологии утепления откосов и

использование тепла отопительных приборов для подогрева нижней части окна в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Микроклимат жилых помещений, конденсат, плесень и монтаж окон что общего? URL: <https://www.wikipro.ru/wiki/mikroklimat-zhilyh-pomeshchenij-kondensat-pleesen-i-montazh-okon-chto-obshchego/> (дата обращения: 05.04.18).
2. Микроклимат жилых зданий и помещений, URL: https://okna.ua/library/art-mikroklimat_zhilyh_pomeschenij (дата обращения: 03.04.18).

ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЕЛОК ДЛЯ СЖИГАНИЯ ПЕЛЛЕТ И СПОСОБОВ ИХ СЖИГАНИЯ

А. А. Магда, студент гр. ТЭбд-31

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры
«Тепловая и топливная энергетика»

Ю. Е. Чамчиян

Проблема экологии – одна из важнейших проблем современности. В последнее время, в связи с быстрым изменением внешней среды на Земле под влиянием деятельности человека, экология приобрела огромную популярность и стала объектом пристального внимания самых различных слоев населения. Главные составляющие этой проблемы – загрязнение незаменимых природных ресурсов: воздуха, воды, почвы отходами промышленности, транспорта, что привело к оскудению растительного и животного мира.

Получение готовой продукции из древесины сопряжено с огромными потерями, которые принято называть отходами. Отходы на этапе заготовки леса могут достигать нескольких десятков процентов (пни, сучья, хвоя и т. д.). Типичное лесопильное производство превращает около 60 % древесины в доски, при этом 12% уходит в опил, 6% – в концевые обрезки и 22% – в горбыль и в обрезки кромок. Объем опила и стружки на этапе деревообработки достигает 12% от исходного сырья [1].

Процесс прямого использования отходов лесопиления и деревообработки имеет ряд недостатков. Во-первых, для повышения эффективности сгорания опилки и щепы должны быть сухими, что требует дополнительных технологических процессов. Во-вторых, требует решения проблема складирования. Помимо необходимости больших складских площадей, свежие опилки и щепы подвержены самовоспламенению. В-третьих, мелкофракционные древесные отходы в виду их малой насыпной плотности невыгодно перевозить на расстояние более 20- 40 км.

Некоторой альтернативой прямого использования древесных отходов в виде топлива является изготовление и применение гранул и брикетов. При этом решаются проблемы повышения теплотворности топливного материала и

уменьшения необходимых складских площадей. При хранении топливные гранулы не самовоспламеняются. Увеличивается коэффициент полезного действия котельных. К недостаткам этого вида топлива можно отнести сложность автоматизации процесса загрузки гранул в топочное устройство.

Горелка для пеллетного котла является частью автоматической системы подачи и сжигания топлива. На практике это означает, что устройство отвечает за следующие функции:

- экономичный расход топлива – горелочное устройство напрямую подключено к автоматике, контролирующей процесс сжигания топлива, а также клямбда зонду, помогающему настроить оптимальный режим горения. Система автоматически изменяет скорость подачи пеллет на горелку, меняя тем самым температуру нагрева;

- полное сжигание топлива – пеллетная горелка, это механическое устройство подачи топливных гранул в чашу, имеющую разную конструкцию, в зависимости от типа модуля. С помощью горелочного устройства создаются оптимальные условия для полного сжигания топливных гранул. Горение происходит при высокой, искусственно нагнетаемой температуре. Процент недогара, с использованием подобного принципа работы, составляет всего 2-3%;

- в конструкции встроена функция электрического розжига гранул. Модели с высокой степенью автоматизации имеют встроенный датчик, контролирующий наличие пламени. При затухании, происходит автоматический розжиг гранул.

Ретортные пеллетные горелки (горелки объемного горения)

Наиболее эффективная пеллетная горелка.

Проблемные места.

1. Чем меньше угол наклона, тем меньше образовывается шлака, при большом количестве шлака может произойти остановка подающего шнека.

2. Длина шнека, чем длиннее шнек – тем больше древесной пыли, которая также не идет на пользу горелки [2].

Пеллетные котлы с объемной горелкой, отличаются следующими характеристиками:

- подача топливных гранул осуществляется с помощью шнековой передачи, снизу устройства;

- воздух проникает через отверстия горелочной чаши, расположенные по всему периметру;

- принцип работы горелки пеллетного котла объемного горения, связан со сжиганием топлива и направленностью пламени вверх. Используется особая конструкция теплообменника [5].

Устройство чувствительно к качеству топливных гранул и требует регулярного обслуживания, удаления нагара и шлака. Ретортная горелка быстро прогорает, при использовании растительных и серых пеллет.

Факельные пеллетные горелки

Первоначально подобные горелки использовались для сжигания зерна.

Основное преимущество – компактные размеры, позволяющие

установить горелку во многие твердотопливные котлы с небольшими топочными камерами. Достаточно простая в исполнении и надежная в эксплуатации.

К недостаткам можно отнести меньшую, по сравнению с горелками объемного горения, мощность, а также направленность пламени – происходит нагрев локальной области котла [2].

Горелка факельного типа в основном встречается в моделях пеллетного оборудования отечественного производителя. Особенности конструкции являются:

- огонь направлен вбок;
- пеллеты подаются по горизонтальному шнеку или вакуумной трубке;
- для котла, с факельной пеллетной горелкой, тяга нагнетается принудительно. Установлен вентилятор, создающий необходимое давление воздуха и завихрения, влияющие на устойчивость и интенсивность факела.

Благодаря особой конструкции, достигается повышение эффективности котла с факельной пеллетной горелкой, выражающееся в неприхотливости и всеядности агрегата. Для топки подойдут любые пеллеты, а при необходимости, котлы легко модифицировать под использование щепы [5].

Горелки «каминного типа»

Еще один тип горелочного устройства, работающий в режиме постоянного горения. Во время сжигания гранул, не требует использования нагнетательного оборудования (вентиляторов). Горелка каминного типа требует наличия естественной тяги в дымоходной трубе.

Горелки подобных видов устанавливаются в пеллетные камины и в некоторые пиролизные котлы.

Горение происходит в чашке, сверху падают пеллеты, снизу подается воздух. Подобная конструкция практически не встречается на промышленных пеллетных горелках в силу размеров и трудностей с «тонкой» настройкой горелки [4].

Способы сжигания пеллет

Наиболее часто встречаются три основных способа сжигания пеллет:

- слоевое сжигание;
- сжигание в вихре (вихревое сжигание);
- сжигание в факеле (факельное сжигание).

Слоеое сжигание

Это самый древний способ сжигание твердого топлива. Как правило, применяется для сжигания крупнофракционного и кускового топлива, находящегося на колосниковой решетке, сквозь слой которого продувается воздух. Имеет высокотехнологичные модификации, например – сжигание в кипящем слое.

Наиболее популярные и эффективные разновидности:

- сжигание на неподвижной наклонной колосниковой решетке;
- сжигание на подвижной наклонной колосниковой решетке;
- сжигание в кипящем (псевдоподвижном) слое [3].

Сжигание в вихре (вихревое сжигание).

Более технологичный способ сжигания твердых биотоплив. Как правило, применяется для сжигания мелкофракционного топлива (размер частиц – до 6 мм), в т.ч. пылевидного. При этом способе большая часть топлива не находится на решетке, а вращается в вихревом потоке дутьевого воздуха, т.е. это - способ сжигания топлива во взвешенном состоянии.

Разновидности:

- сжигание с горизонтальной осью вращения вихря;
- сжигание с вертикальной осью вращения вихря [4].

Сжигание в факеле (факельное сжигание).

Высокотехнологичный способ сжигания твердого биотоплива. Сжигание происходит в камере, в которую специальными пылевыми горелками подается смесь воздуха с предварительно измельченным в пыль биотопливом (или шлифовальной пылью). Оптимальный размер частиц топлива – 0,2 мм, максимальный – 0,5 мм. Колосниковая решетка в этом способе чаще всего отсутствует [4].

Существует множество типов котлов для сжигания пеллет, однако в большинстве случаев все они используют слоевой способ сжигания, принципиальное отличие только в конструкции пеллетной горелки. Все горелки имеют общий принцип работы. Главным отличием между ними, является направленность подачи топливных гранул и забора воздуха для горения. Некоторые производители изначально предлагают потребителю котлы со встроенной пеллетной горелкой и фиксированной комплектацией, что сводит на нет необходимость в самостоятельном подборе всех важных узлов.

В целом задача производства эффективного и экологичного топлива из возобновляемых и неиспользуемых отходов является весьма благородной и благодарной, решая проблемы утилизации практически бесполезных, а зачастую и вредных отходов и дает потребителям дополнительный источник эффективного топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев, Н. И. Пеллеты и топливные брикеты – прогрессивные виды твердоугобиотоплива // Энергосбережение. – 2011. – №4. – С. 14-20.
2. Виды пеллетных горелок. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.woodheat.ru/burner/index.html> (3.02.2009).
3. Дзядикевич Ю. В., Розум Г. И., Буряк М. В. Особенности процесса сжигания древесной биомассы и пути его улучшения // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2010. – №10. – С.41-45.
4. Коновалов П. Н., Конюхов В. Ю., Данилова Е. Д. Утилизация древесных отходов в качестве топлива // Молодежный вестник ИРГТУ. – 2014. – №2. – С.10.
5. Медведева Н. Л., Хальметов А. А. Обзор пеллетных горелок для отопления в малоэтажном строительстве [Текст]// Культурно-историческое наследие строительства: вчера, сегодня, завтра: сб. тр. конф. – Саратов, 2014. – С.73-78.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДРУГИХ ВИДОВ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

Г. В. Манасян, студент группы ТЭБд-31

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры
«Тепловая и топливная энергетика»

Ю. Е. Чамчиян

Методы переработки твердого топлива основаны на гетерогенных, главным образом некаталитических процессах в системах «твердое – газ», «твердое – жидкость – газ» и многофазных, осуществляемых при высоких температурах.

При нагревании уголь и другие виды топлива претерпевают сложные изменения, ведущие к образованию новых твердых, жидких и газообразных продуктов.

Основными методами, переработки твердого топлива являются коксование, полукоксование, газификация и деструктивная гидрогенизация.

Коксование – метод переработки каменных углей нагреванием без доступа воздуха до $900-1060^{\circ}\text{C}$ в коксовых печах. Коксохимическое производство включает три технологических стадии: подготовку сырья, коксование и переработку коксового газа.

Сырьем для коксования служит смесь каменных углей, способных при нагревании спекаться (т. е. размягчаться и слипаться в общую массу). К таким углям относятся коксующие угли различных марок: коксующиеся, паровично-спекающиеся, паровично-жирные и др. Но запасы коксовых углей ограничены, поэтому наряду с ними применяют другие марки каменных углей – неспекающиеся: жирные, газовые, длиннопламенные.

Поступающие на переработку угли подвергаются подготовке: дроблению, сортировке, обогащению, обезвоживанию. Эта работа по улучшению качества угля требует дополнительных расходов, но она экономически целесообразна.

Процесс коксования протекает в коксовых печах, представляющих собой щелевидные камеры 2 шириной 0,4 м, высотой 4 м и длиной 14-15 м, сложенные из огнеупорного материала. В своде такой камеры имеются отверстия – люки для загрузки угля. Несколько десятков вечей (до 75), расположенных параллельно друг другу и связанных кирпичной кладкой, образуют коксовую батарею. В простенках между печами располагаются отопительные каналы 1. В них сжигается какое-либо газообразное топливо. Полученное при этой тепло через стенки печей, передается загруженному в них углю.

Коксование длится 13-14 часов. По окончании процесса открывают переднюю и заднюю двери печи и специальным толкателем выталкивают кокс из камеры в стальной полувагон, в котором его тушат. После выгрузки кокс сортируют. Из одной тонны угольной шихты получают 730-780 кг кокса, содержащего 85-95% чистого углерода, 5-11% золы и небольшое количество других веществ.

Образующийся при коксовании газ (до 350 м³ на 1 т угля) содержит много ценных веществ. Кроме водорода, метана, окиси и двуокиси углерода, в его состав входят пары каменноугольной смолы, бензола, аммиака, сероводорода и ряд других соединений. Парогазовую смесь, отходящую из коксовых камер, улавливают и отводят в цех конденсации на переработку, извлекая содержащиеся в газе компоненты.

Полукоксование – низкотемпературный пиролиз низкосортного твердого топлива (каменные и бурые угли, сланцы) при нагревании до конечной температуры 500-550° С без доступа воздуха.

Продукты полукоксования – полукокс, смола и газ.

Полукокс – слабо спекшийся хрупкий продукт, содержащий до 10% летучих веществ, обладающий высокой реакционной способностью и большой зольностью. Применяют как местное энергетическое топливо и как составляющую шихты для коксования.

Смола, в особенности сланцевая, служит источником получения моторных топлив, растворителей самых разнообразных органических мономеров, выделяемых прямой перегонкой смолы.

Газификация. В последнее время газификация твердого топлива приобретает особое значение как источник энергии и химического сырья.

Газификации могут быть подвергнуты любые виды твердого топлива – торф, низкосортные угли, сланцы, полукокс, отходы лесоразработок и др. При газификации, проводимой в реакторах, называемых газогенераторами, органическая масса топлива превращается в генераторные газы. Твердый остаток газификации (шлак) представляет собой минеральную часть топлива, т. е. золу. В зависимости от назначения генераторного газа применяют различные виды дутья и получают газ заданного состава.

Представляет интерес возрождение идеи Д. И. Менделеева о подземной бесшахтной газификации каменных углей. Когда газификация протекает в подземном газогенераторе без извлечения топлива на поверхность, т. е. без трудоемких горных работ.

Метод заключается в том, что с поверхности земли к угольному пласту бурятся скважины на расстоянии 25-30 м друг от друга, после чего забои этих скважин соединяются каналом газификации по угольному пласту. Одна скважина предназначена для подвода дутья, а другие – для отвода образующихся газов.

Деструктивная гидрогенизация – это метод прямого получения искусственного жидкого топлива – заменителя нефтепродуктов – из бурых и каменных углей, сланцев и других видов твердого топлива.

Сырьем служат каменные и бурые угли, содержащие в своей массе минимум серы, азота, кислорода, но максимум водорода. Угли подготавливают; дробят, измельчают, обогащают и сушат. Тонко измельченный угольный порошок смешивают с тяжелым маслом. Полученную массу нагревают в автоклавах под давлением в присутствии водорода и катализатора. В этих условиях уголь насыщается водородом – гидрогенизуется. Одновременно с

гидрогенизацией происходит расщепление (деструкция) больших молекул, составляющих уголь, в смесь жидких и газообразных веществ с меньшим молекулярным весом. В результате образуются углеводороды (C_nH_m), аналогичные молекулам веществ, составляющих нефть. В зависимости от степени гидрирования можно получить бензин, керосин, дизельное топливо и другие вещества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голицын М. В., Голицын А. М. Коксующиеся угли России и мира; под ред. В. С. Череповского: Справочник. – М.: Недра, 1996. – 239 с.
2. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – 9-е изд. – М.: 1973. – 546 с.
3. Общая химическая технология. Под ред. проф. А. Г. М. Амелина: «Химия», 1977. – 400 с.
4. Грязнов Н. С. Основы теории коксования. – М.: Металлургия, 1996. – 312 с.
5. Покровская С. В. Технология переработки нефти. Производство нефтяных масел – Учеб.-метод. комплекс. – Новополюцк: ПГУ, 2008. – 320 с.

ПИРОЛИЗ НИЗКОСОРТНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

Д. Ю. Кодин, студент гр. ТЭбд-31

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры
«Тепловая и топливная энергетика»

Ю. Е. Чамчиян

Термическая переработка представляет собой совокупность методов и способов преобразования исходного сырья в конечный продукт на основе изменения теплового состояния перерабатываемого низкокачественного топлива. Суть термической переработки заключается в разложении низкосортного органического сырья путем его нагрева. В результате данной переработки органическая масса претерпевает сложные превращения, и образуются твердая, жидкая и газообразная фазы.

В результате процесса пиролиза образуются следующие продукты: полукокс, смола и полукоксовый газ.

Полукокс представляет собой твердый остаток с содержанием летучих продуктов до 15% на рабочую массу. Содержание полукокса может достигать 60-70 % от общего веса сгенерированных продуктов пиролиза.

Благодаря развитой пористой поверхности полукокс обладает большой реакционной способностью и легко воспламеняется. Данная особенность позволяет использовать его как бытовое бездымное топливо. Также полукокс может применяться в металлургической промышленности как спекающаяся добавка.

Основным недостатком данного продукта пиролиза является его слабая

механическая прочность, что затрудняет его транспортировку на дальние расстояния [1].

Смола представляет собой жидкий продукт полукоксования темно-бурого цвета, содержащего главным образом парафины, олефины, нафтены, фенолы и др. Физические и химические свойства сгенерированной смолы полностью зависят от химической природы перерабатываемого сырья и от условий проведения пиролиза, главным образом от температуры и давления в рабочей зоне. Содержание полукоксовой смолы колеблется в пределах 5-20 % от общего веса сгенерированных продуктов пиролиза.

Из полукоксовой смолы при соответствующей переработке производятся такие ценные продукты, как моторное топливо и масло, фенолы, парафин. При пиролизе угля генерируются такие остатки каменноугольной смолы, как каменноугольные фусы, которые в дальнейшем могут быть использованы как связующий материал при изготовлении брикетного топлива [4]. А при перегонке каменноугольной смолы можно получить каменноугольный пек, который будет использоваться также при изготовлении брикетного топлива с целью обеспечения влагостойкости данного продукта.

Также многие другие продукты, получаемые при переработке смолы, находят свое применение в парфюмерии, сельском хозяйстве, в промышленности пластических масс и искусственного волокна.

Полукоксовый газ, получаемый при пиролизе твердого топлива, обладает высокой теплотой сгорания, которая достигает 6000-8000 ккал/нм³. Это объясняется тем, что в полученном газе в большом количестве содержится метан, а также непредельные углеводороды.

Содержание газа достигает 25% от общего веса сгенерированных продуктов пиролиза. При пиролизе органического сырья, содержащего большое количество кислорода в горючей массе, выделяется большое количество углекислого газа (CO₂), сильно балластирующего газ [2].

Однако путем промывки сгенерированного газа водой под давлением можно освободить его от большей части CO₂. Таким образом, газы сухой перегонки топлива можно подразделить на газы с низким содержанием балласта (пиролиз углей, сланцев) и с высоким содержанием балласта (пиролиз древесины, торфа) [3]. Например, газ полукоксования, получаемый при пиролизе мелкозернистого сланца, характеризуется следующим составом: 14% CH₄; 11% C₂H₆; 8% C₃H₈ + C₄H₁₀ + C₅H₁₂; 16% C₂H₄; 15% C₃H₆ + C₄H₈ + C₅H₁₀; 16% H₂; 10% CO; 4% CO₂; 6% N₂ [3].

После выделения непредельных углеводородов для использования в химической промышленности получают остаточный полукоксовый газ, который относится к газам с высокой теплотой сгорания, величина которой в среднем равняется 6500 ккал/нм³.

Таким образом, пиролиз низкосортного органического топлива, является прекрасным способом получения полезных составляющих (парафины, олефины, нафтены, фенолы, полукоксы, полукоксовый газ и др.), в том числе и получение качественного топлива из низкокачественного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астафьев А. В., Ибраева К. Т., Суздальцев В. Е. Исследование термического разложения торфа применительно к брикетированию. – Томск: ТПУ, 2016. – Т. 1. – С. 178-182.
2. Теплотехнология переработки низкосортного топлива в высококалорийные топливные брикеты / Р. Б. Табакаев, А. В. Казаков, А. С. Заворин, И. Г. Черемисин // Энергосбережение и водоподготовка. – 2014. – № 6. – С. 29-33.
3. Табакаев Р. Б., Казаков А. В., Заворин А. С. Твердое композитное топливо из низкосортного сырья (технологический аспект) // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – № 4. – С. 56–64.
4. Табакаев Р. Б., Казаков А. В., Заворин А. С. Термическое обогащение низкосортного твердого топлива. // Химия твердого топлива. – 2015. – № 5. – С.3-9.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ДОБЫЧИ СЛАНЦЕВОЙ НЕФТИ

А. И. Шонтя, студент гр. ТЭБд-31

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры
«Тепловая и топливная энергетика»

Ю. Е. Чамчиян

Сланцевая нефть добывается не из сланцев, а из прослоев доломита и песчаника, находящихся внутри сланцевой формации. С помощью гидравлического разрыва пласта в этих породах, создается дополнительная система трещин, в результате которой прослой доломитов и песчаников приобретают достаточную для извлечения нефти проницаемость. Распространенные методы добычи сланцевой нефти: **добыча и дистилляция (деструктивная дистилляция); дистилляция и извлечение в пласте; капсульное извлечение [1].**

При термических методах добычи породу нагревают до высокой температуры, а полученную при дистилляции жидкость сепарируют для дальнейшей обработки или при помощи нагнетательных скважин повышают проходимость коллектора и выталкивают на поверхность смесь, аналогичную традиционной нефти.

В целом процесс добычи нефти на сланцевых пляях может проходить двумя методами: когда переработка сланца осуществляется на поверхности (surface retorting – наружный ретортинг), и так называемыми методами in-Situ (внутри пласта – внутрислоевый ретортинг) [2].

Поверхностный ретортинг подразделяется на три основных типа.

1. **Непрямой ретортинг** подразумевает пиролиз нефтяного сланца за счет нагрева, причем в качестве теплоносителя используется природный газ. Теплоноситель циркулирует по законтурному пространству реторты, нагревая

находящийся в реторте измельченный сланец.

2. **Прямой ретортинг**, когда природный газ закачивается непосредственно в реторту, разогревая подаваемый туда же измельченный сланец.

3. **Смешанный (комбинированный) ретортинг** совмещает оба этих метода.

Наиболее эффективным методом из обозначенных является процесс комбинированного ретортинга, используемый сегодня для большинства проектов по добыче сланцевой нефти. Существует несколько запатентованных систем, использующих этот подход [3].

Shell ICP

Процесс основывается на постепенном нагреве изолированных сланцевых пластов в течение длительного времени (как правило, 2-4 года) с использованием погружных электрических нагревателей. За счет сравнительно низкой теплопроводности сланца и выстраивания вокруг нагреваемого контура «замораживающих стен» удается равномерно нагреть все сланцевые пласты до температуры 200 °С и начать практически переработку сланца внутри пласта.

Замораживающие стены – уникальная технология «Shell», позволившая компании разрешить проблему загрязнения грунтовых вод при внутрипластовой добыче сланцевой нефти. «Замораживающие стены» – это своеобразные нагнетательные скважины, в которых в качестве хладагента используется водный аммиак. Скважины, образующие «замораживающие стены», бурятся вокруг зоны добычи и промораживают породу и грунтовые воды при температуре – 42 °С на протяжении всего добычного цикла.

Chevron in-situ process

Технология подразумевает внутрипластовую добычу и частичное фракционирование керогена в пласте за счет нагретого природного газа, закачанного в пласт под большим давлением. Проблема почвенных вод, а точнее их непоступление в зону добычи, решается в данном случае значительным количеством скважин, пробуриваемых вокруг добычного контура и предназначенных для откачки из пласта воды. В качестве основной технологии добычи используется разрыв пласта нагретым газом. Энергетическая эффективность достигается за счет рециркуляции воздуха через отработанные пласты под высоким давлением. Фактически воздух выступает в качестве теплоносителя, нагреваясь в отработанных пластах за счет сгорания тяжелых углеводородных остатков, поступает в новые добычные пласты через нагнетательные скважины, где за счет собственной высокой температуры стимулирует распад керогена. Стоит отметить, что добычной зоне при этом наносится значительный урон, для процесса характерны значительные выбросы CO₂ и значительные объемы выпариваемой воды. Выход нефти при добыче этим методом – более 90 %.

ExxonMobil Electofrac

Процесс представляет собой модернизированный вариант классического гидроразрыва пласта и построен не на термических, а на электролизных методах воздействия на пласт. Скважины заполняются электропроводящим

флюидом, при этом сам пласт выступает в качестве резистивного элемента цепи и нагревается под воздействием электричества. Таким образом, пласт становится естественным теплоносителем при внутрипластовом ретортинге, содержащегося в нем керогена. После нагрева нефть добывается традиционными скважинами.

AMSO EGL Technology

Технология представляет собой один из немногих примеров непрямого ретортинга внутри пласта. Она построена на замкнутой системе нагревательных труб, расположенных в глубине пласта в максимальной близости к сланцевой залежи. В качестве теплоносителей могут быть использованы различные разогретые в бойлере (F) жидкие флюиды, в том числе нефтесоснованные или водососнованные. За счет нагрева от непрямого контура содержащаяся в пласте сланцевая нефть разогревается, разжижается и начинает поступать в сеть добычных скважин, обеспечивающих высокую температуру по всему пласту. Отработанные газы, образовавшиеся в результате термического разложения сланца, поступают в бойлер и служат сырьем для нагрева теплоносителя.

Заключение

Сланцевые технологии характеризуются применением высокоинтенсивных методов воздействия на пласты и должны отвечать требованиям высокой адаптивности к изменению условий добычи.

Технологии добычи сланцевой нефти решают две главные задачи:

1. Создание большого объема свободной поверхности породы, чтобы обеспечить высокую эффективность на этапе разделения фаз;
2. Отделение керогена от породы методами дистилляции, тепловой обработки и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженовская свита: в поисках большой сланцевой нефти на Верхнем Салыме. 2013. [Электронный ресурс]. – URL: <http://rogtecmagazine.com/ru/баженовская-свита-в-поисках-большой-с/>
2. Варламов А. И., Афанасенков А. П., Пырьев В. И., Дахнова М. В., Лоджевская М. И., Можегова С. В., Кравченко М. Н. «Основные виды источников нетрадиционных ресурсов УВС и перспективы их освоения». Всероссийское совещание «Методические проблемы геологоразведочных и научно-исследовательских работ в нефтегазовой отрасли», посвященное 60-летию образования ФГУП «ВНИГНИ». г. Москва, 16-18 октября 2013 г.
3. Грушевенко Д., Грушевенко Е. Нефть сланцевых плеев – новый вызов энергетическому рынку? / Под редакцией А. А. Макарова, Т. А. Митровой, В. А. Кулагина: Центр изучения мировых энергетических рынков ИНЭИ РАН, ноябрь 2012.
4. Крюков В. А., Селезнева О. А. Нефтегазовые ресурсы в меняющейся институциональной среде // Экономический журнал ВШЭ, 2013. – № 3. – С. 407-429.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ОБОГАЩЕНИЯ НИЗКОСОРТНЫХ ПЕЛЛЕТОВ ДЛЯ МАЛЫХ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

А. М. Бурлева, студент гр. ТЭбд-31

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры
«Тепловая и топливная энергетика»

Ю. Е. Чамчиян

Переход к модели распределенной энергетики с интенсивным использованием различных видов биотоплива является актуальным направлением развития современных энергетических систем.

Основной формой твердого биотоплива в энергетике являются пеллеты. В качестве сырья для производства гранул используют торф, балансовую древесину, древесные отходы (кору, опилки, щепу и другие отходы лесозаготовки), а также отходы сельского хозяйства (отходы кукурузы, лузгу подсолнечника, солому, куриный помет).

Данные отходы перерабатывают в топливные пеллеты путем их поочередного дробления, сушки и прессования под высоким давлением с **добавлением или без каких-либо связующих компонентов.**

Пеллеты относятся к возобновляемым источникам энергии, а также являются экологически чистым топливом. В современных условиях использование пеллетного топлива как никогда актуально из-за истощения запасов нефти, природного газа и проблем экологической безопасности. Кроме того, гранулы имеют высокий показатель теплотворности, их теплота сгорания составляет 4,3-4,5 кВт/кг. При сжигании пеллет образуется небольшое количество золы. Гранулы имеют высокую и постоянную насыпную плотность, что дает возможность легко перевозить этот сыпучий продукт на большие расстояния. Влажность гранул составляет всего 8-12% в отличие от обычной древесины (влажность сырых дров 30-50%).

Эти особенности пеллетного топлива в последние годы оказали значительное влияние на развитие и совершенствование технологий получения энергии из различных видов отходов. Энергию из органических отходов получают 2 методами: физическим (прямое сжигание органических отходов) и химическим (использование процессов пиролиза и газификации).

Одним из наиболее перспективных способов получения энергии является газификация биомассы с производством горючих (генераторных) газов.

Газификация биомассы – это процесс сжигания биотоплива при температуре 800-1500° С в присутствии воздуха или кислорода и воды с получением в результате синтез-газа или генераторного газа с теплотой сгорания от 10000 до 16700 кДж/м³ [3].

Прямой продукт газификации твердого биотоплива (так называемый сырой газ) всегда содержит некоторые количества CO₂, H₂O, CH₄ и, кроме того, иногда и высших углеводородов, а при использовании воздуха - еще и N₂. В

зависимости от вида сырья получают газы различного химического состава.

Из-за сложного взаимодействия и быстротечности реакции изучение процесса газификации затруднено. Условно процесс газификации твердого биотоплива состоит из следующих этапов:

1. нагрев и сушка топлива;
2. пирогенное разложение топлива на газообразные продукты и твердый остаток;
3. газификация угольного остатка.

Состав и масса газов, получаемых в результате, зависят от вида топлива, температуры процесса и скорости нагрева частиц.

В результате пиролиза твердого биотоплива образуется углистый остаток, в состав которого входит, в основном, углерод. При газификации углистого остатка выделяется горючий газ. Генераторным называется газ, образующийся при взаимодействии углерода с каким-либо газообразным реагентом при условии получения в его составе горючих составляющих. Реагирующими газами обычно являются кислород воздуха, водяной пар, чистый кислород, а также смесь пара и воздуха или пара и кислорода [1].

На базе Ульяновского государственного технического университета была разработана технология обогащения низкосортного пеллетного топлива рециркулируемыми уходящими газами котельной установки. Технология обогащения предполагает досушку и прогрев пеллет с одновременным насыщением их капиллярно-пористого пространства синтез-газом и горючими компонентами рециркулируемого газа, что в совокупности способствует наиболее полному сгоранию гранул и повышению показателей экологической чистоты и топливной эффективности котельной установки.

Также для решения проблемы механического и химического недожога (который может достигать 55% по массе для агропеллет и до 19% для древесных) при сжигании низкосортных топливных пеллет была разработана модель пеллетной котельной установки, оборудованной модулем обогащения пеллет рециркулируемыми уходящими газами.

Принцип ее работы заключается в следующем: В рабочую камеру 5 модуля обогащения пеллет из загрузочного бункера 1 по транспортеру 3 подается пеллетное топливо. Отбираемые из топки 6 уходящие газы через обвязку 8 системы рециркуляции подаются в эту же рабочую камеру. В ней за счет теплоты

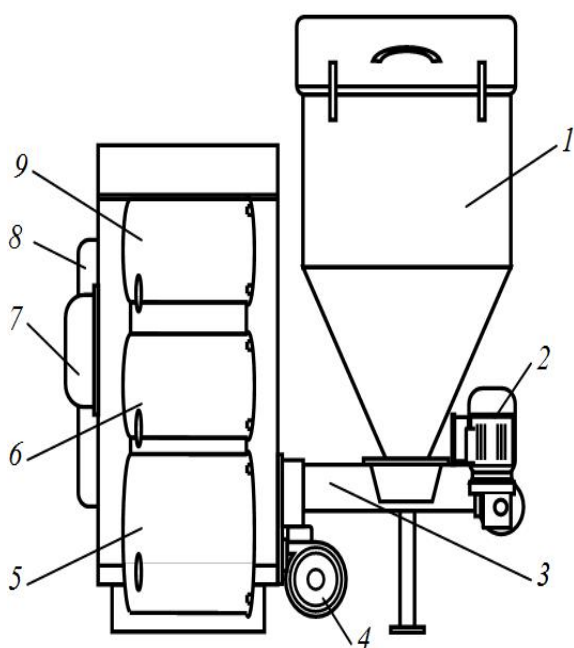


Рис.

уходящих газов происходит нагрев пеллетного топлива и осуществляется его сушка с одновременным насыщением капиллярно-пористого пространства уходящими газами и образующимся синтез-газом (СО и Н₂). Периодически из рабочей камеры 5 с помощью транспортера и электропривода 4 обогащенное пеллетное топливо подается в топку 6. Управление электроприводами 2 и 4 транспортеров и заслонками обвязки системы рециркуляции уходящих газов осуществляется блоком управляющей автоматики 7, обрабатывающей сигналы от датчиков давления и температуры, установленных в рабочей камере 5 и топке 6, и датчиков уровня топлива, установленных в них же и в бункере 1 [2].

Использование данной технологии сократит недожог низкосортных пеллет до 3...4% и увеличит показатели топливной эффективности и экологической чистоты пеллетной котельной установки. Данная технология позволяет исключить дорогостоящие операции термической обработки из технологического процесса получения пеллет благодаря вынесению их в технологический процесс подготовки топлива перед загрузкой в топочную камеру.

Технологии использования биомассы, в том числе пеллетного топлива, постоянно совершенствуются, обеспечивая получение энергии в удобной для потребителя форме и с максимально возможной эффективностью.

За рубежом пеллеты широко используются в качестве топлива для автоматизированных котелен, как бытового, так и промышленного уровня. Лидерами в области использования пеллетного топлива и производства оборудования по использованию пеллет являются Дания, Австрия и Швеция.

В настоящее время в области обогащения низкосортных биотоплив ведутся активные научные и конструкторские разработки, что свидетельствует о важности и актуальности изучения этой сферы энергетики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алешина А. С., Сергеев В. В. Газификация твердого топлива [Электронный ресурс]: [учебное пособие]; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 3,25 Мб). – Санкт-Петербург, 2010. – URL: <http://elibr.spbstu.ru/dl/2949.pdf>.

2. Разработка и исследование технологии обогащения низкосортных твердых топлив рециркулируемыми уходящими газами для котельных установок / М. С. Бояркин, В. Н. Ковальногов, Т. В. Карпухина, Р. В. Федоров // Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии. – Днепропетровск: НПК «Триакон». – 2016. – Вып. 1(17). – С. 78-88. doi: 10.23877/MS.TS.25.008.

3. Плачкова С. Г. Энергетика. История, настоящее и будущее. Книга 5. Электроэнергетика и охрана окружающей среды. Функционирование энергетики в современном мире // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5>.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ

К. С. Кузборская, студентка гр. ТЭБд-31

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры
«Тепловая и топливная энергетика»

Ю. Е. Чамчиян

Задача обеспечения необходимых теплотехнических качеств наружных ограждающих конструкций решается приданием им требуемых теплоустойчивости и сопротивления теплопередаче.

Из всего разнообразия возможных методов утепления ограждающих конструкций следует выделить наиболее ключевые конструктивные способы, позволяющие увеличить показатели теплосбережения: теплоизоляция наружных стен, многослойные панели для отделки внешних конструкций и внутреннее утепление. Основной теплозащитной характеристикой ограждающей конструкции при оценке ее применимости для конкретного технического решения является способность ограждения оказывать сопротивление проходящему через него тепловому потоку, количественно характеризуемая сопротивлением теплопередаче [1].

Существуют активные и пассивные методы теплозащиты. В активных методах газообразный или жидкий охладитель подается к защищаемой поверхности и берет на себя основную часть поступающего к поверхности тепла. В зависимости от способа подачи охладителя к защищаемой поверхности различают несколько типов теплозащиты. Конвективное (регенеративное) охлаждение – охладитель пропускается через узкий канал («рубашку») вдоль внутренней (по отношению к подходящему тепловому потоку) стороны защищаемой поверхности. Заградительное охлаждение – газообразный охладитель подается через щель в охлаждаемой поверхности на внешнюю, «горячую», сторону, как бы загораживая ее от воздействия высокотемпературной внешней среды. Пленочное охлаждение аналогично заградительному, но через щель защищаемой поверхности подается жидкий охладитель, образующий на этой поверхности защитную пленку. По мере растекания вдоль поверхности жидкая пленка испаряется и разбрызгивается. Поглощение подводимого к поверхности тепла в данном способе происходит за счет нагревания и испарения пленки жидкого охладителя. Пористое охлаждение – газообразный или жидкий охладитель подается через саму охлаждаемую поверхность, для чего последнюю делают пористой или перфорированной. Этот метод применяется при повышенных тепловых потоках к поверхности, когда предыдущие методы теплозащиты оказываются несостоятельными. В пассивных методах воздействие теплового потока воспринимается с помощью специальным образом сконструированной внешней оболочки или с помощью специальных покрытий, наносимых на основную конструкцию [2].

Возросшие требования к теплозащите обусловили переход на многослойные конструкции с применением эффективных утеплителей, что, в свою очередь, повлекло за собой необходимость изменения конструктивной схемы зданий (переход

на полный каркас), с передачей нагрузки от наружных стен на межэтажные перекрытия, применение фасадных систем теплоизоляции, трехслойных стеновых панелей с гибкими связями из стеклопластика и т. п. Отчасти эти же причины обусловили и массовое применение в строительстве светопрозрачных конструкций в переплетах из ПВХ-профилей, древесины, «теплого» алюминия с двухкамерными стеклопакетами, заполнением межстекольного пространства инертными газами, низкоэмиссионным покрытием стекла и т. п.

Определяющим показателем тепловой защиты и энергетической эффективности зданий с 2011 г. принят удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию. Удельный – в пересчете на 1 м² отапливаемой площади или 1 м³ отапливаемого объема здания за отопительный период. Это решение прописано в постановлении Правительства РФ «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов» (№18 от 25.01.2011 г.) и приказе Министерства регионального развития РФ №224 «Об утверждении требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений» (от 17.05.2011 г.) [3].

Такой подход, в отличие от СНиП 23-02-2003, представляется абсолютно правильным, поскольку с точки зрения потребителя не столь уж важно, какое сопротивление теплопередаче имеют наружные стены, окна или покрытия того или иного здания. Важен конечный результат – затраты на отопление и вентиляцию. Хотя, бесспорно, ограждающие конструкции должны обеспечивать выполнение требуемых санитарно-гигиенических условий эксплуатации зданий.

Следует отметить, что вышеупомянутыми документами предусмотрено дальнейшее поэтапное снижение нормативных значений удельного расхода тепловой энергии. В частности – с 1 января 2016 г. на 15% по отношению к базовому уровню 2011 г., с 1 января 2020 г. – еще на 10% по отношению к уровню 2016 г. Кроме того, с 2013 г. в качестве дополнительных технических требований, вводятся требования по интеграции в энергетический баланс зданий, строений, сооружений нетрадиционных источников энергии и вторичных энергоресурсов [4]. Расчет параметра ведется по действующим методикам и СНиП «Тепловая защита зданий».

В соответствии с требованиями СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», ТСН 23-301-2004 «Энергетическая эффективность жилых и общественных зданий» на вновь выстроенных (реконструированных) объектах предусмотрена оценка параметров, влияющих на экономию тепловой энергии и создание благоприятных условий среды в помещениях: проведение тепловизионного контроля качества тепловой защиты зданий, определение фактического сопротивления теплопередачи, контроль воздухопроницаемости [5]. Теплоизоляция ограждающих конструкций зданий должна обеспечивать снижение энергопотребления, при условии соблюдения санитарно-гигиенических норм [6].

В нашей стране формально устанавливаются требования энергетической

эффективности для зданий. Так, в постановлении Правительства Российской Федерации № 18 от 25.01.2011 г. утверждается необходимость повышения энергоэффективности зданий по сравнению с базовым, нормируемым в 2010 году уровнем, на 15% с 2011 года, еще на столько же с 2016 года и всего на 40% с 2020 года. Но все понимают, что без повышения теплозащиты нам не достигнуть таких показателей, поскольку применение новых технологий использования утилизации тепла вытяжного воздуха, солнечной радиации, тепловых насосов, возобновляемых источников энергии и др. значительно дороже, чем выполнение утепления зданий [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Смородова О. В., Китаев С. В., Павлова А. Д. Усиление тепловой защиты зданий // Нефтегазовое дело. – 2016. – №4. – С.1-5.
2. Душин Ю. А. Работа теплозащитных материалов в горячих газовых потоках. – Л.: Химия, 1968 – 224 с.
3. Ливчак В. И. Правила соблюдения требований энергетической эффективности высотных зданий и комплексов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6409. – (Дата обращения: 06.03.18).
4. Кривошеин А. Д., Жабенцев, Д. А. О некоторых особенностях проектирования тепловой защиты современных зданий // Архитектура и строительство Омской области. – 2011. – № 6. – С. 26-28.
5. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий (актуализированная редакция СНиП 23-02-2003). – Введ. 2013-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2012. – 139 с.
6. ТСН 23-301-2004. Энергетическая эффективность жилых и общественных зданий. Нормы по энергопотреблению и теплозащите. – Введ. 2004-11-12. – М. Изд-во стандартов, 2004. – 59 с.
7. Ливчак В.И. Европейская тенденция повышения теплозащиты зданий: как она реализуется в России? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5033. – (Дата обращения: 06.03.18).

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ

С. С. Тимошина, студентка группы ТЭбд-31

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры

«Тепловая и топливная энергетика»

Ю. Е. Чамчиян

Газоперекачивающие станции или компрессорные станции – это комплекс сооружений и оборудования для повышения давления сжатия газа при его добыче, транспортировке и хранении.

Технологическая схема КС состоит из установок очистки газа, компрессорных цехов, установок воздушного охлаждения газа. Работа оборудования КС обеспечивается технологическими трубопроводами с запорно-регулирующей арматурой, маслосистемой, установками подготовки пускового, топливного и импульсного газа, системой электроснабжения и пр. [1].

Взаимодействие линейной части магистрального газопровода и КС осуществляется через узел подключения, обеспечивающий следующий режим работы газопровода: подача газа по газопроводу с компримированием его на подключаемой КС – основной режим; подача газа по газопроводу без компримирования на КС – временный режим работы газопровода при вынужденной остановке (отключении) КС или сокращении подачи газа по газопроводу; подача газа по газопроводу при периодической очистке его полости очистными устройствами от механических примесей, влаги и конденсата – временный режим.

Компрессорный цех состоит из группы газоперекачивающих агрегатов (ГПА) установленных в общем или индивидуальном зданиях (укрытиях), систем и сооружений, обеспечивающих его функционирование (технологии, коммуникации с запорной арматурой, установка очистки газа, установка охлаждения газа, система топливного, пускового и импульсного газа, электрические устройства цеха, система автоматического управления, системы маслоснабжения, пожаротушения, отопления, вентиляция, канализации, сжатого воздуха и др.). Для запуска и останова ГПА предусматривается рециркуляционный контур. В зависимости от типа привода на КС могут использоваться газотурбинные газоперекачивающие агрегаты, электроприводные газоперекачивающие агрегаты или поршневые [3].

Для обеспечения надежной работы на газотурбинных КС, как правило, предусматриваются два внешних источника электроснабжения и аварийная электростанция. В случае одного внешнего источника или его отсутствия используются электростанции собственных нужд на газовом топливе (газотурбинные или поршневые электроагрегаты).

Газоперекачивающий агрегат – сложная энергетическая установка, предназначенная для компримирования (повышение давления газа с помощью компрессора) природного газа, поступающего на КС по магистральному газопроводу.

Кроме того, каждый ГПА снабжен системой регулирования основных параметров агрегата, системами агрегатной автоматики, автоматического пожаротушения, обнаружения загазованности помещения и др.

Автоматизация КС предусматривает их оснащение комплексом технических средств, обеспечивающих выполнение следующих основных задач: автоматического управления, регулирование и защита всех технологических объектов; диспетчерский контроль и оперативный анализ фактического режима технологических объектов, уровень АСУ технологии, процессами газопровода.

Эффективная эксплуатация комплекса технических средств компрессорных станций возможна только при надежном функционировании

автоматизированной системы управления технологическими процессами КС (АСУ ТП КС).

В состав АСУ ТП КС входят:

– системы автоматического управления и регулирования (САУ и Р) ГПА, в том числе устройства представления информации (УПИ) и пожарный контроллер (ПК 4510) автоматической системы пожаротушения(АСП);

– система централизованного контроля и управления КС, включающая в себя: автоматизированное рабочее место диспетчера КС (АРМД КС), мнемощит КС и шкаф общестанционной сигнализации и управления(ШОС);

– системы безопасности КС, включающие в себя: систему управления кранами узла подключения, общестанционными и охранными кранами (ЩТУ-11М), систему пожарной сигнализации, в т. ч. устройство представления информации (УПИ) АСП, систему контроля загазованности и ключ аварийной остановки станции (КАОС);

– САУ и РАВО (аппараты воздушного охлаждения) газа;

– САУ вспомогательных объектов;

– система линейной телемеханики (СЛТМ) [2].

Для контроля технического состояния газоперекачивающего агрегата, технологического и вспомогательного оборудования используются разного рода измерительные первичные преобразователи (датчики). Датчики преобразуют физическую величину в электрический сигнал и работают с показывающими, регистрирующими вторичными приборами, регуляторами, системами автоматического управления и контроля. Параметрами, характеризующими техническое состояние оборудования, являются: температура, давление, перепад давлений, вибрация и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт ОАО «ГАЗПРОМ» [сайт]. – ГАЗПРОМ, 2003 – 2018. – Режим доступа: <http://www.gazprom.ru/about/>.

2. Щуровский В. А., Зайцев Ю. А. Газотурбинные газоперекачивающие агрегаты. – М. : Недра, 2014. – 187 с.

3. Газоперекачивающий агрегат компрессорной станции магистрального газопровода// Патент России № RU2002104572А. 2009./ Ю. И. Важенин, И. А. Иванов, С. В. Михаленко, Г. Н. Тимербулатов.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕЛЛЕТНЫХ КОТЛОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А. С. Тигин, студент гр. ТЭбд-31

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры
«Тепловая и топливная энергетика»

Ю. Е. Чамчиян

В наше время для обустройства автономной системы отопления для

частного дома, коттеджа, склада, цеха или автосервиса существует огромный выбор оборудования. Но разобраться в этом многообразии и подобрать оптимальный вариант часто весьма сложно. Там, где есть магистральный газ, все довольно просто. Но, во-первых, за подключение к трубе требуются довольно крупные финансовые вложения. Во-вторых, нужны длительные (до года) согласования с контролирующими органами.

Отопление сжиженным газом в баллонах или газгольдерах организовать проще, но такой газ в несколько раз дороже природного. Стоимость газгольдера, его установки также велика и начинается от 250 000 руб. И снова нужны согласования с местными контролирующими органами, так как создается взрывоопасный объект.

Электрическое отопление – очень удобно и очень дорого. Причем, стоимость электроэнергии год от года постоянно увеличивается.

Отопление дизельным топливом удобно и хорошо автоматизируется, но также достаточно затратно и всегда есть риск пожара.

Дровяное или угольное отопление – очень дешево, но очень грязно и крайне неудобно. Котел на угле или дровах потребует от вас постоянного внимания и хороших навыков кочегара.

Возможно, ли совместить удобство дизельных котлов, экологичность газовых с дешевизной дровяных или угольных устройств? Да, сейчас это возможно. Достаточно давно и успешно используется технология, позволяющая отапливать частные дома и промышленные объекты при помощи экологически чистого биотоплива – пеллет (древесных топливных гранул). Для сжигания пеллет используются автоматические пеллетные котлы.

Пеллетный котел – это твердотопливный отопительный котел с автоматической подачей топлива, работающий на древесных топливных гранулах (пеллетах).

Комплекс такого оборудования состоит из нескольких частей: котла, бункера для загрузки топлива и транспортера для его подачи в топку. В котле имеется горелка, вентилятор, нагнетающий воздух в зону горения, всевозможные датчики для контроля подачи пеллет и очистки оборудования от золы, а также система управления, ответственная за согласованность работы всех узлов отопительного оборудования.

Российские котлы Пересвет и Валдай достаточно популярны среди владельцев частных загородных домов. Ввиду их низкой цены, по сравнению с западными аналогами, многие люди предпочитают купить котел российского производства [5].

На данный момент, самые популярные пеллетные котлы российского производства выпускает ООО «Общемаш». Компания достигла больших успехов в разработке пеллетных горелок, и в настоящее время особое внимание уделяет разработке устройств способных эффективно работать на высокозольных пеллетах. ООО «Общемаш» выпускает также отопительные котлы, способные работать на топливных гранулах.

Одним из таких устройств является – пеллетный котел «Пересвет» серии

М. Он представляет собой модернизированную твердотопливную модель серии Т, приспособленную к работе на пеллетном топливе. Совсем недавно компания выпустила новую серию МА. Котлы этой серии комбинированные, они способны одинаково эффективно работать как на пеллетах, так и на дровах.

Котлы на пеллетах Пересвет МА являются модификацией серии М и имеют следующие достоинства:

- многофункциональный блок управления. Данный блок позволяет управлять циркуляционным насосом и внешним электродом. Также отопительный прибор можно запрограммировать на недельный цикл работы. Они оборудованы модулями GSM и Wi-Fi, с помощью которых ими можно удаленно управлять с помощью мобильного телефона или любого другого устройства, имеющего доступ в интернет;

- высокий КПД. При работе на пеллетах эффективность достигает 92%;

- система очистки горелки. Для удаления из горелки спекшихся пеллет, котлы Пересвет оборудованы пневматической системой очистки;

- надежная теплоизоляция. Для обеспечения максимального съема тепла внутри прибора, он оборудован теплоизоляцией толщиной 50 мм.

В отличие от серии Пересвет, котлы Валдай могут работать только на пеллетах. Использование дров допустимо лишь непродолжительное время и то в исключительных аварийных случаях. В чем же их отличие, от котлов Пересвет:

- как уже отмечалось выше, котлы Валдай сконструированы для работы на пеллетах. Именно на этом топливе они дают свой максимальный КПД в 92%. В исключительных случаях возможно использование дров. КПД при работе на дровах низкий, около 76%;

- топка позволяет загрузить в 3 раза меньше дров, по сравнению с моделью из серии Пересвет;

- в линейке присутствуют устройства большей мощности (до 50 кВт), способные отапливать более значительные площади;

- цены на российские пеллетные котлы отопления «Валдай» значительно ниже. Устройство этой марки обойдется вам на 25% дешевле, чем Пересвет аналогичной мощности. [3]

Зарубежные твердотопливные котлы на пеллетах, доступны отечественному потребителю более 10 последних лет. За это время, производители хорошо изучили российский рынок и стали предлагать оборудование, более адаптированное к условиям эксплуатации и пожеланиям покупателей.

Компания Kiturami занимается производством печей, которые функционируют на твердых гранулах, в Южной Корее. На сегодняшний день наиболее популярной моделью этой кампании являются Kiturami KRP 20-A Premium.

Среди положительных качеств пеллетных котлов марки Premium в первую очередь стоит отметить высокий уровень КПД, который доходит до 94%. Горелка в таких устройствах регулируется с помощью электроники. А также они имеют модифицированный вариант бункера.

KituramiPremium 20-A отличается высокими показателями пожароустойчивости и имеет специальную защиту от перегрева. Управление

таким котлом производится дистанционно (посредством пульта). [4]

Модель KRP 20-A Premium имеет двухконтурную конструкцию и используется для отопления, а также подогрева воды. Южнокорейский производитель предоставляет гарантию 2 года на свою продукцию. Приблизительная цена котла на пеллетах такого типа составляет 210 000 рублей.

На Западе пеллетные котлы с успехом используют для отопления частных домовладений, жилых домов и даже производственных и промышленных объектов. В России популярность их пока еще не так велика. И если отопление загородного дома пеллетами уже воспринимается более или менее адекватно, то в промышленных цехах котлы, работающие на пеллетах, по крайней мере, в России пока ставить никто не торопится. На самом деле, такая вещь как котел отопления на пеллетах уже не является в нашей стране диковинкой. Более того, отечественных производителей на сегодня насчитывается не один десяток (как, впрочем, и производителей пеллет).

Западный опыт доказал, что котлы отопления на пеллетах – это выгодно, удобно, безопасно и экологично. Недаром правительства таких стран, как Германия, Дания, Швеция, Норвегия и других европейских государств разрабатывают целые программы с тем, чтобы постепенно перевести отопление в частных домах с устаревших твердотопливных и жидкотопливных отопительных котлов на более современные и экологичные аналоги. На эти цели выделяются огромные средства. Конечно, ждать чего-то подобного в России в ближайшие годы не приходится, поскольку, запасы сырья для производства пеллет исчисляются миллиардами кубометров. По некоторым данным, используя пеллеты в качестве источника тепла, Россия могла бы экономить до 20% традиционного топлива [1].

Существует множество производителей таких котлов, как отечественных, так и зарубежных. Они могут отличаться автоматикой, мощностью, ценой, размером, качеством материалов. Однако следует выделить общие преимущества данных агрегатов:

- полная автономность, вы можете осуществлять регулировку оборудования согласно своим предпочтениям;
- высокий КПД, этот параметр достигает 86-93%, что практически совпадает с параметрами газового оборудования;
- повышенная отдача тепла. За счет более плотной структуры процесс горения у пеллет более эффективен, чем у обычных дров;
- высокая степень пожарной безопасности. Внешние металлические детали не нагреваются, кроме тех поверхностей, которые подвергаются нагреву согласно технологической схеме;
- автоматизация. Оборудование с такой функцией может работать автономно до 5 дней;
- экологичность, при сжигании гранул выброс углекислого газа в атмосферу весьма незначителен;
- для установки не требуется разрешений и согласований;

Как и любое другое устройство, пеллетные котлы имеют и некоторые

недостатки:

– главным недочетом предсказуемо является стоимость. Это ограничивает сферу распространения подобного оборудования.

– повышенная по сравнению с другими твердотопливными котлами стоимость эксплуатации. Стоимость пеллет достаточно высока, несмотря на дешевизну исходного материала.

– высокая стоимость тепловой энергии от гранул.

– для гранул требуется специально оборудованное хранилище [2].

Котел отопления на пеллетах – это отличная и, несомненно, более выгодная альтернатива любому традиционному виду отопительной техники. Единственное, что может быть действительно серьезным аргументом против приобретения именно такого котла – это отсутствие сервисной службы, способной оперативно реагировать на любые проблемы с техникой, а также поставщика топлива, готового быстро и недорого обеспечивать домовладельца пеллетами. Во всех остальных случаях, пеллетный котел – это приобретение выгодное как с экологической, так и с экономической точки зрения, особенно, если рассматривать его в долгосрочной перспективе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афтanjук В. В., Спинов В. М. Особенности применения пеллетных котлов // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2010. – №11 (81).

2. Брюнина О. Г. Особенности применения котлов пеллетного типа. //Актуальные проблемы энергетики АПК VI Международная научно-практическая конференция. Под общ. ред. В. А. Трушкина. – Саратов: ООО «Цесаин», 2015. – С. 8-10.

3. Компания Общемаш [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.ecogorelki.ru/>(дата обращения: 20.04.18).

4. Компания Kiturami [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL:<http://www.kiturami.pro/> (дата обращения: 18.04.18).

5. Медведева Н. Л., Хальметов А. А. Анализ оборудования для сжигания пеллетного топлива //Инновационное будущее технических наук: Сборник статей Международной научно-практической конф.: Ответственный редактор Сукиасян А. А. – 2014. – С. 9

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР В ТРУБОПРОВОДЕ

М. С. Исмаил, студент гр. НГДбд-12

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры
«Тепловая и топливная энергетика»

Ю. Е. Чамчиян

Гидроудар (Waterhammer) – это скачок давления в какой-либо системе, заполненной жидкостью, вызванный быстрым изменением скорости потока этой жидкости. Может возникать вследствие резкого закрытия или открытия

задвижки или другой запорно-регулирующей арматуры.

Гидроудар может вызвать серьезные проблемы, такие как шум, вибрация, также может привести к выходу из строя трубопровода и различного оборудования.

Ослабить или избежать действия гидравлического удара можно применив специальные устройства.

1. Уравновешивающие отводы.
2. Воздушные баки.
3. Жидкостные амортизаторы.
4. Предохранительный клапан.
5. Вантузы.
6. Обратные клапаны.
7. Обратные клапаны с переходниками.
8. Обратные клапаны противовихревые.

Также можно уменьшить и почти остановить воздействие гидроудара через применение аккумулятора, продувочных клапанов, расширительных емкостей.

Изменение давления при гидроударе определяется с использованием уравнения Жуковского:

$$\Delta P = \rho a \Delta v$$

где ρ – плотность жидкости; a – скорость распространения гидравлического удара; Δv – изменение скорости, в результате которого возникает гидравлический удар.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kay Melvyn (2008). Practical Hydraulics (2nd ed.). Taylor & Francis.
2. Thomas (1808). «Hydraulic investigations, subservient to an intended Croonian lecture on the motion of the blood». Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 98: 164-186.
3. Лапшев, Н. Н. Гидравлика: учеб. для вузов по специальности «Строительство» / Н. Н. Лапшев. – М. : Академия, 2007. – 268 с.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МЕТОДОМ ИНФРАКРАСНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Н. Н. Будников, магистрант гр. ЭЭМВ-21

Научный руководитель – доцент кафедры «Электроснабжение»

Ю. С. Крежевский

Внедрение методов тепловизионного контроля в энергетику является одним из основных направлений развития высокоэффективной системы технической диагностики. Это обеспечивает возможность контроля температурного состояния электрооборудования и электроустановок без

вывода их из работы, предупреждая их аварийный выход из строя, обнаружения дефектов в процессе первоначального формирования, сокращения расходов на техническое обслуживание за счет прогнозирования сроков и объемов ремонтных работ. Такое обследование считается одним из самых эффективных в плане предупреждения возгораний из-за неисправного электрооборудования.

Метод тепловизионного контроля в настоящее время осуществляется тепловизорами. Тепловизор – устройство для наблюдения за распределением температуры исследуемой поверхности. Распределение температуры отображается на дисплее как цветная картинка, где разным температурам соответствуют разные цвета. Изучение тепловых изображений называется термографией.

Тепловое излучение – передача энергии в виде электромагнитных волн. Этот процесс имеет место в средах, прозрачных для тепловых лучей.

Тепловое излучение свойственно всякому телу, изменяющему температуру отличную от абсолютного нуля. Тепловая энергия нагретого тела на его поверхности превращается в энергию электромагнитных колебаний с длиной волны от 0,4 до 40 мкм и распространяется со скоростью света. Диапазон длин волн 0,4-0,8 мкм соответствует видимым (световым) лучам; длины волн 0,8-40 имеют инфракрасное излучение.

Энергия электромагнитных волн, встречая на своем пути твердые тела, частично поглощается ими, превращаясь в теплоту, частично отражается от них и частично пропускается сквозь тело, если оно прозрачное. Большинство тел, (материалов), применяемых в технике, непрозрачно для тепловых лучей, их пропускающая способность равна нулю.

Основной закон теплового излучения – закон Стефана Больцмана – определяет отдельный поток лучистой энергии q , Вт/м² испускаемой во всем диапазоне длин волн от 0 до ∞ абсолютно черным телом, т. е. таким телом, для которого отражательная и пропускающая способность равны нулю:

$$q = c_s (T/100)^4,$$

где T – температура тела, К: $T = t + 273$; $c_s = 5,7 \text{ Вт}((\text{м}^2) * \text{К}^4)$ – излучающая способность абсолютно черного тела.

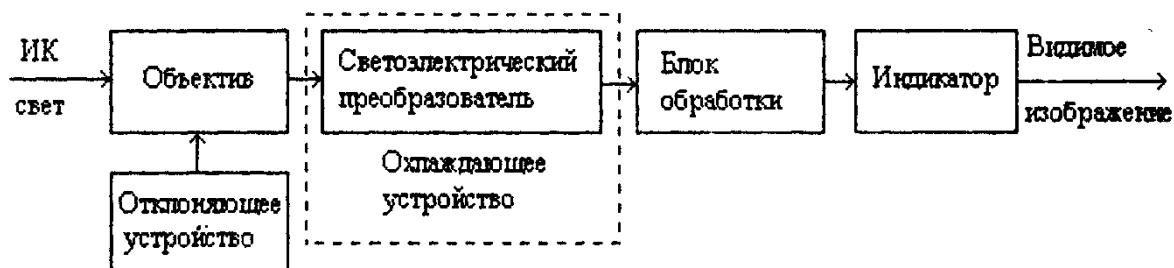


Рис. 1. Устройство тепловизора

Технические возможности применения приборов инфракрасной техники в энергетике и выявляемые неисправности. В трансформаторах:

очаги возникновения магнитных полей рассеяния; образование застойных зон в баках трансформаторов за счет шламообразования, разбухания или смещения изоляции обмоток; неисправности маслосистемы; дефекты вводов; оценка эффективности работы систем охлаждения.

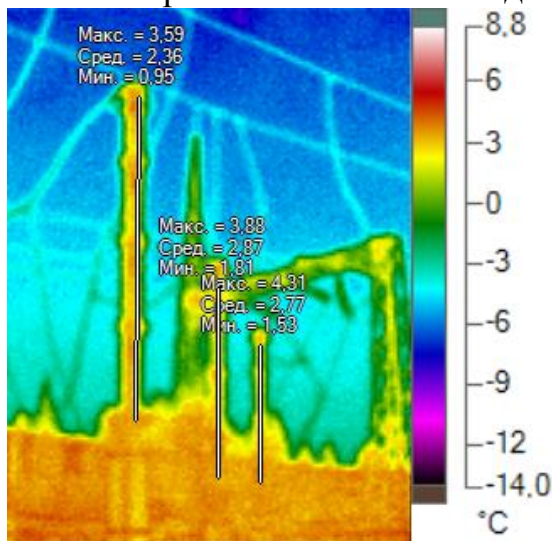


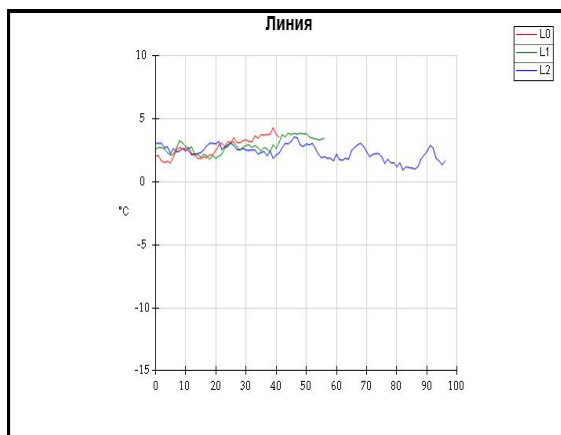
Рис. 2. Изображение инфракрасного излучения



Рис. 3. Изображение в видимом свете

В коммутационной аппаратуре: перегрев контактов токоведущих шин, рабочих и дугогасительных камер; состояние внутрибаковой изоляции; дефекты вводов, делительных конденсаторов; трещины опорно-стержневых изоляторов.

График



Примечание к изображению

Температура на поверхности разрядников равномерная, что говорит о их нормальной функциональности

Маркеры основного изображения

зрядник	Pa		
	ред.	ин.	акс.
1	,77°C	,53°C	,31°C
2	,87°C	,81°C	,88°C
3	,36°C	,95°C	,59°C

Воздушные линии электропередач: перегревы контактных соединений проводов.

Вентильные разрядники: нарушение герметизации элементов; обрыв шунтирующих сопротивлений; неправильная комплектация элементов.

Наглядной демонстрацией инфракрасного контроля служит съемка

открытой части подстанции 110/6 кВ тепловизором фирмы «Fluke».

Заключение. Тепловизионное обследование электрооборудования является самой эффективной из превентивных мер по предотвращению аварий при его эксплуатации. Оно проводится с целью выявления визуально незаметных дефектов на различных участках силовой сети. Причем обнаружение неисправности происходит на этапе ее формирования, что позволяет своевременно отреагировать и принять соответствующие меры. Таким образом, избегая потенциальных аварий, повышается безопасность эксплуатации электрооборудования и экономятся существенные финансовые средства. Сгоревшая изоляция кабеля или электромонтажного провода и короткое замыкание как результат, например, может принести огромный ущерб предприятию.

Подобная проверка проводится бесконтактно и относительно недорого. Она может проводиться непосредственно на работающем аппарате без отключения его от питания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройств электроустановок (ПУЭ) – М. : НЦ – ЭНАС, 2003.
2. Нормы испытания электрооборудования. – М. : 1998.
3. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации: РД 34.20.501-95. – М. : СПО ОРГРЭС, 1996.
4. Анализ причин технологических нарушений в работе электроустановок за 1993 год. – М.: СПО ОРГРЭС, 1995.
5. Основные положения методики инфракрасной диагностики электрооборудования/ С. А. Бажанов, А. В. Кузьмин, М. А. Вихров, 2000.
6. Электронный ресурс: <http://pue8.ru/elektricheskie-seti/487-teplovizionnyj-kontrol-elektrooborudovaniya.html>.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЛЕБАНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ НА РАБОТУ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

А. Г. Егорейченков, О. О. Крежевский, Н. Н. Будников,

магистранты гр. ЭЭМв-21

Научный руководитель – доцент кафедры «Электроснабжение»

Ю. С. Крежевский

Введение. За последние годы возросла нагрузка на сети электроснабжения как со стороны жилых и административных зданий, так и со стороны промышленных предприятий. С ростом нагрузки меняются качественно электроприемники, их совершенствование направлено на повышение коэффициента полезного действия, оптимизацию режима работы и снижение **энергопотребления**. Вследствие чего увеличивается ответственность сетей электроснабжения за качество электроэнергии, одними из основных проблем являются колебания напряжения.

Последствие отклонения напряжения

Отклонения напряжения в положительную сторону приводят к снижению потерь напряжения и увеличению потерь мощности в сетях, увеличению производительности механизмов с асинхронным приводом.

Однако срок службы оборудования сокращается. Особенно это относится к лампам накаливания. Отклонения в отрицательную сторону, главным образом, сказывается на снижении производительности, увеличении потерь напряжения и снижении потерь мощности.

Для оценки ущерба от отклонений напряжения используют экономические характеристики, отражающие зависимость этого ущерба от значения напряжения на выводах электроприемника.

Рассмотрим влияние отклонений напряжения на работу АД.

Электромагнитный момент, создаваемый вращающимся полем статора АД $M_{эл}=f(U)$. Здесь же приведена зависимость вращающего момента рабочего механизма $M_{мех}$ от его скорости вращения. Точка 1 на рисунке соответствует работе двигателя с номинальной нагрузкой, при этом скольжение также равно $S_{ном}$. При понижении напряжения от исходного номинального режима, определяемого положением характеристик в точке 1, до режима в точке 3 ($U_{ном}>U_2>U_3$) скольжение увеличивается ($s_{ном}<s_2<s_3$), а электромагнитный момент снижается ($M_{ном}>M_2>M_3$), то есть производительность механизма, приводимого во вращение электродвигателем, падает. Запуск двигателя при пониженном напряжении, когда $s_n \rightarrow 1$, невозможен, так как $M_{эл} < M_{мех}$.

Известно, что при снижении напряжения на зажимах двигателя на 15% от $U_{ном}$ его электромагнитный момент снижается до 72 % от номинального.

При снижении напряжения снижается амплитуда характеристики $M_3=f(U)$, растет скольжение двигателя s и снижается скорость вращения. При останове АД (например, при глубоком провале напряжения) $s = 0,9-1$ исключается возможность самозапуска, что может быть очень необходимо для некоторых технологических процессов. АД не запускается в тех случаях, когда $M_{эл} < M_{мех}$. Снижается и коэффициент запаса устойчивости $K = M_{эмакс}/M_{эном}$, что может привести к опрокидыванию АД при КП1. С увеличением скольжения возрастает и потребляемый АД ток, что приводит к его дополнительному нагреву. Так при длительной работе АД с $U = 0,9 \cdot U_{ном}$ срок службы его сокращается вдвое (электротехнический ущерб).

Повышение напряжения приводит к увеличению потребляемой реактивной мощности и соответствующим потерям в распределительной сети. В среднем, при повышении напряжения на 1% потребляемая АД реактивная мощность (регулирующий эффект) возрастает на 3% для АД мощностью 20-100 кВт и на 5-7% для АД меньшей мощности.

При работе ламп накаливания с пониженным по отношению к номинальному напряжением происходит уменьшение их светового потока, а, следовательно, снижение освещенности рабочей поверхности. Так, при напряжении равном $0,9 \cdot U_{ном}$, световой поток снижается на 40%. Это приводит к резкому снижению производительности труда персонала, работающего в

помещениях, где используются лампы накаливания. При увеличении напряжения до $1,1 \cdot U_{\text{ном}}$, световой поток возрастает примерно на 40 %, однако это сопровождается сокращением срока службы ламп примерно в 4 раза. Регулирующий эффект ламп накаливания равен 1,6%.

Газоразрядные и люминесцентные лампы менее чувствительны к изменению напряжения. Так, при снижении напряжения до $0,93-0,95U_{\text{ном}}$ освещенность рабочего места снижается на 10–15%. Но при снижении напряжения до $0,8U_{\text{ном}}$ и ниже зажигание газоразрядных ламп становится невозможным. Регулирующий эффект активной мощности люминесцентных ламп, включенных по схеме с расщепленной фазой, равен 1,9%, а реактивной мощности 1,5%. Для ламп ДРЛ с пускорегулирующей аппаратурой регулирующие эффекты соответственно равны 1,6% и 4,5%.

Уровень напряжения существенно влияет на качество сварки. При $U=0,9 \cdot U_{\text{ном}}$ время сварки увеличивается на 20%. Полный брак сварных швов при сварке обычных металлов наступает при выходе напряжения за пределы $\pm 15\%$, а при сварке жаропрочных сталей – при 10% от $U_{\text{ном}}$. Доказано, что технологический и экономический ущерб при той или иной технологии сварки существенно зависит от среднего значения напряжения, поддерживаемого в технологическом цикле производства, а также от его среднеквадратического отклонения. Обеспечить требуемый диапазон изменения этих статистических характеристик можно, используя для этого известные средства регулирования напряжения. Например, такие, как РПН и ПБВ трансформаторов, регулируемые средства компенсации реактивной мощности.

Для комплексных узлов нагрузки регулирующие эффекты могут меняться в широких диапазонах. В соответствии с экспериментальными исследованиями, проведенными в системах электроснабжения, усредненные регулирующие эффекты по активной мощности составляют $0,9 \pm 0,5\%$, при этом для промышленных узлов регулирующий эффект равен $0,6 \pm 0,3\%$, а для узлов без крупных промышленных предприятий $1,2 \pm 0,3\%$. Усредненный регулирующий эффект по реактивной мощности при отсутствии средств компенсации находится в пределах $3,8 \pm 1,8\%$.

В течение суток регулирующий эффект комплексных узлов нагрузок изменяется. В режимах отличных от максимальных регулирующий эффект по активной мощности может быть как меньше, так и больше по сравнению с эффектом при максимальной нагрузке. Регулирующий эффект по реактивной мощности в минимальных режимах, как правило, возрастает, что объясняется потерями реактивной мощности, связанными с намагничиванием трансформаторов.

Однако в задачах экономии электроэнергии более важными являются регулирующий эффект не по мощностям, а по электропотреблению. Регулирующий эффект электроэнергии по напряжению проявляется более сложными зависимостями, чем регулирующий эффект нагрузки. Это связано с тем, что регулирующий эффект электроэнергии характеризуется степенью приспособляемости потребителя к изменению режима напряжения.

Изменение режима напряжения в целях снижения потребления

электроэнергии из сети возможно только в пределах допустимых отклонений напряжения на зажимах электроприемников, т.е. в тех пределах, при которых электроприемники продолжают выполнять свои функции. В тех случаях, когда изменение производительности электроприемника незначительно и эффекта приспособления нет, регулирующий эффект электроэнергии равен регулируемому эффекту нагрузки.

При существенной зависимости производительности электроприемников от напряжения, изменение производительности может быть скомпенсировано как временем работы, так и количеством работающих электроприемников. В связи с этим регулирующий эффект электроэнергии может быть меньше, чем регулирующий эффект нагрузки у таких электроприемников, как электротермические установки, преобразователи. У некоторых электроприемников при положительном регулирующем эффекте нагрузки может быть отрицательный регулирующий эффект электроэнергии.

В соответствии с результатами исследований в энергосистеме положительный регулирующий эффект по электроэнергии может быть достигнут за счет снижения напряжения, только в том случае, если напряжение в сети в нормальных режимах заведомо завышено и имеются резервы для его снижения в допустимых пределах. Экспериментальные исследования в энергосистемах США дали следующие зависимости снижения потребления электроэнергии от снижения напряжения на 5% в часы утреннего максимума: для бытовых потребителей среднегодовое снижение потребления электроэнергии составило 0,4%, для коммунальных – 0,7% и для промышленных – 0,5%.

Заключение. В ходе исследования влияния колебаний напряжения на работу электрооборудования можно сделать следующие выводы, что отклонение напряжения приводит к увеличению потерь мощности, сокращению срока службы оборудования, снижению производительности, экономическим затратам.

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАГИСТРАЛЕЙ

А. Г. Егорейченков, магистрант гр. ЭЭМВ-21

Научный руководитель – доцент кафедры «Электроснабжение»

Ю. С. Крежевский

Введение

За последнее время дорожное покрытие автомобильных дорог РФ значительно улучшилось, строятся новые развязки, улучшаются качественные характеристики дорожных сетей, однако качество дорожного освещения, энергоэффективность применяемых лам, далеко отстает от современных мировых тенденций. Принятая в 2009 году энергетическая стратегия России на период до 2030 года требует максимально эффективное использование природных топливноэнергетических ресурсов. В списке главных задач

стратегии актуальными для повышения энергоэффективности в области искусственного увеличения оптической видимости в тёмное время суток являются:

- развитие и поддержка международного сотрудничества в сфере энергосбережения и энергоэффективности, исследований в поисках новых источников энергии;

- стимулирование и создание условий для внедрения экологически чистых энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий при производстве, транспортировке, хранении и использовании топливно-энергетических ресурсов [1].

Анализ солнечной активности в регионе

Ульяновская область расположена в центре Восточно-Европейской равнины – это значительно севернее территории, где наиболее выгодно использовать солнечную энергию круглогодично (традиционно под углом до ~ 45° северной широты). Для анализа солнечной инсоляции ниже представлена сравнительная таблица для фотоэлектрических (ФЭ) панелей, установленных горизонтально, вертикально и под углом 40° для Московской области. Так как Московская область находится на 55° с.ш., а Ульяновская область на 54° с.ш., то значения солнечной инсоляции будем считать одинаковым.

Таблица 1

Месячные и годовые суммарные показатели солнечной радиации по Московской области в идеальных условиях, кВт*ч/м²

	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сент	Окт	Ноя	Дек	Год
Горизонтальная панель	16,4	34,6	79,4	111,2	161,4	166,7	166,3	130,1	82,9	41,4	18,6	11,7	1020,7
Вертикальная панель	20,0	41,3	120,2	107,1	102,7	112,0	113,6	98,1	67,6	36,0	20,4	18,8	835,6
Наклон панели в 40,0°	20,6	53,0	108,4	127,6	166,3	163,0	167,7	145,0	104,6	60,7	34,8	22,0	1173,7

Из сравнительной таблицы видно, что наиболее оптимальным является расположение солнечных панелей под углом 40°, что дает максимальную годовую выработку электроэнергии [2]. В теплое время года солнечные лучи падают на фотоэлектрические модули под углом 90°, что дает возможным получать максимальный годовой приход солнечной энергии. Как видно из данных таблицы 1 существует явная сезонная выраженность, максимумы в летний периодкратно (до 5-ти раз) превышают выработку энергии в холодное время года. Для формирования полностью сбалансированной системы, не зависящей от сезонности, необходимо снизить разность между минимумами и максимумами, в то же время увеличить выработку электроэнергии в зимние месяцы, а точнее в декабре и январе.

Выбор расположение фотоэлектрических панелей

Учитывая данные табл. 1, в работе выбрано вертикальное расположение,

относительно горизонта, солнечных панелей. Данная ориентация обладает своими плюсами и минусами в сравнении с оптимальным расположением фотоэлектрических модулей под углом 40° .

Преимущества:

- выравненный график солнечной генерации, сниженная разность между минимумами и максимумами;
- ощутимая выработка электроэнергии в холодное время года;
- эффективное использование энергии, отражённой от земной поверхности в зимнее время года;
- дополнительное охлаждение панелей благодаря хорошим условиям конвективного движения воздуха;
- отсутствует накопление снега на поверхности панелей в зимнее время года.

Недостатки:

- меньшая (до 25%) выработка электроэнергии в год;
- изрядная парусность;
- повышение стоимости.

Главный недостаток — это меньшая выработка электроэнергии в год. Для достижения соизмеримого результата с традиционным расположением необходимо увеличение площади фотоэлектрических модулей.

Впрочем, в нашем случае, где мы добиваемся использования солнечной энергии круглогодично в климатических условиях Ульяновской области, определяющим показателем в выборе расположения является стабильная работа системы в зимний период. Это обуславливается тем, что зимний период солнце максимально низко над горизонтом (до 12°) и значения рассеянного света высоки, поэтому вертикально-ориентированное расположение панелей более оптимально.

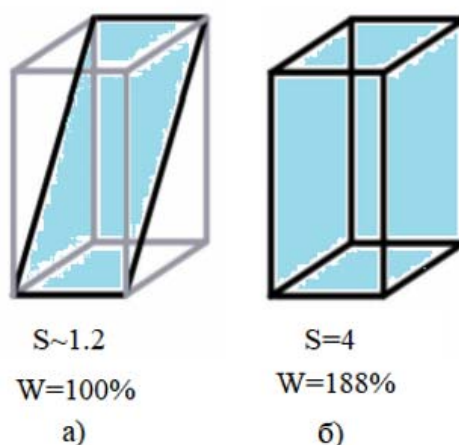


Рис. 1. Расположение солнечных модулей: а) традиционное; б) кубическое

В программе, позволяющей моделирование солнечных электростанций *Pvsyst*, было проведено сравнение классической солнечной панели, расположенной традиционно - под углом 40° (рис.1, а) и конструкции

предложенной из четырех ФЭ модулей, расположенных «кубическим» способом (рис.1, б) и направленных на промежуточные стороны горизонта: северо-запад, северо-восток, юго-запад, юго-восток.

В результате сравнительного анализа были получены следующие результаты: при 3,4-кратном повышении площади солнечных панелей S (4 в сравнении с 1,2) в «кубическом» способе расположения получаем в 1,88 раз выше выработку энергии W (188% в сравнении с 100%) в самый «сложный» зимний период. Так же необходимо заметить, что «кубический» способ расположения занимает тот же объем, что и традиционное расположение солнечных панелей [3].



Рис 2. Общий вид автономного светильника с «кубическим» расположением панелей

На первый взгляд может показаться, что увеличение площади фотоэлектрических модулей нецелесообразно. Но в действительности стоимость «лишних» ФЭ модулей в автономной установке не в состоянии серьезно повлиять на конечную себестоимость продукта на фоне наличия дорогостоящих аккумуляторных батарей, контроллеров заряда и электронных блоков управления.

Заключение

В работе обосновано применение кубического расположения солнечных панелей на опорах, что позволяет вырабатывать большее количество электроэнергии в холодное время года, чем при традиционным расположением под углом 45 градусов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Погребняк О. Ю. Национальные интересы России в сфере энергосбережения и устойчивого развития. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru>

2. Гавришев А. Н. Солнечная радиация и её составляющие, Московская обл. Москва. [Электронный ресурс] // Климатический справочник. Режим доступа: <http://www.atlas-yakutia.ru>

3. Национальная лаборатория возобновляемой энергетики США [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.nrel.gov/>

ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ К ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

М. А. Стельмах, магистрант гр. Ээмв-21

Научный руководитель – доцент кафедры «Электроснабжение»

А. Л. Дубов

Для анализа схемы выдачи мощности ветроэнергетической станцией (ВЭС), выявления возможных перегрузок элементов сети и отклонений от допустимого уровня напряжения на шинах подстанций в районе установки ВЭС должны быть выполнены серии расчетов установившихся режимов, возникающих после аварийных отключений элементов сети, как при нормальной конфигурации сети, так и в ремонтных схемах. Эти расчеты должны быть рассмотрены для двух случаев: до ввода в работу ВЭС и после. Расчет послеаварийных режимов проводится для режимов зимних максимальных, летних максимальных нагрузок по данным контрольных замеров. В результате этих расчетов выявляют токовые перегрузки питающих линий и трансформаторов в районе ВЭС. На основании этих расчетов выбираются наиболее подходящие варианты схем выдачи мощности ВЭС, а также какие-либо конструктивные решения.

Чтобы выбрать окончательный вариант схемы выдачи мощности ВЭС нужно провести технико-экономическое сравнение получившихся вариантов. Для этого определяются объемы электросетевого строительства и выполняется укрупненная оценка капитальных затрат на их реализацию.

Для определения уровня токов короткого замыкания и разработки мероприятий по их ограничению выполняются расчеты трехфазного и однофазного коротких замыканий на шинах ВЭС и в питающей сети. Так как схема подключения ВЭС предполагает подключение каждого ветрогенератора к электросети с помощью инвертора, то в расчетах токов короткого замыкания не учитываются токи подпитки от генераторов ВЭС.

Расчет статической устойчивости выполняется в соответствии с [1].

Для исключения перегрузок при аварийных отключениях в ремонтной схеме рекомендуется установка автоматики ограничения перегрузки оборудования (АОПО).

Также необходимо рассмотреть вопросы релейной защиты ВЭС. При этом нужно учитывать, что для ветрогенераторов уже предусмотрена защита от понижения напряжения во внешней сети.

Учитывая технологические особенности ВЭС, а именно работу инверторного оборудования, в подаче напряжения на ВЭС существуют

следующие особенности:

- инверторное оборудование работает с отслеживанием уровня напряжения и частоты внешней сети;
- при отсутствии напряжения во внешней сети, генерация электроэнергии прекращается автоматически без отключения коммутационного оборудования;
- возобновление выработки генерации возможно только после подачи на вход инвертора переменного напряжения внешней сети, при этом скорость вхождения в синхронизм составляет порядка нескольких миллисекунд.

Электрическую сеть и ВЭС нужно оснастить автоматизированной системой для дистанционного сбора данных коммерческого учета потребления электроэнергии (АИИС КУЭ), а также для осуществления контроля за соблюдением лимитов энергопотребления, параметров электроэнергии и сведения баланса по каждой расчетной группе. Кроме того, должна быть предусмотрена система обмена технологической информацией с автоматизированной системой системного оператора (СОТИ АССО), предназначенной для измерения параметров электрооборудования главной схемы электростанции, сбора телемеханической информации и передачи её на диспетчерские пункты.

После выполнения этих работ возможно подключение ВЭС к электрической сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические указания по устойчивости энергосистем. Приказ Минэнерго РФ от 30.06.2003г. №277.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ УЛЬЯНОВСКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

М. А. Стельмах, магистрант гр. Ээмв-21

Научный руководитель – доцент кафедры «Электроснабжение»

А. Л. Дубов

С точки зрения баланса производства и потребления электроэнергии и мощности энергосистема Ульяновской области является дефицитной. Дефицит покрывается перетоком мощности по воздушным линиям (далее – ВЛ) ВЛ-220 кВ Ключики – Ульяновская, ВЛ-220 кВ Сызрань – Кремёнки, ВЛ-220 кВ Ключики – Барыш, ВЛ-220 кВ Азот – Черемшанская, ВЛ-220 кВ ТЭЦ ВАЗа – Черемшанская и через автотрансформатор АТ-2 подстанции 500 кВ Вешкайма.

На территории энергосистемы Ульяновской области находятся 4 энергорайона (Ульяновский, Барышский, Южный и Димитровградский), в которых осуществляют деятельность следующие генерирующие компании:

Филиал «Ульяновский» ПАО «Т Плюс», на балансе которого находятся две теплоэлектростанции (далее – ТЭЦ): Ульяновская ТЭЦ-1 с установленной электрической мощностью 435 МВт и Ульяновская ТЭЦ-2 с установленной

электрической мощностью 417 МВт;

АО «ГНЦ НИИАР», на балансе которого находятся исследовательские ядерные установки с установленной электрической мощностью 72 МВт;

ПАО «Фортум», на балансе которого находится Ульяновская ветровая электростанция с установленной электрической мощностью 35 МВт;

ООО «НИИАР-ГЕНЕРАЦИЯ», на балансе которого находится ТЭЦ с установленной электрической мощностью 20,5 МВт.

На территории энергосистемы имеются электрические сети напряжением 500, 220, 110 кВ и ниже.

По данным департамента по регулированию цен и тарифов Министерства развития конкуренции и экономики Ульяновской области, основанным на отчётной информации, представленной субъектами оптового и розничного рынков электроэнергии и мощности объём потребления электроэнергии в энергосистеме Ульяновской области в 2017 году составил 5497,94 млн. кВт*час, или 99,13% к уровню 2016 год. (В 2016 году объём потребления электроэнергии составил 5546,37 млн. кВт*ч).

Кроме того, 13,3% в структуре потребления электроэнергии составляют потери в электрических сетях (728,53 млн. кВт*час).

Следует отметить, что объём электроэнергии, потребляемой населением, увеличился относительно 2013 года на 70,83 млн. кВт*час (106,1%), что свидетельствует о росте уровня жизни граждан. (В 2013 году объём электроэнергии составил 1160,3 млн. кВт*ч).

Объём электроэнергии, выработанной в 2017 году электростанциями энергосистемы Ульяновской области, составляет 2537,11 млн. кВт*час, что на 43,54 млн. кВт*час, или на 1,7%, больше, чем за аналогичный период 2016 года, в том числе объём электроэнергии, выработанной Ульяновской ТЭЦ-1 и Ульяновской ТЭЦ-2 филиала «Ульяновский» ПАО «Т Плюс», составляет 2163,503 млн. кВт*час, что на 3,012 млн. кВт*час, или на 0,1%, меньше, чем за аналогичный период 2016 года, объём электроэнергии, выработанной электростанциями АО «ГНЦ НИИАР»; ООО «НИИАР-ГЕНЕРАЦИЯ», составляет 373,61 млн. кВт*час, что на 46,56 млн. кВт*час, или на 14,2%, больше, чем за аналогичный период 2016 года (327,058 млн. кВт*час).

На основании [1] в 2019-2023 гг. предусматривается увеличение потребления электроэнергии на 0,54% в год. Прогнозируемый объём потребления электроэнергии в энергосистеме Ульяновской области в 2023 году составит 6021 млн. кВт*час, или 103,22% по сравнению с 2017 годом.

Прогнозируемый максимальный объём потребления мощности в энергосистеме Ульяновской области в 2023 году составит 1062 МВт, или 102,4% от уровня 2017 года.

Планируется ввод в эксплуатацию новых объектов по производству электроэнергии на период до 2023 года, в том числе ввод в эксплуатацию объектов ВЭС суммарной мощностью 361 МВт.

Прогнозируемый объём производства электроэнергии в 2023 году составит 4015,0 млн. кВт*час, или 158,2% от уровня 2017 года.

Для обеспечения надёжного электроснабжения потребителей и качества электрической энергии на территории области планируется строительство новых подстанций, линий электропередач, а также реконструкции существующих объектов электросетевого хозяйства.

С учетом сказанного энергетики должны приложить все усилия на выполнение программы развития электроэнергетики Ульяновской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении схемы и программы перспективного развития электроэнергетики Ульяновской области на 2019-2023 годы. Указ губернатора Ульяновской области от 28.04.2018г. №46.

ПОТЕРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, СВЯЗАННЫЕ С ПОГРЕШНОСТЯМИ ПРИ СБОРЕ ДАННЫХ ПО ПРИЧИНЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕВЕРНО ВЫБРАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В. А. Карпова, студентка гр. ЭЭМВ-21

Научный руководитель – доцент кафедры «Электроснабжение»

А. Л. Плиско

Поставлена задача: исследовать возникновение потерь электрической энергии, связанных с использованием неверно выбранного оборудования, на примере территориальной сетевой организации г. Ульяновска, предложить возможности уменьшения этих потерь.

Проблема снижения коммерческих потерь всегда актуальна для электросетевых организаций. Наибольший процент потерь электрической энергии в сети наблюдается в отопительный сезон, то есть в период с октября по апрель. Проведя исследование в данный период в рамках территориальной сетевой организации г. Ульяновск, были выявлены следующие причины повышенных коммерческих потерь:

- неодновременность подачи показаний приборов учета, принадлежащих потребителям;

- недостоверность подачи показаний приборов учета, принадлежащих потребителям, либо не подключенных к автоматической системе контроля и учета электрической энергии (АСКУЭ);

- хищение электрической энергии потребителями;

- неверно выбранное оборудование подстанций потребителей.

Зачастую, потребители рассчитывают на высокую мощность и потребление электрической энергии, при этом выбирая силовые трансформаторы с высокой мощностью для своей трансформаторной подстанции и трансформаторы тока высокого номинала.

Рассмотрим ситуацию неверного выбора оборудования на примере

потребителя ООО «XXX». Мы имеем систему учета №1 в РУ-10 кВ с трансформаторами тока $K_{\text{ТТ}}=150/5$ и систему учета №2 в РУ-0,4 кВ с трансформаторами тока $K_{\text{ТТ}}=2000/5$. Также в ТП имеется силовой трансформатор ТМГ-1000 кВА ($P_{\text{xx}}=1,9$ кВтч), потери холостого хода в данном трансформаторе за год составляют:

$$\Delta W_{x1}=P_{\text{xx}}*24*365=1,9*24*365=16\ 644 \text{ кВтч.}$$

Потребление ООО «XXX» за 2017 год, в соответствии с показаниями прибора учета №1, составило 51,5 тыс. кВтч, а максимальная мощность 35 кВт. Нагрузочные потери в силовом трансформаторе составляют 7 кВтч за год.

При снятии почасовых профилей прибора учета №2 обнаружилось, что во многие часы потребление составило 0 кВтч, а годовое потребление по этому прибору учета 25 тыс. кВтч.

В соответствии с приведенными данными потери холостого хода силового трансформатора составили 33% от поступления в сеть, а потери, возникающие из-за завышенного номинала трансформатора тока:

$$\Delta W_{\text{ТТ}}=51500-16644-7-25000=9849 \text{ кВтч,}$$

что составляет 19% от поступления в сеть.

В соответствии с п.1.5.17 ПУЭ 7 изд. «Допускается применение трансформаторов тока с завышенным коэффициентом трансформации (по условиям электродинамической и термической стойкости или защиты шин), если при максимальной нагрузке присоединения ток во вторичной обмотке трансформатора тока будет составлять не менее 40% номинального тока счетчика, а при минимальной рабочей нагрузке - не менее 5%.»

Ток во вторичной обмотке трансформаторов тока, установленных в РУ-0,4 составляет:

- при максимальной нагрузке – 0,158 А, что меньше 40% от номинального тока счетчика.

- при минимальной нагрузке 0,045 А, что меньше 5% от номинального тока счетчика.

В связи с этим можем сделать вывод, что данные трансформаторы тока выбраны неверно.

Средняя цена потерь в 2017 году составила 2,29 руб/кВтч. Рассчитаем стоимость годовых потерь, связанных с неверностью выбора трансформаторов тока потребителя ООО «XXX», оплаченных сетевой организацией:

$$C=\Delta W_{\text{ТТ}}*Ц=9849*2,29=22\ 554,21 \text{ (руб).}$$

При верном выборе трансформаторов тока потребитель оплатил бы этот объем по цене 2,86094 руб/кВтч и сетевая организация получила бы прибыль в объеме 28 177,40 руб. без НДС.

Рассчитаем стоимость годовых потерь, связанных с неверностью выбора силовых трансформаторов. Выберем силовой трансформатор ТМГ-160/10/0,4 ($P_{\text{xx}}=0,51$ кВтч). Годовые потери в новом трансформаторе составят:

$$\Delta W_{x2}=P_{\text{xx}}*24*365=0,51*24*365=4\ 468 \text{ кВтч.}$$

Разность потерь составит:

$$\Delta W_x=\Delta W_{x1}-\Delta W_{x2}=16\ 644-4\ 468=12\ 176 \text{ кВтч.}$$

Стоимость излишних потерь в силовом трансформаторе, оплаченных сетевой организацией за год составит 27 883,04 руб. без НДС. Итого убыток сетевой организации составил 78 614,65 руб. без НДС за год.

Выводы. Решением приведенной проблемы является замена силовых трансформаторов и трансформаторов тока. Предлагается заменить ТМГ-1000/10/0,4 кВ на ТМГ-160/10/0,4 кВ и имеющиеся трансформаторы тока ТШЛ 2000/5 на трансформаторы тока ТШЛ 300/5

ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ Министерства энергетики РФ от 30 декабря 2008 г. N 326 "Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям" С изменениями и дополнениями от: 1 февраля 2010 г (Зарегистрировано в Минюсте РФ 12 февраля 2009 г. N 13314).

2. Правила устройства электроустановок: 7-е издание (ПУЭ)/ Главгосэнергонадзор России. – М.: Изд-во ЗАО «Энергосервис», 2007. – 610 с.

СОДЕРЖАНИЕ

А. С. Егоров Нахождение условий диагностируемости активной электрической цепи.....	3
А. А. Хохряков О первоначальном выделении сопротивлений при анализе электрических цепей.....	5
А. С. Салюков Вывод формулы для коэффициента передачи четырехполюсника с z-параметрами...	7
А. М. Круглов Сравнение расширенного и сокращенного узлового базиса при анализе электрических цепей.....	8
Д. А. Мишин Определение зависимых начальных условий в виде дробно-рациональных функций.....	10
В. А. Тарасов Анализ установившегося режима в симметричной трехфазной электрической цепи с взаимоиנדуктивностями.....	12
Н. А. Шаммари, М. А. Ахмед Анализ магнитной цепи трехфазного трансформатора.....	14
М. А. Ахмед, Н. А. Шаммари Тепловая схема вентиляционного канала для принудительного охлаждения обмоток трансформатора.....	18
Д. А. Винокуров, Д. В. Кавелидзе Магнитометр на платформе ARDUINO.....	20
Д. А. Воронин Применение оптоволоконна для передачи информации.....	23
Р. Абдулхаков, Л. Курушин Применение ИКТ как средство экономической эффективности в учебной и производственной деятельности.....	27
А. А. Мусин Дизельные генераторы как аварийные источники питания.....	29
Т. Камаев ЧПУ – плоттер как средство автоматизации процесса.....	30
А. С. Филатов Развитие электрической инфраструктуры и экология.....	33
С. Н. Филиппов, Д. А. Воронин Единое информационное пространство как средство обеспечения безопасности и надежности на энергетических предприятиях.....	36
Д. С. Афанасьев Проект организации учебно-тренировочного полигона для прохождения учебной практики УП.02. «Монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций».....	38
Д. В. Вельдяев, А. В. Тарасов, В. А. Леонтьев Недостатки твердотельных устройств и меры по их защите на примере твердотельного реле.....	41
А. С. Усов Создание рабочего макета защитное заземление.....	45
Д. А. Винокуров, Д. В. Кавелидзе Определение максимальной длины линий, выполненных проводом СИП.....	48
А. Г. Егорейченков, Е. А. Князькин Сравнительный анализ светодиодного освещения и газоразрядных ламп высокого давления для атомагистралей.....	49

А. Е. Зайцев	
Современные микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики.....	53
О. В. Цыликов	
Влияние затенения на работу фотоэлектрических систем дорожных покрытий.....	56
Е. С. Муслимова	
Тепловой пробой межконтактных промежутков в аппаратах с деионными решетками.....	60
Е. С. Муслимова	
Электрический пробой межконтактных промежутков в аппаратах низкого напряжения.....	66
Р. Д. Прошин	
Контроль объектов испытания стационарными электролабораториями.....	73
Е. А. Будаева	
Сравнение характеристик преобразовательных установок и генераторов постоянного тока.....	77
Е. С. Калашников	
Характеристики достоверности контроля параметров электроустановок.....	81
И. Р. Хусяинов, И. С. Сухов	
Анализ области применения предохранителей ПРВТ-10.....	87
И. А. Прокофьев, В. А. Соловьев	
Об экологических проблемах, возникающих при эксплуатации ЛЭП и строительстве жилых объектов вблизи ЛЭП.....	90
А. В. Курганов, А. В. Курганов	
Экономическая оценка последствий снижения качества электроэнергии.....	94
О. И. Антропова	
История промышленных роботов.....	96
И. А. Соколова	
Робототехнические комплексы дуговой сварки.....	97
А. Н. Борисов	
Программное обеспечение и программирование промышленных роботов.....	98
М. Э. Быков	
Шарнирные роботы.....	99
В. А. Вилков	
Мехатронные модули микроперемещений.....	101
А. С. Долгова	
Автоматизация сборочных операций с использованием манипулятора.....	103
Н. А. Дорофеевнин	
Обзор глобального рынка сельскохозяйственных роботов.....	104
В. О. Зудилин	
Роботы в легкой и пищевой промышленности.....	105
А. В. Ибрямов	
Робототехника в медицине.....	106
И. Б. Кафаров	
Основные направления разработки мехатронных систем.....	107
И. С. Курушин	
Промышленные фрезеровочные роботы.....	108
П. А. Кутепов	
Преимущества промышленных роботов.....	109
Д. А. Лукьяненко	
Промышленные роботы.....	110
А. В. Мосалева	

Мехатронные модули металлорежущих станков.....	111
К. О. Мурский	
Промышленные роботы на производстве.....	112
А. В. Наземнов	
Складские роботы.....	113
А. А. Новосельцев	
Базовая робототехника: что такое промышленный робот.....	114
А. С. Савельева	
Промышленные роботы в России. Проблемы развития робототехники.....	115
Д. В. Свешников	
Связь робота с технологическим оборудованием.....	117
Н. С. Селиверстов	
Роботы с адаптивным управлением.....	118
А. А. Тулузаков	
Цикловые системы управления.....	119
А. А. Чекалина	
Робототехнические комплексы нанесения лакокрасочных покрытий.....	121
Н. А. Шкуропат	
Промышленные роботы-манипуляторы.....	122
А. В. Щербинин	
Мехатронные системы в полиграфии.....	123
Д. Р. Юсупов	
Перспективы создания интеллектуальных роботов.....	124
Р. Ф. Зялалов	
Манипуляционные системы.....	125
Я. А. Швердяков	
Привод поворота рулей успокоителей качки судов.....	126
Е. В. Чекулаев	
Ионные двигатели на спутниках.....	128
А. Р. Шакуров	
Устройства и принцип работы рулевого электропривода на судах.....	130
О. В. Чаукова	
Аварийные источники электропитания на судах.....	132
А. В. Тягусев	
Типы генераторов на морских судах.....	134
И. И. Семочкин	
Электропривод подъемных механизмов кранов.....	135
Г. М. Рязанов	
Назначение, состав и классификация судовых электроэнергетических установок.....	137
А. О. Логинов	
Электропривод якорно-швартовых механизмов.....	139
Н. Ю. Кочнев	
Аварийные судовые электростанции.....	140
Е. В. Зорина	
Особенности электропривода гребных винтов.....	142
А. Н. Емельянов	
Типы генераторов на самолетах.....	143
А. А. Багров	
Система электростартерного пуска авиадвигателей.....	144
Е. И. Баканова	
Электрооборудование добычных установок.....	147

Я. Д. Закалина Электробензонасос электропривода.....	148
И. О. Козин Система зажигания.....	150
Л. М. Корчагин Электростеклоподъемник.....	152
Н. Д. Усольцев Штабелер, устройство и разновидности.....	154
Н. В. Бердников Инжекторная система подачи топлива.....	155
М. Н. Залялютдинов Бесконтактная система зажигания.....	157
А. А. Конюхов Автоматическая блокировка дверей.....	158
О. А. Носов Автомобильный генератор: устройство и принцип работы.....	161
Д. А. Лаврентьев Электроусилитель руля: устройство и принцип работы.....	163
Д. В. Мяжков Система впрыска COMMON RAIL.....	165
М. Р. Санатуллин Электропривод автоматической двери микроавтобуса.....	168
П. В. Слышев Динамическая система стабилизации автомобиля (ESP).....	169
А. А. Токмаков Вентилятор системы охлаждения автомобиля.....	171
Е. А. Тураев Работа электростеклоподъемника.....	172
А. А. Чекалин Инвертор в электромобиле.....	174
Э. Г. Мартиросян Работа электромобиля.....	177
Р. Р. Айзатуллов Антиблокировочная система ABS.....	178
Д.С.Вальков Бортовой компьютер.....	180
П. С. Сергеев Устройство автомобильной лебедки.....	182
А. Д. Абулеев Требования к газовому составу воздуха в общественных помещениях.....	185
С. А. Баранов Исследование режимов работы магистральных газоперекачивающих станций и оборудования.....	188
О. Ю. Синявский Активная охлаждающая балка как современное средство моделирования микроклимата здания.....	190
Н. И. Ермакова Исследование и анализ процесса переработки нефти.....	192
Н. А. Гормакова Требования, предъявляемые к метеорологическим параметрам воздуха помещений общественных зданий.....	195

<i>В. Д. Иевлев</i>	
Исследование режимов работы магистральных нефтеперекачивающих станций и оборудования.....	198
<i>А. М. Хохлов</i>	
Исследование классических способов добычи нефти.....	199
<i>В. Р. Кильдеева</i>	
Исследование процессов автоматизации и интеллектуального управления в области обеспечения микроклимата жилых и административных зданий.....	202
<i>А. А. Костюнина</i>	
Методы и способы дожига уходящих газов в твердотопливных котельных установках.....	204
<i>И. Ю. Лебедев</i>	
Влияние окон повышенной герметичности на микроклимат помещений.....	206
<i>А. А. Магда</i>	
Исследование горелок для сжигания пеллет и способов их сжигания.....	211
<i>Г. В. Манасян</i>	
Исследование способов переработки нефти для получения других видов органического топлива.....	215
<i>Д. Ю. Козин</i>	
Пиролиз низкосортного органического топлива.....	217
<i>А. И. Шонтя</i>	
Исследование способов добычи сланцевой нефти.....	219
<i>А. М. Бурлева</i>	
Исследование способов обогащения низкосортных пеллетов для малых котельных установок.....	222
<i>К. С. Кузборская</i>	
Исследование современных способов тепловой защиты зданий.....	225
<i>С. С. Тимошина</i>	
Исследование режимов работы магистральных газоперекачивающих станций и оборудования.....	227
<i>А. С. Тигин</i>	
Особенности применения пеллетных котлов отечественного и зарубежного производства.....	229
<i>М. С. Исмаил</i>	
Гидравлический удар в трубопроводе.....	233
<i>Н. Н. Будников</i>	
Повышение надежности электроснабжения методом инфракрасной диагностики электрооборудования.....	234
<i>А. Г. Егорейченков, О. О. Крежевский, Н. Н. Будников</i>	
Исследование влияния колебаний напряжения на работу электрооборудования.....	237
<i>А. Г. Егорейченков</i>	
Анализ конструктивного исполнения солнечных панелей для автомагистралей.....	240
<i>М. А. Стельмах</i>	
Этапы проектирования для подключения ветроэнергетической станции к электрической сети.....	244
<i>М. А. Стельмах</i>	
Характеристика энергетической ситуации Ульяновской энергосистемы.....	245
<i>В. А. Карпов</i>	
Потери электрической энергии, связанные с погрешностью при сборе данных по причине использования неверно выбранного оборудования.....	247

Научное электронное издание

Энергетика, экология, химия

Сборник студенческих научных работ

Отв. за выпуск Е.Н. Меньшов

Подписано в печать 26.11.2018. Заказ № 1023.

ЭИ № 1168. Объем данных 6,7 Мб.

Ульяновский государственный технический университет,
432027, Ульяновск, Сев. Венец, 32.

ИПК «Венец» УлГТУ, 432027, Ульяновск, Сев. Венец, 32.

Тел.: (8422) 778-113
E-mail: venec@ulstu.ru
venec.ulstu.ru