

АВТОМАТИЗАЦИЯ СУШКИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Дорожкин М.В - соискатель, Ратушин Е.Г. - аспирант,

Коротких В.М.– к.т.н., профессор каф. ЭиАЭП

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

К сыпучим материалам можно отнести семена зерновых культур, порошки плазменного и детонационно-газового напыления, порошки синтезируемых материалов и т.д. Такие параметры как влажность, температура играют важную роль в создании начальных условий физических взаимодействий. Эти факторы влияют также и на эволюцию развития самого процесса.

Сушка исходного продукта осуществляется с помощью вентилирующего устройства, режимы которого задаются в ручную и автоматически. Электрическая схема цифрового автоматизированного управления (Рис.1) выполнена на логических элементах И-НЕ DD1-DD3. Скважность задается с помощью резистора R1, которая определяет частоту вращения двигателя вентилятора (ЭМ) скорость которого может варьироваться от 0 до  $n_{max}$ . Цифровой ключ [1] на элементе DD3 останавливает процесс при заданной влажности продукта и запускает его при превышении значения этого параметра.

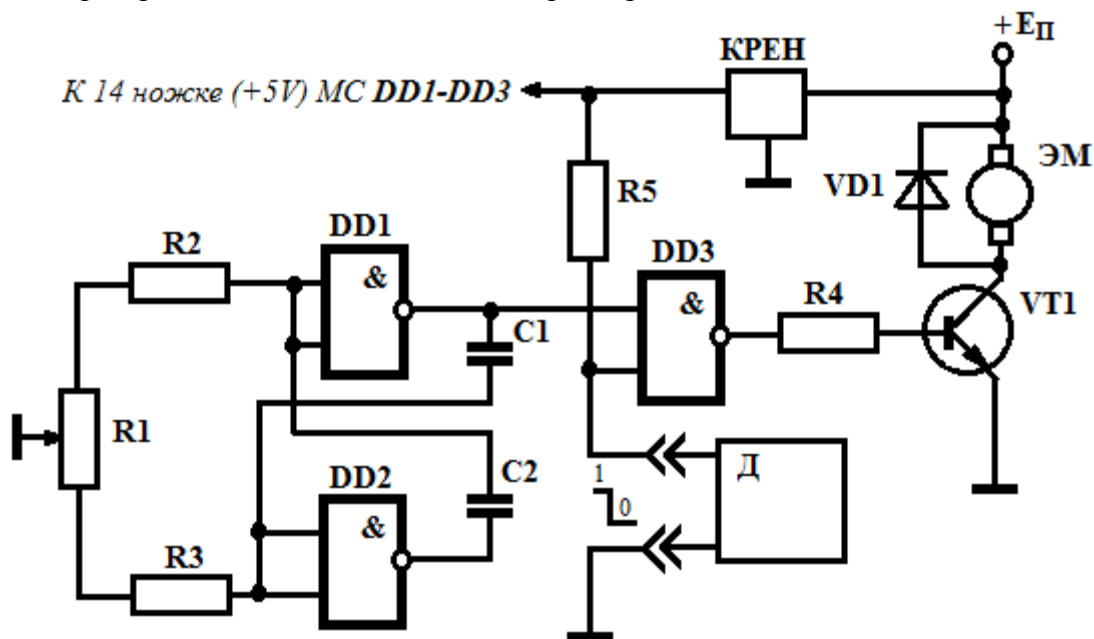


Рисунок 1. Электрическая схема цифрового автоматизированного управления.

Таким образом варьируя частотой вращения и установками на датчике (Д) влажности [2,3] можем добиться однородной просушки во всем объеме. Остановка процесса означает достижения заданной влажности, в этом случае отпадает повтор контрольных измерений как это делается в традиционных способах удаления влаги.

Еще одним преимуществом данного способа по сравнению с термической сушкой является отсутствие влияния на биологические и физические свойства (сворачивание белков, появление и увеличение толщины оксидных пленок и д.р.) обрабатываемых материалов.

Данный принцип цифрового автоматизированного регулирования частоты и времени может быть распространен на аналогичные задачи, например для поддержания заданного температурного режима в электронных устройствах.

1. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл: пер. с англ. – 6-е изд. – М.: Мир, 2003. – 704 с., ил.
2. Г. Виглеб. Датчики. Устройство и применение. Москва. Издательство «Мир», 1989
3. Довгун, В. П. Электротехника и электроника: учеб. Пособие: в 2-х ч. Ч. 2 / В. П. Довгун. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – 252 с.

## ДИСКРЕТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЧАСТОТОЙ ВРАЩЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Дорожкин М.В - соискатель, Ратушин Е.Г. - аспирант,  
Коротких В.М.– к.т.н., профессор каф. ЭиАЭП

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Работа современных стабилизаторов и регуляторов частоты вращения двигателей постоянного тока (ДПТ) основана на изменении питающего напряжения и тока в обмотках возбуждения [1]. При этом происходит значительное уменьшение крутящего момента на малых оборотах, а следовательно, сокращение мощности на валу.

Чтобы исключить или сократить влияние частоты вращения на уменьшения крутящего момента ДПТ, необходимо построить цифровой регулятор с изменяющейся скважностью импульсов. Скважность определяет отношение пиковой мощности импульсной установки к её средней мощности и таким образом является важным показателем работы импульсных систем.

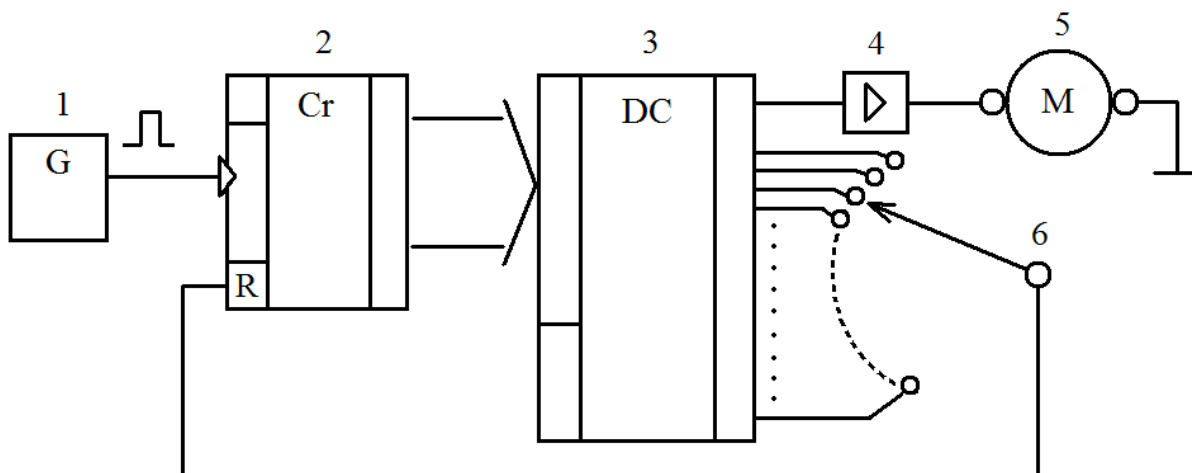


Рисунок 1. Схема устройства цифрового управления двигателем постоянного тока

Устройство цифрового управления ДПТ основано на изменении скважности импульсной системы, в которой происходит регулирование отношения его периода следования к длительности импульса. Таким образом, справедливы следующие соотношения:

$$S = \frac{T}{\tau} = \frac{1}{D},$$

где  $S$  — скважность,  $D$  — коэффициент заполнения,  $T$  — период импульсов,  $\tau$  — длительность импульса.

Величина этих соотношений в предлагаемом устройстве устанавливается дискретно с помощью переключателя 6 (Рис. 1). Импульсы с генератора 1 преобразуются двоичным счетчиком 2 и поступают на вход дешифратора 3. Последовательно на дешифраторе появляются сигналы десятичного кода. Положение переключателя 6 определяет период повторения, который завершается приходом на вход R ("обнуление") счетчика, при этом

кодовая комбинация выхода счетчика начинается с нуля и процесс повторяется. Частота вращения двигателя 5 меняется пропорционально скважности, следовательно положение переключателя определяет частоту вращения.

Предложенную схему легко оснастить индикатором частоты вращения, используя жидкокристаллические или светодиодные индикаторы с соответствующим дешифратором [3].

#### Литература:

1. Довгун, В. П. Электротехника и электроника: учеб. Пособие: в 2-х ч. Ч. 2 / В. П. Довгун. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – 252 с.
2. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл: пер. с англ. – 6-е изд. – М.: Мир, 2003. – 704 с., ил.
3. Гусев, В. Г. Электроника и микропроцессорная техника: учеб. для вузов / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2004. – 790 с.

### МИКРОМОЩНЫЕ ИСТОЧНИКИ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ НА КОММУТИРУЕМОМ КОНДЕНСАТОРЕ

Суворов А.В. - аспирант, Суворова Н.В. – студент,  
Коротких В.М. - к.т.н., профессор кафедры ЭиАЭП

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В практической схемотехнике обычная ситуация, когда схема питается каким-либо одним стандартным напряжением. Иногда возникает необходимость запитать какой-либо элемент схемы другим, повышенным напряжением, даже противоположной полярности. Потребление от такого источника может быть очень малым, поэтому делать отдельный источник с самостоятельной обмоткой трансформатора весьма нецелесообразно.

Возможно применение импульсного источника с накопительной индуктивностью [1], но для это необходим дроссель, намоточное изделие, с увеличенными габаритами и возможный источник электромагнитных помех. Гораздо проще для этих целей применить в качестве активного элемента стандартный конденсатор.

Ниже рассмотрены схема преобразователя напряжения положительной полярности с удвоением основного напряжения и схема источника питания отрицательной полярности. Схема положительного источника с повышением исходного напряжения рассмотрена на рисунке 1.

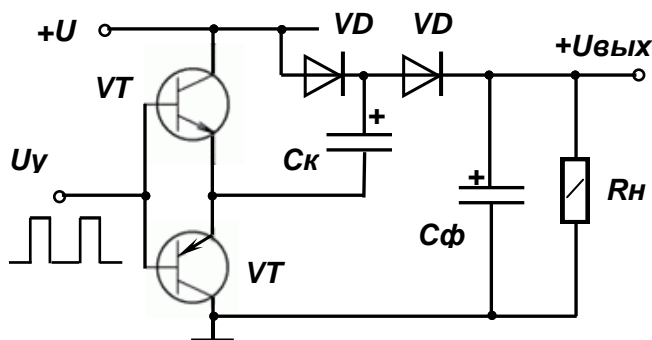


Рисунок 1. Схема источника положительного напряжения

Управляющие прямоугольные импульсы – меандр подаются от внешнего генератора. В первый полупериод открыт транзистор  $VT_2$  и конденсатор  $C_k$  через  $VD_1$  заряжается положительным напряжением от источника питания  $U_n$ . Во втором полупериоде закрывается  $VT_1$ , открывается  $VT_2$  и конденсатор  $C_k$  через  $VD_2$  разряжается на нагрузку  $R_n$ . Производя коммутацию конденсатора  $C_k$  с высокой частотой (10-20 кГц), получается некоторое постоянное напряжение на нагрузке. При сложении с основным напряжением источника

питания это дает почти удвоенное выходное напряжение. Конденсатор  $C_{\phi}$  служит для сглаживания пульсаций напряжения на нагрузке.

Таким образом реализован дополнительный источник питания почти равный по напряжению основному источнику.

Потери напряжения на коммутирующих элементах составят

$$U_{\text{потери}} = 2U_{\text{д}} + 2U_{\text{ост}}, \quad (1)$$

где  $U_{\text{д}}$  – прямое напряжение на диоде,

$U_{\text{ост}}$  – остаточное напряжение на транзисторе ( $\sim U_{\text{д}}$ ).

Выполнение оценочного расчета схемы достаточно для практического применения.

При построении экспериментального макета можно произвести корректировку параметров под конкретную нагрузку.

Анализ коммутационной схемы источника (рисунок 2).

Ключи  $K_1$  и  $K_2$ , управляющие переключением конденсатора  $C_k$ , работают в противофазе от блока управления БУ.

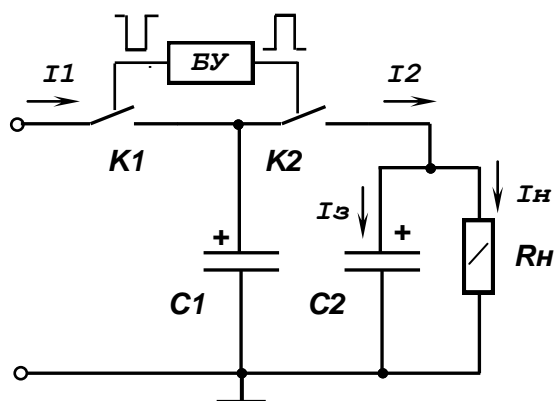


Рисунок 2. Эквивалентная схема коммутатора

Емкость конденсатора  $C_2$  для подавления пульсаций выберем больше емкости  $C_1$  как минимум в 10 раз; напряжение пульсаций при коммутации конденсатора  $U_{\text{п}} = 0.5 \text{ В}$  (3.3%), частота коммутации 10 кГц,  $I_{\text{н}} = 10 \text{ мА}$ .

Оценка емкости конденсатора  $C_1$ .

Заряд, потребляемый нагрузкой от конденсатора  $C_2$  за один период управляющего напряжения  $T$ , составит

$$\Delta Q_2 = I_{\text{н}} \cdot T = I_{\text{н}} / f. \quad (2)$$

Заряд, приносимый конденсатором  $C_1$  за время коммутации  $T/2$ , должен быть равен потребленному за весь период нагрузкой заряду и составит

$$\Delta Q_1 = U_{\text{п}} \cdot C_1 = \Delta Q_2. \quad (3)$$

Подставив в (3) значение  $\Delta Q_2$ , получается

$$I_{\text{н}} / f = U_{\text{п}} \cdot C_1, \quad (4)$$

$$C_1 = I_{\text{н}} / (f \cdot U_{\text{п}}), \quad (5)$$

$$C_1 = 10^{-2} / (0.5 \cdot 10^4) = 2 \cdot 10^{-6} = 2 \text{ мкФ}$$

Проверка полученных значений.

Заряд на  $C_1$  в исходном состоянии до коммутации равен

$$Q_1 = U_{\text{к}} \cdot C_1, \quad (6)$$

заряд на фильтрующем конденсаторе  $C_2$  равен

$$Q_2 = U_{\text{н}} \cdot C_2. \quad (7)$$

После коммутации конденсаторы соединены параллельно, общий заряд на них  $Q = Q_1 + Q_2$ , суммарная емкость составит  $C = C_1 + C_2$ , напряжение -  $U$ .

Подставив эти данные, учитывая  $C_2 \gg C_1$ , получается напряжение после коммутации с учетом пульсаций

$$U = Q / C = (Q_1 + Q_2) / (C_1 + C_2) = (U_1 \cdot C_1 + U_{\text{н}} \cdot C_2) / (C_1 + C_2) = U_1 \cdot C_1 / C_2 + U_{\text{н}} = U_{\text{п}} + U_{\text{н}}. \quad (8)$$

Напряжение пульсаций составляет

$$U_{\text{п}} = U_1 \cdot (C_1/C_2). \quad (9)$$

Так как её величина принята 0.5 В, а расчетное значение  $C_1 = 2$  мкФ, то при  $U_1 = 15$  В получается  $C_2 = 30 \cdot C_1 = 60$  мкФ.

Все данные, необходимые для построения источника питания, получены.

По аналогии с приведенной схемой на рисунке 1 положительного источника питания построена схема с инверсией напряжения, то есть отрицательный источник питания (рисунок 3).

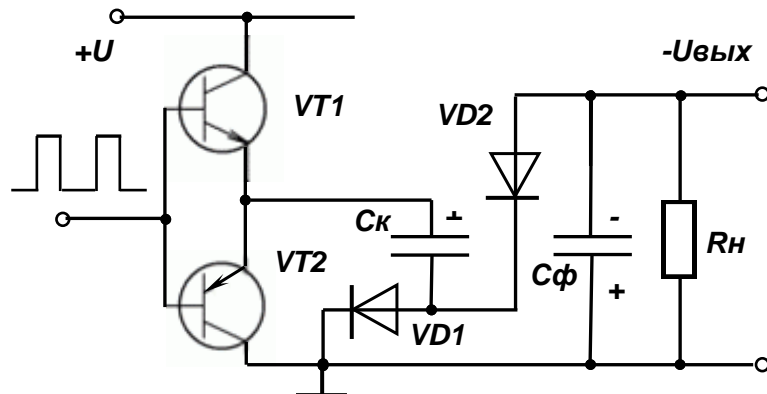


Рисунок 3. Схема источника питания с отрицательным напряжением

В данном случае конденсатор  $C_k$  заряжается через  $VT_1$  и  $VD_1$  входным напряжением относительно общего провода. Затем транзистором  $VT_2$  он коммутируется положительной обкладкой на общий провод. На выходе на нагрузке получается отрицательное напряжение питания  $-U$ .

#### Литература

1. А. Г. Алексенко, Е. А. Коломбет, Г. И. Стародуб. Применение прецизионных аналоговых ИС. – М.: Советское радио, 1980.
2. В. Е. Китаев, А. А. Бокуняев, М. Ф. Колканов. Расчет источников электропитания устройств связи. Учебное пособие для высших учебных заведений. – М.: Радио и связь, 1993.

### МОЩНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ

Ратушин Е.Г. - аспирант, Суворов А.В. - аспирант,

Дорожкин М.В - соискатель, Коротких В.М. – к.т.н., профессор каф. ЭиАЭП

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Достоинства взаимодействия цифровых систем через USB – порт очевидны, но возникает ряд проблем, и связаны они с тем, что большинство периферийных устройств, носителей информации, не имеют своего источника питания и запитываются непосредственно от порта к которому они подключены. В случае использования стационарного компьютера с мощным блоком питания, все подключенные внешние устройства будут работать надежно и стабильно, при условии, что суммарная потребляемая мощность всей подсоединенной периферии на ТТЛ-элементах не превысит подведенной мощности источника питания компьютера. При использовании же ноутбука, нетбука, планшетного компьютера или же телефонного аппарата, мощность которых ограничены зарядом батареи, что делает подключение мощных устройств невозможно, из – за недостаточного заряда источника питания.

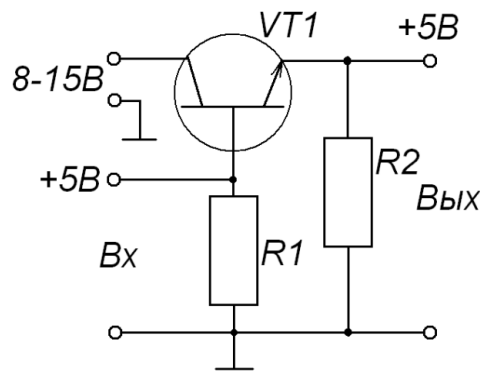


Рисунок 1. Схема блока питания

Для решения данной задачи предлагается следующий способ повышения нагрузочной способности - использование напряжения ноутбука, нетбука, планшета и даже телефонного аппарата имеющего порт USB, в котором +5в подается в качестве стабилизированного напряжения на входе усилительного каскада, выполненного на транзисторе, с общим коллектором (Рис. 1). То есть напряжение питания подаётся на коллектор, напряжение подаётся на базу, а выходное напряжение снимается с эмиттера. В результате чего образуется 100 % отрицательная обратная связь по напряжению, что позволяет сказать об отсутствии искажения при передаче напряжения. Следует также отметить, что фазы входного и выходного напряжения совпадают. Такая схема включения традиционно используется в качестве выходных каскадов усилителей мощности [1].

$$I_{ВХ} = I_б ;$$

$$I_{ВЫХ} = I_э ;$$

$$U_{ВХ} = U_{бэ} + U_{Rэ} ;$$

$$U_{ВЫХ} = U_{Rэ} ;$$

$$\text{Коэффициент усиления по току: } I_{ВЫХ}/I_{ВХ} = I_э/I_б = I_э/(I_э - I_к) = 1/(1 - \alpha) = \beta \quad [\beta \gg 1] ;$$

$$\text{Коэффициент усиления по напряжению: } U_{ВЫХ}/U_{ВХ} = U_{Rэ}/(U_{бэ} + U_{Rэ}) < 1$$

$$U_{ВЫХ}/U_{ВХ} = U_{Rэ}/(U_{бэ} + U_{Rэ}) < 1 ;$$

$$\text{Входное сопротивление: } R_{ВХ} = U_{ВХ}/I_{ВХ} = (U_{бэ} + U_{Rэ})/I_б$$

$$\text{Выходное сопротивление: } R_{ВЫХ} = U_{ВЫХ}/I_{ВЫХ} = U_{Rэ}/I_э = Rэ$$

Если принять во внимание, что входное сопротивление устройства достаточно высокое, то входной ток, определяющий потребление через USB порт будет ничтожно мал, следовательно, имеем наличие энергоэффективности для устройств дающих стабилизированное напряжение.

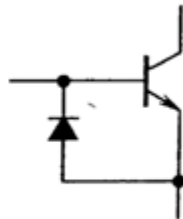


Рисунок 2. Диод предохраняет переход база-эмиттер от пробоя

Для предохранения от пробоя можно использовать диод (Рис. 2) или применить составные транзисторы [2,3], представляющие собой комбинацию из двух каскадно включенных транзисторов. Чаще других используют схему Дарлингтона [2,3] (Рис. 3). Как видно из схемы, составной транзистор имеет три вывода, эквивалентные эмиттеру, базе и коллектору. Поэтому его можно рассматривать как единый *n-p-n* транзистор, имеющий коэффициент усиления тока  $\beta \approx \beta_1 \beta_2$ . В настоящее время составные транзисторы выпускаются в виде отдельных приборов. Например, широко используется составной транзистор КТ827.

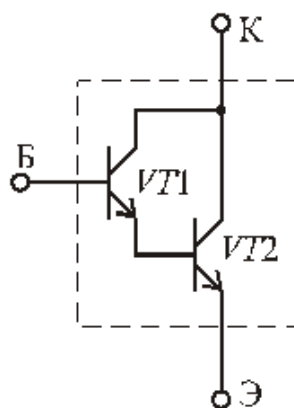


Рисунок 3. Схема на составном транзисторе (схема Дарлингтона)

Замена одиночного транзистора в эмиттерном повторителе схемой Дарлингтона увеличивает входное и уменьшает выходное сопротивления схемы [3], увеличивая энергоэффективность.

Питающий блок эмиттерного повторителя использует любые питающие устройства (выпрямители, блоки питания различных типов и др.) с постоянным напряжением от 8 до 15 вольт, это делает устройство простым и универсальным.

Применение транзисторов обратной проводимости например КТ 805, КТ815, КТ817, КТ819 или составной КТ827, дает возможность увеличить потребляемый ток до 3 – 10 ампер. Суммарная потребляемая мощность при этом не должна превышать мощности этих транзисторов которые применительно к данной схеме целесообразно устанавливать на радиаторах.

Следует отметить, что если микро-ЭВМ не подключено, то на базе транзистора устанавливается напряжение равное нулю, которое автоматически на выходе устанавливает нулевое напряжение, т.е. выключает периферию.

Описанный источник питания внешних устройств позволяет совершать обмен информацией через USB – порт с мобильными микро-ЭВМ, при этом почти не потребляя электроэнергию от этих машин и дает возможность подключить устройства с высоким энергопотреблением.

#### Литература:

1. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл: пер. с англ. – 6-е изд. – М.: Мир, 2003. – 704 с., ил.
2. Довгун, В. П. Электротехника и электроника: учеб. Пособие: в 2-х ч. Ч. 2 / В. П. Довгун. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – 252 с.
3. Гусев, В. Г. Электроника и микропроцессорная техника: учеб. для вузов / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2004. – 790 с.

#### ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТА ЗЕЕБЕКА В ДВС

Брютов А.А. – студент гр. ДВС-01,

Коротких В.М. – к.т.н., профессор каф. ЭиАЭП

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Традиционное использование двигателей внутреннего сгорания (ДВС) связано с потерями тепловой энергии с охлаждающей жидкостью, отработавшими газами и т.д. Большой части этих потерь можно избежать, если научиться превращать рассеиваемое тепло непосредственно в электричество, которое может быть использовано для питания электронной системы двигателя и автомобиля.

Первым возможность такого процесса обнаружил немецкий физик Т. Зеебек в 1823 г. Он установил, что в замкнутой электрической цепи, состоящей из последовательно соединённых

разнородных проводников, контакты между которыми находятся при различных температурах, возникает ЭДС (термоэлектричество). Этот эффект уже много лет успешно применяется в различных областях науки и техники, но с ДВС его использование связано совсем недавно.

С появлением полупроводниковых материалов были разработаны термоэлектрические устройства на основе полупроводниковых материалов.

Наиболее сильно эффект Зеебека наблюдается в случае использования полупроводников р- и n-типа проводимости. При нагревании одного конца полупроводника в нем появляется электрический потенциал: в полупроводнике р-типа на холодном конце возникает отрицательный заряд, а в n-электроре – положительный. Если два этих электрода соединить в форме U-образной конструкции с n-p-переходом в нижней части, то нагревание этого стыка приведет к тому, что на верхнем конце р-электрода будет накапливаться отрицательный заряд, а на верхнем конце n-электрода – положительный (рисунок 1). Этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока поддерживается разность температур[1].

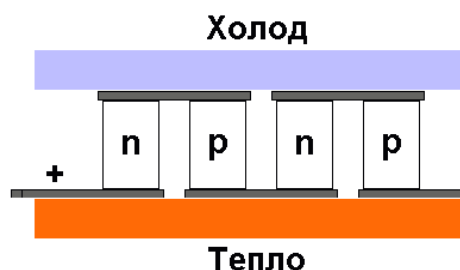


Рисунок 1. Эффект Зеебека в полупроводниках р- и n-типа[2]

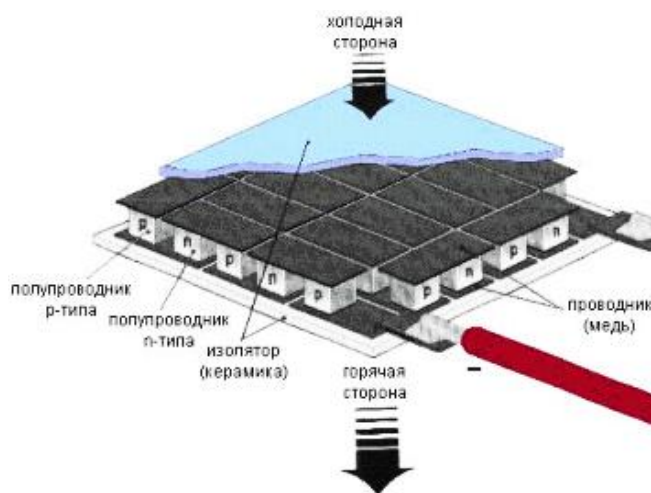


Рисунок 2. Структура полупроводникового термоэлектрического модуля[2]

Термоэлектрический элемент – очень компактный и не дорогой. Его можно легко установить практически в любом месте и пользоваться в качестве удобного источника энергии. Все, что ему требуется, – это перепад температур. Например, в качестве горячего полюса можно использовать выпускную (выпускной коллектор), охлаждающую (охлаждающая жидкость) системы ДВС.

Объединение большого количества пар полупроводников р- и n-типа позволяет создавать термоэлектрические модули сравнительно большой мощности (рисунок 2)[2].

Сейчас, опытные образцы термогенераторов уже покрывают более половины нужд транспортного средства в электричестве.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Эффект Зеебека [Электронный ресурс]/ Физика машин. – Электронные данные. – 2013. – Режим доступа: <http://www.naukadv.ru/reaktor/effekt-zeebeka.html>. – Эффект Зеебека.
2. Рудометов, В., Полупроводниковые холодильники Пельтье[Электронный ресурс]/ В. Рудометов, Е. Рудометов/ Специализированный российский информационно-аналитический сайт с самыми актуальными новостями из сферы ИТ. – Электронные данные. – М., 2000. – Режим доступа: <http://www.ixbt.com/cpu/peltje.html>. – Полупроводниковые холодильники Пельтье.



## ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ АНАЛОГОВЫМИ УСИЛИТЕЛЯМИ В СХЕМАХ ОПРОСА МАТРИЧНЫХ СЕНСОРОВ

Бастрыкин А.М. - студент гр.ЭТ-81, Кулаев Д.В.- студент гр.ЭТ-81

Дорожкин М.В - соискатель, Коротких В.М.– к.т.н., профессор каф. ЭиАЭП  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

При создании мехатронных устройств, в конструкциях которых используют сложные многопараметрические сенсоры или матричные датчики [1], основной задачей является оптимизация и минимизация схемотехнических решений. На рисунке 1 изображена схема формирования сигналов управления фотодиодной матрицы МФ-14 (ФПУ 32x32) с параллельным построчным считыванием оптической информации, работающей в режиме накопления [1,2,3], а на рисунке 2 и 3, схема опроса и схема быстродействующего регистратора оптических полей соответственно.

Из приведенных рисунков видно, что структура схемотехнических решений для преобразования оптической информации каждой светочувствительной фотодиодной ячейки в выделенный аналоговый электрический сигнал необходимо создать схему опроса и цифровое управление этим процессом. В результате имеем пространственно-временную синхронизацию информационного потока. То есть, каждому отрезку времени всегда соответствует информация, полученная с сенсора, находящегося в пространстве в строгоотведенном месте.

При разработке более сложных устройств, в которых кроме многопараметрических сенсоров должны присутствовать микропроцессорные компоненты и исполнительные механизмы с электроприводами, требуется не

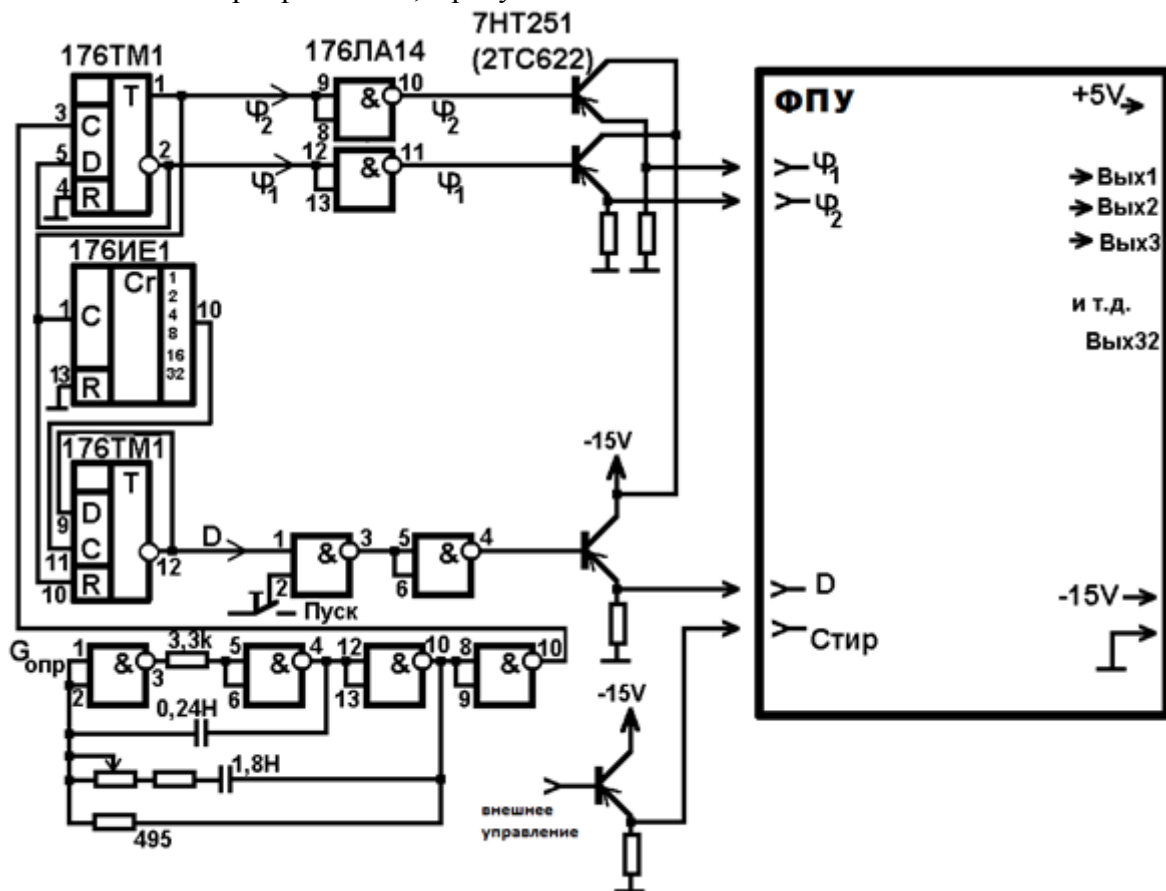


Рисунок 2. Схема формирования сигналов управления

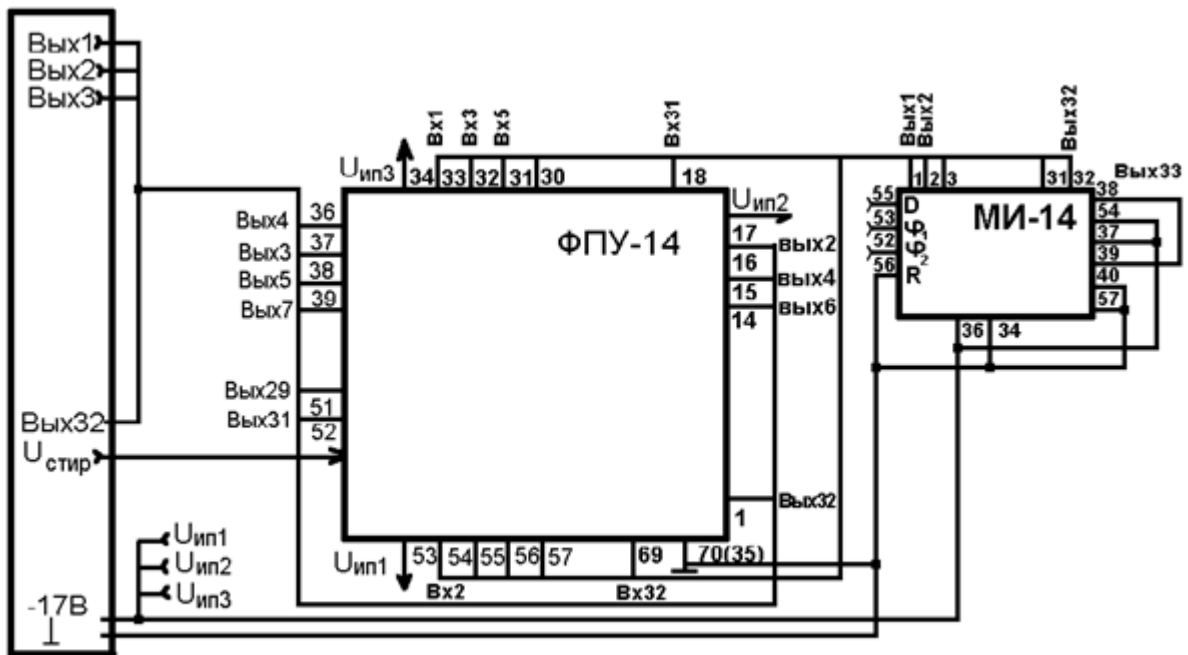


Рисунок 2. Схема опроса фотодиодной матрицы

только выделить сигнал из светочувствительных областей, но и создать систему команд управления механизмами.

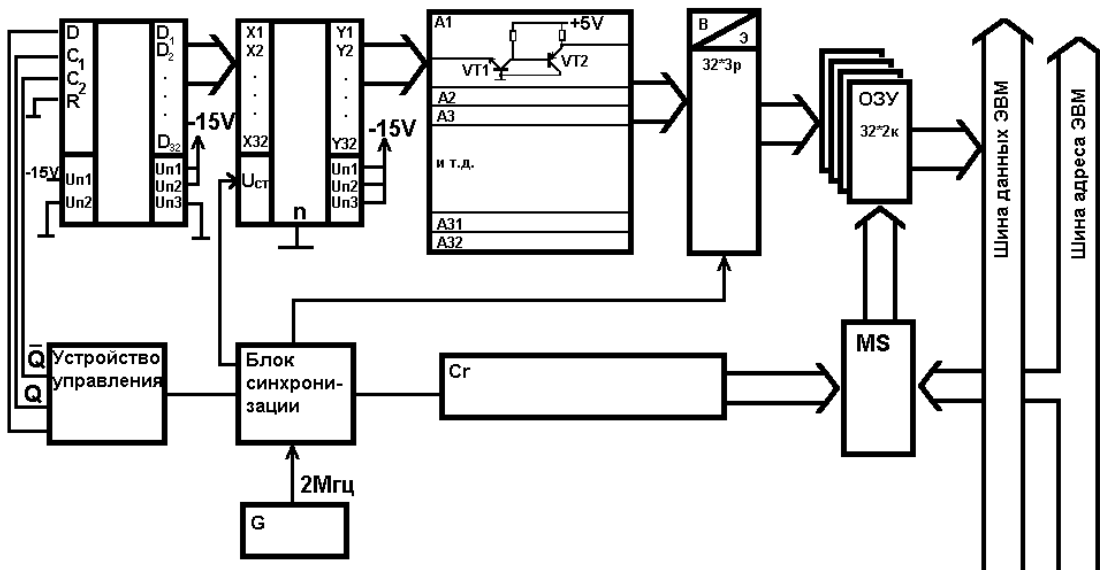


Рисунок 3. Быстродействующий регистратор оптических полей

Фотодиодные ячейки сенсора положения (Рис. 4) находятся в местах пересечения электродов X1, X2, X3 и Y1, Y2, Y3. Опрос происходит последовательно - от X1Y1 до X3Y3.

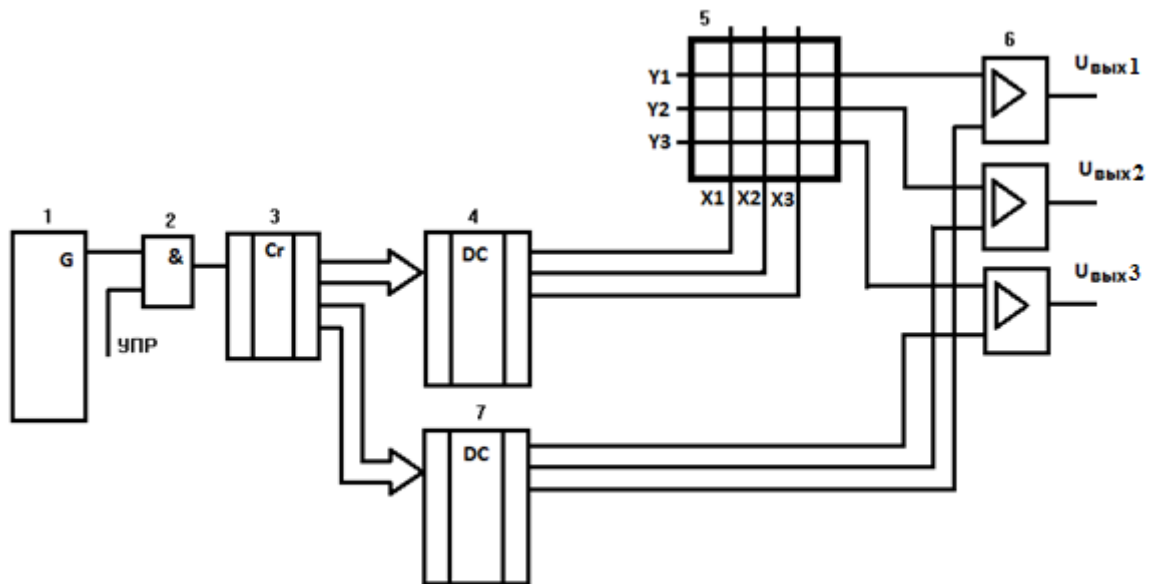


Рисунок 4. Схема сенсора положения следящей системы

Импульсы генератора 1 следуют через логическое устройство 2 на двоичный счетчик импульсов 3. Младшие знаковые разряды счетчика поступают соответственно на дешифратор адресов X1- X3, а старшие - на управляемые аналоговые усилители 6 (Рис. 4,5).

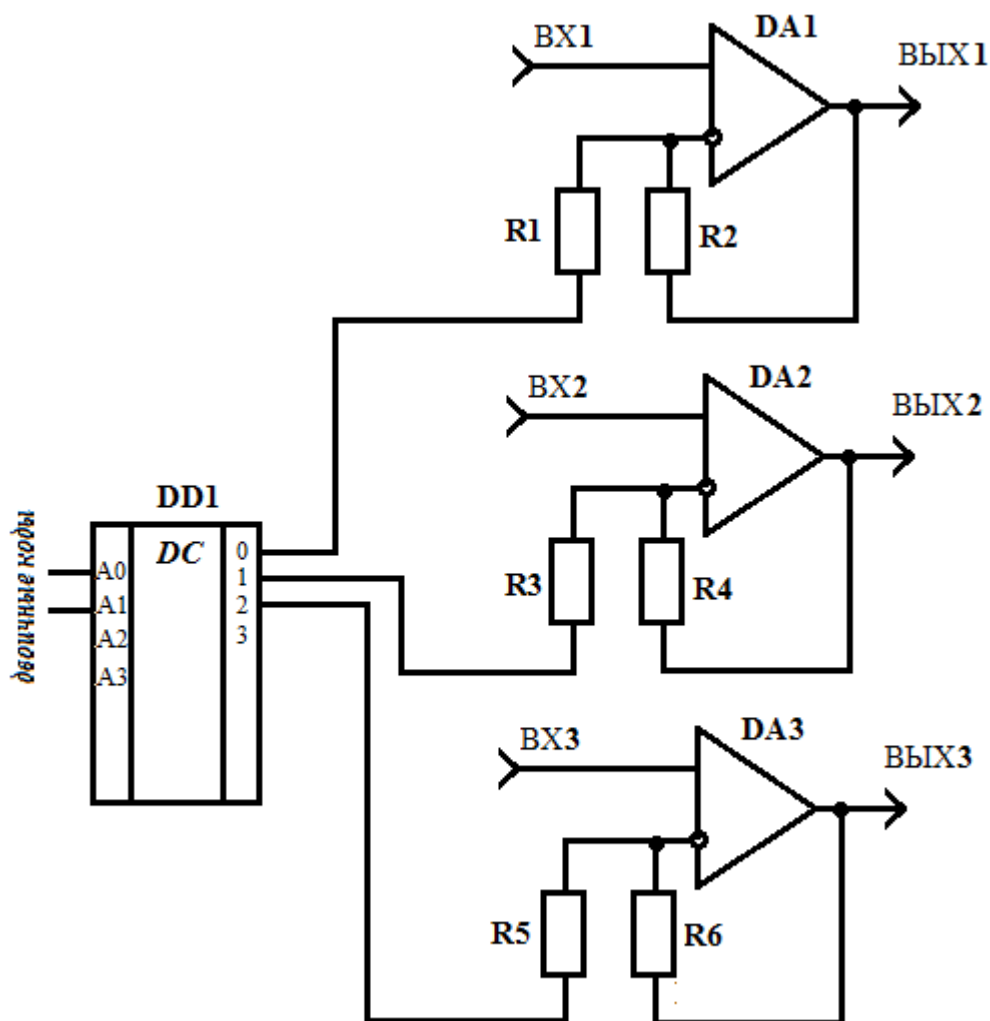


Рисунок 5. Схема цифрового управления аналоговых усилителей

Наличие электрических сигналов на выходе усилителей (рис. 5) в моменты появления сигналов разрешения, которые выставляет дешифратор 7, обуславливает наличие оптических воздействий на ту или иную светочувствительную область фотодиодной матрицы. Следует заметить что отсутствие цифрового сигнала разрешения на аналоговых усилителях делает выходное аналоговое напряжение  $U_{\text{вых}}$  этих усилителей равное нулю. Состояния сигналов определяет систему команд исполнительных механизмов (Табл.1).

Таблица 1. Команды исполнительного механизма.

	X 1Y1	X 2Y1	X 3Y1	X 1Y2	X 2Y2	X 3Y2	X 1Y3	X 2Y3	X 3Y3
Состояние	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Команды	Ле во- вперед	вп еред	П раво- вперед	ле во	ст оп	пр аво	Ле во- назад	на зад	П раво- назад

Сенсор фиксирует одно из состояний указанных в таблице 1. На основании этого строится логическое устройство формирующее выходные цифровые сигналы для исполнительных механизмов.

#### Литература:

1. Госьков П.И., Гуляев П.Ю., Цибиров А.М., Коротких В.М. Устройство скоростной регистрации и ввода в ЭВМ динамических оптических полей. // Координатно-чувствительные фотоприемники и оптико-электронные устройства на их основе. Тез. докл. Всесоюзного совещания сентябрь 1989.- Барнаул 1989.- с. 49-52.
2. Гуляев П.Ю. Цибиров А.М. Коротких В.М. Порог быстродействия ТВ-камеры с параллельным считыванием сигнала на базе МДП фотодиодной матрицы. //Координатно-чувствительные фотоприемники и оптоэлектронные устройства на их основе. Тезисы докладов Всесоюзной НТК КЧФ-89. Барнаул 1989 г.
3. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл: пер. с англ. – 6-е изд. – М.: Мир, 2003. – 704 с., ил.
4. Гусев, В. Г. Электроника и микропроцессорная техника: учеб. для вузов / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2004. – 790 с.

#### ДИАГНОСТИКА ИНДУКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Голубина О. А. - студент гр.МАПП-01, Васецкая Д.Н. - студент гр.МАПП-01,  
Дорожкин М.В. - соискатель, Коротких В.М. - к.т.н., профессор кафедры ЭиАЭП  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Катушка индуктивности — винтовая, спиральная или винтоспиральная катушка из свёрнутого изолированного проводника, обладающая значительной индуктивностью при относительно малой ёмкости и малом активном сопротивлении. Как следствие, при протекании через катушку переменного электрического тока, наблюдается её значительная инерционность, ток отстает от напряжения на 90 град. [1].

Они применяются для подавления помех, сглаживания пульсаций, накопления энергии, ограничения переменного тока, в резонансных (колебательный контур) и частотно избирательных цепях, в качестве элементов индуктивности искусственных линий задержки с сосредоточенными параметрами, создания магнитных полей, датчиков перемещений и так далее.

#### Конструкции катушек индуктивности

Конструкционной основой катушки индуктивности является диэлектрический каркас, на который наматывается провод в виде спирали. Обмотка может быть как однослойной (рис.1,а), так и многослойной (рис.1,б). В некоторых случаях многослойная обмотка делается

секционированной (рис.1,в). В интегральных схемах применяются плоские спиральные катушки индуктивности (рис.1,г).

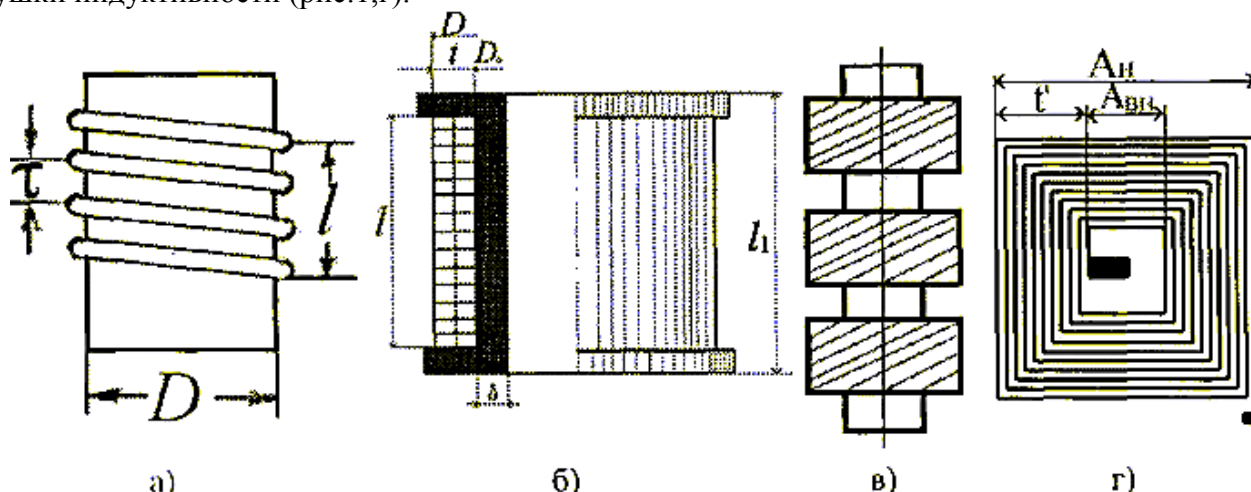


Рисунок 1. Катушки индуктивности

### Зависимость индуктивности катушки от ее геометрических размеров

Проанализируем формулу для расчета однослойной катушки индуктивности:

$$L = \frac{0,01 \cdot w^2 \cdot D}{l/D + 0,44} \quad (I)$$

В нее входят три переменные: число витков  $w$ , диаметр витка  $D$  (см) и длина намотки  $l$  (см) от которых зависит  $L$ . Если мысленно изменять размеры катушки так и чтобы она оставалась геометрически подобной самой себе (при этом  $w$  и отношение  $l/D$  сохраняются), то  $L$  будет изменяться прямо пропорционально изменению  $D$ . Таким образом, индуктивность любых геометрически подобных катушек прямо пропорциональна их линейным размерам. Для многослойных и других типов катушек индуктивности эта закономерность сохраняется.

### Зависимость добротности катушки от ее геометрических размеров

Предположим, имеется однослойная катушка индуктивности со следующими характеристиками:

$$w_1 = 20; D_1 = 1\text{см}; l_1 = 1\text{см}; d_1 = 0,05\text{мм} \quad (d_1 \text{ — диаметр провода}).$$

Здесь и далее толщиной лаковой изоляции провода пренебрегаем. Согласно (I), ее индуктивность —  $L_1 = 0,01 \times 20^2 \times 1 / (1/1 + 0,44) = 2,78 \text{ мкГн}$ . Определим ее добротность, например, на частоте  $f = 5 \text{ МГц}$ . Известно, что добротность:

$$Q = \frac{R_{L1}}{R_{A1}}, \quad (2),$$

где:  $R_{L1}$  — индуктивное сопротивление катушки на частоте  $f$ ;  $R_{A1}$  — ее активное сопротивление на этой же частоте.

$$R_{L1} = 2 \cdot \pi f L = 2 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 2,78 \cdot 10^{-6} = 87,3 \text{ (Ом)}.$$

Для нахождения  $R_{A1}$  необходимо знать: во-первых, сопротивление катушки постоянному току  $R_1$ ; во-вторых, отношение  $R_{A1}/R_1$  зависящее от ряда других параметров [1]. Сначала определим (по закону Ома):

$$R_1 = \rho \frac{b_1}{S_1} \quad (3),$$

где:  $\rho$  -  $0,017 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$  — удельное сопротивление медного провода;

$b_1$  — длина провода

$$b_1 = \pi D_1 w_1 = 3,14 \times 1 \times 20 = 62,8 \text{ (см)} = 0,628 \text{ м};$$

$S_1$  — площадь сечения провода

$$S_1 = \pi d_1^2 / 4 = 3,14 \times 0,5^2 / 4 = 0,196 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Итак  $R_1 = 0,017 \times 0,0628 / 0,196 = 0,0544$  (Ом), согласно (1) для  $1,5 < k_1 < 10$   $R_{A1}/R_1 = 0,997k_1 + 0,277$ , где:  $k_1 = r_1/2\delta = d_1/4\delta$  (4)

(здесь  $\delta$  — эффективная толщина токопроводящего поверхностного слоя на частоте  $f$ . Опуская подробный расчет,  $\delta$  укажем лишь что для меди на частоте  $f = 5$  МГц  $\delta = 0,0149$  мм.) Подставляя значения  $d_1$  и  $\delta$  в (4), получим:

$$k_1 = 0,5 / (4 \times 0,0149) = 8,839$$

$$\text{Отсюда: } R_{A1}/R_1 = 0,997 \times 8,839 + 0,277 = 8,64.$$

Следовательно,  $R_{A1} = 8,64 \times R_1 = 8,64 \times 0,0544 = 0,47$  (Ом). Подставляя в (2) значения  $R_{L1}$  и  $R_{A1}$  получим:  $Q_1 = 87,3 / 0,47 = 186$

Кроме того, реальная добротность зависит не только от потерь на преодоление "омического" сопротивления, но и ряда других факторов, например, потерь на излучение, которые снижаются при уменьшении размеров (а также и добротности!) катушки. Этот эффект несколько "замедляет" падение добротности при уменьшении размеров катушки индуктивности, т.е. приведенная закономерность достаточно точна.

### **Зависимость эквивалентного сопротивления контура от ее геометрических размеров катушки индуктивности**

Эквивалентное сопротивление контура на рабочей частоте  $R_3 = R_L Q$  (5), (здесь и далее считаем, что конденсатор, входящий в состав колебательного контура, не имеет потерь; иными словами, добротность контура определяется добротностью его катушки индуктивности). Для рассмотренной выше катушки:  $R_{31} = R_{L1} Q_1 = 87,3 \times 186 = 16200$  (Ом) = 16,2 кОм. Таким образом, эквивалентное сопротивление контура, как и его добротность, изменяется пропорционально изменению геометрических размеров входящей в состав этого контура катушки индуктивности.

### **Зависимость эквивалентного сопротивления контура от количества витков и диаметра провода катушки (при неизменных D и L)**

Пусть одна катушка —  $L_1$ , данные которой приведены выше. Другая —  $L_3$ ; она отличается от  $L_1$  только тем, что имеет 10 витков ( $w_3 = 10$ ) провода диаметром  $d_3 = 1$  мм. Таким образом, ее индуктивность

$$L_3 = 0,01 \times 10^2 \times 1 / (1/1 + 0,44) = 0,694 \text{ (мкГн)}.$$

Индуктивное сопротивление катушки на частоте 5 МГц

$$R_{L3} = 2\pi f L_3 = 2 \times 3,14 \times 5 \times 10^6 \times 0,694 \times 10^{-6} = 21,8 \text{ (Ом)},$$

Точный расчет активного сопротивления (на частоте 5 МГц) опускаем виду его громоздкости. Приблизительно же его можно определить, рассуждая следующим образом. За счет уменьшения вдвое длины провода в 2 раза уменьшается активное сопротивление  $R_A$ ; за счет увеличения вдвое диаметра провода  $R_A$  уменьшается еще в 2 раза. В итоге общее уменьшение  $R_A$  — в 4 раза т.е.

$$R_{A3} = 1/4 \times R_{A1} = 0,47/4 = 0,118 \text{ (Ом)}.$$

$$\text{Соответственно, } Q_3 = 21,8 / 0,118 = 185 \approx Q_1$$

Таким образом, можно сделать вывод: добротность контура, не зависит от диаметра провода его катушки индуктивности (при  $D, l = \text{const}$ ).

Для определения  $R$ , необходимо воспользоваться электрическими измерениями, тогда  $R = \frac{P}{J^2}$ , а  $Z = \frac{U}{J}$  и  $X_L = 2\pi f L = \sqrt{Z^2 - R^2}$  (3),

где  $P$  - мощность - в Вт,  $Z$  - полное сопротивление электрической цепи - в Ом,  $J$  - ток - в А,  $f$  - частота в Гц,  $L$  - индуктивность - в Гн.

### **Выводы**

Для диагностики индуктивных элементов достаточно иметь электрические измерительные приборы: для измерения мощности - ваттметр, для измерения электрического тока - амперметр, для измерения напряжения - вольтметр, для измерения линейных размеров - штангенциркуль.

В результате измерений можно определить: активное и реактивное сопротивление, индуктивность, размеры каркаса катушки, диаметр провода, удельное сопротивление, добротность и др. параметры.

Литература:

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. М.: Высшая школа, 1973. - 752 с.

### ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДВУХМЕРНОЙ КООРДИНАТЫ ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА ИНФРОКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Кулаев Д.В.- студент гр.ЭТ-81, Бастрыкин А.М. - студент гр.ЭТ-81,

Дорожкин М.В - соискатель, Коротких В.М.– к.т.н., профессор каф. ЭиАЭП

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Применение шаговых двигателей (ШД) чрезвычайно высоко. Например: станки с числовым программным управлением (ЧПУ), печатающие устройства, графопостроители, дисководы, часовые электрические приборы и мн. др. Это связано с тем, что электромеханика ШД имеет возможность к пошаговому радиальному перемещению с приходом бинарных импульсов на вход электропривода. Создаются условия использования этих механизмов для определения например, двухмерной координаты положения.

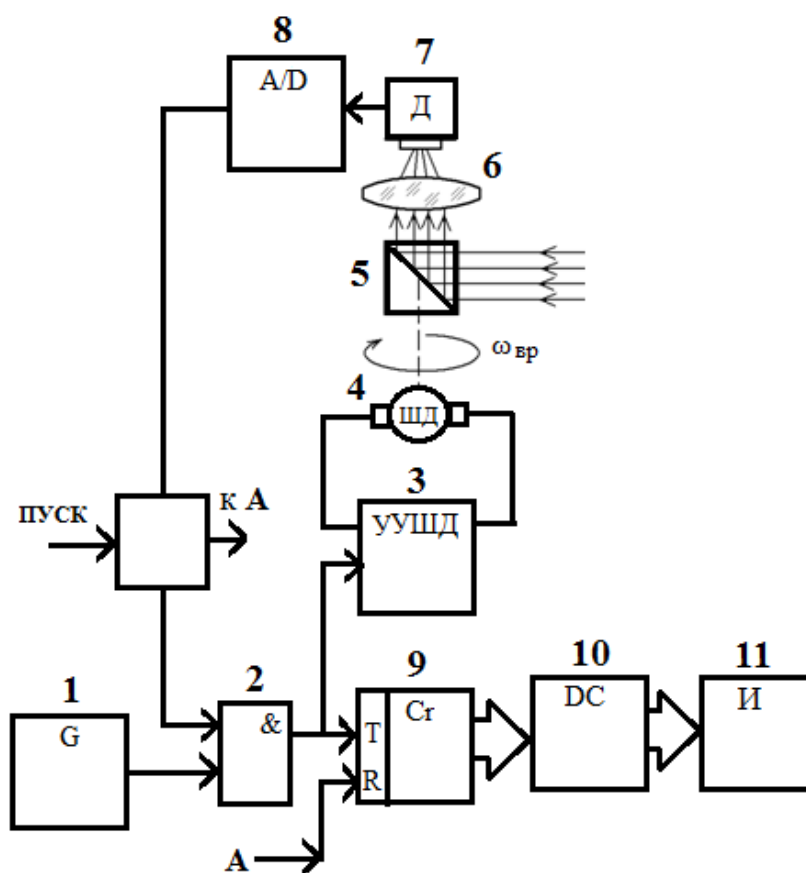


Рисунок 1. Схема сканирующего устройства

Электронная система определения двухмерной координаты положения объекта инфракрасного излучения включает два идентичных сканирующих устройства, схема одного из них изображена на рис. 1.

Последовательность импульсов с генератора 1 поступает через логический элемент 2 на устройство управления шаговым двигателем 3. Синхронно импульсы подаются на двоичный

счетчик 9, который выставляет параллельный двоичный код на дешифратор 10, работающий совместно с табличным преобразователем кода. Далее, информация отображается на семи-сегментных индикаторах 11.

Устройство управления ШД инициализирует его работу, а тот приводит во вращательное движение зеркальную призму 5, которая отражая оптическую информацию под углом 90 град. подает ее через линзу 6 на неподвижный фоточувствительный датчик инфракрасного излучения 7 (рис. 2) [1]. Аналоговый сигнал с датчика через компаратор, который является простейшим преобразователем аналого-цифровой информации, поступает через пусковое устройство на логический элемент 2. Появление логического нуля на входе элемента "И" означает запрет прохождения сигнала на счетчик. Счетчик останавливается и информация фиксируется на индикаторе в градусах.

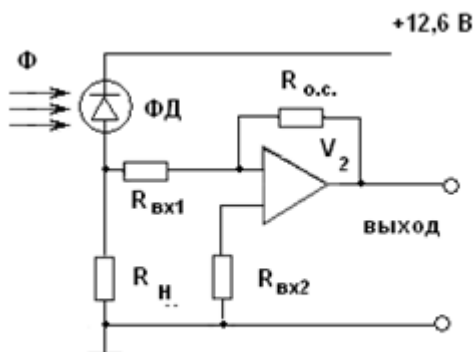


Рисунок 2. Электрическая схема фотодатчика

Зафиксированное направление вторым сканирующим устройством позволяет определить двухмерную координату положения объекта инфракрасного излучения, решив задачу с известным расстоянием между двумя точками и прилегающими, к связывающей эти точки прямой, углами.

Литература:

1. Г. Г. Ишанин. Приёмники излучения оптических и оптико-электронных приборов. - Л.: Машиностроение, 1986.- С. 57.
2. Коломбет Е.А. Применение аналоговых микросхем. М.: Радио и связь, 1990.

## СИСТЕМЫ ОБОГРЕВА НА ОСНОВЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛЕЙ

Дорош А.Б. - ассистент, Часовщиков Д.Г. - аспирант,  
Халина Т.М. - д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Одним из основных направлений инновационного развития экономики является создание энергоэффективных электротехнологий, обеспечивающих значительный экономический эффект. Исключительную значимость для повышения энергоэффективности потребления электроэнергии приобретают разработка и внедрение современных систем, обеспечивающих высокотехнологичный поверхностно-распределенный обогрев, в том числе для обогрева однофазных и трехфазных счетчиков индукционного типа в щитах раздельного учета (ЩУ) электроэнергии и оборудования телекоммуникаций.

Комплектация ЩУ электроэнергии включает выбор типа счетчика, температурного режима, трансформаторов тока и мест их установки.

Электронные и индукционные счетчики электроэнергии предназначены для разных секторов рынка. Так, например, применение электронных счетчиков актуально при больших нагрузках, в ответственных точках, где необходимо учитывать мощность и качество электроэнергии, при дистанционном компьютерном получении и обработке информации. Индукционные счетчики целесообразно использовать при небольших нагрузках на



промышленных и сельскохозяйственных объектах, в жилищно-коммунальном хозяйстве и т.д. В развитых европейских странах доля использования индукционных счетчиков составляет 35 %, в РФ – до 40%, на предприятиях агропромышленного комплекса РФ - до 70%. В этой связи разработка эффективной системы электрообогрева индукционных счетчиков, а в ряде случаев и электронных в щитах учета в холодное время года является особенно актуальной для регионов Сибири, где до 60% щитов учета устанавливаются в открытых и неотапливаемых помещениях.

Практика эксплуатации ЩУ электроэнергии выявила необходимость создания эффективной регулируемой системы электрообогрева счетчиков электроэнергии для поддержания заданной температуры в зоне расположения счетчика, включающей тип и мощность электрообогревателя, место его расположения в щите, а также необходимость автоматического регулирования температуры в требуемом диапазоне [1].

Поступательное развитие сельских территорий связано с расширением использования телекоммуникационной аппаратуры и аппаратуры спутниковой связи в труднодоступных и удаленных районах, для поддержания нормальной работоспособности которой необходима положительная температура внутри контейнера по размещению оборудования электронной связи.

Неэффективность известных способов обогрева, в том числе на основе резисторов ПЭВ и ламп накаливания, объясняется рядом причин: использованием значительной мощности для электрообогрева, неравномерностью обогрева поверхности счетчика, малой наработкой на отказ элементов нагрева [2].

В связи с этим предлагается система электрообогрева однофазных и трехфазных счетчиков индукционного типа в щитах раздельного учета электроэнергии и оборудования телекоммуникаций на базе саморегулируемых многоэлектродных наноструктурных композиционных электрообогревателей, обеспечивающая энергоэффективный и экономичный поперечно - распределенный обогрев [3].

МКЭ (рисунок 1) в технологическом режиме саморегулирования позволяет регулировать расход электроэнергии на местный обогрев в зависимости от условий теплообмена.

Применение саморегулируемых МКЭ позволяет существенно снизить расход электрической энергии на местный обогрев молодняка животных. Кроме того, поскольку процесс регулирования происходит за счет самоорганизации структуры электропроводящего слоя с изменением условий теплообмена, отпадает необходимость в дополнительных элементах автоматики и линий связи для регулирования температуры.

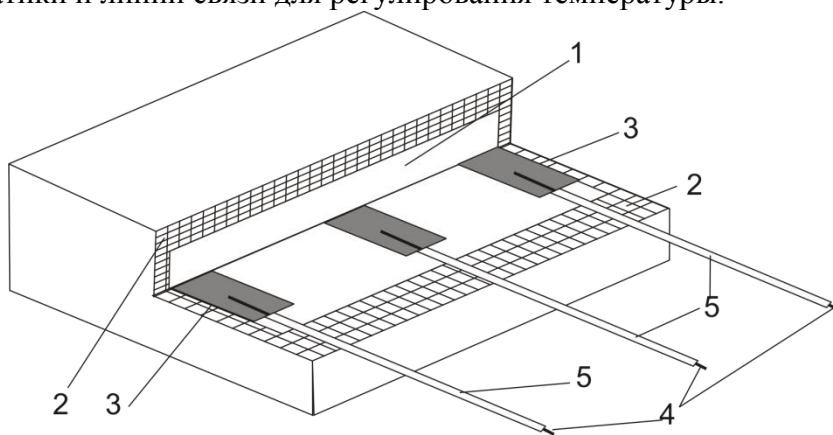


Рисунок 1. Многоэлектродный композиционный электрообогреватель.

1- тепловыделяющий электропроводящий слой, 2 - изоляционные слои, 3 - система электродов из металлической сетки (медной или латунной), 4 - гибкие токоподводы, 5- изоляционная оболочка токоподводов.

Для реализации режима саморегулирования электропроводящий слой МКЭ должен обладать отрицательным температурным коэффициентом сопротивления  $\alpha_p$ , что

соответствует уменьшению удельного объемного сопротивления электропроводящего слоя  $\rho_v$  с увеличением температуры на поверхности МКЭ.

Характер полученных зависимостей  $\rho_v=f(T)$  после выхода на рабочий режим свидетельствует об отрицательном температурном коэффициенте, присущем полимерным полупроводниковым материалам, и показывает преобладание связей проводящий наполнитель – проводящий наполнитель по отношению к связям полимер – проводящий наполнитель в резистивной фазе композиционного материала, сложившееся в результате усиления тепловой эмиссии электронов в бутилкаучуковой матрице, увеличения их подвижности и осуществления перемещения зарядов в местах разрыва токопроводящих цепочек за счет туннельного эффекта. Это обстоятельство и делает возможным работу МКЭ в энергоэффективном режиме саморегулирования.

#### Список используемой литературы

1. Дорош А.Б. Энергоэффективные системы на основе многоэлектродных композиционных электрообогревателей // А.Б. Дорош, А.В. Жуйков, Т.М. Халина / Энергосберегающие технологии: Матер. межд. мол. конф. – Томск: ТПУ, 2011. – С. 123–127.
2. Халина, Т.М. Многоэлектродные композиционные электрообогреватели энергоэффективного обогрева индукционных счетчиков // Т.М. Халина, А.Б. Дорош / Энергетические, экологические и технологические проблемы экономики (ЭЭТПЭ)// 2-я Всерос. науч.-практ. конф: Матер. докл. – Барнаул: ОАО «Алтайский дом печати», 2008.
3. Пат. № 2476033 РФ, МПК Н 05 В3/28. Способ изготовления многоэлектродного композиционного электрообогревателя / Халина Т.М., Халин М.В., Дорош А.Б. – № 201113662/07; заявл. 02. 09. 11 г.; опубл. 20.02.13 г., Бюл. № 5. – 7 с.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ УСТАНОВКИ ДЛЯ МЕДОСБОРА

Киреев В.А.- студент, Халин М.В.-д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Одной из важнейших проблем пчеловодства в современной России является недостаточное техническое обеспечение отрасли и практическое отсутствие государственных пасек. Большую часть меда производят пчеловоды-любители, труд которых не автоматизирован, а значит малопроизводителен. Полностью автоматизировать труд пчеловода невозможно, поскольку извлечение сотов из улья, довольно непростой процесс, который требует человеческого участия. Что касается извлечения меда из сот, то этот процесс можно полностью автоматизировать, используя электропривод.

По способу расположения сотов, медогонки бывают хордиальные и радиальные с различными приводами: редукторным, электрическим, гидравлическим и ременным [1].

Например, медогонка электрифицированная М4.32.РЭ рассчитана на эксплуатацию при температуре окружающей среды от +20 до +30 °С с относительной влажностью до 90% и температуре меда от +24 до +30 °С. Установка работает от сети переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 220 В.

Техническая характеристика медогонки М4.32.РЭ следующая:

- производительность медогонки при хордиальном расположении рамок (4 шт.) – 70 рамок/ч, при радиальном (32 шт.) – 130 – 160 рамок/ч;
- пределы регулирования скорости вращения рамок от 0 до 300 об/мин;
- время разгона ротора 2–3 мин;
- мощность электродвигателя 0,27 кВт.

Габаритные размеры, мм: высота 1132, ширина 800, внутренний диаметр бака 660, емкость медового кармана 35 л, масса 60 кг.



Рисунок 1. Медогонка электрифицированная М4.32.РЭ

Полнота откачивания меда из сотов характеризуется чистотой его извлечения. Последняя определяется по формуле [2]:  $B = \frac{P - P_1}{P - P_2} \cdot 100\%$ , где В - чистота извлечения меда, %; Р – масса соты с медом после распечатывания, кг; Р<sub>1</sub> – масса соты после освобождения его от меда, кг; Р<sub>2</sub> -масса соты, осушенного пчелами, кг.

Данная установка имеет только одну функцию - это откачка меда из сот. Но, поскольку задача поставлена разработать многофункциональный электропривод, необходимо рассмотреть весь процесс обработки сот, в частности: распечатку сот; набор нужного количества рамок; установку рамок в медогонку; откачку меда; извлечение рамок из медогонки.

Распечатка сот традиционно проводится с применением различных термоножей и других устройств, что значительно повреждает структуру сот, и у пчел уходит большое количество времени на восстановление этой структуры, а следовательно медосбор останавливается как минимум на два дня. Для устранения этого предлагается электропривод, который пропускает рамку через нагретый воздух и без повреждений расплавляет запечатку сот, после распечатки рамка проходит дальше по конвейеру, на котором датчик перемещения подсчитывает нужное количество рамок. Сигнал с датчика поступает на устройство, которое перемещает рамки в медогонку.

Медогонка управляется с помощью шагового электродвигателя, который при наборе рамок фиксируется в четырех положениях, а при откачки поддерживает два режима скорости. При новом наборе откаченные рамки автоматически извлекаются из медогонки.

Таким образом, неавтоматизированными остаются процессы подачи и принятия рамок для установки. Для создания предлагаемой установки для медосбора потребуются небольшие затраты, около 200 тыс. руб., которые могут окупиться за один сезон, кроме того разработанная установка позволит увеличить откачку меда по сравнению с медогонкой М4.32.РЭ примерно 2-2.5 раза.

Список литературы.

1. <http://pudmeda.com/article/Medogonki>
2. Корж, В.Н. Основы пчеловодства / В.Н. Корж – Ростов-на-Дону: Феникс, 2008. – 192с.

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛИ ДЛЯ РАБОТЫ В АГРЕССИВНЫХ И ВЛАЖНЫХ СРЕДАХ

Кокора В.А. - аспирант, Беспалов В.В. - аспирант, Халин М.В. - д.т.н. профессор  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Проблема создания энергоэффективных электрообогревателей, работающих с высокой надежностью в агрессивных и влажных средах, достаточно актуальна для объектов ЖКХ и АПК. Так, в антиобледенительных системах используется электрообогрев на основе кабелей различной конструкции (бронированные, резистивными, зональные, саморегулируемые), общими недостатками которых, являются [1,2]:

- одинаковая теплоотдача кабеля по всей длине, что приводит к тому, что на одних участках кабель перегревается, а на других выделяемого им тепла может быть недостаточно для обеспечения удовлетворительного функционирования системы;

- малая площадь теплоотдачи кабеля, что требует использования значительной мощности для успешной работы системы;

- потеря работоспособности кабеля на всей длине секции при выходе из строя нагревательной жилы или повреждении изоляции.

Для объектов сельскохозяйственного назначения в последнее время успешно используется напольный поверхностно-распределенный обогрев в совокупности с инфракрасными (ИК) облучателями, однако применяемые пластинчатые электрообогреватели (плёночные, на кабельной основе, композиционные и др.) имеют общие недостатки:

- невысокое сопротивление изоляции, не более 20 кОм;

- ограниченное применение в агрессивных и влажных средах.

Известные многоэлектродные композиционные электрообогреватели (МКЭ) пластинчатой формы неразборной конструкции на основе бутилкаучука относятся к резистивным нагревательным элементам с применением электропроводящих углеродсодержащих композиционных материалов, предназначены для локального поверхностно-распределенного обогрева и поддержания диапазона заданных температур при эксплуатации устройств, установок и предметов промышленного и сельскохозяйственного назначения [3].

Конкурентные преимущества МКЭ - способность работать в агрессивной и влажной среде, сохраняя при этом высокую степень электрической изоляции (не менее 1 ГОм).

Однако, общим недостатком МКЭ является то, что в результате нарушения условий эксплуатации и транспортировки происходит механическое повреждение изоляционного слоя и возникает вынос потенциала на поверхность изоляционного слоя, что приводит к поражению электрическим током биологического объекта.

С целью улучшения условий монтажа и эксплуатации, расширения функциональных возможностей, а именно, для работы в особоопасных и агрессивных средах с высокой надежностью и электробезопасностью независимо от механических повреждений электрообогревателя предлагается изменение конструкции.

Известный электрообогреватель МКЭ (рисунок) содержит размещенный внутри изоляционного слоя 1 электропроводящий слой 2, с которым связаны электроды, подключенные к кабелю 3. Технический результат достигается тем, что к верхней поверхности изоляционного слоя 1 привулканизирован дополнительный слой в виде электропроводящей пластины 4, выполненной из бутилкаучука с наполнением техническим углеродом. Электропроводящая пластина 4 выполнена толщиной, равной толщине электропроводящего слоя 2. Между электропроводящей пластиной 4 и изоляционным слоем 1 завулканизирован заземляющий провод 5. Электрообогреватель МКЭ работает следующим образом. В исходном положении многоэлектродный композиционный электрообогреватель устанавливают в рабочей зоне на нижнюю на плоскость изоляционного слоя 1. Привулканизированная к изоляционному слою 1 электропроводящая пластина 4 располагается на верхней плоскости

композиционного электрообогревателя и имеет непосредственный контакт с биологическим объектом. Посредством кабеля 3 к электродам подводят электрический ток. Электропроводящий слой 2 под действием электрического тока нагревается, передает теплоизоляционному слою 1 и нагревает его.

Посредством заземляющего провода 5, закрепленного на электропроводящей пластине 4, осуществляется надежное заземление многоэлектродного композиционного электрообогревателя, так как вся поверхность электропроводящей пластины 4 является заземляющим элементом. Температура нагрева поверхности изоляционного слоя 1 определяется составом компонентов электропроводящего слоя 2 при изготовлении электрообогревателя [4].

В предлагаемом многоэлектродном композиционном электрообогревателе изоляционные слои 1, электропроводящий слой 2, и электропроводящая заземляющая пластина 4 изготавливают на основе бутилкаучука БК – 1675, а в качестве электропроводящей фазы используют технический углерод марок N - 330 или N - 245.

Электрообогреватель удобен в эксплуатации, имеет широкие функциональные возможности, обеспечивает высокую надежность и электробезопасность при работе в жидких и агрессивных средах независимо от наличия механических повреждений электрообогревателя, что достигается надежным заземлением за счет дополнительного слоя в виде электропроводящей пластины. Выполнение дополнительного слоя из бутилкаучука с наполнением техническим углеродом гарантирует высокую степень электробезопасности при эксплуатации.

Электрообогреватели МКЭ предложенной конструкции в антиобледенительных системах зданий и сооружений обеспечивают следующие показатели:

- равномерность распределения и необходимые параметры температурного поля на поверхности электрообогревателя;
- условия электро-, пожаробезопасности, надежности, влаго- и химостойкости в агрессивной среде, экологической чистоты;
- теплостойкость, высокие диэлектрические показатели, теплоаккумулирующие свойства, значительную наработку на отказ.

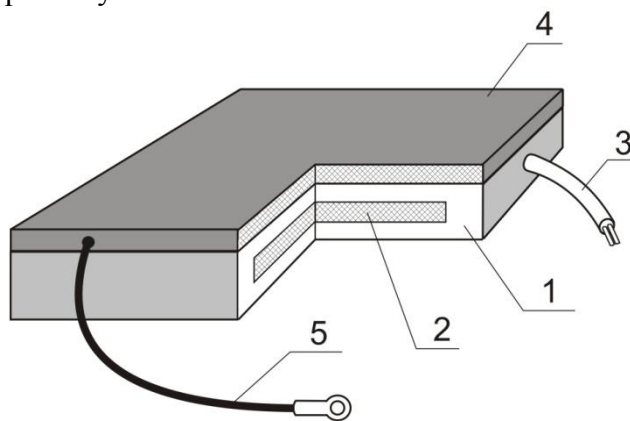


Рисунок 1. Многоэлектродный композиционный электрообогреватель

#### Список литературы

1. Халин, М.В. Энергоэффективные композиционные электрообогреватели антиобледенительных систем / М.В. Халин, Е.И. Востриков // Известия ТПУ. – 2012. – Т. 320. – № 4, – С. 52-57.
2. Пат. РФ № 2209904, кл. Е 04 Д 13/00 Устройство для удаления льда с водостоков крыш зданий и сооружений / Т.М. Халина, М.В. Халин, Г.А. Пугачев, В.А. Тарабанов, В.Ю. Марсов, М.Н. Строков, Р.Н. Белоусов, А.В. Жуйков – № 2002102526/03. Заявл. 28.01.2002; Опубл. 10.08.2003, Бюл. №22. – 7 с.
3. Пат. РФ № 2075836, кл. Н 05 В3/28. Способ изготовления гибкого композиционного электрообогревателя / М.В. Халин – № 93020034/07. Заявл. 16. 04. 93; Опубл. 20.03.97, Бюл.

№ 8. – 5 с.

4. Многоэлектродный композиционный электрообогреватель / М.В.Халин, Т.М. Халина, М.Ю. Зыбцев, В.В. Беспалов // Положительное решение о выдаче патента на полезную модель от 25.01.2013, заявка № 2011130098/07 от 19.07.2011.

## УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОДОГРЕВА ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА

Грохотов А.В. - аспирант, Халин М.В. - д.т.н. профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Проблема подогрева зерна в зерноперерабатывающей промышленности неизменно остается актуальной, так как представляет собой энергозатратный и сложный технологический процесс [1, 2]. Так, например, аппарат для подогрева зерна БПЗ обеспечивает подогрев зерна от минус 5 до 15°C при производительности 3,5 ÷ 4,0 т/ч за счет сухого насыщенного пара, расход которого составляет около 110 кг/ч. Для приготовления такого объема теплоносителя необходимо затратить тепловой энергии около 300 МДж, что эквивалентно установленной мощности аппарата ~85 кВт. При эксплуатации воздушно-водяного кондиционера расход тепловой энергии для подогрева 1 т/ч зерна составляет 55,8 кВт.

Аналогичные устройства, а также известные способы подогрева зернового материала обладают как общими, так и конкретными для каждого случая недостатками:

- низкой эффективностью процесса подогрева зернового материала, обусловленной высокими энергозатратами при больших потерях тепловой энергии, связанных с применением вторичного энергоносителя, в качестве которого используют насыщенный пар и подогретый воздух;

- отсутствием автоматического управления процессом подогрева зернового материала, обусловленным исключением возможности регулирования температуры последнего при контактировании со стенками кольцевых паропроводов или с объемом подогретого воздуха;

- повышенной трудоемкостью технического обслуживания оборудования и исключением возможности использования вышеназванных способов в фермерских хозяйствах, малых мельницах при отсутствии котельных и значительных энергозатратах при получении большого объема подогретого воздуха;

- невысоким к.п.д., составляющим 35 - 40 % .

Разработанные теоретические основы расчета многоэлектродных композиционных электрообогревателей пластинчатой (МКЭ), изготовленных на основе бутилкаучука и технического углерода, позволяют выполнить проектирование энергоэффективных способов и систем подогрева зерна [3,4], в этом случае при заданной производительности значительно снижаются энергоемкость и металлоемкость процесса подогрева зерна, сокращаются затраты на техническое обслуживание.

В связи с этим предлагается система подогрева зерна с использованием электрического аппарата подогрева зерна (ЭАПЗ), который представляет собой вертикальную двухсекционную шахту, внутри которой размещены радиаторы – металлические кожухи в виде пеналов (далее, радиаторы) с электрообогревателями МКЭ внутри [4]. В нижней части шахты находится механизм для выпуска подогретого зерна. Зерно через два отверстия в приемном патрубке поступает в верхнюю и нижнюю секции, пересеченные прямоугольными радиаторами. Проходя между радиаторами, зерно подогревается и через нижний бункер с выпускными воронками поступает на шнек. Время подогрева (пребывания в зоне нагрева) зерна при расчетной производительности определяется в зависимости от начальных свойств зерна (температура, влажность) и параметров окружающей среды. Экспериментально установлено, что температура на поверхности электрообогревателя МКЭ мощностью  $P_n = 35$  Вт составляет около 80°C, время выхода его на рабочий режим  $t = 15$  мин [4].

Сводная техническая характеристика наиболее часто применяемых устройств подогрева зерна в Российской Федерации и странах СНГ в сравнении с ЭАПЗ представлена в таблице, где: НЗШ - нагреватель зерна шахтного типа; БПЗ - блок подогрева зерна; ПЗ - подогреватель зерна. В мировой практике используются установки типа НЗШ и ПЗ (Польша, Канада, США и др.) по ценам на 20-40% дороже российских.

Таблица

/п	Техническая характеристика	Модель аппарата			
		Н ЗШ	Б ПЗ	ПЗ -3,0	Э АПЗ
	Производительность $G_{п}$ , т/ч	30 ,0	5, 0	3,0	2,2
	Установленная электрическая мощность $P$ , кВт	–	–	24, 0	18, 0
	Установленная тепловая мощность $Q$ , кВт	40 0,0	85 ,0	–	–
	Установленная мощность технологических устройств (шнеки, вентиляторы и т.п.), кВт	30 ,0	0, 6	1,1	1,0
	Температура зерна: минимальная начальная и максимальная конечная, °С	-5 ÷ +15	-5 ÷ +15	-5 ÷ +15	-5 ÷ +15
	Удельные энергозатраты, кВт·ч/т	14 ,0	21 ,0	10, 0	8,6
	Температура энергоносителя (подогретого воздуха, пара) $T_c$ , °С	40 -50	11 0	80	–
	Температура нагревательного элемента $T_n$ , °С	–	–	–	60
	Предлагаемая цена на 15.09.2012г., тыс. руб.	30 00	12 00	70 0	80 0

Электрический аппарат подогрева зерна на основе электрообогревателей МКЭ является современным энергоэффективным оборудованием, снижающим удельные энергозатраты более, чем в 2 раза по сравнению с известными аналогичными устройствами.

Разработанный ЭАПЗ позволяет обеспечить:

- измерение и регистрацию температуры зерна на входе в аппарат;
- автоматическое управление, измерение, регистрацию и регулирование температуры зерна на выходе из аппарата;
- регулирование частоты вращения привода каретки на выходе зерна из аппарата, что дает возможность изменять производительность аппарата в зависимости от свойств зерна и температуры внутри аппарата;
- установку УЗО;
- аварийное отключение электрооборудования при максимально допустимой температуре зерна на выходе из аппарата.

#### Список литературы

1. Гинзбург, А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / А.С. Гинзбург. - М.: Пищевая промышленность, 1973. – 528 с.
2. Соколов, А.Я. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна / А.Я. Соколов. - М.: Колос, 1975. – 496 с.

3. Строков, М.Н. Расчет и проектирование систем подогрева зерна на основе композиционных электрообогревателей / М.Н. Строков // Вестник КрасГАУ. – Красноярск: КрасГАУ, 2008. – № 6. – С. 276–282.

4. Пат. № 2351861 РФ, МПК F26B 17/12, F26B 23/04. Устройство для подогрева зерна / Строков М.Н., Востриков Е.И., Халина Т.М., Халин М.В. – № 2007115960/06; заявл. 26.04.2007; опубл. 10.04.2009 г., Бюл. № 10. – 5 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ СИТЕМЫ «ЧАСТОТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ-АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ»

Пимонов А.Ю. – студент, Квашнин Ю.А. – доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

Энергетическую основу промышленного и сельскохозяйственного производства составляет электрический привод, технический уровень которого определяет эффективность функционирования технологического оборудования. Развитие электрического привода идет по пути повышения экономичности и надежности за счет дельнейшего совершенствования двигателей, аппаратов, преобразователей, аналоговых и цифровых средств управления. Прогрессивным явлением в этом процессе является применение микропроцессоров и микроЭВМ, позволяющих существенно расширить функциональные возможности автоматизированного электропривода и улучшить его технические и экономические характеристики.

Электротехнические установки, машины, агрегаты, дуговые, индукционные, плазменные, электронно-лучевые печи, автоматизированный электропривод непосредственно участвуют в технологических процессах. От технического уровня, режимов работы, условий эксплуатации электрооборудования зависят производительность, качество и себестоимость продукции, т.е. все основные показатели, характеризующие эффективность работы, как отдельных цехов, так и всего предприятия в целом. В этих условиях успех производственной деятельности инженера существенно зависит от его готовности к выполнению целого ряда функций, касающихся грамотной эксплуатации электрооборудования.

Электропривод с тиристорными преобразователями является в настоящее время основным типом привода станков с ЧПУ. В них тиристорные преобразователи частоты используются не только для регулирования скорости вращения, но и для плавного пуска двигателя. Применение микропроцессорных средств управления позволяет одновременно решать ряд задач по защите двигателей, диагностике предаварийных ситуаций, удобству управления. Вывод на дисплей параметров тока, потребляемой мощности, температуры двигателя упрощает контроль режима работы.

Преобразователи частоты позволяют решать широкий спектр практических задач: осуществление плавного пуска и электрическое торможение двигателя, регулирование частоты вращения, реверсирование и т.п.

При проведении лабораторных испытаний сделаны выводы о целесообразности использования частотного преобразователя и проанализированы:

- характеристики асинхронного двигателя без частотного преобразователя и с его использованием;
- механические характеристики, характеристики пуска и торможения асинхронного двигателя.

На базе модернизированного стенда и проведенных экспериментов, вошедших в основу учебно-методического комплекса "Электрические машины переменного тока и способы регулирования частоты вращения" разработаны учебные темы:

- конструкция и работа частотного преобразователя,
- изучение механических и рабочих характеристик асинхронного двигателя,
- теоретические принципы регулирования скорости вращения асинхронного двигателя с



помощью частотного преобразователя,

- основы работы частотного преобразователя с микро-ЭВМ и программное обеспечение.

Литература:

2. Аблин И.Е. С MasterSCADA - шаг за шагом. - "Промышленные АСУ и контроллеры", №10, 2003, с.4 - 7.

3. Анашкин А.С., Кадыров Э.Д., Харазов В.Г. Техническое и программное обеспечение распределенных систем управления. Под редакцией Харазова В.Г. - Санкт-Петербург: Изд-во "Р-2", 2004. - 367 с.

4. Бажанов В.Л. Универсальный микропроцессорный регулятор с USWO алгоритмом управления. - Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика, 2000, № 1, с. 35 - 39.

5. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. М.: Высшая школа, 1973. - 752 с.

## НИЗКОЧАСТОТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ, ВЕДОМЫЙ СЕТЬЮ, ДЛЯ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Еремочкин С.Ю. – аспирант, Стальная М.И. – к.т.н., профессор,

Халина Т.М. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова (г. Барнаул)

В статье рассмотрен вопрос разработки низкочастотного преобразователя частоты для использования в электроприводе сельскохозяйственных электрифицированных машин. Описан векторно-алгоритмический алгоритм работы низкочастотного преобразователя частоты, ведомого сетью.

В настоящее время, наибольшее распространение в электроприводе сельскохозяйственных электрифицированных машин получили трехфазные асинхронные электродвигатели. Одним из недостатков трехфазных асинхронных электродвигателей является сложность регулирования скорости вращения ротора. В результате научно-исследовательских работ в этом направлении, появился новый класс приборов, получивший название частотные преобразователи, позволивший решить проблему регулирования скорости электродвигателя не механическим, а электронным способом [1].

Современный частотный преобразователь представляет собой инвертор с двойным преобразованием напряжения. Сначала сетевое напряжение 220 или 380 вольт выпрямляется входным диодным мостом, затем сглаживается и фильтруется с помощью конденсаторов. Затем из постоянного напряжения, с помощью микросхем управления и выходных мостовых ключей, формируется последовательность импульсов определенной частоты и скважности. На выходе частотного преобразователя выдаются пакеты прямоугольных импульсов, но за счет индуктивности обмоток статора асинхронного двигателя, они интегрируются и превращаются в напряжение близкое к синусоиде. Несмотря на хорошие регулировочные свойства электроприводов с частотными преобразователями, у них имеются весьма существенные недостатки [2]:

- двойное преобразование энергии в выпрямителе, для получения постоянного напряжения, и в инверторе, для получения трехфазного напряжения;
- необходимость использования низкочастотного фильтра на выходе выпрямителя;
- на низких частотах необходимо учесть уменьшение индуктивного сопротивления и увеличение нагрева электродвигателя;
- помимо обеспечения регулирования частоты необходимо предусмотреть регулирование величины напряжения, то есть использовать дополнительно на высоких частотах повышающий трансформатор;
- повышенные габариты и стоимость всей установки как за счет двойного преобразования энергии в выпрямителе и в преобразователе частоты, так и за счет дополнительного фильтра и повышающего трансформатора;

- сложность системы управления преобразователя частоты;
- большие эксплуатационные расходы ввиду сложности, как системы автоматического управления, так и ремонта.

На основании вышеизложенного и с учетом того, что электродвигатель в сельскохозяйственных машинах зачастую не работает на повышенных скоростях, возникает задача о необходимости разработки преобразователя с возможностью осуществления регулирования угловой скорости ниже номинальной, обладающего повышенными, по сравнению с известными частотными преобразователями, энергетическими характеристиками, высокой надежностью, низкой стоимостью и небольшими габаритами. На кафедре «Электротехника и автоматизированный электропривод» Алтайского государственного технического университета разработана схема, отвечающая поставленной задаче. Принципиальная схема разработанного [3] низкочастотного преобразователя частоты, ведомого сетью, представлена на рисунке 1.

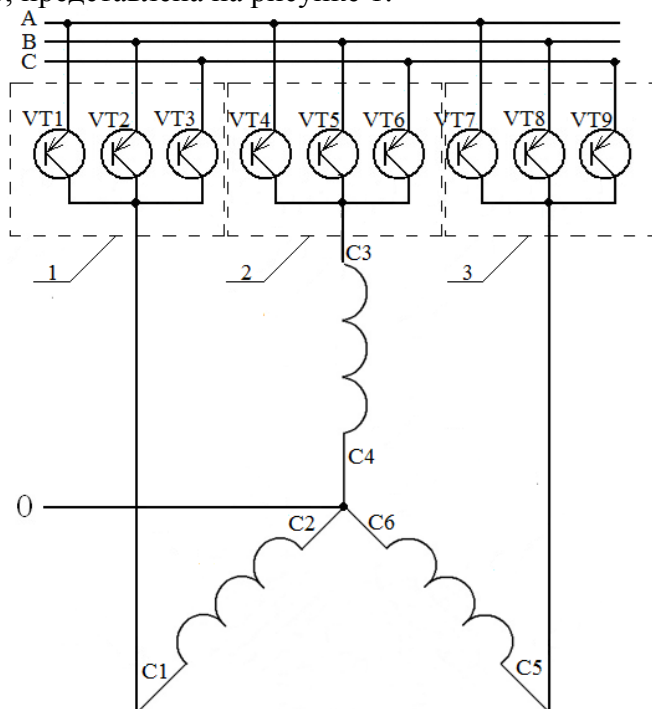


Рисунок 1. Принципиальная электрическая схема низкочастотного преобразователя частоты, ведомого сетью

Где

- А, В, С – фаза трехфазного источника электроэнергии;
- 0 – ноль;
- С1-С6 – выводы статорных обмоток трехфазного асинхронного двигателя;
- 1, 2 и 3 - первый, второй и третий полупроводниковые модули соответственно;
- VT1-VT9 – биполярные транзисторы.

В работе низкочастотного преобразователя частоты используется принцип векторно-алгоритмической коммутации статорных обмоток. Работа низкочастотного преобразователя частоты, ведомого сетью, осуществляется следующим образом. Для получения расчетной частоты регулируемого напряжения 50 Гц, в начальный момент времени  $t_0$  (рисунок 2), открывается транзистор VT1, ток пойдет по цепи начало С1, конец С2 первой обмотки электродвигателя, ноль сети. В отрицательную полуволну напряжения, момент времени  $t_1$  (рисунок 2), транзистор VT1 остается открытым, ток пойдет по цепи начало С1, конец С2 первой обмотки электродвигателя, ноль сети. В положительную полуволну напряжения, момент времени  $t_2$ , алгоритм работы первого полупроводникового модуля повторяется. В момент времени  $t_3$ , открывается транзистор VT5, ток пойдет по цепи начало С3, конец С4 второй обмотки электродвигателя, ноль сети. В отрицательную полуволну напряжения,

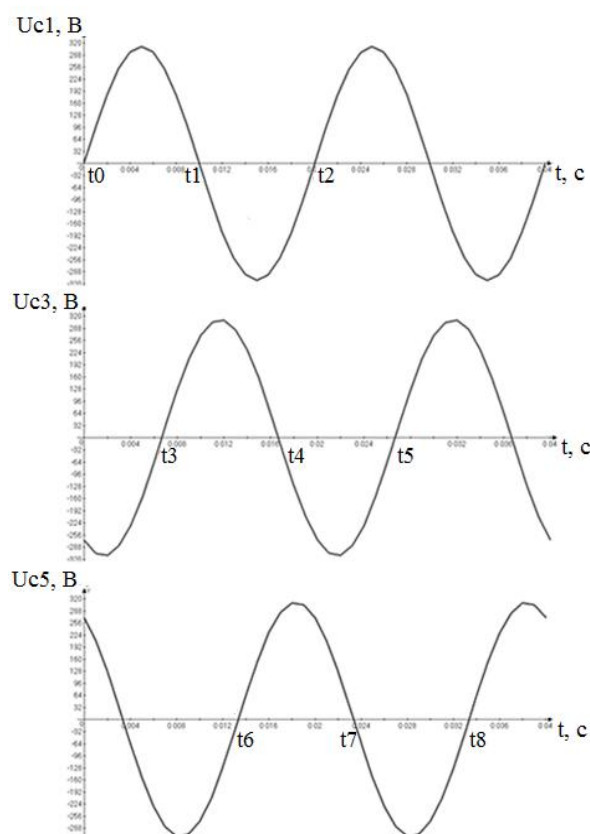


Рисунок 2. Осциллограммы напряжений в статорных обмотках электродвигателя при частоте 50 Гц

момент времени  $t_4$ , транзистор VT5 остается открытым, ток пойдет по цепи начало С3, конец С4 второй обмотки электродвигателя, ноль сети. В положительную полуволну напряжения, момент времени  $t_5$ , алгоритм работы второго полупроводникового модуля 3 повторяется. В момент времени  $t_6$ , открывается транзистор VT9, ток пойдет по цепи начало С5, конец С6 третьей обмотки электродвигателя, ноль сети. В отрицательную полуволну напряжения, момент времени  $t_7$ , транзистор VT9 остается открытым, ток пойдет по цепи начало С5, конец С6 третьей обмотки электродвигателя, ноль сети. В положительную полуволну напряжения, момент времени  $t_8$ , алгоритм работы третьего полупроводникового модуля повторяется.

Регулируя момент подачи управляющего сигнала на базу транзисторов можно осуществлять работу электродвигателя на номинальной или при повышенной частоте питающего напряжения, поступающего на двигатель, а, следовательно, и регулирование скорости двигателя.

Таким образом, низкочастотный преобразователь частоты, ведомый сетью, имеет преимущества по сравнению с известными частотными преобразователями и может быть с успехом использован в трехфазном асинхронном электроприводе сельскохозяйственных электрифицированных машин.

#### Литература:

1. Принцип работы частотного преобразователя и критерии его выбора для потребителя // Школа для электрика. 2013. URL: <http://electricalschool.info/2011/11/13/princip-raboty-chastotnogo.html> (Дата обращения: 25.03.2013).
2. Khalina T.M., Stalnaya M.I., Eremochkin S.Y. The rational use of the three phase asynchronous short circuited electric motors in a single phase network // Proceedings of the VII International Conference on Technical and Physical Problems of Power Engineering (ICTPE-2011). 2011. № 22. Code 02EPЕ10. P. 105-107.
3. Низкочастотный преобразователь частоты, ведомый сетью: пат. 2470448 Рос. Федерация. № 2011139403/07; заявл. 27.09.2011; опубл. 20.12.2012.

# ОДНОФАЗНЫЙ ЧАСТОТНЫЙ РЕГУЛЯТОР СКОРОСТИ, ВЕДОМЫЙ СЕТЬЮ, ДЛЯ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО КОРОТКОЗАМКНУТОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Афанасьев А.Л. - студент, Еремочкин С.Ю. – аспирант,

Стальная М.И. – к.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова (г. Барнаул)

В статье рассмотрен вопрос разработки преобразователя частоты для асинхронных трёхфазных двигателей, статорные обмотки которых соединены в треугольник.

Асинхронные двигатели получили в промышленности весьма широкое применение благодаря ряду существенных преимуществ по сравнению с другими типами двигателей. Асинхронный двигатель прост и надёжен в эксплуатации, так как не имеет коллектора; асинхронные двигатели дешевле и значительно легче двигателей постоянного тока.

Трёхфазные асинхронные двигатели небольшой мощности могут работать от однофазной сети. При этом двигатели могут быть использованы как однофазные с пусковым резистором или с пусковым конденсатором либо как конденсаторные с постоянно включенным рабочим конденсатором и включаемым на время пуска пусковым конденсатором. Основными недостатками данного метода питания асинхронного трёхфазного двигателя являются низкая надёжность и большие габариты вследствие необходимости использования конденсаторов.

Для устранения вышеуказанных недостатков разработан однофазный частотный регулятор скорости, ведомый сетью, (Рисунок 1).

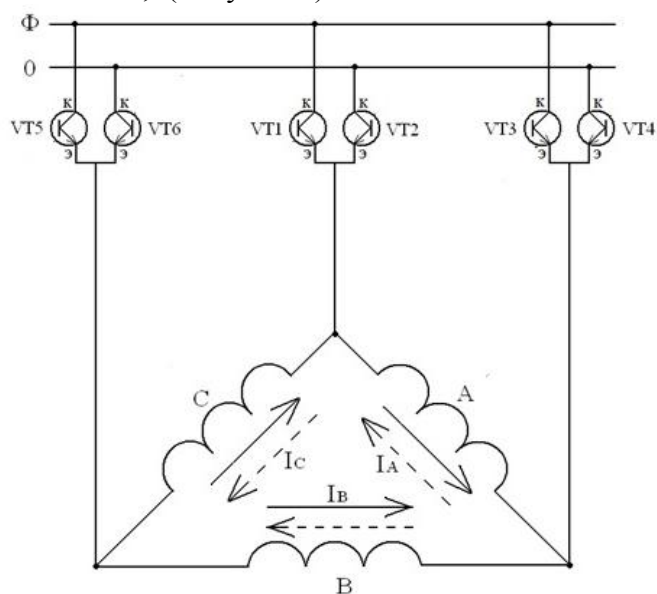


Рисунок 1. Принципиальная электрическая схема однофазно-трёхфазного транзисторного преобразователя частоты, ведомого сетью

Где

- $\Phi$  – фаза;
- 0 – ноль;
- А, В, С – статорные обмотки;
- VT1-VT6 – полевые транзисторы;

Однофазный частотный регулятор скорости, ведомый сетью, для трёхфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя снабжен тремя реверсивными полупроводниковыми коммутаторами, каждый из которых содержит два встречно соединенных транзистора, предназначенных для питания статорных обмоток двигателя при соединении статорных обмоток по схеме «треугольник».

В качестве питающей сети использована однофазная питающая сеть переменного тока для питания асинхронного трёхфазного двигателя.

С помощью однофазно-трёхфазного транзисторного преобразователя частоты, ведомого сетью, возможно осуществить векторно-алгоритмическое управление трехфазным асинхронным электродвигателем, диаграмма вращения магнитного поля статора состоит из шести фиксированных положений магнитного потока статора (Рисунок 2).

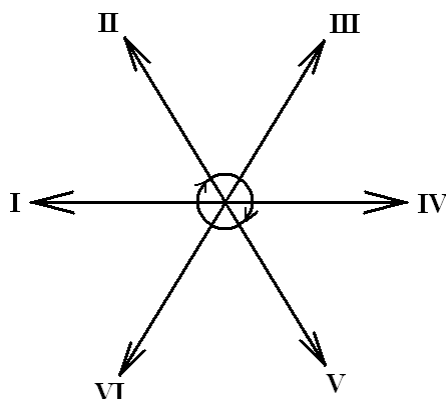


Рисунок 2. Векторная диаграмма 6 фиксированных положений магнитного потока статора

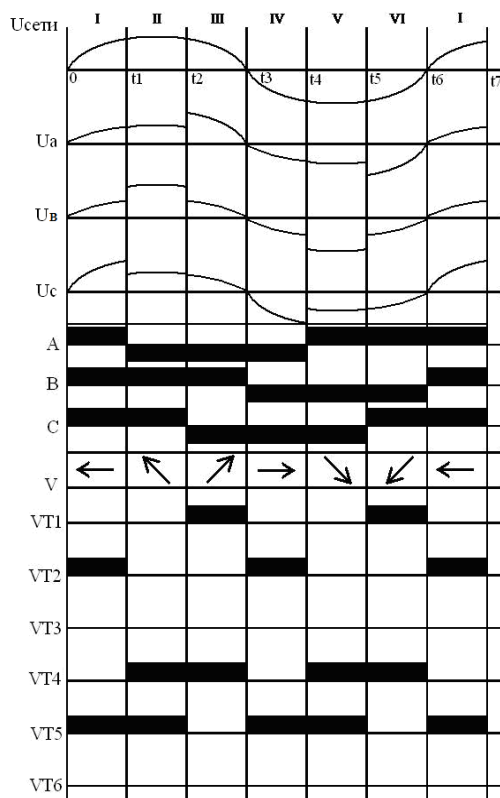


Рисунок 3. Пофазное изменение магнитного потока в обмотках статора в соответствии с векторной диаграммой, изображённой на Рисунке 2

Работа однофазного частотного регулятора скорости, ведомого сетью, для трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя осуществляется следующим образом. Для получения расчетной частоты 50 Гц, при прохождении положительной полуволны питающего напряжения  $U_{сети}$  (Рисунок 1), в начальный момент времени открываются транзисторы VT3 и транзистор VT6 (Рисунок 1), ток пойдет по трем обмоткам: обмотке С, обмотке В, обмотке А электродвигателя, примем это направление тока в обмотках за положительное. Напряжение на обмотке С (Рисунок 3) равно фазному  $U_{сети}$ , на обмотках А и В напряжение равно  $U_{сети}/2$  соответственно. Образуется первое положение вектор магнитного поля статора (Рисунок 2). В момент времени  $t_1$  закрывается транзистора VT6,

открывается транзистор VT2, остается открытым транзистор VT3 и ток пойдет по трем обмоткам: обмотке В, обмотке С, обмотке А электродвигателя. Образуется второе положение вектора магнитного поля статора. В момент времени  $t_2$  закрывается транзистор VT3, открывается транзистор VT5, транзистор VT2 остается открытым и ток пойдет по трем обмоткам: обмотке А, обмотке С, обмотке В электродвигателя. Образуется третье положение вектора магнитного поля статора. При прохождении отрицательной полуволны питающего напряжения (момент времени  $t_3$ ) закрываются транзисторы VT5 и VT2 и открываются транзисторы VT6 и VT3 и ток пойдет по трем обмоткам: обмотке С, обмотке А, обмотке В электродвигателя. Образуется четвертое положение вектора магнитного поля статора. В момент времени  $t_4$  транзистор VT6 закрывается и открывается транзистор VT2, транзистор VT3 остается открытым и ток пойдет по трем обмоткам: обмотке В, обмотке А, обмотке С электродвигателя. Образуется пятое положение вектора магнитного поля статора. В момент времени  $t_5$  закрывается транзистор VT3 и открывается транзистор VT5, транзистор VT2 остается открытым и ток пойдет по трем обмоткам: обмотке А, обмотке В, обмотке С электродвигателя. Образуется шестое положение вектора магнитного поля статора. Поле статора получается круговым, изменяющимся во времени. При прохождении следующей положительной волны (момент времени  $t_6-t_7$ ) цикл повторяется.

Таким образом, разработанный однофазный частотный регулятор скорости, ведомый сетью, для трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя, позволяет осуществлять регулирование частоты вращения электродвигателя как выше, так и ниже номинальной, обладает низкой стоимостью и хорошими энергетическими показателями.

Литература:

1. Чиликин М. Г., Сандлер А. С. Общий курс электропривода: Учебник для вузов. – 6-е изд., доп. и перераб. – М.: Энергоиздат, 1981. – 576 с., ил.
2. Кацман М. М. Справочник по электрическим машинам: Учеб. пособие для студ. образоват. учреждений сред. проф. образования/ Марк Михайлович Кацман. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 480 с.
3. Однофазно-трехфазный транзисторный преобразователь частоты, ведомый сетью: пат. 2461118 Рос. Федерация. № 2011113032/07; заявл. 05.04.2011; опубл. 10.09.2012.

## ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ КОММУТАТОР ДЛЯ ЗАПУСКА И РАБОТЫ ТРЕХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ

Еремочкин С.Ю. – аспирант, Стальная М.И. – к.т.н., профессор,

Халина Т.М. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова (г. Барнаул)

Асинхронные электродвигатели (АД) находят широкое применение в народном хозяйстве. По разным данным до 70% всей электрической энергии, преобразуемой в механическую энергию вращательного или поступательного движения, потребляется асинхронными электродвигателями [1].

Использование трехфазных асинхронных короткозамкнутых электродвигателей в однофазной сети имеет ряд преимуществ перед специализированными асинхронными однофазными двигателями [2]. Однако, включение трехфазного асинхронного электродвигателя в однофазную сеть выдвигает ряд особенных требований.

наибольшее распространение получили три способа питания трехфазного двигателя от однофазной сети:

- метод прямого включения;
- использование емкостных или индуктивно-емкостных фазосдвигающих цепей;
- запуск и работа с помощью частотного преобразователя [3].

Главный минус первых двух способов запуска и работы трехфазного двигателя от однофазной сети это низкое значение момента и развиваемой мощности электродвигателя, а

также необходимость в наборе конденсаторов различной емкости при различной величине нагрузки. Применение известных частотных преобразователей с явно выраженным звеном постоянного тока в однофазной сети для питания трехфазных асинхронных электродвигателей в ряде случаев экономически не целесообразно.

На основании вышеизложенного, при непосредственном питании от однофазной сети переменного тока, для запуска, и работы трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя целесообразно использовать однофазно-трехфазный транзисторный реверсивный коммутатор, ведомый сетью, разработанный на кафедре «Электротехника и автоматизированный электропривод» Алтайского государственного технического университета [4]. Принципиальная электрическая схема однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора, ведомого однофазной сетью, показана на рисунке 1.

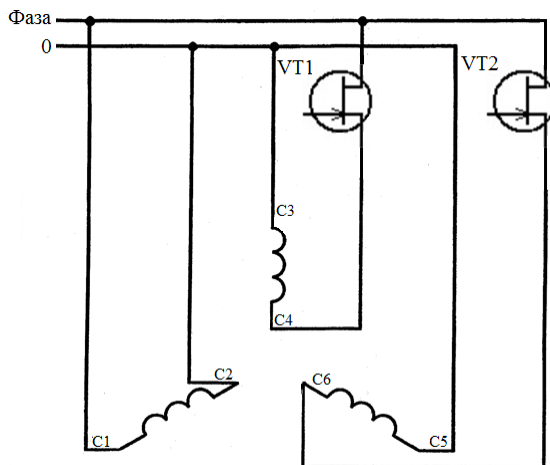


Рисунок 1. Принципиальная электрическая схема однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора, ведомого сетью

- Ф - фаза;
- 0 - ноль;
- С1-С6 - выводы статорных обмоток трехфазного асинхронного двигателя;
- VT1-VT2 – полевые транзисторы.

Векторно-алгоритмическое управление однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора, ведомого однофазной сетью, осуществляется следующим образом. В статорные обмотки трехфазного асинхронного двигателя подается однофазное переменное напряжение (рисунок 2) посредством коммутации соответствующих полупроводниковых ключей, обеспечивающих получение вращающегося магнитного поля статора (рисунок 3). Направления тока в статорных обмотках электродвигателя показаны на рисунке 4.

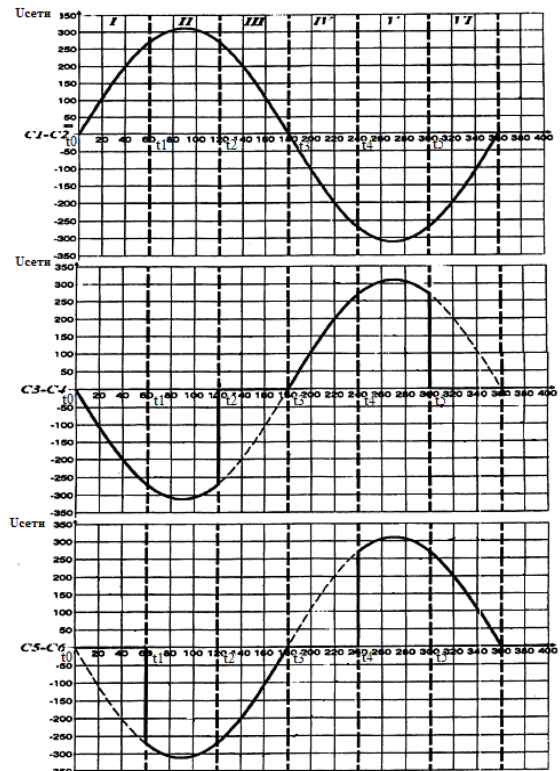


Рисунок 2. Осциллограммы напряжений статорных обмоток электродвигателя

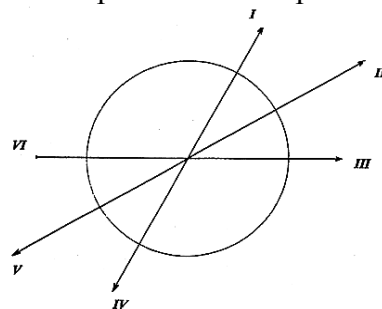


Рисунок 3. Векторная диаграмма кругового вращающегося поля статора электродвигателя

Работа однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора, ведомого сетью, происходит следующим образом. Первоначально, на затворы транзисторов подано напряжения, создающее электрическое поле для закрытия транзисторов. Векторно-алгоритмическое управление осуществляется снятием напряжения с затворов транзисторов в определенной последовательности. Для обеспечения вращения вектора магнитного потока вращающегося поля статора двигателя в соответствии с векторной диаграммой, показанной на рисунке 3, в последовательности I-II-III-IV-V-VI, необходимо осуществлять снятие напряжения с затворов транзисторов VT1 и VT2 в следующей последовательности:

- в начальный момент времени снимается напряжение с затвора VT1 - I фиксированное положение вектора магнитного потока поля статора;
- в момент времени  $t_1$  снимается напряжение с затвора VT2 - II фиксированное положение вектора магнитного потока поля статора;
- в момент времени  $t_2$  подается напряжение на затвор VT1 - III фиксированное положение вектора магнитного потока поля статора;
- в момент времени  $t_3$  подается напряжение на затвор VT2, снимается напряжение с затвора VT1 - IV фиксированное положение вектора магнитного потока поля статора;
- в момент времени  $t_4$  снимается напряжение с затвора VT2 - V фиксированное положение вектора магнитного потока поля статора;



- в момент времени  $t_5$  подается напряжение на затвор VT1 - VI фиксированное положение вектор магнитного потока поля статора.

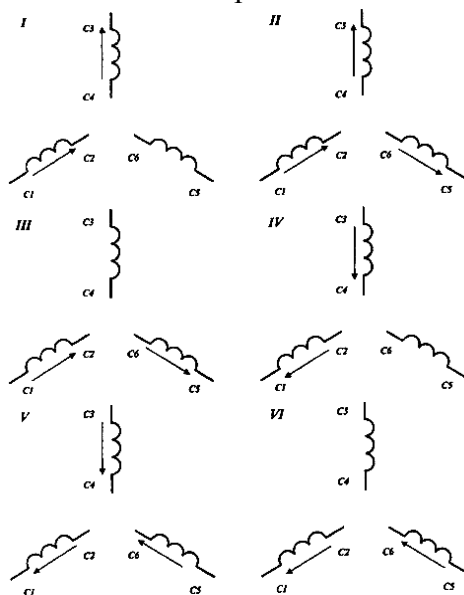


Рисунок 4. Направления тока в статорных обмотках электродвигателя

В результате произведенных расчетных исследований, при помощи векторно-алгоритмического метода [5], было установлено, что пусковой момент электродвигателя, запуск и работа которого осуществляется от однофазной сети с помощью разработанного однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора составляет 66% от пускового момента трехфазного асинхронного электродвигателя при работе на естественной механической характеристике, питающегося от трехфазной сети переменного тока. Критический момент составляет 74% от критического момента развиваемого двигателем при трехфазном включении. При номинальном моменте скорость электродвигателя меньше скорости электродвигателя при работе на естественной характеристике на 7%, что незначительно уменьшает производительность электропривода с трехфазным электродвигателем, питание которого осуществляется от однофазной сети посредством векторно-алгоритмической коммутации статорных обмоток по сравнению с питанием электродвигателя от трехфазной сети.

#### Литература

1. Алиев, И.И. Асинхронные двигатели в трехфазном и однофазном режимах [Текст]: учебное пособие / И.И. Алиев. – М.: Издательское предприятие РадиоСофт, 2004. – 128с.
2. Т.М. Khalina, M.I. Stalnaya, S.Y. Eremochkin, “The rational use of the three phase asynchronous short circuited electric motors in a single phase network”, The Seventh International Conference on Technical and Physical Problems of Power Engineering (ICTPE-2011), Number 22 Code 02EPPE10, pages 105-107, 7-9 July 2011.
3. Коломиец, А.П. Электропривод и электрооборудование [Текст]: учебное пособие для высших технических учебных заведений / А.П. Коломиец, Н.П. Кондратьева, И.Р. Владыкин, С.И. Юран – М. : КолосС, 2006.–328с.
4. Однофазно-трехфазный транзисторный реверсивный коммутатор, ведомый сетью: пат. 121976 Рос. Федерация. № 2012124138/07; заявл. 08.06.2012; опубл. 10.11.2012.
5. Халина Т.М., Стальная М.И., Еремочкин С.Ю. Векторно-алгоритмический метод расчета мощности и электромагнитного момента электродвигателя // Известия Томского политехнического университета. 2012. Том 321, №4 . С.75-79.

# ОДНОФАЗНО-ТРЕХФАЗНЫЙ ТРАНЗИСТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ, ВЕДОМЫЙ СЕТЬЮ, ДЛЯ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Перегудов П.А. - студент, Еремочкин С.Ю. – аспирант

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова (г. Барнаул)

В статье рассмотрен вопрос разработки преобразователя частоты для асинхронных трёхфазных двигателей, статорные обмотки которых соединены в звезду.

Асинхронные двигатели получили весьма широкое применение в промышленности благодаря ряду существенных преимуществ по сравнению с другими типами двигателей. Асинхронный двигатель прост и надёжен в эксплуатации, так как не имеет коллектора; асинхронные двигатели дешевле и значительно легче двигателей постоянного тока [1].

Трёхфазные асинхронные двигатели небольшой мощности могут работать от однофазной сети. При этом двигатели могут быть использованы как однофазные с пусковым резистором или с пусковым конденсатором либо как конденсаторные с постоянно включенным рабочим конденсатором и включаемым на время пуска пусковым конденсатором [2]. Основными недостатками данного метода питания асинхронного трёхфазного двигателя являются низкая надёжность и большие габариты вследствие необходимости использования конденсаторов.

Для устранения вышеуказанных недостатков разработан однофазно-трёхфазный транзисторный преобразователь частоты, ведомый сетью (Рисунок 1) [3].

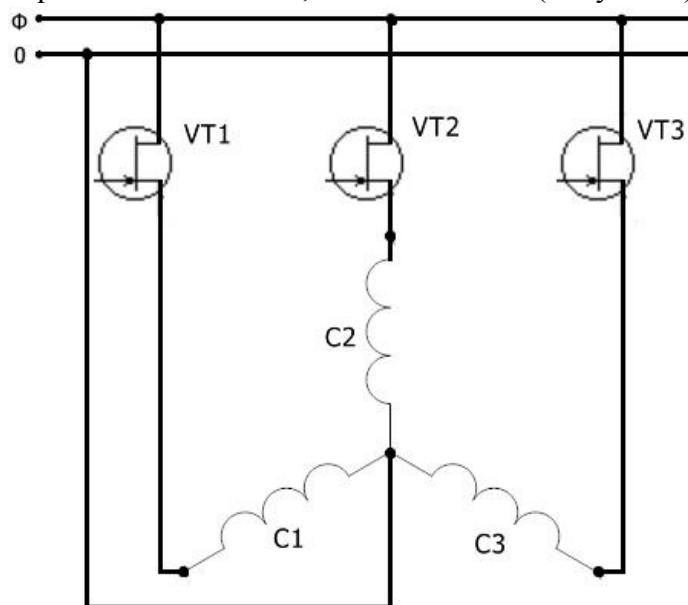


Рисунок 1.  
электрическая  
трёхфазного  
преобразователя  
сетью

где:

- $\Phi$  – фаза;
- 0 – ноль;
- C1-C3 – статорные обмотки;
- VT1-VT3 – полевые транзисторы.

Принципиальная  
схема однофазно-  
транзисторного  
частоты, ведомого

Однофазно-трёхфазный транзисторный преобразователь частоты, ведомый сетью, содержит полупроводниковые ключи на основе полевых транзисторов, пропускающих ток в обоих направлениях. В качестве полевых транзисторов, пропускающих ток в обоих направлениях, использованы полевые транзисторы. Полупроводниковые ключи подсоединены к фазе питающей сети и к статорным обмоткам асинхронного трехфазного двигателя, соединённым в звезду. В качестве питающей сети использована однофазная сеть переменного тока, нулевая точка звезды подсоединена к нулю питающей сети.

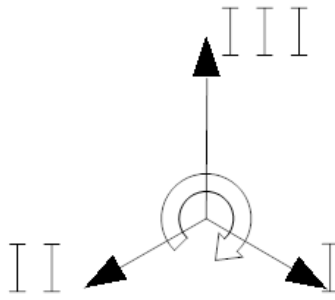


Рисунок 2. Векторная диаграмма вращения для положительной полуволны питающего напряжения, состоящего из трёх фиксированных положений магнитного потока поля статора

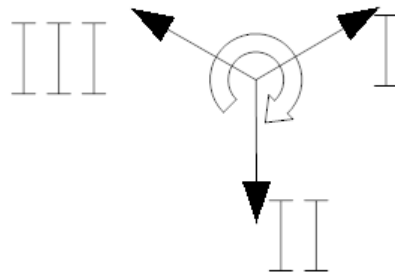


Рисунок 3. Векторная диаграмма вращения для отрицательной полуволны питающего напряжения, состоящего из трёх фиксированных положений магнитного потока поля статора

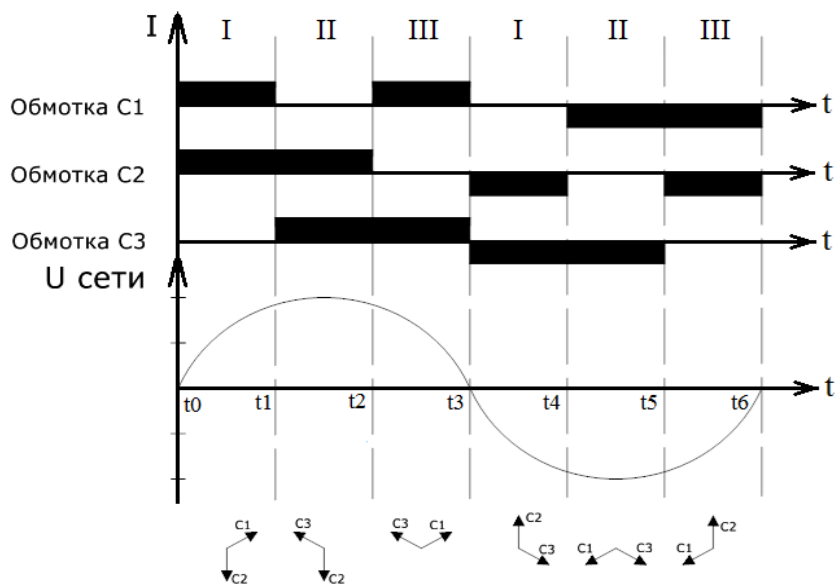


Рисунок 4. Пофазное изменение магнитного потока в обмотках статора в соответствии с векторными диаграммами, изображёнными на Рисунке 2 и Рисунке 3

Рассмотрим для примера прохождение трех положений вектора магнитного потока кругового вращающегося поля статора двигателя (Рисунок 2, 3).

Первоначально на затворы транзисторов VT1, VT2 и VT3 подано напряжения, создающее электрическое поле для закрытия транзисторов. Векторно-алгоритмическое управление осуществляется снятием напряжения с затворов транзисторов VT1, VT2 и VT3, обеспечивающих векторное управление асинхронным трехфазным электродвигателем прохождением трёх последовательных фиксированных положений вектора магнитного потока кругового вращающегося поля статора двигателя за положительную полуволну и трёх последовательных фиксированных положений вектора магнитного потока кругового вращающегося поля статора двигателя за отрицательную полуволну:

- в момент времени  $t_0$  (Рисунок 4) положительного полупериода питающего напряжения снимается напряжение с затвора транзисторов VT1 и VT2 и они начинают пропускать ток;

- в момент времени  $t_1$  положительного полупериода питающего напряжения подается напряжение на затвор транзистора VT1 и он перестает пропускать ток, снимается напряжение с затвора транзисторов VT2 и VT3 и они начинают пропускать ток;

- в момент времени  $t_2$  положительного полупериода питающего напряжения подается напряжение на затвор транзистора VT2 и он перестает пропускать ток, снимается напряжение с затвора транзисторов VT1 и VT3 и они начинают пропускать ток;

- в момент времени  $t_3$  отрицательного полупериода питающего напряжения подается напряжение на затвор транзистора VT1 и он перестает пропускать ток, снимается напряжение с затвора транзисторов VT2 и VT3 и они начинают пропускать ток;

- в момент времени  $t_4$  отрицательного полупериода питающего напряжения подается напряжение на затвор транзистора VT2 и он перестает пропускать ток, снимается напряжение с затвора транзисторов VT1 и VT3 и они начинают пропускать ток;

- в момент времени  $t_5$  отрицательного полупериода питающего напряжения подается напряжение на затвор транзистора VT3 и он перестает пропускать ток, снимается напряжение с затвора транзисторов VT1 и VT2 и они начинают пропускать ток.

Здесь предлагаемый преобразователь позволяет при данном алгоритме питать двигатель напряжением с частотой  $2f_{\text{СЕТИ}}$  и является высокочастотным преобразователем частоты. Аналогичным образом возможно получение пониженных частот вращения электродвигателя.

Таким образом, предлагаемая полезная модель имеет преимущества по сравнению с известными преобразователями частоты из-за более высокой надежности и упрощенной системы управления.

#### Литература:

1. Чиликин М. Г., Сандлер А. С. Общий курс электропривода: Учебник для вузов. – 6-е изд., доп. и перераб. – М.: Энергоиздат, 1981. – 576 с., ил.

2. Кацман М. М. Справочник по электрическим машинам: Учеб. пособие для студ. образоват. учреждений сред. проф. образования/ Марк Михайлович Кацман. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 480 с.

3. Однофазно-трехфазный транзисторный преобразователь частоты, ведомый сетью: пат. 121406 Рос. Федерация. № 2012118444/07; заявл. 03.05.2012; опубл. 20.10.2012.

## ИННОВАЦИОННЫЙ ИНФОРМАЦИОННО-ЭНТРОПИЙНЫЙ МЕТОД ШКАЛИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЕДИНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА

М. И. Стальная. – к.т.н., профессор, А. В. Ведманкин. - аспирант

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Для объективной оценки уровня выполненной работы учащегося, принимавшего участие в едином государственном экзамене (ЕГЭ), по сравнению с другими участниками экзамена, применяется специальная методика шкалирования результатов ЕГЭ.

Она разработана ведущими отечественными специалистами [1] в области педагогических измерений на основе признанных международных тестологических моделей. За весь период проведения ЕГЭ укрепились его роль как системообразующего института оценки качества общего образования в РФ, что обусловило необходимость модернизации методики и процедуры определения тестовых баллов ЕГЭ (шкалирования), в первую очередь, для повышения прозрачности и достоверности результатов шкалирования.

Как известно, при проведении ЕГЭ в экзамене участвует множество выпускников из разных образовательных учреждений. Ежегодно, как показывает опыт, учащиеся имеют различный уровень подготовки, выполняя многообразные варианты контрольно-измерительных материалов (КИМ). В связи с этим встает вопрос, об объективном способе шкалирования результатов учащихся. Обычно каждое выполненное задание из общего количества возможных ЕГЭ оценивается числом баллов от 1 до 20 [1]. Сумма этих баллов составляет первичный балл всей экзаменационной работы. После того как закончился экзамен устанавливается соответствие между первичными и тестовыми баллами. Шкала перевода первичных баллов в тестовые строится с помощью специальной методики с учетом свойств контрольно-измерительных материалов по предметам [2].

В настоящее время наибольший интерес в этой сфере представляют работы Раша, Бирбаума и т. п. [3]. Однако данные работы требуют внедискурсионного интуитивного подхода и основаны на удачном интеллектуальном предположении закрепления точек отсчета, поэтому они не являются математически обоснованными, что ведет к появлению субъективизма.

Авторы статьи разработали новый метод шкалирования результатов, цель которого – учесть распределение в выборке, объем выборки и рационально выбранные границы между критериальными оценками. При разработке данного метода была использована теория информации Шеннона, а также теория вероятностей. В разработанном методе для универсальности предлагается количество всех испытуемых оценивать не в абсолютных числах, а в процентах, что позволит мобильно оперировать как с большим (до нескольких тысяч), так и с малым числом испытуемых (150-200 человек), оценивая их общее количество в 100 %. Так же предлагается сырые (первичные) баллы рассчитывать в процентах (для нормирования и проведения сопоставительного анализа, так как максимальное количество общих баллов за тест может составлять 17, 35, 86 и т. д. баллов), оценивая полную их совокупность как 100 %.

После того как проделана операция процентирования, приступают к условному разбиению критериальной шкалы первичных результатов (рисунок 1)

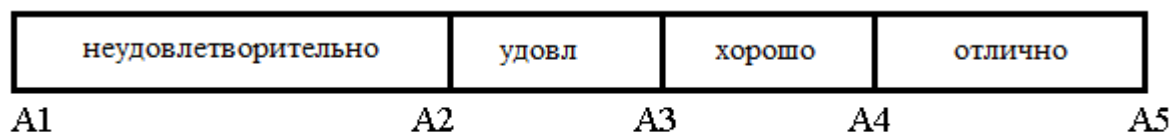


Рисунок 1. Шкала первичных баллов

Из рисунка 1 видно, что шкала разбита на 4 участка, с границами A1, A2, A3, A4, A5. Нетрудно заметить, что границы A1; A5, являются крайними, предельными границами и равны, соответственно 0% и максимальному количеству первичных баллов – 100%. Граница A3, является математическим ожиданием « $M[X]$ » распределения результатов первичного балла, которое определяется по формуле:

$$M[X] = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{x_i \cdot n_i}{n}, \quad (1)$$

где  $X_i$  – количество правильных ответов у каждого учащегося;

$n_i$  – количество учащихся, имеющих данное количество правильных ответов;

$n$  – общее количество испытуемых.

Для определения границ  $A_2$ ;  $A_4$  необходимо воспользоваться формулой, которая выведена на основе теории информации и понятия энтропии [4], и выглядит следующим образом

$$\Delta = \frac{d \cdot n}{2 \cdot n_1^n \cdot n_2^n \cdot n_3^n \cdot \dots \cdot n_i^n \cdot n_m^n}, \quad (2)$$

где  $\Delta$  – информационно энтропийный интервал (ИЭИ), определяющийся как сжатая количественная характеристика вероятностного распределения измеряемого первичного балла; в котором находятся наиболее часто встречающиеся оценки.

$d(\text{const})$  – ширина интервала, в котором находятся  $n_i$  число человек, набравших примерно одинаковое число правильных ответов.

$m$  – число интервалов

Чтобы получить границы  $A_2$ ;  $A_4$ , величина  $\frac{\Delta}{2}$  откладывается симметрично в обе стороны от математического ожидания « $M[X]$ » распределения результатов тестирования. Тогда все учащиеся, которые со своим результатом находятся на участке  $A_1$ ;  $A_2$ , получат неудовлетворительные оценки, а участок  $A_2$ ;  $A_3$  включает в себе удовлетворительные оценки. Соответственно, хорошие и отличные оценки будут у тех учащихся, у которых результат тестирования расположен на участках  $A_3$ ;  $A_4$  и  $A_4$ ;  $A_5$  соответственно.

Для наглядного представления работы данного метода приведена реальная кривая распределения результатов экзаменов [5] по предмету «математика» (рисунок 2).

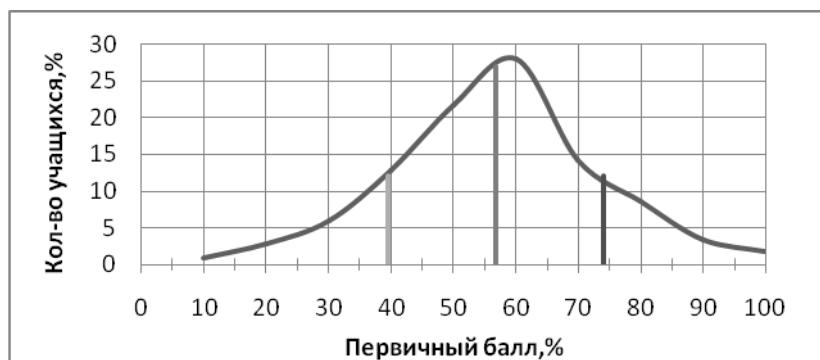


Рисунок 2. Результаты ЕГЭ. Математика (2009г)

В тестовых испытаниях по ЕГЭ (рисунок 2), приняло участие 27061 человек [5] из Республики Башкортостан. Кривая распределения результатов приближается к нормальному закону, математическое ожидание находится в районе 56,76% первичных баллов, ИЭИ определенный по формуле (2), составляет 34,58%. Тогда с учетом ИЭИ неудовлетворительные оценки принадлежат отрезку шкалы первичных баллов от 0% до 39,47%, удовлетворительные от 39,47% до 56,76%, участок шкалы с оценками «хорошо» находится в пределах от 56,76% до 74,50% отличные результаты начинаются от 74,50% первичных баллов. Данное распределение свидетельствует о достаточно хорошей подготовке студентов, так как положительных результатов гораздо больше, чем неудовлетворительных.

Так как сегодня результаты ЕГЭ фактически полностью проверяются при помощи компьютерных технологий, то для простоты использования ИИЭМ разработано прикладное программное обеспечение в среде Майкрософт. При этом для выставления тестового балла

необходимо в прикладное программное обеспечение, разработанное авторами: внести результаты проверки (Ф.И.О. и первичный балл); указать максимально возможное количество тестовых баллов и нажать мышкой кнопку «ВЫЧИСЛИТЬ». На экране пользователя появятся переведенные тестовые баллы. Данное прикладное обеспечение значительно увеличивает быстродействие выставления тестового балла.

Таким образом, применение метода ИИЭМ для ЕГЭ имеет следующие положительные моменты:

- ✓ учитывает различные типы распределения оценок в выборке;
- ✓ высокая степень стандартизации;
- ✓ повышенная устойчивость к фальсификациям;
- ✓ высокая скорость обработки результатов;
- ✓ единство требований ко всем учащимся;
- ✓ исключение субъективизма при оценке результатов.

Список литературы:

1. Переверзев В. Ю. Критериально-ориентированные педагогические тесты для итоговой аттестации студентов. – М.: НМЦ СПО Минобразования РФ, 1999. – 152 с.
2. Чельшкова М. Б. Теория и практика конструирования педагогических тестов: учеб. пособие. – М.: Логос, 2002. – 432 с.
3. Нейман Ю.М., Хлебников В. А. Введение в теорию моделирования и параметризации педагогических тестов. – М.: Логос, 2000. – 232 с.
4. Смолянский М. Л. О некоторых вопросах современной математики и кибернетики – М: Просвещение, 1987.-531с.
5. <http://www.rcoirb.narod.ru>