

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ РЕДУКТОР, ВЕДОМЫЙ ОДНОФАЗНОЙ СЕТЬЮ, ДЛЯ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Козак И. С. – студент, Еремочкин С. Ю. – к.т.н., доцент

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

В данной статье рассмотрен принцип работы полупроводникового редуктора, ведомого однофазной сетью, для запуска трехфазного асинхронного двигателя от однофазной сети.

Как известно, трехфазные асинхронные короткозамкнутые двигатели считают одними из самых распространенных электрических машин, надежно выполняющих свои функции в течение многих лет, не требуя большого технического обслуживания. Выпускается широкая гамма различных электродвигателей, предназначенных для применения в промышленных и бытовых электроустановках [1].

Данные электродвигатели находят широкое применение в самых разных отраслях промышленности, таких как пищевая, химическая, металлургическая, деревоперерабатывающая, различные очистные сооружения и добывающие предприятия. Электродвигатели используются для привода машин, работающих с постоянной, а также с переменной частотой вращения, например, подъемное оборудование (пассажирские и грузовые лифты), транспортное оборудование (конвейеры), системы вентиляции и кондиционирования воздуха, а также насосы и компрессоры [2].

В ряде случаев у отдельных потребителей отсутствует трехфазный источник электроэнергии. В связи с этим, в случае использования трехфазных короткозамкнутых двигателей, актуальной становится задача выбора наиболее рациональной схемы запуска и работы асинхронного электродвигателя от однофазной сети [3].

В настоящее время наибольшее распространение получили следующие способы питания трехфазного двигателя от однофазной сети:

1. с использованием частотного преобразователя;
2. с использованием активного пускового сопротивления;
3. с помощью емкостных и индуктивно – емкостных фазосдвигающих цепей.

Второй и третий способ имеет ряд недостатков:

- 1) полезная мощность, развиваемая при этом электродвигателем, составляет 30 - 40% его мощности в трехфазном режиме;
- 2) низкая надежность и повышенная стоимость ввиду наличия в схеме конденсаторов;
- 3) большие габариты ввиду необходимости использования в схеме бумажных конденсаторов.

При использовании асинхронного электродвигателя возникает необходимость регулировать его скорость вращения. В связи с этим актуальной является задача выбора наиболее рационального способа регулирования скорости вращения асинхронного электродвигателя.

В настоящее время наиболее распространенными способами регулирования скорости вращения асинхронных короткозамкнутых электродвигателей от однофазной сети являются:

- регулирование скорости двигателя с помощью изменения напряжения питания;
- регулирование скорости асинхронного электродвигателя изменением числа пар полюсов;
- регулирование скорости с помощью изменения частоты питания.

Регулирование скорости двигателя с помощью изменения напряжения питания имеет следующие недостатки:

- большие электрические потери в роторе двигателя;
- низкий КПД двигателя.

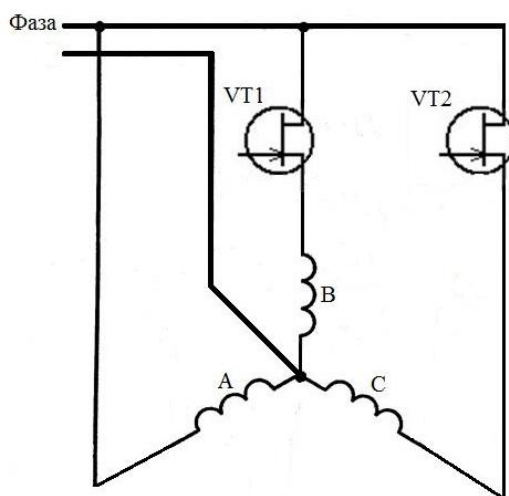
Регулирование скорости асинхронного электродвигателя изменением числа пар полюсов не целесообразно, из-за следующих недостатков:

- двигатели имеют относительно большие габариты и массу по сравнению с двигателями нормального исполнения;
- регулирование частоты вращения ступенчатое.

Регулирование с помощью изменения частоты, является наиболее приемлемым вариантом для асинхронных двигателей, так как при нем обеспечивается регулирование скорости в широком диапазоне, без значительных потерь и снижения перегрузочных способностей двигателя.

В связи с серьезностью недостатков известных способов возникает задача разработки более простого, стабильного и удешевленного устройства регулирования асинхронного короткозамкнутого электродвигателя, питающегося от однофазной сети, без значимых потерь и снижения перегрузочных способностей электродвигателя.

Была разработана следующая принципиальная электрическая схема полупроводникового редуктора трехфазного асинхронного двигателя, ведомого однофазной сетью [4-7].



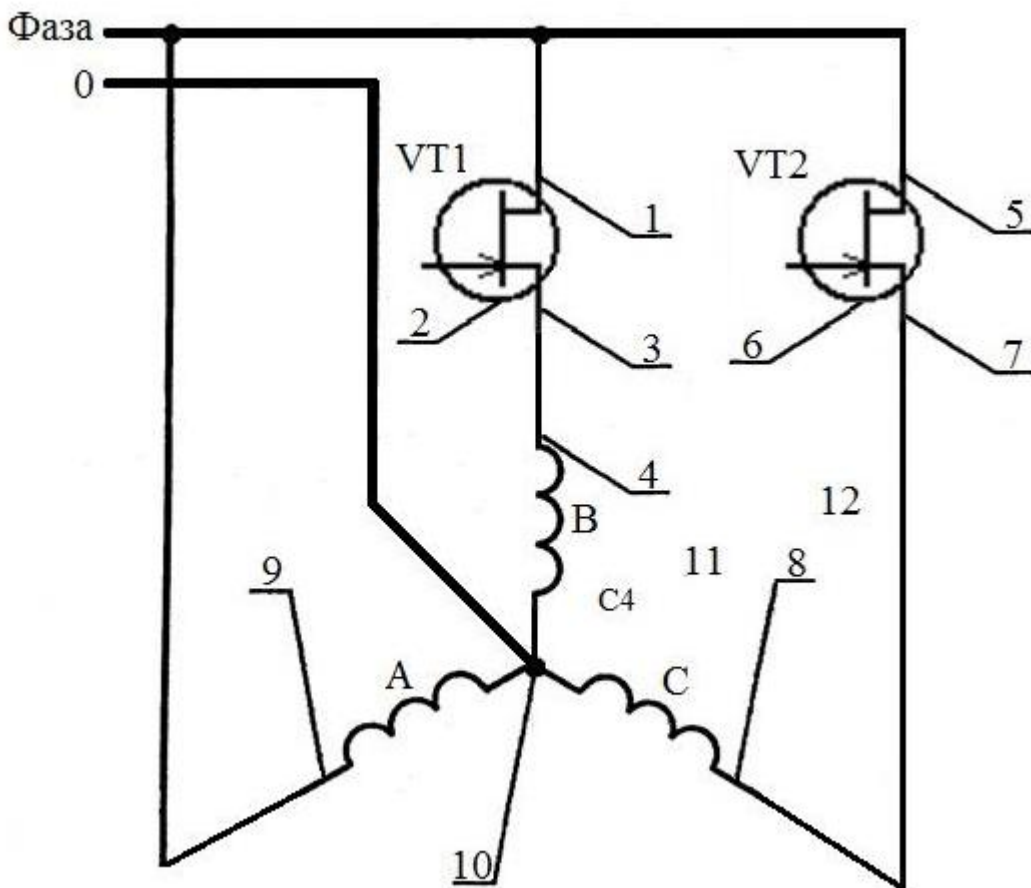


Рисунок 1 - Принципиальная электрическая схема полупроводникового редуктора трехфазного асинхронного двигателя, ведомого однофазной сетью

Предлагаемый полупроводниковый редуктор относится к нерегулируемым преобразователям частоты, ведомым однофазной сетью переменного тока. Данное устройство может быть с успехом использовано в электроприводе переменного тока для питания асинхронных трехфазных двигателей, статорные обмотки которых соединены по схеме «звезда с выводом нулевой точки».

Таким образом, на основании изложенного можно сделать вывод о том, что рассмотренный коммутатор обладает рядом преимуществ, вследствие упрощенной силовой части устройства и возможности обеспечения повышенного момента и мощности развиваемой двигателем [8].

Список использованных источников:

1. Назаров, Г. И. Основы электропривода и применение электрической энергии / Г. И. Назаров, Н. П. Олейник, А. П. Фоменков, И. М. Юровский. – М.: Изд-во «Колос», 1965. – 392 с.
2. Соколовский, Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием / Г. Г. Соколовский. – М.: Академия, 2006. – 272 с.
3. Халина Т. М., Стальная М. И., Еремочкин С. Ю. // НАН Азербайджана, Баку: Изд-во: ЭЛМ. – Проблемы энергетики. – 2012. – № 1. – С. 37-44.
4. Стальная М.И., Еремочкин С.Ю., Титова А.А., Королёв Д.А. Полупроводниковый редуктор, ведомый однофазной сетью переменного тока: пат. 163695 Рос. Федерация. № 2015154188/07; заявл. 16.12.2015; опубл. 10.08.2016, бюл. №22.
5. Халина Т.М., Тищенко А.И., Еремочкин С.Ю., Пивкина Т.Н. Обоснование необходимости разработки нового метода управления трехфазным асинхронным электродвигателем при питании от однофазной сети // Ползуновский вестник. 2014. №4. С. 230-234.

6. Еремочкин С.Ю. Однофазно-трехфазный электропривод для сельскохозяйственных электрифицированных машин // Аграрный вестник Урала. 2012. №7 (99). С. 49-52.
7. Халина Т. М., Стальная М. И., Еремочкин С. Ю. Система управления однофазно-трехфазным транзисторным реверсивным коммутатором, ведомым однофазной сетью // Известия горского государственного аграрного университета. 2012. Т. 49, №3 С. 300-304.
8. Еремочкин С.Ю. Исследование и расчет механической характеристики трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя, запуск и работа которого осуществляется от однофазной сети посредством векторно-алгоритмической коммутации статорных обмоток // Ползуновский вестник. 2013. №4-2. С. 72-77.

ИНФОРМАЦИОННО-ЭНТРОПИЙНЫЙ МЕТОД ВЫБОРА КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ОБОГРЕВАТЕЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Сухинин С. Е., Самчук Д. А. – студенты группы Э-44,

Халина Т. М. – д. т. н., профессор, Ведманкин А. В. – ассистент

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

На сегодняшний день в связи с появлением широкого класса электропроводящих композиционных материалов (КМ), обладающих большими функциональными возможностями, и созданием на их основе электронагревателей поверхностно-распределенного типа, исключающего главные недостатки традиционных способов нагрева, в виде непосредственного контакта электрического тока с обрабатываемой средой, в сельскохозяйственном производстве наметилась тенденция замены традиционных способов электрообогрева на поверхностно-распределенные с использованием устройств и установок электрообогрева с применением резистивных композиционных материалов (КМ) [1,2].

Главным условием работы композиционного материала в низкотемпературном обогревателе - является наличие качественного электропроводящего слоя[3]. Как правило, для низкотемпературных обогревателей используется композиционный полимер на основе бутилкаучука с различным содержанием технического углерода (ТУ). Распределение частиц в структуре электропроводной резины бывает вероятностно произвольным, поэтому изучение этого распределения возможно на основе исследования статистических данных с применением теории вероятности.

Для получения статистических данных о структуре электропроводной производственной резины необходимо решение ряда задач: определения средних размеров частиц ТУ и других ингредиентов, диспергированных в каучуковую композицию, их морфологии; однородности распределения в объеме матрицы, которые позволили бы выбрать рецептуру КМ и технологический регламент производства, наиболее отвечающие формированию регулярной структуры наполнителей в матрице бутилкаучука. Так как морфология частиц ТУ и их агломератов важна для понимания особенностей формирования структурно-ориентированной модели КМ, то особое внимание уделяется описанию частиц ТУ и их подразделению по масштабным уровням. Для исследования морфологии частиц используются хорошо апробированные методы: оптической микроскопии, сканирующей и просвечивающей дифракционной электронной микроскопии, фотография, полученная при помощи электронного микроскопа приведена на рисунке 1 [3].

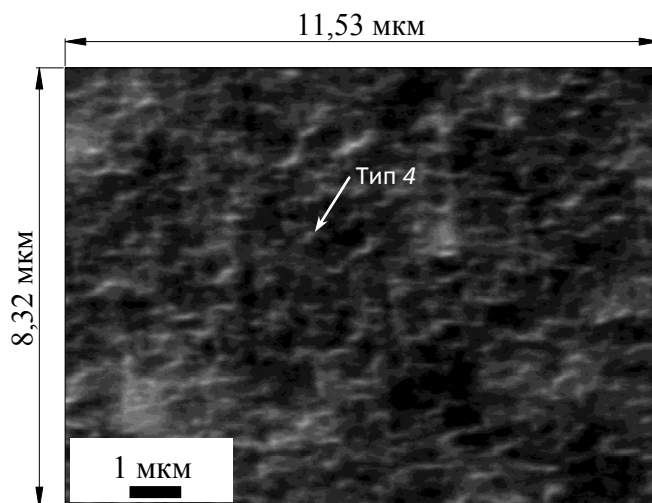


Рисунок 1- Микрофотографии вулканизатора на основе БК-1675 с содержанием 52,5 массовых долей ТУ П-324 на 100 массовых долей полимера увеличение 20000 крат

Изучение проводилось на металлографическом микроскопе МИМ-10. Идентификация частиц ТУ, присутствующих в КМ, выполнялась по характерному металлическому или перламутровому блеску, хорошо видимому на поверхности образца при визуальном наблюдении в режиме светлого поля при прямом и косом освещении образца.

При исследовании структуры поверхности при кратности увеличения в 2000 крат наблюдается большая плотность мелких частицы ТУ, размером 38- 42 нм. Эти частицы при объемной доле 15-35% в композиционном материале образуют агломераты («тип 4»), которые в свою очередь образуют развитую пространственную сетчатую структуру, распределенную в матрице бутилкаучука. Расстояния между этими частица являются ключевым фактором электропроводности данного композиционного материала. Если частицы находятся примерно на одинаковом расстоянии друга от друга, то композиционный материал в праве считать однородным. Для определения однородности материала авторами статьи был разработан информационно-энтропийный метод[4], который основан на теории вероятности и понятия энтропии. **Суть, которого заключается в определении допустимой величины отклонения вероятностных результатов от математического ожидания.**

На рисунке 1 представлено наиболее характерное распределение частиц углерода в зависимости от расстояния между ними, где по оси абсцисс представлено расстоянии между частицами углерода, а по оси ординат количество частиц с расстоянием близких относительно кдруг другу. Представленный график является двумодальным, со смещенным максимумом влево, что говорит о преобладании наименьших расстояний между частицами.

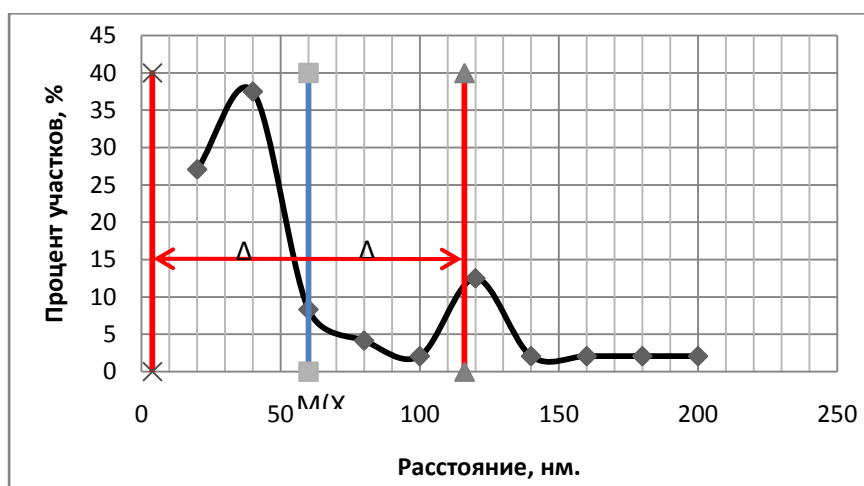


Рисунок 2 - Распределение расстояний между частица ТУ (тип 4)

Из рисунка 2 видно, что распределение находится в пределах 27нм,- 200нм. Математическое ожидание $M(X)$ располагается в районе 60 нм. Для определения интервала наиболее часто встречающихся расстояний между частиц ТУ, необходимо определить информационно-энтропийный интервал, который на основе понятия энтропии [5] рассчитывается по формуле 1:

$$\Delta = \frac{1}{2} e^{H(\Delta)} = \frac{d \cdot n}{2 \cdot n_1^n \cdot n_2^n \cdot n_3^n \cdot \dots \cdot n_i^n \cdot n_m^n}$$

где: d (const) – ширина интервала одинаковых расстояний между частицами,

$H(\Delta)$ – энтропия случайной величины,

n – общее число исследуемых участков,

n_i – количество участков с одинаковыми расстояниями между частицами.

Для данного распределения расстояний между частицами технического

углерода информационно-энтропийный интервал равен 56 нм, величина отклонения результатов в обе стороны от математического ожидания составляет 112 нм, что говорит о том, что наиболее часто встречающиеся расстояния между частицами будут находиться в диапазоне от 4 нм.до 116 нм. В рассчитанный интервал входит более 85% всех расстояний между частицами технического углерода, что свидетельствует о том, что в композите будет выстроена достаточно упорядоченная структура из частиц технического углерода, и это означает, что композиционный материал однороден по признаку расстояний между ними.

Таким образом, совокупность полученных экспериментальных данных по изучению макро- и микроструктуры КМ на основе бутилкаучука информационно-энтропийным методом позволила оценить степень однородности (гомогенности) системы.

Список использованных источников:

1. Корнев А.Е., Овсянников Н.Я. Электропроводящие резины со стабильными электрическими характеристиками. - Санкт-Петербург: Химиз- дат. - 2001, с. 21-28.
2. Герасимович Л.С. Энергосберегающие сельскохозяйственные процессы и установки. - Минск: Ураджай, 1991. - С. 8-58.
3. Халина Т.М. Многоэлектродные системы низкотемпературных композиционных электрообогревателей для агропромышленного комплекса: диссертация ... доктора технических наук : 05.20.02 / Т. М. Халина. - Барнаул, 2005. - 445 с.
4. Новицкий П. С. Основы информационной теории измерительных устройств / П. В. Новицкий. - М.: Наука, 1975.
5. Габидулин, Э. М. Лекции по теории информации / Э. М. Габидулин, Н. И. Пилипчук. -М.: МФТИ, 2007.-214 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОДНОРОДНОСТИ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ БУТИЛКАУЧАКА ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛЕЙ ПО МОРФОЛОГИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА

Сухинин С. Е., Вольф О. В. – студенты группы Э-44,
Халина Т. М. – д. т. н., профессор, Деяев К. Е. – ассистент,
Ведманкин А. В. – ассистент

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

Композиционные электрообогреватели представляют собой систему, преобразующую электрическую энергию в тепловую, обеспечивая заданную температуру на поверхности и соответствующие электротеплофизические и физико-механические характеристики.

В наиболее общем виде данные электрообогреватели содержат резистивный композиционный слой, расположенный между изолирующими слоями, с размещенными в нем электродами. Главным условием электропроводности композиционного материала - является однородность частиц технического углерода находящихся в этом композиционном материале (КМ). Авторами статьи был проведен анализ структуры электропроводящего КМ с использованием комплексных методов оптической, сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии для определения и оценивания структурно-ориентированной модели КМ.

В электропроводной композиции в качестве усилителя и электропроводящего ингредиента возможно использование технического углерода промышленных марок П-234, П-324, П-514[1]. Выбор марки и содержания ТУ определяется, в том числе, особенностями работы резинового изделия. Для получения изделий, обладающих электропроводностью и антистатическими свойствами, применяют ТУ высокой структурности и дисперсности. Максимальное диспергирование техуглерода в бутиловой матрице достигается путем направленного подбора рецептуры и режима изготовления резиновых смесей с целью обеспечения равномерно распределенных (однородных) заданных свойств и является основным условием выпуска качественных изделий из КМ.

Доказательство однородности (гомогенности) композиционного материала риала для обеспечения заданной электропроводности является, на сегодняшний день, актуальным вопросом. Подтверждение гомогенности КМ требует решения ряда задач: определения средних размеров частиц ТУ диспергированных в каучуковую композицию; получения статистических данных о структуре электропроводной производственной резины (ПРЭ), которые позволили бы выбрать рецептуру КМ и технологический регламент производства, наиболее отвечающие формированию регулярной структуры наполнителей в матрице бутилкаучука (БК).

Исследования структуры проводились в зависимости от концентрации, марки технического углерода и условий технологии производства КМ.

Размеры частиц определялись методом секущей - путем сканирования изображения поверхности образца на площади $(10 \times 15) \text{ мм}^2$ непосредственно в металлографическом микроскопе[2]. Шаг секущей при увеличении 63 крат, равнялся 7 мкм, при 312 крат. - 4 мкм, при 780 крат. - 1,5 мкм. Тестирование секущих проводилось при помощи объект-микрометра ОМ-О- ДТ7.216.009ПС с точностью $\pm 0,3$ мкм.

Как оказалось, в большинстве случаев частицы имеют осколочную форму, при этом средние размеры частиц составляют 113 нм, их распределение по размерам является мономодальным (рисунок 1).

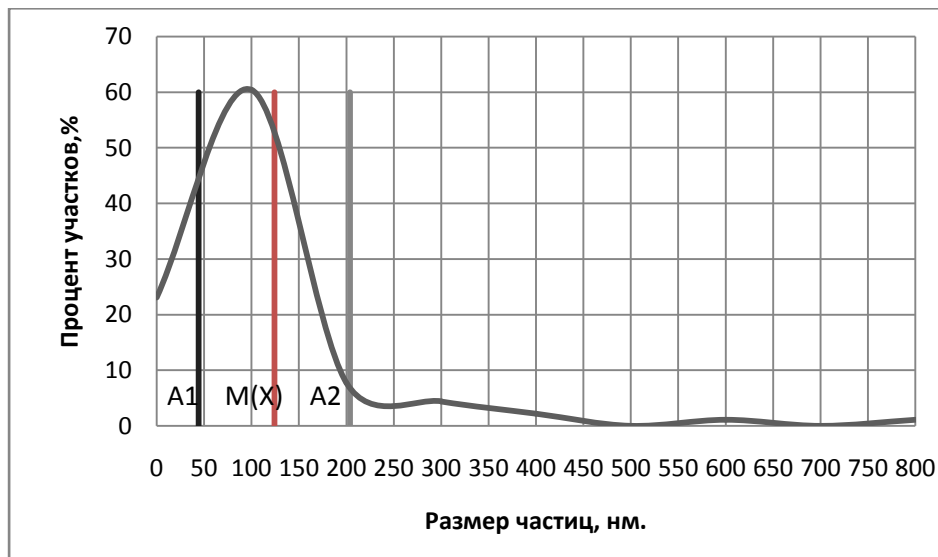


Рисунок 1 – Распределение по размерам включений, экстрагированных на угольную реплику, в результате препарирования образца «резина заводская».

Из рисунка 1 видно, что распределение фактически, возможно, описать нормальным законом распределения. Наблюдаемые частицы по размерам меняются в широком интервале от 0,9 до 800 нм., математическое ожидание равно 113 нм. Однако, статистических данных полученных при построении гистограммы недостаточно для определения однородности резины, в связи с чем, авторами статьи был разработан информационно-энтропийный метод определения однородности композиционного материала. Суть данного метода заключается в определении энтропийного интервала по формуле:

$$\Delta = \frac{1}{2} e^{H(\Delta)} = \frac{d \cdot n}{2 \cdot n_1^{\frac{n_1}{n}} \cdot n_2^{\frac{n_2}{n}} \cdot n_3^{\frac{n_3}{n}} \cdot \dots \cdot n_i^{\frac{n_i}{n}} \cdot n_m^{\frac{n_m}{n}}} \quad (1)$$

Где: $d(\text{const})$ – ширина интервала, в котором находятся одинаковые размеры включений.

$H(\Delta)$ – Энтропия случайной величины

n_i – процент участков с примерно одинаковыми размерами включений

n – общее число исследуемых участков

Тогда с учетом формулы 1 левая граница интервала (рисунок 1) определяется выражением:

$$A1 = M[X] - \Delta \quad (2)$$

Аналогично, правая граница определяется как :

$$A2 = M[X] + \Delta \quad (3)$$

В соответствии с разработанной методикой информационный-энтропийный интервал для статических данных представленных на рисунке 1, равен 79 нм, то есть величина изменения (отклонения) от математического ожидания находится в пределах от 33 нм. до 192 нм. В этот интервал входит более 91% размеров частиц технического углерода, которые, в основном, имеют гексагональную кристаллическую решетку. В отдельных случаях обнаруживаются частицы ТУ с кубической кристаллической решеткой, так же в материале присутствуют трехмерные частицы ТУ и других ингредиентов разных размеров. Они распределены по объему квазиоднородно.

Следует иметь в виду, что все частицы ТУ, имеющие гексагональную решетку, определяемые с помощью металлографического микроскопа всегда анизотропны по размерам. В третьем направлении они достаточно тонкие (квазичешуйки) и составляют величину 0,1-1 мкм.

Вследствие того, что интервал распределения случайной величины (D) был определен при помощи теории информации и понятия энтропии, то целесообразно назвать его информационно-энтропийным интервалом(ИЭИ) распределения случайной величины как уже было описано выше. В рассчитанный интервал для представленного распределения входит более 91% концентраций, что говорит об однородности резины. Таким образом, авторами разработанного метода была выдвинута и доказана гипотеза об интервале отклонения от математического ожидания, в который входит более 90% всех размеров частиц в композиционном материале, что позволяет утверждать об однородности исследуемого материала, а следовательно, о постоянстве удельного сопротивления этого композиционного материала.

Список использованных источников:

1. Белокуров Е.М., Вишняков О.В., Копылов В.М. и др. Электропроводный композиционный материал «Эком» и изделия на его основе //Энергетик.- 1997.-№2.-С. 10-12.
2. Халина Т.М. Многоэлектродные системы низкотемпературных композиционных электрообогревателей для агропромышленного комплекса: диссертация ... доктора технических наук : 05.20.02 / Т. М. Халина. - Барнаул, 2005. - 445 с.
3. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике / К. Шеннон. - М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. - 830 с.
4. Семкин Б. В. Инновационный информационно-энтропийный метод шкалирования результатов тестирования. / Б. В. Семкин, М. И. Стальная, А. В. Ведманкин //Ползуновский вестник. ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова». - Барнаул, 2012.

РАЗРАБОТКА КОЭФФИЦИЕНТА СТЕПЕНИ ОДНОРОДНОСТИ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛЕЙ ПРИМЕНЯЕМЫХ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Сухинин С. Е., Иванов И. А. – студенты группы Э-44,

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

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

Низкотемпературные композиционные нагреватели с высокой электропроводностью отличаются высокой степенью теплопередачи и относительно равномерным нагревом. Равномерный нагрев представляет собой, то что температура композиционного материала на каждом участке композиционного материала относительно одинакова.

Как известно, электропроводность оценивается удельным сопротивлением. На удельное сопротивление композиционного материала в значительной степени влияет его гомогенность (однородность), что делает доказательство однородности данного материала актуальным вопросом. Например, равномерность распределения технического углерода (ТУ) в бутилкаучуковой матрице подразумевает однородность композиционного материала по удельной электропроводности, а также, организацию регулярной структуры сформированных из них агломератов[1].

Однородность композиционного материала с наполнением техническим углеродом подразумевает равномерное распределение технического углерода по всей удельной площади рассматриваемого материала. Образование однородной, упорядоченной, сетчатой структуры на протяжении каждого нанометра материала.

Если представленный материал разбить на « n » условное количество участков с одинаковой площадью и одинаковыми размерами, то каждый участок должен содержать, примерно такое же количество технического углерода, как и окружающие его участки.

Концентрация технического углерода каждого участка может варьироваться в различных пределах, однако, одним из критериев однородности электропроводности материала является изменение концентрации технического углерода на каждом участке не более, чем на 7,5%, таким образом, это отклонение в концентрации ТУ по обе стороны от математического ожидания должно быть не более 7,5% [2].

На отклонение концентрации технического углерода от математического ожидания может влиять: отклонения по технологическим причинам; погрешность растрового микроскопа при изучении микрофотографии; большой разброс статистических данных и т. д. Поэтому отклонение значения концентрации ТУ от математического ожидания не более чем на 7,5% для определения однородности композиционного материала, возможно, считать допустимым. Если этот разброс концентрации ТУ между участками менее 15%, то это считается хорошим признаком однородности материала. Принимая во внимание все вышеописанные допущения, можно утверждать, что разброс до 15% является необходимым критерием выбора доказательства электропроводности композиционного материала.

Однако, для определения однородности композиционного материала использование только выше обозначенного критерия недостаточно. Необходимо, чтобы количество участков с концентрацией технического углерода, концентрация которых не отличается друг от друга более, чем на 15%, должно составлять не менее 90% от общего количества участков, что является вторым необходимым критерием определения электропроводности композиционного материала.

Процент участков с примерно одинаковой концентрацией (около 15% разброса) технического углерода, но общим количеством менее 90%, будет свидетельствовать о несоответствии заданной электропроводности, так как участков с близкой концентрацией будет недостаточно для организации упорядоченной структуры ТУ, что приведет к ухудшению эксплуатационных качеств композиционного материала [3].

На основе вышеописанных критериев с учетом информационно-энтропийного интервала[4] в котором находятся наиболее часто встречающиеся значения исследуемой величины, разработана формула для определения $K_{\text{СОКМ}}$ степени однородности композиционного материала.

$$K_{\text{СОКМ}} = \frac{K_1}{\Delta} = \frac{K_1}{\frac{1}{2} e^{H(\Delta)}} = \frac{K_1}{\frac{1}{2} d \prod_{i=1}^m \left(\frac{n}{n_i}\right)^{\frac{n_i}{n}}} \quad (1)$$

где: Δ – информационно-энтропийный интервал (ИЭИ) отклонения от математического ожидания, область существования наиболее часто встречающихся значений концентрации частиц ТУ в относительных единицах;

K_1 – количество участков с однородной концентрацией технического углерода в относительных единицах;

$K_{\text{СОКМ}}$ – коэффициент степени однородности концентрации технического углерода в относительных единицах;

H – энтропия случайной величины;

d – ширина участков с одинаковой концентрацией ТУ;

n – общее число исследуемых участков;

n_i – число участков с различной концентрацией ТУ.

На основе формулы 1 рассчитана зависимость определения степени однородности композиционного материала (рисунок 1). Для построения зависимости были выбраны предельные значения коэффициентов, для Δ – предельные значения равны 0 и 7,5%, то есть интервал отличающихся значений концентрации ТУ для соседних участков должен быть не более чем от 0 до 0,15 относительных единиц, для K_1 – значение составляет 90%, то есть 0,9 относительных единиц соответственно. Кроме того определены предельные минимальные значения коэффициента $K_{\text{СОКМ}}$ (прямая линия) при $\Delta = 7,5\%$ и $K_1 = 90\%$ величина $K_{\text{СОКМ}} = 12$.

Все композиционные материалы, для которых величина коэффициента $K_{\text{СОКМ}}$ меньше 12, не рекомендуется использовать в качестве низкотемпературных нагревательных изделий.

Из рисунка 1 видно, что график предельных значений $K_{\text{СОКМ}}$ представляет собой кривую, рассчитанную по формуле 1, где по оси абсцисс откладывается интервал изменения концентрации технического углерода для соседних (близлежащих) участков, по оси ординат – коэффициент степени однородности концентрации технического углерода.

Представленная кривая асимптотически убывает, имея предельное допустимое минимальное значение $K_{\text{СОКМ}}=12\%$ при значении интервала изменения концентрации технического углерода по оси абсцисс равным 0,15 относительных единиц.

При этом если значения степени электропроводности $K_{\text{СОКМ}}$ для различных композиционных материалов, будут находиться выше предельной прямой однородности, то они будут пригодны для использования в сельском хозяйстве в качестве низкотемпературных электрообогревателей, так как эти композиционные материалы, можно считать однородными.

Таким образом, все композиционные материалы для которых значения коэффициента K_1 больше или равно 90%, и интервал изменения концентрации технического углерода для близлежащих участков не превышает 15% рекомендовано использовать в качестве электропроводящих покрытий. Все значения степени однородности композиционных материалов, которые будут располагаться ниже предельной кривой, не рекомендуется использовать, так как характеристики представленных материалов, не будут отвечать заданным требованиям, даже если один из критериев однородности выполняется.

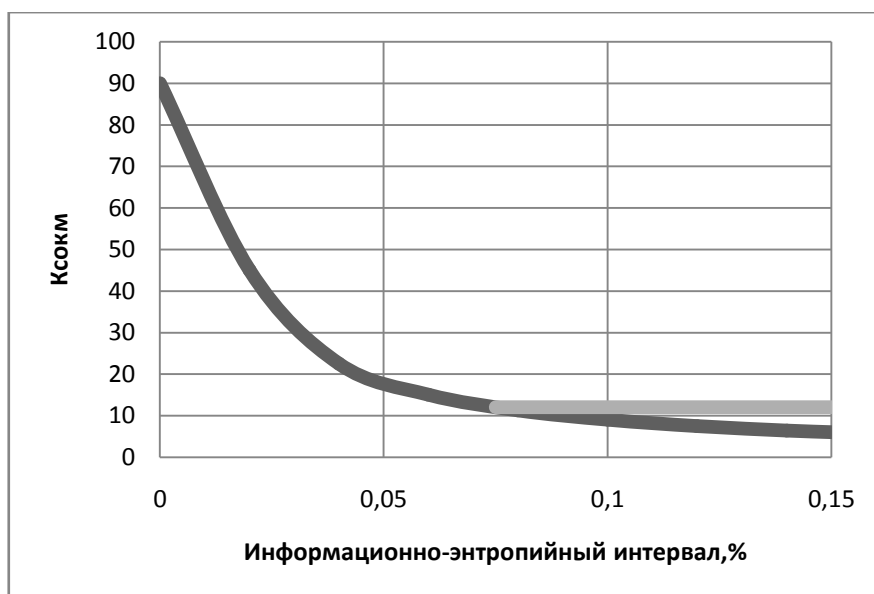


Рисунок 1 - Универсальный график однородности композиционного материала в соответствии с концентрацией ТУ

Список использованных источников:

1. Халина Т.М. Многоэлектродные системы низкотемпературных композиционных электрообогревателей для агропромышленного комплекса: диссертация ... доктора технических наук: 05.20.02 / Т. М. Халина. - Барнаул, 2005. - 445 с.

2. Низкотемпературные электрообогреватели в сельском хозяйстве / Л.С. Герасимович, В.Г. Степанцов, В.А. Коротинский и др.; Под общ.ред. Л.С. Герасимовича. - Минск: Ураджай, 1984. - 118 с.

3. Теоретические основы электротехники: Том 3. - 4-е изд. / К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин, В.Л. Чечурин. - СПб.: Питер, 2004. - 377 с.

4. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике / К. Шеннон. - М.: Изд-во иностранной литературы, 1963. - 830 с.

ПОЛУПРОВОДНИКОВОЕ УСТРОЙСТВО ЗАПУСКА ТРЁХФАЗНОГО ДВИГАТЕЛЯ ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ

Генералов М.В. - студент, Еремочкин С. Ю. - к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В данной статье рассмотрен принцип работы полупроводникового устройства запуска трёхфазного двигателя от однофазной сети.

По степени управляемости электроприводы делятся на нерегулируемый, обеспечивающий движение рабочего органа робота с одной рабочей скоростью, и регулируемый, позволяющий изменять скорость рабочего органа и параметры привода под воздействием управляющего устройства [1].

Электроприводы играют важнейшую роль в современной промышленности. Также одним из главных условий развития сельского хозяйства является применение электроприводов, которые необходимы для установок водоснабжения, вентиляционных установок, машин для приготовления и раздачи кормов на животноводческих фермах, навозоуборочных установок [2].

Нерегулируемый электропривод – это электропривод, работающий с постоянной (или изменяющейся в незначительных пределах) скоростью вращения.

Наиболее распространенными типами нерегулируемых электроприводов являются электроприводы с короткозамкнутыми (к.з.) асинхронными двигателями, с асинхронными двигателями с фазным ротором, а также электроприводы на базе синхронных двигателей.

Асинхронные двигатели нерегулируемых электроприводов малой и средней мощности запускаются прямым включением в сеть без ограничения пусковых токов. В таких электроприводах применяются релейно-контакторные схемы управления. Основные узлы управления в таких электроприводах выполняют функции коммутации и защиты.

Асинхронные электродвигатели защищают:

- от токов коротких замыканий и от больших токов при недопустимых перегрузках, если они возможны по условиям работы – максимальная токовая защита;
- от больших кратковременно допустимых перегрузок или если необходимо ограничить длительность времени пуска – время-токовая защита;
- от длительной небольшой перегрузки (от перегрева) – тепловая защита;
- от исчезновения (выпадения) фазы – дифференциальная защита;
- от понижения или исчезновения напряжения и последующего самозапуска (если он недопустим) – минимально-нулевая защита [3].

Примером нерегулируемых электроприводов с прямым включением в сеть могут служить электроприводы следующих общепромышленных механизмов: тихоходных лифтов, конвейеров, вентиляторов, насосов, компрессоров.

Нерегулируемые электроприводы с управляемым пуском – это электроприводы, работающие с постоянной максимальной скоростью, использующие:

- асинхронные двигатели с фазным ротором средней и большой мощности с силовыми резисторами (пусковым реостатом) в цепи ротора и релейно-контакторным управлением
- асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором с тиристорным пускателем (регулятором напряжения) в цепи статора.

Примером нерегулируемых электроприводов с управляемым пуском и торможением могут служить электроприводы тихоходных лифтов, конвейеров, канатных дорог, шахтных подъёмных машин [4].

В большинстве случаев не требуется обеспечивать регулирование скорости, поэтому чаще используют нерегулируемый электропривод.

При ряде обстоятельств, в особенности, сельской и труднодоступной местности, отсутствует доступ к трёхфазным источникам энергии. В связи с чем, необходимо обеспечить запуск трёхфазных двигателей от однофазной сети.

Для этих целей можно использовать полупроводниковое устройство, разработанное на кафедре «Электротехника и автоматизированный электропривод» АлтГТУ им. И. И. Ползунова[5-7].

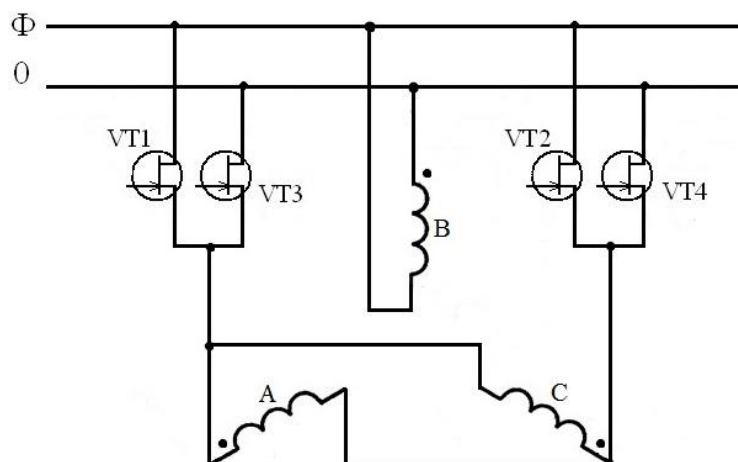


Рисунок 1 - Принципиальная электрическая схема силовой части однофазно-трёхфазный полупроводниковый реверсивный коммутатор

Разработанное полупроводниковое устройство запуска трехфазного двигателя от однофазной сети относится к реверсивным полупроводниковым коммутаторам, ведомым однофазной сетью переменного тока. Данный коммутатор может быть с успехом использован в нерегулируемом электроприводе переменного тока для запуска и работы от однофазной сети трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.

В силовой части коммутатора используются полупроводниковые ключи. В качестве полупроводниковых ключей предлагается использовать четыре полевых транзистора. Для обеспечения вращения поля статора, необходимо осуществлять снятие напряжения с затворов транзисторов VT1-VT4 в следующей последовательности: в начальный момент времени t_0 , при прохождении положительной полуволны питающего напряжения сети, снимается напряжение с затворов транзисторов VT2 и VT3, ток протекает по обмоткам A и B в обратном направлении, по обмотке C в прямом направлении – обеспечивается получение I фиксированного положения вектора индукции поля; в момент времени t_1 транзисторы VT1, VT3, VT2, VT4 закрыты, ток протекает по обмотке B в обратном направлении - обеспечивается получение II фиксированного положения вектора индукции магнитного поля статора; в момент времени t_2 снимается напряжение с затворов транзисторов VT1 и VT4, ток протекает по обмоткам B и C в обратном направлении, по обмотке A в прямом направлении - обеспечивается получение III фиксированного положения вектора индукции поля статора. Далее при прохождении отрицательной полуволны питающего напряжения сети, снятием напряжения с затворов транзисторов обеспечивается получение еще 3 векторов индукции магнитного поля статора.

Таким образом, на основании изложенного можно сделать вывод о том, что рассмотренный коммутатор обладает рядом преимуществ, вследствие упрощенной силовой части устройства и возможности обеспечения повышенного момента и мощности развиваемой двигателем [8].

Список использованных источников:

- 1.Онищенко, Г. Б. Электрический привод: Учебник для вузов / Г. Б. Онищенко. – М.: Издательство РАСХН, 2003. – 320с
2. Чиликин М.Г. Общий курс электропривода : Учеб. д ля вузов / М.Г. Чиликин, А.С .Сандлер . – 6-е изд., доп. и перераб. – М.: Энергоиздат, 1981. - 576с
3. Гусев Н.В. Автоматизация технологических комплексов и систем в промышленности / Н.В. Гусев, С.В. Ляпушкин, М.В. Коваленко. Томский политехнический университет. –

Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2001. – 198 с. (Главы 4 и 6 раздела 2).

4. Удут Л.С., Кояин Н.В., Мальцева О.П. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч.3. Электрические машины постоянного тока в системах автоматизированного электропривода: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 152 с. (Раздел 5.12).

5. Однофазно-трехфазный полупроводниковый реверсивный коммутатор, ведомый однофазной сетью переменного тока: пат. 2507673 Рос. Федерация. № 2012129595/07; заявл. 12.07.2012; опубл. 20.02.2014.

6. Еремочкин С.Ю. Широкополосный преобразователь частоты, ведомый однофазной сетью, для питания однофазных асинхронных электродвигателей сельскохозяйственного электрооборудования // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2012. №3(28). С.63-67.

7. Еремочкин С.Ю. Однофазно-трехфазный электропривод для сельскохозяйственных электрифицированных машин // Аграрный вестник Урала. 2012. №7 (99). С. 49-52.

8. Еремочкин С.Ю. Исследование и расчет механической характеристики трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя, запуск и работа которого осуществляется от однофазной сети посредством векторно-алгоритмической коммутации статорных обмоток // Ползуновский вестник. 2013. №4-2. С. 72-77.

АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С СОВМЕЩЕННЫМИ ОБМОТКАМИ

Бондаренко С.С. – студент, Халина Т.М.- д.т.н., профессор

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

Как известно в России на долю асинхронных двигателей, по разным оценкам, приходится от 47 до 53% потребления всей вырабатываемой электроэнергии, при этом средняя загрузка электродвигателя (отношение мощности, потребляемой рабочим органом машины, к номинальной мощности электродвигателя) в промышленности составляет 0,3-0,4. Это значит, что обычный двигатель работает с КПД значительно ниже номинального. Завышенная мощность двигателя часто приводит к незаметным на первый взгляд, но очень существенным отрицательным последствиям в обслуживаемом электроприводе оборудования, например, к излишнему напору в гидравлических сетях, связанному с ростом потерь, снижению надежности и т.п.[1].

В данной статье предлагается новый тип двигателя с совмещенными обмотками (ДСО), за счет улучшенной механической характеристики и более высоких энергетических показателей, стало возможным не только экономить от 30 до 50% потребления энергии при той же полезной работе, но и создавать регулируемый энергосберегающий привод с уникальными характеристиками. Наибольший эффект достигается при использовании ДСО в установках с переменным характером нагрузки. Сущность разработки вытекает из того, что в зависимости от схемы подключения трехфазной нагрузки к трехфазной сети (звезда или треугольник) можно получить две системы токов, образующих между векторами индукции магнитных потоков угол в 30 электрических градусов. Соответственно, к трехфазной сети можно подключить электродвигатель, имеющий не трехфазную обмотку, а шестифазную. При этом часть обмотки должна быть включена в звезду, а часть в треугольник и результирующие вектора индукции полюсов одноименных фаз звезды и треугольника должны образовывать между собой угол в 30 электрических градусов.

Совмещение двух схем в одной обмотке позволяет улучшить форму поля в рабочем зазоре двигателя и как следствие существенно улучшить основные характеристики двигателя. Поле в рабочем зазоре стандартного двигателя лишь условно можно назвать синусоидальным. На самом деле оно ступенчатое[2]. В

результате этого в двигателе возникают гармоники, вибрации и тормозящие моменты, которые оказывают отрицательное воздействие на двигатель и ухудшают его характеристики. Поэтому стандартный асинхронный двигатель обладает приемлемыми характеристиками только в режиме номинальной нагрузки. При нагрузке, отличной от номинальной, характеристики стандартного двигателя резко снижаются, снижается коэффициент мощности и КПД. Форма поля в рабочем зазоре стандартного двигателя представлена на рисунке 1.

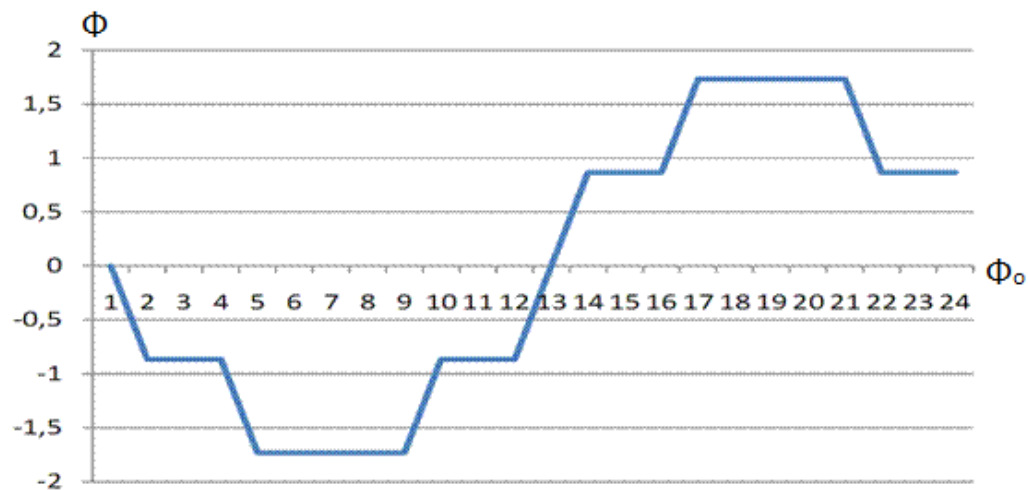


Рисунок 1- Форма поля в рабочем зазоре асинхронного двигателя.

На рисунке 1 показана форма поля в рабочем зазоре асинхронного двигателя, имеющего 3000 об/мин и 24 паза в статоре. Φ - основной поток, Φ_0 - переменный поток, наводимый при перемещении ферромагнитной массы ротора[3]. Форма поля аналогичного двигателя с совмещенными обмотками представлена на рисунке 2.

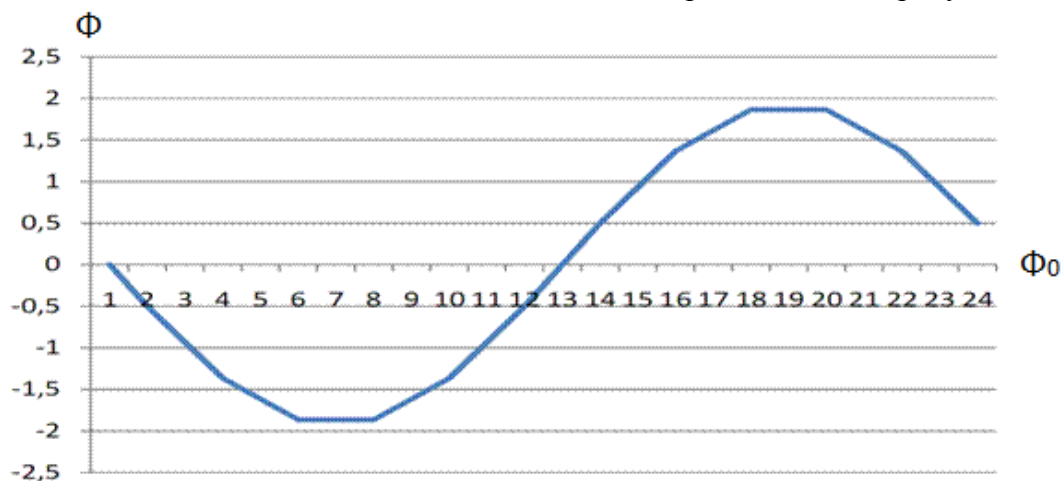


Рисунок 2 – Форма поля в рабочем зазоре асинхронного двигателя с совмещенными обмотками.

Из приведенных графиков видно, что форма поля двигателя с совмещенными обмотками ближе к синусоидальной, чем у стандартного двигателя. В результате без увеличения трудоемкости, при меньшей материалоемкости, без изменения существующих технологий, при равных прочих условиях, двигатели, по своим характеристикам существенно превосходят стандартные.

Список использованных источников:

1. Информационный электронный журнал «Энергосовет» выпуск №27, 2013 [Электронный ресурс]– С.19http://www.energosovet.ru/bul_stat.php?num=27

2. Богатырев, Н.И. Схемы статорных обмоток, параметры и характеристики электрических машин переменного тока [Текст] / Н.И. Богатырев. - Краснодар:Б.И., 2007. – 301 с.

3. Асинхронный двигатель [Электронный ресурс] <http://econet.ru/articles/112550-printsipialno-novyyu-asinhronnyu-dvigatel>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОДНОФАЗНОГО МОСТОВОГО РЕВЕРСИВНОГО ВЕНТИЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Иванов И.А. – студент, Ведманкин А.В. - ассистент, Стальная М.И, - к.т.н., профессор Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В современной промышленности постоянно происходит модернизация оборудования, в стороне не оказался и электрический привод. Его модернизация идет по пути уменьшения габаритов и упрощения конструкции без изменения функций работы, это позволяет уменьшить его стоимость, повысить коэффициент надежности, упростить производство, эксплуатацию и ремонт. Обычно усовершенствованию подлежат те части электрического привода, которые отвечают за управление - система управления и преобразующее устройство, служащее для преобразования переменного напряжения в постоянное. Таким образом стремятся к тому, чтобы при простой конструкции можно было добиться регулирования скорости и способности осуществления реверса.

Вопрос совершенствования конструкции преобразующего устройства, имеющего питания от однофазной сети переменного напряжения, на сегодняшний момент является актуальным. Широкое распространения нашел реверсивный электрический привод постоянного тока с преобразующим устройством, выполненным на двух комплектах тиристорных преобразователей (рисунок 1) [1, 2]. Оно способно регулировать скорость вращения двигателя постоянного тока и осуществлять его реверс, но недостатками такого устройства является большое число элементов (тириستоров), что приводит к снижению коэффициента надежности, а также увеличивается стоимость оборудования.

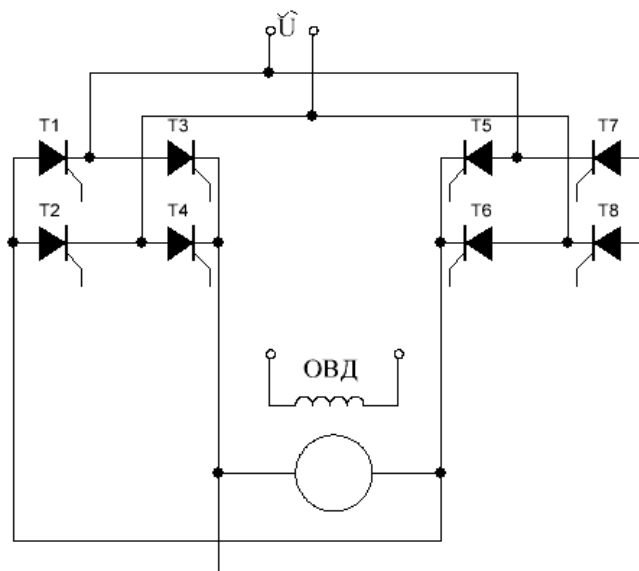


Рисунок 1 - Выпрямитель, выполненный на двух комплектах тиристоров

Для решения этой проблемы можно рассмотреть регулируемый полупроводниковый мостовой однофазный симисторный выпрямитель [3], представленный на рисунке 2, в котором в качестве полупроводниковых элементов используются симисторы. Это

обуславливается их способностью двунаправленного пропускания тока, при подаче соответствующего управляющего сигнала.

Для изменения скорости вращения двигателя постоянного тока, так же, как и при использовании тиристорных преобразователей, требуется изменить угол открытия симисторов.

Работа реверсивного регулируемого полупроводникового мостового однофазного симисторного выпрямителя в режиме «вперед» происходит следующим образом при попарном включении симисторов. В положительную полуволну напряжения питающей сети, показанной сплошной стрелкой (рисунок 2), управляющий сигнал подается на симисторы VS3 и VS2, справа появляется плюс выпрямленного напряжения, а слева минус (рисунок 2). В отрицательную полуволну, показанной пунктирной стрелкой напряжения питающей сети (рисунок 2), импульс управляющего сигнала подается на симисторы VS4 и VS1, а симисторы VS3 и VS2 закрываются (рисунок 3), плюс и минус выпрямленного напряжения остаются на прежнем месте.

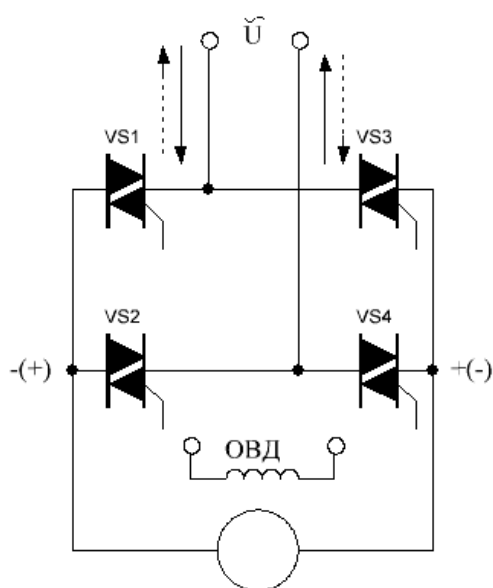


Рисунок 2 – Схема реверсивного регулируемого полупроводникового мостового однофазного симисторного выпрямителя

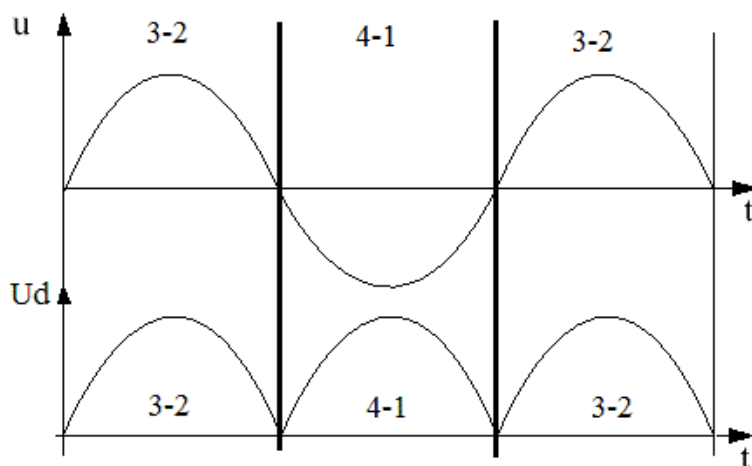


Рисунок 3 – График работы реверсивного регулируемого полупроводникового мостового однофазного симисторного выпрямителя в режиме «вперед»

u – переменное напряжение, U_d – постоянное напряжение, 1 – 4 – номер симистора;

Для осуществления работы в режиме «назад», требуется поменять порядок включения симисторов, то есть в положительную полуволну напряжения, показанной сплошной стрелкой (рисунок 2), управляющий импульс подается на симисторы VS1 и VS4, в данной ситуации плюс, показано в скобках, выпрямленного тока и напряжения находятся со стороны симисторов VS1 и VS2, а минус выпрямленного напряжения со стороны симисторов VS3 и VS4 (рисунок 2). В отрицательную полуволну напряжения питающей сети, показанной пунктирной стрелкой (рисунок 2), управляющий сигнал импульс подается на симисторы VS2 и VS3, а симисторы VS1 и VS4 закрываются (рисунок 4).

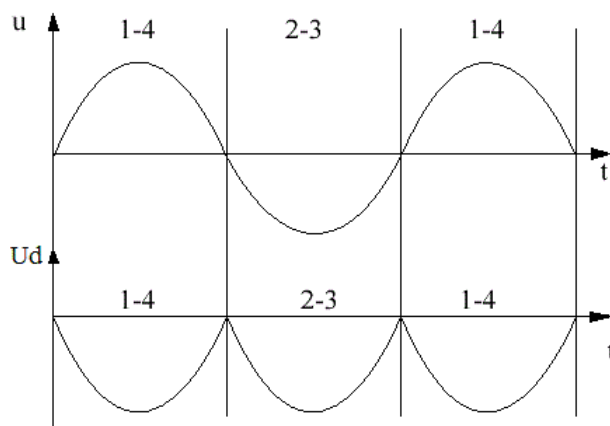


Рисунок 4 - График работы реверсивного регулируемого полупроводникового мостового однофазного симисторного выпрямителя в режиме «назад»
 u – переменное напряжение, U_d – постоянное напряжение, 1 – 4 – номер симистора;

Из-за простоты конструкции представленного устройства и сохраненного функционала, его целесообразно применять в системах управления реверсивного электрического привода постоянного тока.

Список использованных источников:

1. Чиликин М.Г. Общий курс электропривода: учебное пособие / М.Г. Чиликин, А.С. Сандлер. – М. – Л. Энергоатомиздат, 6-е издание, 1981. – 577 С.
2. Копылов, И. П. Электрические машины: учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 360 С.
3. Пат. 166593 Российская Федерация, МПК Н 02 Р 7/292. Реверсивный регулируемый полупроводниковый мостовой однофазный симисторный выпрямитель [Текст] / Стальная М.И. ; заявитель и патентообладатель федеральное государственное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова». - № 2016119441/07 ; заявл. 19.05.2016 ; опубл. 10.12.2016

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕХФАЗНОГО НУЛЕВОГО РЕВЕРСИВНОГО ВЕНТИЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Иванов И.А., Сухинин С.Е., - студенты, Стальная М.И., - к.т.н., профессор
 Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В промышленности остро стоит вопрос о упрощении конструкции эксплуатируемого оборудования. При чем важно не только упростить и, тем самым повысить показатель надежности, но и сохранить его функциональность. Так как на производстве имеют распространение двигатели постоянного тока, то требуется простая система управления двигателем постоянного тока, но и способная выполнять требуемый набор функций, а

именно: обеспечивать регулировку скорости и изменение направления вращения (реверс), и обладающая высоким показателем надёжности.

Так, например, в приводе подачи сверлильного и фрезерного станков, где исполнительный механизм подачи представлен в виде двигателя постоянного тока, питающегося от постоянного напряжения, преобразующие устройство, которого должно обеспечивать не только различную скорость погружения сверла в материал, но и скорость его отвода, т.е. реверс, а также требуется обеспечивать плавность погружения сверла в материал в процессе работы. В настоящее время в преобразующем устройстве для этого используют два комплекта тиристорных выпрямителей [1,2] (рисунок 1), это приводит к увеличению габаритов и усложняет конструкцию, в следствии этого снижается показатель надежности оборудования и увеличивается его стоимость. Поэтому требуется иметь достаточно простую и эффективную систему управления двигателем, регулирующим скорость погружения и отвода устройства подачи.

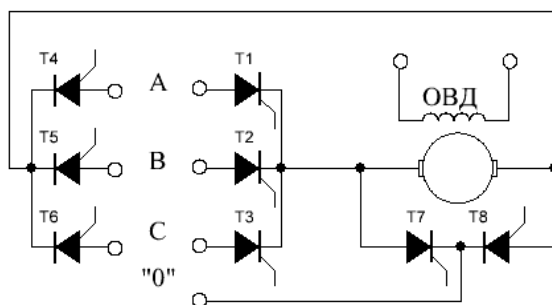


Рисунок 1 – Выпрямитель, выполненный на двух комплектах тиристоров

Решением этой проблемы, является использование симисторного реверсивного регулируемого трехфазного нулевого выпрямителя [3], в котором в качестве полупроводниковых элементов в преобразующих устройствах используются симисторы. Это обуславливается их способностью двунаправленного пропуска тока, при подачи соответствующего управляющего сигнала.

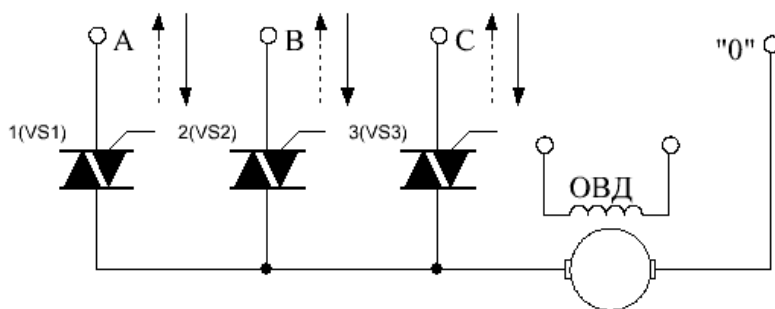


Рисунок 2 - Симисторный реверсивный регулируемый трехфазный нулевой выпрямитель

Работа такого преобразующего устройства (рисунок 2) происходит следующим образом для режима «вперед» (рисунок 3). При подаче управляющего сигнала в момент времени t_1 открывается симистор VS1, ток фазы A протекает в прямом направлении, обозначенном сплошной стрелкой (рисунок 2), и поступает на нагрузку, представленную в виде двигателя постоянного тока. В момент времени t_2 подается управляющий сигнал на симистор VS2, он открывается, и ток фазы B поступает на нагрузку в том же направлении, а симистор VS1 закрывается. В момент времени t_3 подается сигнал на симистор VS3, он открывается, ток фазы C поступает на нагрузку, симистор VS2 закрывается. В момент t_4 снова открывается симистор VS1, процесс повторяется.

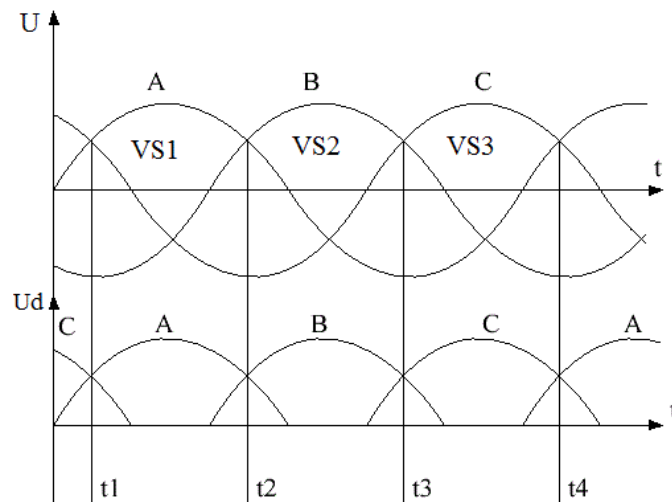


Рисунок 3 - График работы симисторного реверсивного регулируемого трехфазного нулевого выпрямителя в режиме «вперед»

U – переменное напряжение, U_d – постоянное выпрямленное напряжение, А,В,С – фазы напряжения, t_1 - t_4 – промежутки времени;

Работа в режиме «назад» (рисунок 4) осуществляется подачей управляющего импульса в следующей последовательности. При подаче управляющего сигнала в момент времени t_1 открывается симистор VS2 (рисунок 2), на нагрузку поступает ток фазы В. После подачи управляющего сигнала в момент времени t_2 на симистор VS3, он открывается, закрывается симистор VS2, на нагрузку поступает ток фазы С в обратном направлении. В момент времени t_3 подается сигнал, и открывается симистор VS1, а симистор VS3 закрывается. На нагрузку поступает ток фазы А в обратном направлении. В момент времени t_4 подается управляющий сигнал, и открывается симистор VS2, симистор VS1 закрывается, на нагрузку поступает ток фазы В в обратном направлении. Момент времени t_4 соответствует моменту t_1 , процесс повторяется циклически.

Для изменения скорости вращения двигателем требуется изменить угол – «а», угол открытия симисторов (рисунок 5). Из рисунка видно, что при изменении угла открытая приводит к изменению величины напряжения и, соответственно, скорости и тока, поступающего на нагрузку - двигатель.

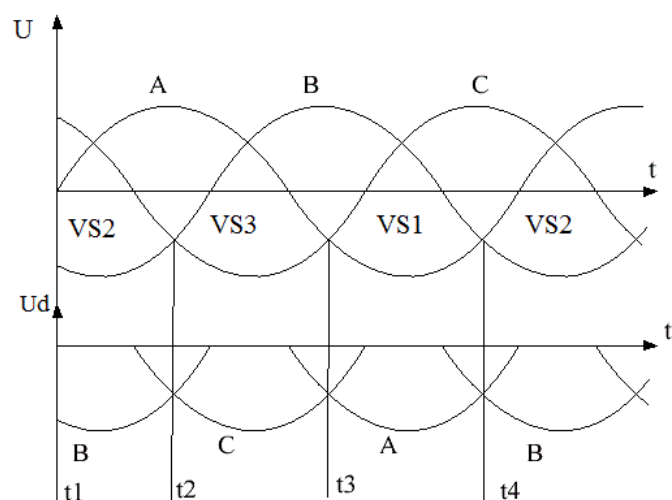


Рисунок 4 - График работы симисторного реверсивного регулируемого трехфазного нулевого выпрямителя в режиме «назад»

U – переменное напряжение, U_d – постоянное напряжение, А,В,С – фазы напряжения,

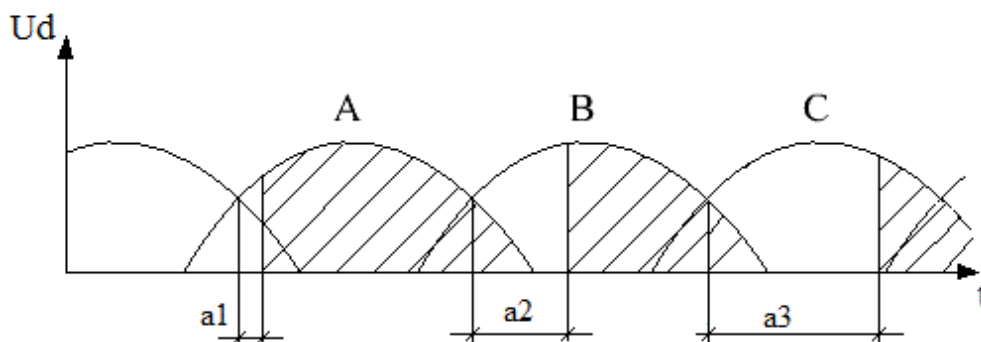


Рисунок 5 – График регулирования скорости вращения двигателя при использовании симисторного реверсивного регулируемого трехфазного нулевого выпрямителя U_d – постоянное напряжение, A, B, C – фазы напряжения, a_1, a_2, a_3 – угол открытия симисторов;

Из выше сказанного видно, что происходит сохранение функционала представленного устройства системы управления приводом постоянного тока с более простой конструкцией.

Список использованных источников:

1. Чиликин М.Г. Общий курс электропривода: учебное пособие / М.Г. Чиликин, А.С. Сандлер. – М. – Л. Энергоатомиздат, 6-е издание, 1981. – 577 С.
2. Копылов, И. П. Электрические машины: учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 360 С.
3. Пат. 167952 Российская Федерация, МПК Н 02 Р 7/292, Н 02 Р 7/155. Симисторный реверсивный регулируемый трехфазный нулевой выпрямитель [Текст] / Стальная М.И.; заявитель и патентообладатель федеральное государственное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова». - № 2016119442; заявл. 19.05.2016; опубл. 13.01.2017

ВЫБОР СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО УСТРОЙСТВА БЕСКОНДЕНСАТОРНОГО ЗАПУСКА ТРЕХФАЗНОГО ДВИГАТЕЛЯ ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ

Лапов В. А. - студент, Еремочкин С. Ю. - к.т.н., доцент

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

В данной статье рассмотрен вопрос выбора системы управления для полупроводникового реверсивного коммутатора трехфазного асинхронного короткозамкнутого двигателя.

Функции систем управления электроприводами, их классификация и предъявляемые к ним требования.

Задачами управления электроприводами являются: осуществление пуска, регулирование скорости, торможение, реверсирование рабочей машины, поддержание ее режима работы в соответствии с требованиями технологического процесса, управление положением рабочего органа машины. При этом должны быть обеспечены наибольшая производительность машины или механизма, наименьшие капитальные затраты и расход электроэнергии.

Конструкция рабочей машины, вид электропривода и система его управления связаны между собой. Поэтому выбор, проектирование и исследование системы управления электроприводом должны осуществляться с учетом конструкции рабочей машины, ее назначения, особенностей и условий работы.

Системы управления электроприводами делят на различные группы в зависимости от главного признака, положенного в основу классификации. По способу управления различают системы ручного, полуавтоматического (автоматизированного) и автоматического управления.

Ручным называется управление, при котором оператор непосредственно воздействует на простейшие аппараты управления. Недостатками такого управления являются необходимость расположения аппаратов вблизи электропривода, обязательное присутствие оператора, низкая точность и быстроедействие системы управления. Поэтому ручное управление находит ограниченное применение.

Управление называется полуавтоматическим, если его осуществляет оператор путем воздействия на различные автоматические устройства, выполняющие отдельные операции. При этом обеспечивается высокая точность управления, возможность дистанционного управления, снижается утомляемость оператора. Однако при таком управлении ограничено быстроедействие, так как оператор может затрачивать время на принятие решения о требуемом режиме управления в зависимости от изменившихся условий работы.

Управление называется автоматическим, если все операции управления осуществляются автоматическими устройствами без непосредственного участия человека. В этом случае обеспечиваются наибольшее быстроедействие и точность управления системы автоматического управления по мере развития средств автоматики получают все большее распространение.

По роду выполняемых в производственном процессе основных функций системы полуавтоматического и автоматического управления электроприводами можно разделить на несколько групп [1].

К первой группе относятся системы, обеспечивающие автоматические пуск, остановку и реверсирование электропривода. Скорость таких приводов не регулируется, поэтому они называются нерегулируемыми. Такие системы применяются в электроприводах насосов, вентиляторов, компрессоров, конвейеров, лебедок вспомогательных механизмов и т. п.

Ко второй группе относятся системы управления, которые кроме выполнения функций, обеспечиваемых системами первой группы, позволяют регулировать скорость электроприводов. Подобного рода системы электроприводов называются регулируемыми и применяются в грузоподъемных устройствах, транспортных средствах и пр.

К третьей группе относятся системы управления, обеспечивающие кроме вышеуказанных функций возможность регулирования и поддержания определенной точности, постоянства различных параметров (скорости, ускорения, тока, мощности и т. д.) при изменяющихся производственных условиях. Такие системы автоматического управления, содержащие обычно обратные связи, называются системами автоматической стабилизации.

К четвертой группе относятся системы, которые обеспечивают слежение за сигналом управления, закон изменения которого заранее не известен. Такие системы управления электроприводами называются следящими системами. Параметрами, за которыми обычно осуществляется слежение, являются линейные перемещения, температура, количество воды или воздуха и пр.

К пятой группе относятся системы управления, обеспечивающие работу отдельных машин и механизмов или целых комплексов по заранее заданной программе, называемые программными системами.

Первые четыре группы систем управления электроприводами обычно входят как составные части в систему пятой группы. Кроме того, эти системы снабжаются программными устройствами, датчиками и другими элементами.

К шестой группе относятся системы управления, которые обеспечивают не только автоматическое управление электроприводами, включая системы первых пяти групп, но и автоматический выбор наиболее рациональных режимов работы машин. Такие системы называются системами оптимального управления или самонастраивающимися. Они обычно

содержат вычислительные машины, которые анализируют ход технологического процесса и вырабатывают командные сигналы, обеспечивающие наиболее оптимальный режим работы.

Иногда классификацию систем автоматического управления осуществляют по типу применяемых аппаратов. Так, различают системы релейно-контакторные, электромашинные, магнитные, полупроводниковые [2].

Вопрос выбора системы управления остро встает при проектировании и разработки новых устройств. На кафедре электротехники и автоматизированного электропривода АлтГТУ им. И. И. Ползунова разработано полупроводниковое устройство бесконденсаторного запуска трехфазного электродвигателя от однофазной сети, при соединении обмоток статора в треугольник (рисунок 1) [3].

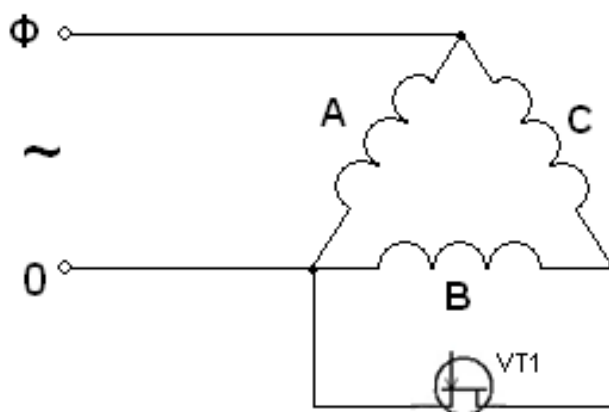


Рисунок 1 - Принципиальная электрическая схема предлагаемого полупроводникового устройства

Для предлагаемого полупроводникового устройства необходимо выбрать и разработать систему управления. Из-за особенностей рассмотренного полупроводникового устройства бесконденсаторного запуска трехфазного электродвигателя от однофазной сети, целесообразно использовать систему управления первой группы, обеспечивающую автоматический пуск, остановку и реверсирование электропривода

Кроме того к системе автоматического управления полупроводникового устройства бесконденсаторного запуска трехфазного электродвигателя от однофазной сети предъявляются следующие основные требования: обеспечение режимов работы, необходимых для осуществления технологического процесса машиной или механизмом, простота, надежность, экономичность, определяемая стоимостью аппаратуры, затратами энергии, а также надежность, гибкость и удобство управления, монтажа, эксплуатации и ремонта [4].

Таким образом, в данной статье рассмотрены основные группы существующих систем управления электроприводами, а также сформулированы основные требования к системе управления разрабатываемого полупроводникового устройства бесконденсаторного запуска трехфазного двигателя от однофазной сети.

Список использованных источников:

1. Брускин Д. Э. Электрические машины: Учеб. для электротехн. спец. вузов / Д. Э. Брускин, А. Е. Зорохович, В. С. Хвостов.- Ч. 1: —2-е изд. М.: Высш. шк., 1987. - 319 с. Системы управления электроприводами

2. Андреев, В. П. Основы электропривода: учебное пособие / В. П. Андреев, Ю. А. Сабинин. – М. – Л., Госэнергоиздат, 1963. – 772 С.

3. Полупроводниковое устройство бесконденсаторного запуска трехфазного электродвигателя от однофазной сети при соединении обмоток статора в треугольник: пат. 121972 Рос. Федерация. № 2012124178/07; заявл. 09.06.2012; опубл. 10.11.2012.

4. Чиликин М.Г. Общий курс электропривода : Учеб. для вузов / М.Г. Чиликин, А.С. Сандлер . – 6-е изд., доп. и перераб. – М.: Энергоиздат, 1981. - 576 С.

МЕХАТРОННОЕ УСТРОЙСТВО ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ С МОДУЛЕМ ПАМЯТИ ДЛЯ ИХ СИМУЛЯЦИИ

Дорожкин М.В. – студент группы гр. 8ПС-51, Бардышев - студент группы гр. 8Э-53, Морозов А.А студент гр. 8э-53, Коротких В.М. – к.т.н., профессор Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)»

В современных машинах и аппаратах имеет место возвратно-поступательное движение – это в строгальных и шлифовальных станках, в пильных устройствах и во мн. др. Такие движения организованы за счет классических механизмов – кривошипно-шатунных, реечных, червячных, но в более сложных движениях, например, которые совершает робот-манипулятор, где каждый раз сложно или невозможно описать математическую модель траектории его движения или колебаний, то в результате чрезвычайно затруднены разработки устройств, связанных с воспроизводством часто меняющихся кинетических действий. Эти проблемы можно устранить за счет регистрации и оценки параметров перемещений, записи данных в запоминающее устройство и при воспроизведении симулировать механические действия.

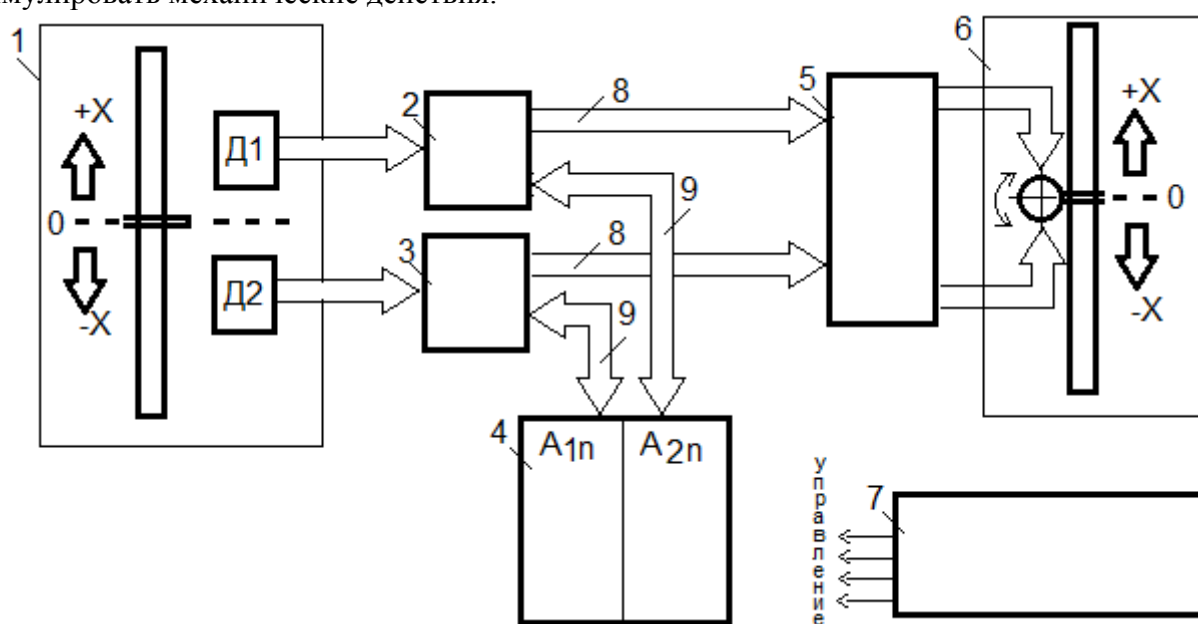


Рисунок 1 – Схема мехатронного устройства линейных перемещений с модулем памяти для их симуляции

На рисунке 1 изображена схема разработанного мехатронного устройства. Она состоит из двухканального цифрового датчика линейных перемещений **1**, первый канал $D1$ регистрирует относительно ноля положительное перемещение $+U$, а второй $D2$ - отрицательное $-U$. Данные каналов поступают на шинные формирователи **2** и **3**, которые на основании сигналов с электронного блока управления **7** переводят их синхронно с сигналами запись-считывание модуля памяти **4**, на вход устройства цифрового управления шаговым двигателем **5**, приводящим в движение через зубчатую передачу рейку **6**. Модуль памяти **4** в режиме считывания, блок цифрового управления шаговым двигателем **5** в

режиме прямого хода - реверса и реечный механизм в комплексе представляют симулятор линейных перемещений.

Разработанное устройство может работать в двух режимах: режим «отложенного времени», когда происходит «обучение» - запись в память цифровых данных параметров перемещений и режим «реального времени» - сквозной канал передачи данных, отсюда и область применения: повторяющиеся операции и непосредственное управление – манипулирование в сложных мехатронных системах.

Список использованных источников:

1. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл: пер. с англ. – 6-е изд. – М.: Мир, 2003. – 704 с., ил.
2. 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.

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО КОДА АНАЛОГО-ЦИФРОВЫХ ФОРМИРОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ РАБОТЫ С МИКРО-ЭВМ ЧЕРЕЗ USB-ПОРТ

Дорожкин М.В. – студент группы гр. 8пс-51, Самчук Д.А. - студент группы Э-44, Вольф О.В - студент группы Э-44, Коротких В.М. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)»

Использование универсального последовательного порта (USB) компьютера для подключения к нему цифровых устройств ввода-вывода, регистрации и хранения информации, приборов контроля, аналого-цифровых измерительных приставок и мн. др. создало возможность быстро организовывать различные по сложности и назначению программно-управляемые автоматические системы управления (АСУ) технологическими процессами, комплексами, агрегатами и устройствами. При этом может возникнуть ряд проблем, связанных с тем, что ряд периферийных устройств имеют на выходе двоичный параллельный код, с автономной синхронизацией, поэтому задачей данной работы создать устройство декодирования параллельного двоичного кода в последовательный и синхронного аналого-цифрового преобразования с возможностью управлять тактовой частотой локально или через ЭВМ.

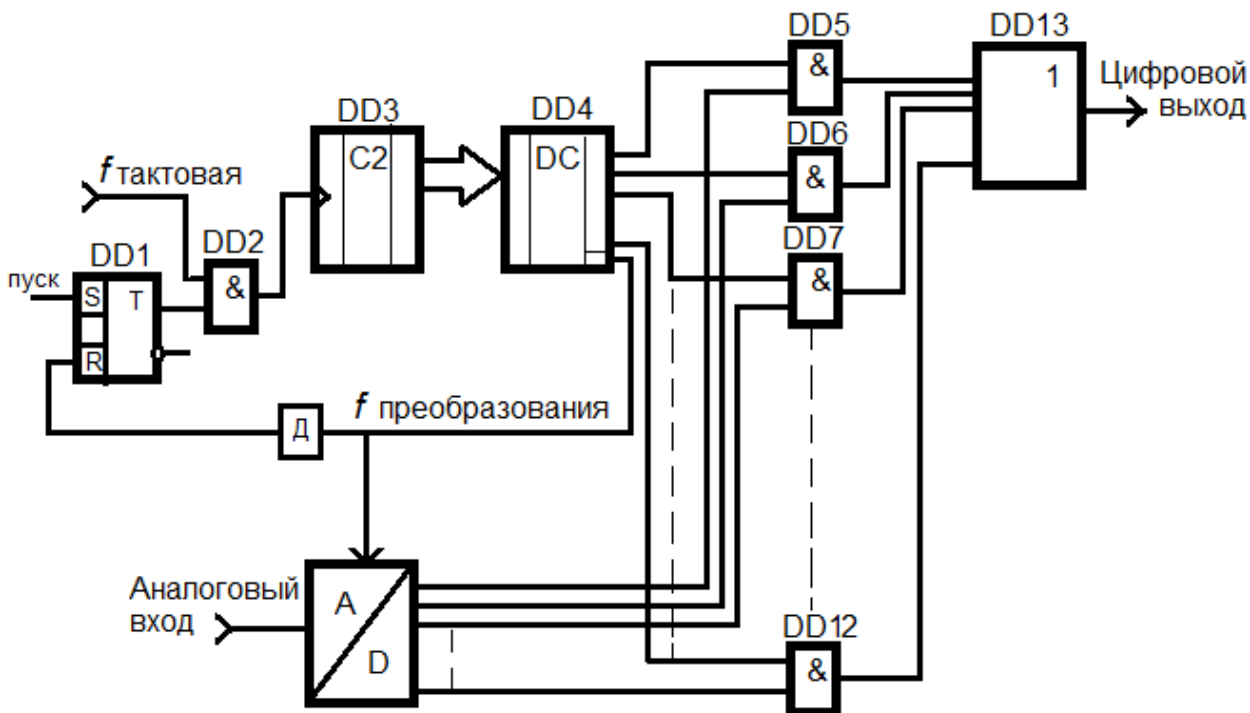


Рисунок 1 – Принципиальная схема

На рисунке 1 приведена принципиальная схема аналого-цифрового преобразователя с последовательным двоичным кодом на выходе. В его состав входит устройство пуска на триггере DD1 и логическом элементе «И» - DD2, выполняющем роль логического умножения $Y=X_1 \cdot X_2$, разрешающем проходить импульсам тактовой частоты на счетчик DD3. Счётчик двоичный организует поступление параллельного кода на дешифратор DD4, выходные сигналы которого в десятичной последовательности поступают на логические элементы DD5 – DD12, они выполняют роль логических ключей ($Y_5=X_1 \cdot X_2$, $Y_6=X_1 \cdot X_2$ и т.д. $Y_{12}=X_1 \cdot X_2$), подключая параллельный цифровой выход аналого-цифрового преобразователя (АЦП) к логическому элементу «ИЛИ» DD13. Элемент DD13 выполняет роль логического сложения $Y_{\text{вых}}=X_5+X_6+\dots+X_{12}$, где $X_5=Y_5$, $X_6=Y_6$, ... $X_{12}=Y_{12}$, на выходе которого формируется последовательный двоичный код. После окончания процесса формирования выходного сигнала (восемь тактов для 8-разрядных АЦП), на выходе счетчика DD3 сигнал «переполнение» подает команду на очередное преобразование АЦП и обнуляет триггер DD1, который останавливает счет. Далее устройство готово к очередному циклу по команде «пуск», поступающей с ЭВМ или вручную.

Разработанные принципы формирования последовательного двоичного код на выходе АЦП позволяет создавать мультиплексные системы сбора данных одновременно с нескольких источников информации в реальном масштабе времени.

Список использованных источников:

1. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл: пер. с англ. – 6-е изд. – М.: Мир, 2003. – 704 с., ил.
2. 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.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ УПРАВЛЯЕМЫЙ ЭВМ

Дорожкин М.В. – студент группы гр. 8пс-51, Коротких В.М. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Проведение научного эксперимента невозможно без создания сенсоров, регистраторов, электронных измерительных приборов, систем управления. Все это требует наличие питающих устройств с различными напряжениями и потребляемой мощностью, а для опорных напряжений аналого-цифровых преобразователей и компараторов требуются прецизионные напряжения. Это сложные и дорогие устройства, требующие определенных материальных ресурсов. Задачей работы – создание лабораторного блока питания, обладающего всеми свойствами перечисленных устройств, с цифровым управлением через ЭВМ. Достоинства взаимодействия цифровых систем через USB – порт очевидны, можно создать компактное многоцелевое устройство с различными сервисными задачами.

Формирование опорных напряжений осуществляется следующим образом: ЭВМ – 1 (рис. 1) через универсальный последовательный порт передает информацию о параметрах питающего напряжения и тока на контроллер 2, а далее через шинный формирователь 3 на предустановку двоичного счетчика 5. С выхода счетчика 5 двоичный параллельный код поступает на вход цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) 6. Выходной аналоговый сигнал ЦАП создает опорное напряжение источника питания.

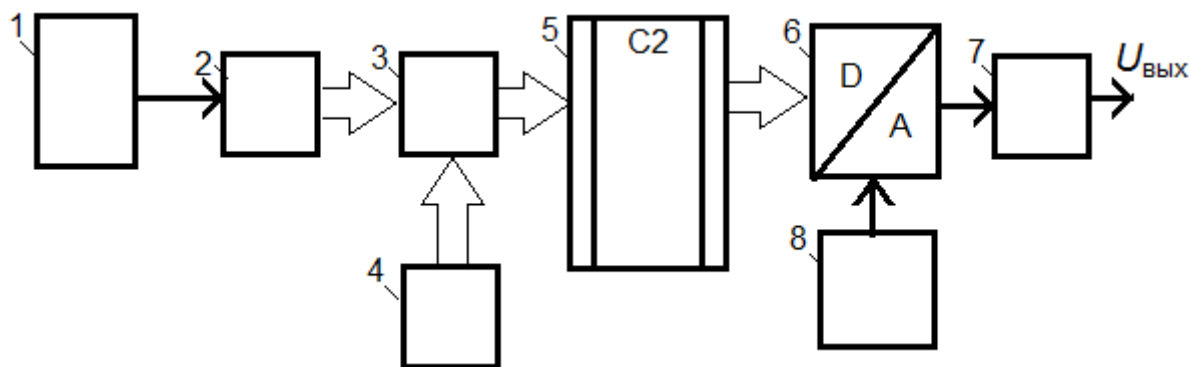


Рисунок 1 – Схема формирования опорного напряжения

Выходной каскад блока питания (Рис. 2а) представляет усилитель по току, мощный транзистор включенный по схеме с общим коллектором, называемый эмиттерным повторителем (ЭП). На рис. 2б показана в качестве примера схема с выходным напряжением 5 В для питания микросхем на ТТЛ – логике.

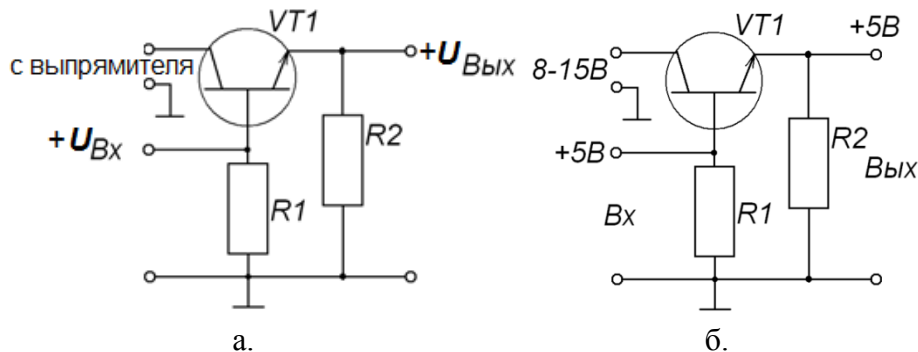


Рисунок 2 – Схема выходного каскада блока питания

В таких схемах базовое напряжение питания подаётся на коллектор, выходной сигнал ЦАП 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].

$$I_{ВХ} = I_{Б} ;$$

$$I_{\text{ВЫХ}} = I_3 ;$$

$$U_{\text{ВХ}} = U_{\text{бэ}} + U_{\text{Rэ}} ;$$

$$U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{Rэ}} ;$$

Коэффициент усиления потока: $I_{\text{ВЫХ}}/I_{\text{ВХ}} = I_3/I_6 = I_3/(I_3 - I_K) = 1/(1 - \alpha) = \beta$ [$\beta \gg 1$];
 Коэффициент усиления по напряжению: $U_{\text{ВЫХ}}/U_{\text{ВХ}} = U_{\text{Rэ}}/(U_{\text{бэ}} + U_{\text{Rэ}}) < 1$
 $U_{\text{ВЫХ}}/U_{\text{ВХ}} = U_{\text{Rэ}}/(U_{\text{бэ}} + U_{\text{Rэ}}) < 1$;

Входное сопротивление: $R_{\text{ВХ}} = U_{\text{ВХ}}/I_{\text{ВХ}} = (U_{\text{бэ}} + U_{\text{Rэ}})/I_6$
 Выходное сопротивление: $R_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{ВЫХ}}/I_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{Rэ}}/I_3 = R_э$

Если принять во внимание, что входное сопротивление усилителя достаточно высокое, то входной ток, определяющий нагрузку ЦАП будет ничтожен, следовательно, имеем полное согласование выходного каскада.

Для предохранения от пробоя можно использовать диод или применить составные транзисторы [2,3], представляющие собой комбинацию из двух каскадно включенных транзисторов. Чаще других используют схему Дарлингтона [2,3] (Рис. 3).

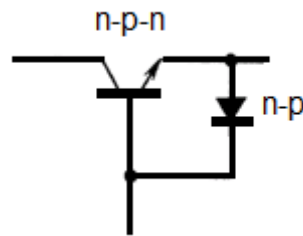


Рисунок 3 – Диод предохраняет переход база-эмиттер от пробоя.

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.

Базовый блок питания эмиттерного повторителя использует любые питающие устройства с постоянным напряжением до 15 вольт, это делает устройство простым и универсальным. Транзисторы используются с обратной проводимостью, например КТ805, КТ815, КТ817, КТ819 или составной КТ827, что дает возможность увеличить потребляемый ток до 3 – 10 ампер.

Следует отметить, что устройство можно использовать автономно, подключая устройство ручного управления 4. Блок 8 регулирует величину напряжения шага дискретизации ЦАП, увеличивая точность выходного напряжения.

Описанный источник питания позволяет подключить и управлять несколькими потребителями с одинаковыми и различными напряжениями, а также дает возможность подключить устройства с высоким потребляемым током.

Список использованных источников:

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.

УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ОДНОКРИСТАЛЬНОМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ

Смаль Д.А. - студент группы, Коротких В.М. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)»

Микроконтроллер (англ. MicroControllerUnit, MCU) — микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами. Типичный микроконтроллер сочетает на одном кристалле функции процессора и периферийных устройств, содержит ОЗУ (оперативное запоминающее устройство) и (или) ПЗУ (постоянное запоминающее устройство). По сути, это однокристальный компьютер, способный выполнять относительно простые задачи. Отличается от микропроцессора интегрированными в микросхему устройствами ввода-вывода, таймерами и другими периферийными устройствами.

Изобретение и дальнейшее развитие микроконтроллеров произвело настоящую революцию в цифровой электронике. Изменились не только схемотехника и элементная база, но и сами принципы построения систем. Значительные изменения претерпел цикл разработки. Появились целые классы устройств, существование которых было бы невозможно без контроллеров.

Одним из наиболее важных достоинств микроконтроллеров является существенное упрощение процесса создания схем. Если сравнивать схемотехнику устройств на жесткой логике и на контроллерах, то последняя намного проще. При разработке требуется только определить, из каких функциональных блоков будет состоять устройство, какими интерфейсами их объединить, и какую элементную базу выбрать. Вместо составления схемы будущего устройства из отдельных деталей теперь применяется блочное проектирование. Микроконтроллер позволяет на одном кристалле создать законченный блок, а то и несколько. Реализация всех алгоритмов работы — теперь задача программы контроллера, а написание программы гораздо менее трудоемко, чем синтез цифровой схемы. С ростом сложности задач, это преимущество становится все более явным. Растущий размер программного кода компенсируется его структурированностью, а также введением дополнительных уровней абстракции. Широко применяются встраиваемые ОС и стандартные библиотеки, что позволяет разделить код, работающий с аппаратурой, и код, задающий поведение и алгоритмы.

Разделение программной и аппаратной части позволило унифицировать элементную базу, что является еще одним достоинством микропроцессоров. Один и тот же контроллер может применяться для создания множества различных устройств. Унификация приводит к снижению стоимости производства. Экономически выгодно производить несколько десятков видов контроллеров вместо сотни разновидностей логических микросхем. Несколько разных по функциональности устройств могут иметь одну и ту же схему, а различаться лишь программой. Наиболее ярким примером могут служить промышленные ПЛК (программируемые логические контроллеры). Они собираются из стандартных модулей: устройств ввода, устройств вывода, вычислительных и интерфейсных модулей. За взаимодействие модулей между собой и алгоритмы работы системы в целом отвечает программная часть.

Для того, чтобы изменить алгоритм работы схемы на жесткой логике, необходимо соединить ее элементы в другом порядке, удалить часть из них или добавить новые. Часто это можно сделать только в процессе макетирования, а когда устройство уже готово, единственный способ внести изменения — выпустить новую версию.

Микроконтроллер в этом отношении дает гораздо больше гибкости. Для внесения изменений в алгоритм работы устройства достаточно загрузить новую «прошивку» - новую версию программного управления.

Ниже представлено устройство, выполняющее функцию дверной охранной сигнализации на микроконтроллере с ИК-управлением.

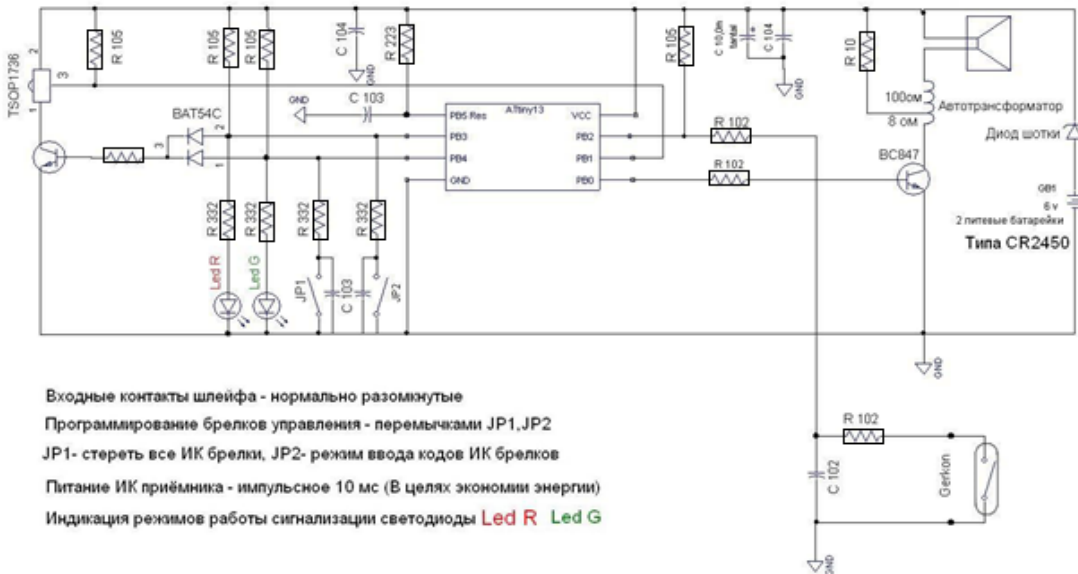


Рисунок 1 – Принципиальная схема охранной сигнализации на микроконтроллере и ИК-управлением.

Данная простая мини-охранная сигнализация на микроконтроллере ATtiny 13 предназначена для охраны квартир, офисов, дач и т.п. При размыкании геркона сигнализация подаёт звуковой сигнал. Управление сигнализацией осуществляется ИК-брелоками. Основные характеристики: динамическое питания фотоприёмника, пробуждение из режима "SLEEP" по прерыванию от сторожевого таймера в режиме "POWER-DOWN", и как следствие низкое энергопотребление - около 30мкА. ИК-приёмник - TSOP1736. Сердцем устройства является микроконтроллер ATtiny13. При размыкании контактов геркона срабатывает сигнализация.

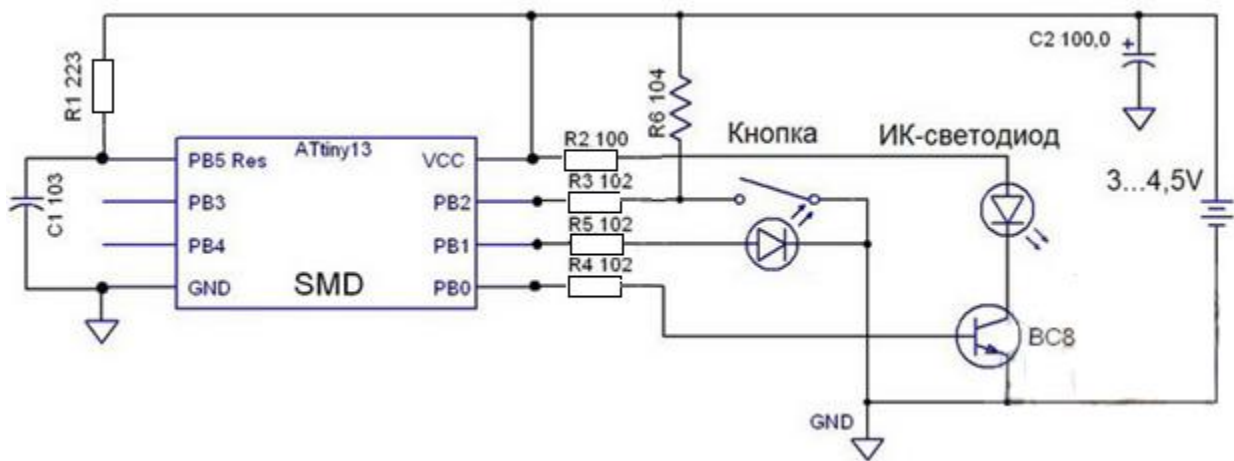


Рисунок 2 – Принципиальная схема брелка.

Список использованных источников:

1. Две стороны повсеместного применения микроконтроллеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/137987/> - (Дата обращения: 09.04.2017).
2. Дверная охранная сигнализация на микроконтроллере с ИК-управлением [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://radiodod.ru/skhema-na-mikrokontrollere/dvernaya-ohrannaya-signalizatsiya-na-mikrokontrollere-s-ik-upravleniem> - (Дата обращения 09.04.2017).

ЛОГИЧЕСКИЕ ТИРИСТОРЫ

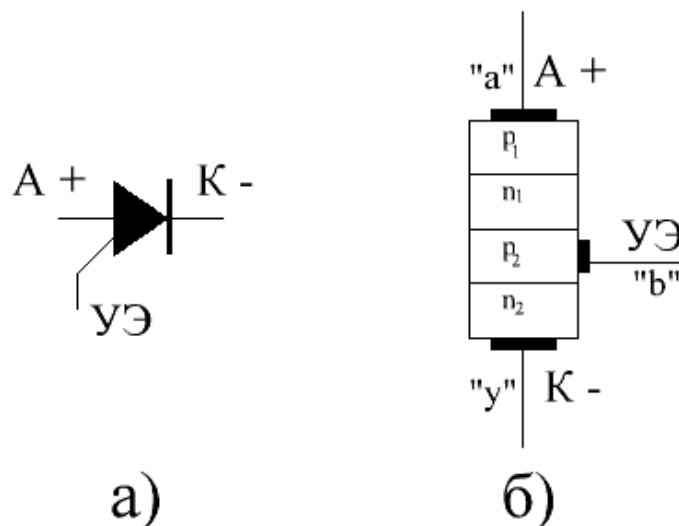
Рыбалкина Т.И., – студент, Рязанова Е.Д. – студент, Иванов И.А. – студент,
Стальная М.И. – к.т.н. профессор

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

В современном производстве существует проблема отсутствия тиристоров для работы в системе управления, построенной на полупроводниковых логических элементах. Весь вопрос заключается в том, что нет широкого использования тиристоров, рассчитанных на маленькие токи- порядка миллиампер. Но иногда есть нужда и в таких маломощных тиристорах, когда проектируют систему управления электрическим приводом.

Так как задача создания таких тиристоров актуальна, то следует создать такую конструкцию, которая подойдет для использования в системе управления электрическим приводом.

Тиристор – это полупроводниковый прибор, у которого помимо основной цепи между анодом и катодом имеется цепь управления. Тиристор «силового» назначения представлен на рисунке 1. Его особенность заключается в одностороннем протекании тока питающей сети при подаче импульса на управляющий электрод.



А – анод, К – катод,
УЭ – Управляющий электрод,
Р – слой с недостатком электронов,
п – слой с избытком электронов.

а) Условно-графическое обозначения тиристора; б) Структурная схема;
Рисунок 1 – Силовой тиристор

Работа тиристора осуществляется следующим образом. При подаче импульса на управляющий электрод тиристор открывается. Если напряжение питания меньше напряжения включения, то тиристор закрыт. Он может проводить ток только в одном направлении, а в закрытом состоянии способен выдержать как прямое, так и обратное напряжение.

Таким образом, логическое уравнение работы тиристора можно представить в виде:

$$y = a * b + a * y \quad (1)$$

По формуле (1) можно создать устройство, выполненное на двух логических элементах «ИЛИ» и «И», работа которого одинакова с работой тиристора, но за счет того, что оно выполнено на логических элементах, способно работать в цепях рассчитанных на маленькие токи. Поэтому такое устройство можно назвать «Логический тиристор». На рисунке 2 представлен такой «Логический тиристор». Его работу можно описать следующим образом. Если сигнал «1» подается на вход «а», на выходе элемента DD1

сигнала не будет, но, при одновременной подаче сигнала «1» на входы «а» и «b», на выходе элемента DD2 будет «1». Эта «1» поступает на логический элемент DD1 и, тогда на выходе «у» элемента DD1 будет «1». Эта логическая единица с выхода «у» теперь будет подана на второй вход DD2, и на его выходе будет сохраняться «1», таким образом на выходе «у» будет сохраняться «1», до тех пор пока на вход «а» не поступит сигнал «0», тогда на выходе «у» будет «0», даже если сигнал на входе «b» будет меняться.

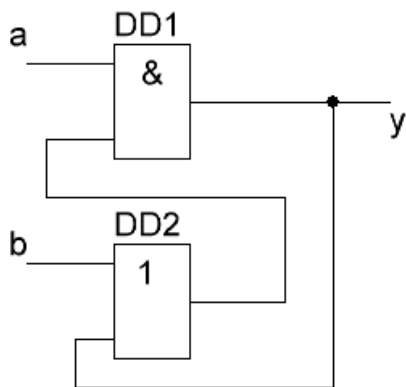


Рисунок 2 – «Логический тиристор».

На основании изложенного, работа логического тиристора аналогично в работе с обычным силовым тиристором, однако логический тиристор выполнен на логических элементах и может работать на маленьких токах (милиАмперы).

Список использованной литературы:

1. С.А.Банкин. Информационно измерительная техника: учебное пособие/ Банкин С.А. – Электрон. Дан. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. -109с.
2. Колмогоров А.Н. Введение В Математическую Логику[Текст]: Учебное пособие для вузов / Колмогоров А.Н. Драгалин А.Г.М. :УРСС, 2013. – 240с-ISBN 978-5354-01447-7
3. Никольская И.Л. Математическая логика: Учебник/ И.Л. Никольская. - : Высш. Школа, 1981. – С.30.
4. А.с. 961126, Н03к 5/153. Устройство для выделения одиночного импульса/ Стальная М.И., Лабузова Н.П. – 3001169 заявлена 03.11.1980, опубл. 23.09.1982.

КОМПАКТНЫЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ЭЛЕМЕНТ ПАМЯТИ

Рязанова Е.Д. – студент, Рыбалкина Т.И. – студент, Иванов И.А. – студент,
Стальная М.И. – к.т.н., профессор

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

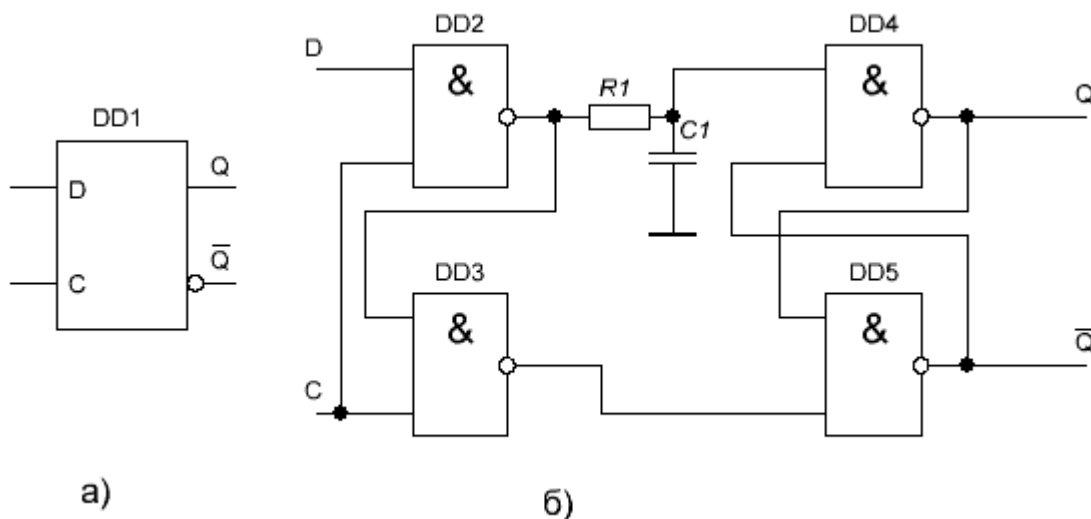
Проблема большинства электронных устройств состоит в необходимости запоминания выходного сигнала, при изменении сигнала на ноль или единицу на входе логического элемента памяти.

Существует несколько типов элементов памяти: механические, магнитные, электрические, оптические и полупроводниковые. Элементы памяти последнего типа обладают малыми габаритами, большой скоростью чтения записи.

Простейшим элементом памяти является триггер. Он способен запоминать логический ноль или единицу на выходе при подаче на вход соответствующего сигнала. Наибольшее распространение в качестве элемента памяти получил D-триггер, его логическая схема представлена на рисунке 1.

Работа D-триггера показана в таблице 1 и происходит следующим образом. При подаче на вход D и C логического нуля, на прямом выходе сигнал ноль, это достигается за счет наличия линии задержки R-C. Во второй строке на вход D подается ноль, на вход C единица, на выходе Q ноль. Третья строка показывает процесс установления единицы,

которая получается при одновременной подаче на вход D и C единицы. В четвертой и пятой строке сигнал, подаваемый на вход D, не изменяется, а изменяется сигнал на вход C ("0" или "1"), но при этом на выходе сохраняется «1». Из этого следует, что, не изменяя единичный сигнал на входе D и чередуя сигнал на входе C, на выходе Q сохраняем единицу (строки 4-5). Для того чтобы перезаписать сигнал на выходе Q, необходимо осуществить одновременную подачу нуля на D и единицы на C, что позволит на выходе Q получить ноль (строка 6). Седьмая и восьмая строка демонстрируют, что сигнал на выходе Q действительно был сохранен. Даже, чередуя ноль и единицу на входе C, при постоянном нулевом сигнале на входе D, на выходе Q образуется сигнал ноль.



а) – условное обозначение D-триггера

б) – блок схема D-триггера

Рисунок 1 - Логическая схема D-триггера

Таблица 1 - Таблица истинности для D-триггера

№ строки	D	C	Q	\bar{Q}
1	0	0	0	1
2	0	1	0	1
3	1	1	1	0
4	1	0	1	0
5	1	1	1	0
6	0	1	0	1
7	0	0	0	1
8	0	1	0	1

На основании этого можно получить уравнение работы триггера:

$$Q = D * C + D * Q = D(C + Q) \quad (1)$$

На основе формулы (1) можно составить новое устройство, работу которого описывает формула 2, стоит заметить, что выход Q будет соответствовать «у», вход «а» - это D, вход «б» - это C:

$$y = a * b + a * y = a(b + y) \quad (2)$$

Исходя из формулы 2, можно создать устройство, логическая схема которого соответствует рисунку 2. В состав нового устройства будут входить два диода (D1-D2) и один логический элемент "И" (DD1).

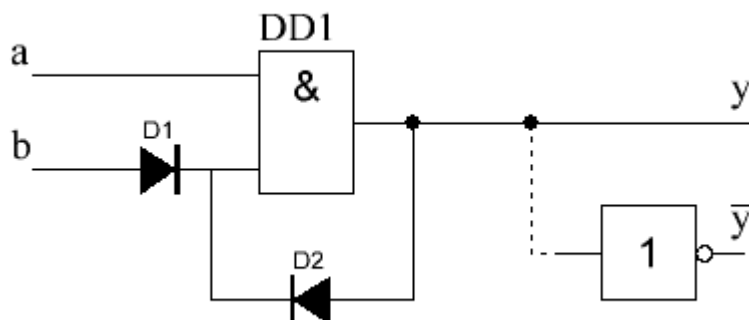


Рисунок 2 - Схема устройства

Рассмотрим таблицу работы нового устройства (таблица 2). При подаче на вход «а» и «b» логического нуля, на выходе «у» появляется сигнал «0», при чём, если требуется инверсный выход, то к выходу «у» добавляется логический элемент инверсия. Во второй строке на вход «а» подается сигнал ноль, а на вход «b» сигнал единица, на выходе «у» получаем сигнал равный нулю. Третья строка показывает процесс появления единицы на выходе «у», которая получается при одновременной подаче на вход «а» и «b» единицы. Теперь при постоянной подаче на вход «а» единицы, а на вход «b» либо единицы, либо нуля, на выходе «у» будет оставаться единичный сигнал (строки 4-5). Такой результат достигается благодаря диодам (D1-D2), диод D1 не дает сигналу, проходящему через диод D2, пойти на выход «b», поэтому сигнал закольцовывается и постоянно проходит через логический элемент DD1. Для того, чтобы перезаписать сигнал на выходе «у», необходимо осуществить одновременную подачу нуля на «а» и единицы на «b», что позволит нам на выходе получить ноль (строка 6). Теперь при чередовании нуля и единицы на вход «b» и неизменной подаче нулевого сигнала на вход «а», на выходе «у» будет получаться нулевой сигнал (строки 7-8). Из выше сказанного следует, что данное устройство (рисунок 2) способно запоминать «1» или «0» так же, как и D-триггер.

Таблица 2 - Таблица истинности для нового устройства.

№ строки	a	b	y
1	0	0	0
2	0	1	0
3	1	1	1
4	1	0	1
5	1	1	1
6	0	1	0
7	0	0	0
8	0	1	0

«Компактный полупроводниковый элемент памяти» имеет более простую конструкцию, по сравнению с D-триггером. Так D-триггер состоит из четырех логических элементов, а новое устройство из двух диодов и одного логического элемента, следовательно, имеет меньшую стоимость, чем D-триггер. «Компактный полупроводниковый элемент памяти» обладает высокой степенью надёжности.

Как видно из выше сказанного, «Компактный полупроводниковый элемент памяти» обладает более высоким показателем надежности, чем D-триггер, это объясняется простотой его конструкции.

Список используемых источников:

1. А.с. 1115654А, Н 03 К 5/153, 621.373.431(088.8).Устройство для выделения первого целого одиночного импульса /Стальная М.И., Капустин С.Д., Демчик С.А. – 3390925, заявлено 5.02.82, опубл. 22.05.84.
2. Колмогоров А.Н. Введение В Математическую Логику [текст]: Учеб. Пособие для вузов/ Колмогоров А.Н., Драгалин А.Г. М. : УРСС, 2013. – 240 С – ISBN 978-5354-01447-7.
3. Никольская И.Л. Математическая логика: Учебник. / И.Л.Никольская. - М.Ж Высш. Школа, 1981. – С. 30.
4. Банкин С.А., Информационно измерительная техника: учебное пособие. – Барнаул: АлтГТУ, 2010 –109с.

ОДНОФАЗНО-ТРЕХФАЗНЫЙ КОММУТАТОР ДЛЯ ЗАПУСКА И РАБОТЫ ТРЕХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ

Еремочкин К.С. – студент группы С-41, Еремочкин С.Ю. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова(г. Барнаул)

Как известно [1], трехфазные асинхронных короткозамкнутые электродвигатели имеют целый ряд преимуществ перед специализированными асинхронными однофазными двигателями. Однако включение трехфазного асинхронного электродвигателя в однофазную сеть выдвигает ряд особенных требований. Наибольшее распространение получил конденсаторный способ запуска трехфазного двигателя от однофазной сети.

У метода запуска трехфазного двигателя от однофазной сети с использованием емкостных фазосдвигающих цепей имеются следующие недостатки:

- 1) Отсутствие возможности регулировки скорости электродвигателя;
- 2) Небольшая развиваемая электродвигателем мощность (до 40% от номинального значения);
- 3) низкая надежность и повышенная стоимость ввиду наличия в схеме конденсаторов;
- 4) большие габариты ввиду необходимости использования в схеме бумажных конденсаторов.

Вследствие серьезности перечисленных недостатков возникает задача нахождения более простого, стабильного и малогабаритного способа включения трехфазного асинхронного короткозамкнутого двигателя в однофазную сеть.

В случае если необходимо осуществлять только запуск и работу трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя от однофазной сети переменного тока [2], без осуществления регулирования угловой скорости, но с возможностью осуществления реверса, возможно использование однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора, ведомого однофазной сетью (рисунок 1) [3].

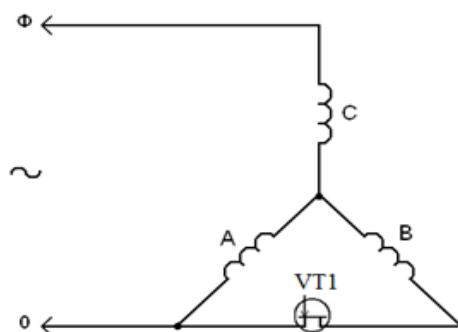


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема предлагаемого полупроводникового устройства бесконденсаторного запуска трёхфазного короткозамкнутого электродвигателя от однофазной сети, при соединении обмоток статора в звезду

Векторно-алгоритмическое управление однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора, ведомого однофазной сетью, осуществляется следующим образом. В статорные обмотки трехфазного асинхронного двигателя подается однофазное переменное напряжение посредством коммутации соответствующих полупроводниковых ключей (транзисторы VT1 и VT2), обеспечивающих получение вращающегося магнитного поля статора (рисунок 2).

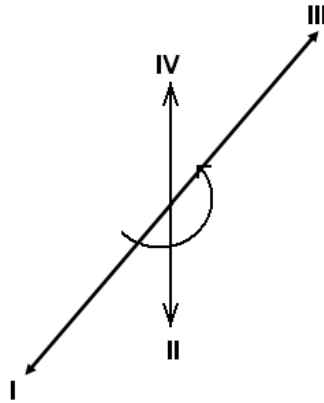


Рисунок 2 – Векторная диаграмма вращения состоящего из четырех фиксированных положений магнитного потока поля статора

Кроме того, в работе однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора, ведомого однофазной сетью, используется свойство транзисторов пропускать ток в ключевом режиме в прямом и обратном направлениях вследствие симметричной структуры.

На рисунке 3 показаны осциллограммы напряжений на статорных обмотках электродвигателя, при вращения вектора магнитного потока вращающегося поля статора двигателя в соответствии с векторной диаграммой, показанной на рисунке 3.

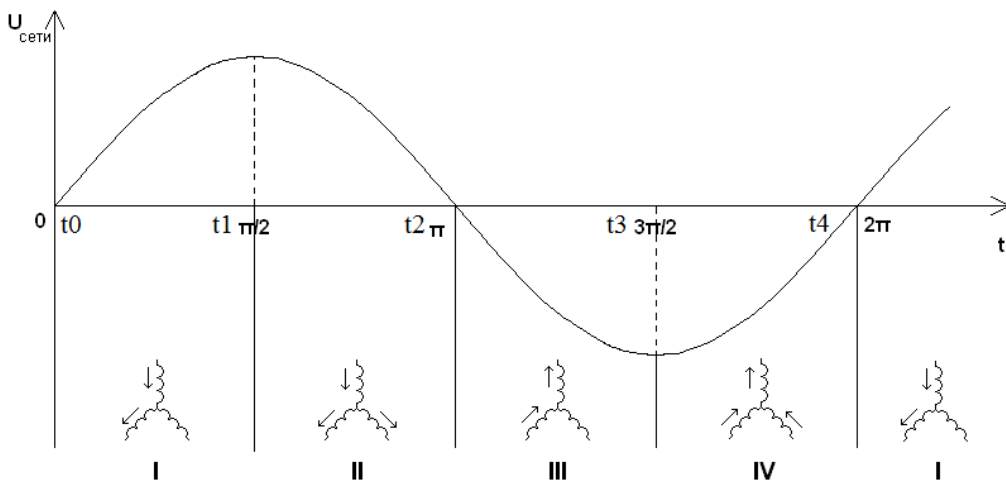


Рисунок 3 – Пофазное изменение магнитного потока в обмотках статора в соответствии с векторной диаграммой, изображённой на рисунке 2.

Были проведены расчетные исследования при помощи векторно-алгоритмического метода [4], в результате которых установлено, что мощность развиваемая электродвигателем, питание которого осуществляется по схеме, представленной на рисунке 1, составляет порядка 67% от номинальной. Таким образом, разработанный однофазно-

трехфазный транзисторный реверсивный коммутатор, ведомого однофазной сетью, рекомендуется к использованию для запуска и работы трехфазных асинхронных электродвигателей от однофазной сети переменного тока.

Список использованных источников:

1. Коломиец А.П., Кондратьева Н.П., Владыкин И.Р., Юран С.И. Электропривод и электрооборудование. М.: КолосС. 2006. 328 с.

2. Khalina T.M., Stalnaya M.I., Eremochkin S.Y. Therational 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). 2011. № 22. Code 02EPЕ10. P. 105-107.

3. Преобразователь частоты, ведомый однофазной сетью переменного тока, для питания однофазного асинхронного двигателя: пат. 109938 Рос. Федерация. № 2011120730/07; заявл. 23.05.2011; опубл. 10.10.2011; Бюл. №30. 2 с.

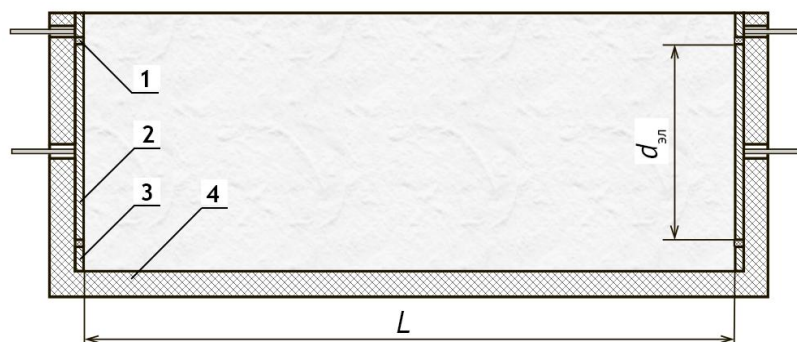
4. Халина Т.М., Стальная М.И., Еремочкин С.Ю. Оценка эффективности использования трехфазных асинхронных электродвигателей в однофазной сети при векторно-алгоритмическом управлении // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. №12. С.103-107.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОВОДИМОСТИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

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

Технология выпечки хлеба основанная на электроконтактном (ЭК) прогреве, на сегодняшний день является одним из самых интенсивных способов. Данная технология обладает целым рядом преимуществ по сравнению с традиционными способами выпечки хлеба. Особенностью ЭК – способа выпечки является то, что полученный хлеб не имеет привычной поджаристой корочки, однако с точки зрения полезности такого хлеба при употреблении в пищу, это является плюсом данной технологии [1]. Малое время выпечки, чрезвычайно низкое энергопотребление, достаточно высокое качество получаемой продукции и некоторые другие достоинства заставляют обратить внимание на ЭК – технологию, которая в настоящее время только начинает глубже исследоваться [1,2,3].

ЭК-установка для выпечки хлеба (рисунок 1), состоящая из диэлектрического корпуса 4 и двух электродов 2 между которыми размещается тесто, конструктивно достаточно проста [3,4].



1 - межэлектродный изолятор; 2 – электрод;
3 - охранный электрод; 4 - диэлектрический корпус.
Рисунок 1 – Конструкция камеры ЭК - выпечки

Нагрев осуществляется за счет джоулева тепла, выделяемого в объеме теста вследствие протекания через хлебопекарное тесто электрического тока. Это возможно

благодаря тому, что тесто, содержащее в своем составе различные компоненты такие как соли, кислоты, спирты, воду и др., является электропроводным, и в то же время обладает некоторым омическим сопротивлением, на котором и выделяется энергия [4,5,6].

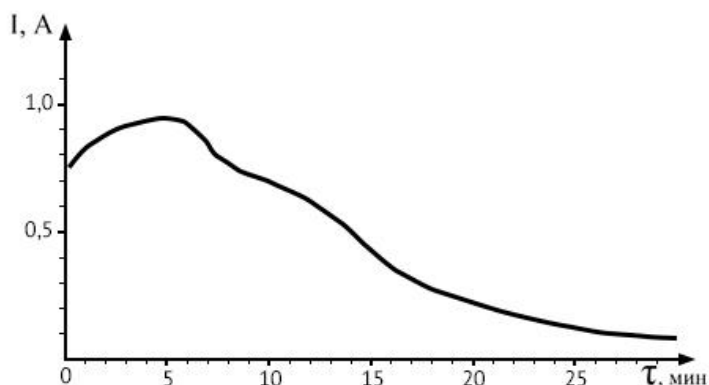


Рисунок 2 – График изменения значения тока в процессе выпечки хлеба

В процессе выпечки хлеба ЭК – способом, наблюдается изменение электропроводности (рисунок 2), на протяжении всего времени. На первом этапе, когда только начинает происходить разогрев теста, наблюдается рост электропроводности, вызванный в первую очередь увеличением поперечного сечения тестовой заготовки, вызванный как набуханием клейковины, так и газообразованием [4]. В дальнейшем, когда белковые вещества теста денатурируются и часть высвобожденной влаги станет выходить в виде пара, проводимость начнет падать, вплоть до полного перехода теста в хлебный мякиш. При достижении минимальной для определенного хлеба проводимости, электрический ток уже не будет оказывать какого-либо существенного воздействия на уже готовое изделие. В этом случае процесс выпечки можно считать завершенным [2,4].

Представленный график изменения тока от времени (рисунок 2) справедлив для случая, когда по всему сечению ток протекает равномерно. Однако на практике это не всегда удастся получить. Из-за конструкции ЭК-печи, в процессе закладки тестовой заготовки могут появиться зоны неоднородностей, вызванные краевым эффектом, когда не все тесто имеет контакт с электродом. На рисунке 3 представлено распределение плотности тока (рисунок 3б), а также напряженности (рисунок 3а) в продольном сечения ЭК-установки при подаче питающего напряжения в начальный момент выпечки.

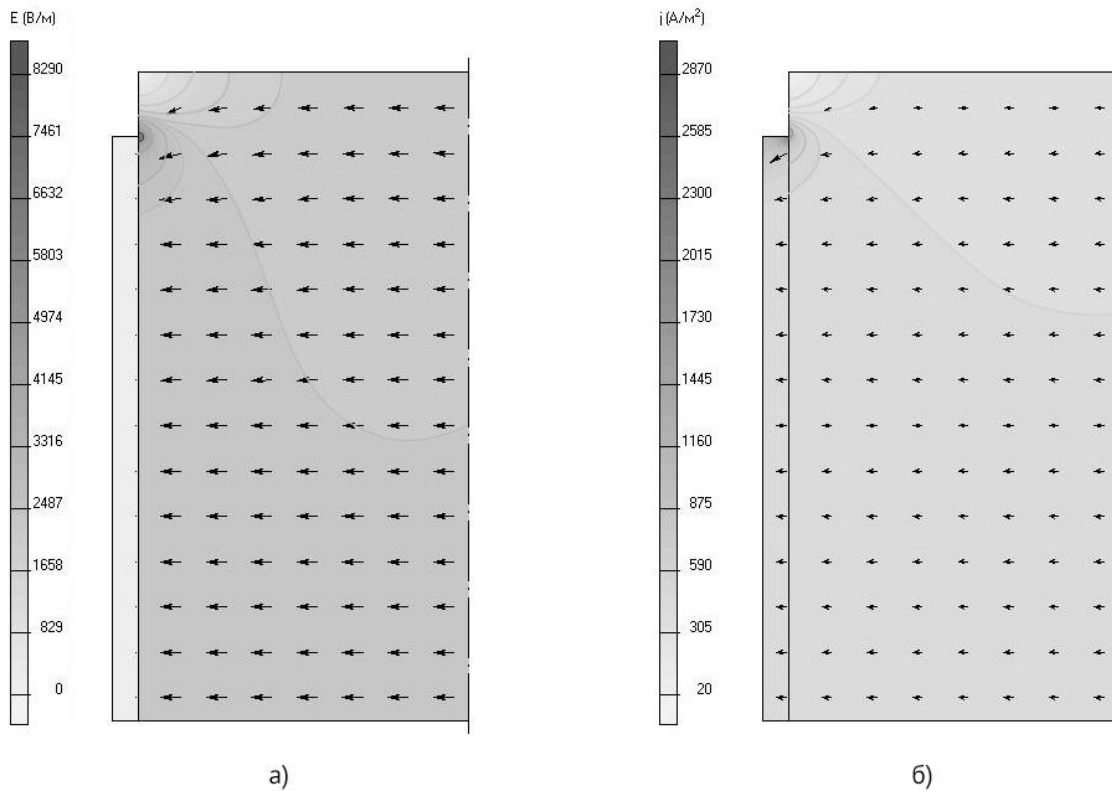


Рисунок 3 – Карты распределения электрических параметров

Из-за присутствующего краевого эффекта наблюдается искривление полей, при этом наибольшее значение как напряженности, так и плотности тока фиксируется в зоне контакта края электрода с тестом. Неравномерность также наблюдается и в ближайшей к краю электрода зоне, которая по высоте электрода убывает, достигая определенного уровня. На рисунке 4 и рисунке 5 представлены графики распределения напряженности и плотности тока соответственно.

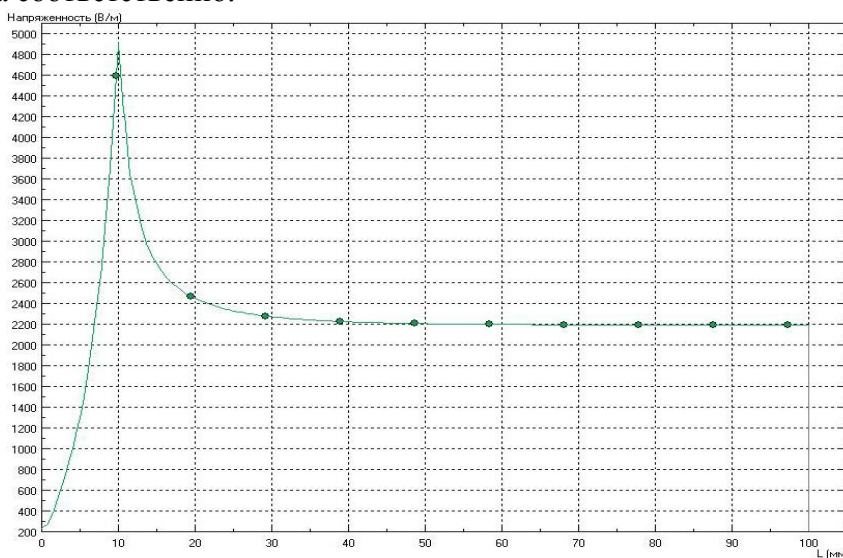


Рисунок 4 – График распределения напряженности по длине электрода

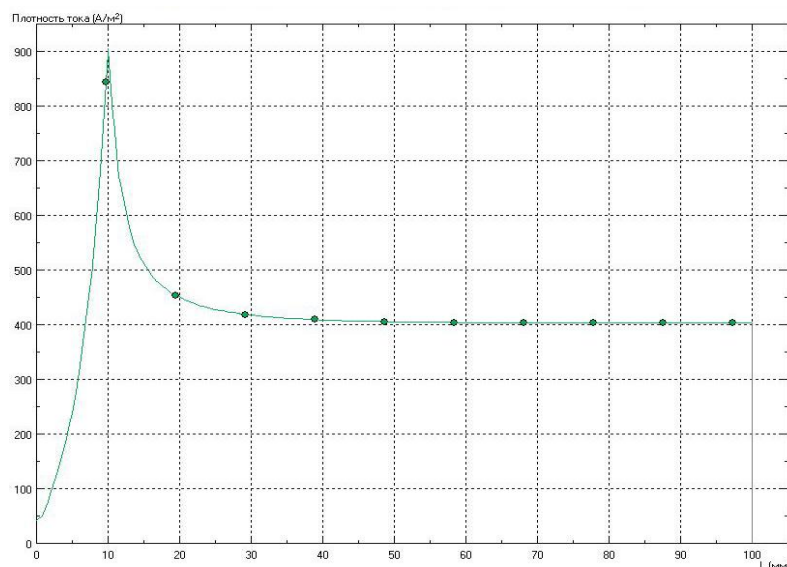


Рисунок 5 – Графики распределения плотности тока по длине электрода

Из анализа кривых можно предположить, что при подаче питающего напряжения на электроды ЭК-печи, наибольшее выделение тепла в тесте будет наблюдаться в экстремальной зоне – на границе с краем электрода, при этом тесто, находящееся выше этой зоны остается практически сырым. Дальнейший процесс выпечки несколько выравнивает ситуацию, в связи с тем, что в зонах с большим тепловыделением, быстрее произойдут физико-химические процессы, протекающие при термической обработке теста [4]. Проводимость в таких зонах изменится быстрее чем во всем объеме теста, благодаря чему и произойдет перераспределение плотности тока. Пропечённое тесто, обладает достаточно высоким электрическим сопротивлением и ток начинает проходить через зоны где тесто еще обладает высокой проводимостью, в результате чего в этих зонах начнет интенсифицироваться тепловыделение. В идеале, по окончанию процесса выпечки, тесто должно полностью перейти в состояние готового хлебного мякиша, без сырых не пропеченных зон. Как правило это и удается получить, за исключением случаев, когда в самом тесте появляются неоднородности, носящие различный характер.

Список использованных источников:

1. Сидоренко Г. А., Попов В. П., Касперович В. Л. Исследование особенностей выпечки бескоркового хлеба на основе системного подхода // Вестник ОГУ. 1999. №1 С.81-86.
2. Ялалетдинова Д.И., Сидоренко Г.А., Попов В.П. Применение электро-контактного энергопровода для выпечки зернового хлеба // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – №2 – С. 23-26.
3. Дорожкин М.В., Первухин Б.С. Обоснование выбора параметров питания камеры ЭК-выпечки хлеба//Журнал Ползуновский альманах, №2/2016 г. с 194-196.
4. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 415 с.
5. Лопатин Б.А. Кондуктометрия. – Новосибирск, 1964. – 280 с. Евдокимов, Ф.Е. Теоретические основы электротехники [Текст]: учеб. для средн. проф. обр. / Ф.Е. Евдокимов – М.: Academia, 2004. – 560 с.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ РЕГУЛЯТОР СКОРОСТИ ОДНОФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С ЯВНО ВЫРАЖЕННЫМ ЗВЕНОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Титова А. А. – студент, Королёв Д. А. – студент, Еремочкин С. Ю. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

В данной статье рассмотрен вопрос разработки полупроводникового регулятора скорости однофазного асинхронного двигателя с явно выраженным звеном постоянного тока. Рассматриваемый регулятор позволяет повысить надежность работы устройства путем нейтрализации отрицательного действия ЭДС самоиндукции, возникающей при коммутации обмоток статора электродвигателя.

Современный образ жизни очень сложно представить без электроприборов, используемых в быту и в повседневной жизни. Обычно в таких приборах используются однофазные асинхронные двигатели, в силу своей способности преобразовывать энергию из однофазной сети переменного тока [1].

Известен однофазный конденсаторный электродвигатель [2]. Недостатками данного двигателя являются невозможность регулирования скорости вращения и большие габариты вследствие необходимости использования бумажных конденсаторов большой емкости.

Для устранения вышеуказанных недостатков на кафедре «Электротехника и автоматизированный электропривод» АлтГТУ разработан полупроводниковый регулятор скорости однофазного асинхронного электродвигателя с явно выраженным звеном постоянного тока (рисунок 1) [3].

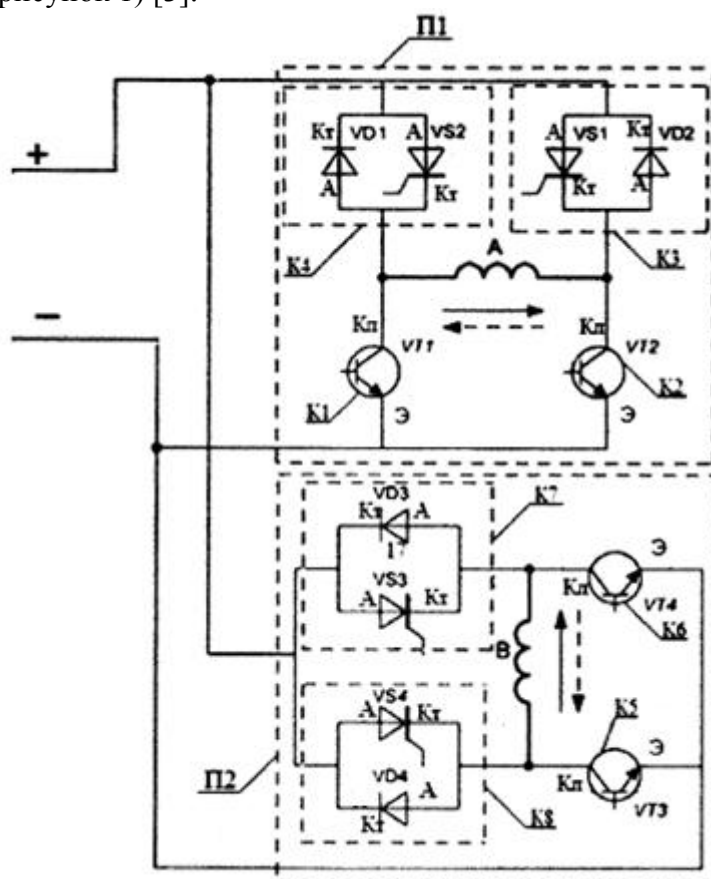


Рисунок 1 - Принципиальная электрическая схема

С помощью данного регулятора скорости, можно осуществить векторно-алгоритмическое управление однофазным асинхронным электродвигателем, создавая несколько типов вращающихся полей статора [4-8].

Рассмотрим векторно-алгоритмическое управление прохождением шести (рисунок 2) последовательных фиксированных положений вектора магнитного потока кругового вращающегося поля. На рисунке 3 представлено пофазное изменение магнитного потока в обмотках статора электродвигателя в соответствии с векторной диаграммой, представленной на рисунке 2.

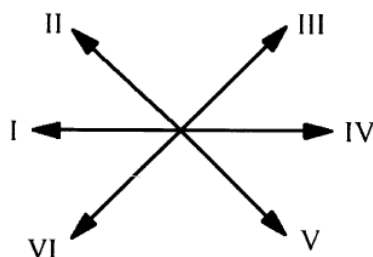


Рисунок 2 - Векторная диаграмма кругового вращающегося поля статора электродвигателя

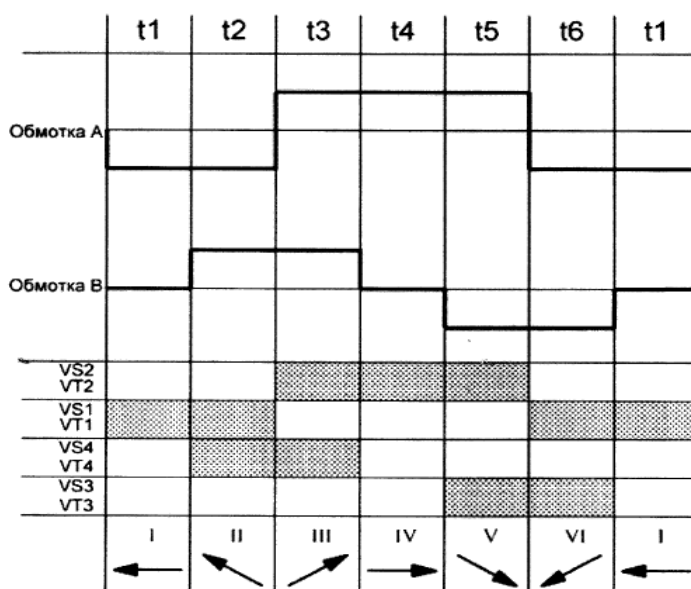


Рисунок 3 - Направления электромагнитного потока и протекающего тока по обмоткам статора электродвигателя

Для обеспечения работы регулятора в рассматриваемом режиме необходимо подавать управляющие импульсы на базы транзисторов VT1, VT2, VT3, VT4 и управляющие электроды тиристоров VS1, VS2, VS3, VS4 в следующем порядке. ЭДС самоиндукции, возникающая в обмотках статора при выключении транзисторов, будет замыкаться через соответствующие диоды и тиристоры:

- в промежуток времени t1 подается управляющий импульс на базу транзистора VT1 и управляющий электрод тиристора VS1 (ток протекает по обмотке А статора) – I положение магнитного потока;

- в промежуток времени t2 подается управляющий импульс на базы транзисторов VT1 и VT4, управляющие электроды тиристоров VS1 и VS4 (ток протекает по обмоткам А и В статора) – II положение магнитного потока;

- в промежуток времени t3 подается управляющий импульс на базы транзисторов VT4 и VT2, управляющие электроды тиристоров VS4 и VS2 (ток протекает по обмоткам А и В статора) – III положение магнитного потока;

- в промежуток времени t_4 подается управляющий импульс на базу транзистора VT2 и управляющий электрод тиристора VS2 (ток протекает по обмотке А статора) –IV положение магнитного потока;

- в промежуток времени t_5 подается управляющий импульс на базы транзисторов VT2 и VT3, управляющие электроды тиристорov VS2 и VS3 (ток протекает по обмоткам А и В статора) – V положение магнитного потока;

- в промежуток времени t_6 подается управляющий импульс на базы транзисторов VT1 и VT3, управляющие электроды тиристорov VS1 и VS3 (ток протекает по обмоткам А и В статора) – VI положение магнитного потока.

Далее процесс включения транзисторов и тиристорov повторяется, начиная с момента времени t_1 .

Изменяя частоту коммутации полупроводниковых ключей, можно обеспечить плавное регулирование скорости вращения электродвигателя. Изменяя степень открытия транзисторных ключей, можно изменять напряжение, подводимое к статорным обмоткам электродвигателя.

Таким образом, данный преобразователь частоты имеет преимущества по сравнению с конденсаторным электродвигателем вследствие возможности регулирования скорости вращения, а также повышенной надежности вследствие нейтрализации отрицательного действия ЭДС самоиндукции, возникающей при коммутации обмоток статора электродвигателя.

Список использованных источников:

1. Стальная, М. И. Автоматизированный электропривод: учебное пособие / М. И. Стальная, А. М. Головачев, С. Ю. Еремочкин, А. С. Ведманкин. - Барнаул: ФБГОУ ВО "Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова", 2016. - 91 с.

2. Вольдек А.И. Электрические машины / А.И. Вольдек. Ленинград: «Энергия», 1978. - С. 608, рис. 30-6г.

3. Полупроводниковое устройство регулирования скорости однофазного двухобмоточного асинхронного электродвигателя с явно выраженным звеном постоянного тока: пат. 2613645 Рос. Федерация. №2015157024; заявл. 29.12.2015; опубл. 16.03.2017, Бюл. №8.

4. Стальная М.И., Еремочкин С.Ю. Моделирование электромеханических характеристик трехфазного электродвигателя с преобразователем, выполненным по схеме однофазная сеть - трехфазная сеть // Электротехника. 2016. №12. С. 60-63.

5. Халина Т. М., Стальная М. И., Еремочкин С. Ю. Оценка эффективности использования трехфазных асинхронных электродвигателей в однофазной сети при векторно-алгоритмическом управлении // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2011. - №12. - С. 103-107.

6. Стальная М.И., Еремочкин С.Ю., Дедяев К.Е., Еремочкина А.В. Разработка однофазно-трехфазного реверсивного коммутатора для управления трехфазным асинхронным электродвигателем // Сборник статей II Международной научно-технической конференции «Современные проблемы Электроэнергетики. Алтай-2014» – Барнаул, ноябрь 2013. - Барнаул: Издательство АлтГТУ, 2014. - С. 272-277.

7. Стальная М.И., Еремочкин С.Ю. Моделирование электромеханических характеристик трехфазного электродвигателя с преобразователем векторно-алгоритмического типа в среде MATLAB SIMULINK // Электроприводы переменного тока: Труды шестнадцатой Международной научно-технической конференции – г. Екатеринбург, 05-09 октября 2015 г. Екатеринбург: ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», 2015. – С. 145-148.

8. Халина Т.М., Стальная М.И., Еремочкин С.Ю. Рациональное использование трёхфазных асинхронных короткозамкнутых двигателей в отдалённых фермерских хозяйствах при однофазном электроснабжении // Электротехника. 2012. №10. С. 42-46.

ВЛИЯНИЕ ЗАГРУЗКИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Пилипчук Д.Н. – студент гр. 8Э-53, Федянин В.Я. - д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Самым распространенным и наиболее мощным потребителем электрической энергии на промышленных предприятиях, независимо от их характера, являются асинхронные электродвигатели. Они составляют основную часть промышленной нагрузки и на их долю приходится до 80 % всей потребляемой в промышленности электрической энергии.

Широкое применение асинхронных электродвигателей в первую очередь обуславливается простотой в обслуживании и эксплуатации, простотой конструкции, низкой стоимостью и высокой надежностью. В зависимости от типа обмотки роторы трехфазных асинхронных двигателей делятся на короткозамкнутые и фазные.

Электрические потери в двигателях подразделяются на:

- потери электроэнергии в обмотках двигателя. Они пропорциональны активному сопротивлению обмоток и квадрату тока нагрузки. Эти потери вызывают нагрев обмоток;
- потери в стали. Эти потери не зависят от нагрузки двигателя и зависят лишь от напряжения питания;
- потери на рассеивание магнитного потока. Эти потери зависят от скорости вращения двигателя, но не зависят от нагрузки.

При снижении загрузки асинхронных двигателей увеличивается доля потребления реактивной мощности по отношению к активной, что приводит к уменьшению коэффициента мощности, коэффициент полезного действия электродвигателя снижается. К примеру, асинхронный электродвигатель мощностью 5 кВт, имеющий КПД 80% при номинальной нагрузке, при нагрузке 50% снижает свой КПД до 55 %. Электродвигатель мощностью 150 кВт при тех же нагрузках имеет КПД соответственно 90 и 65 %. При нагрузке асинхронного двигателя менее 45 % его целесообразно менять на другой двигатель с соответствующей номинальной мощностью. При нагрузке более 70 % замена двигателя нецелесообразна. При нагрузке 45-70 % требуется проводить экономический расчет целесообразности замены двигателя. Если определить суммарные потери активной мощности электродвигателя и в системе электроснабжения до замены $P_{\Sigma 1}$ и после замены $P_{\Sigma 2}$, покажется, что $P_{\Sigma 2} < P_{\Sigma 1}$, то замена электродвигателя будет целесообразна. Потери активной мощности можно подсчитать по формуле:

$$P_{\Sigma} = [Q_x * (1 - K_3^2) + K_3^2 * Q_{д.ном}] * K_{и.п.} + \Delta P_x + K_3^2 * \Delta P_{а.н.},$$

где $Q_x = \sqrt{3} * U_{д.ном} * I_x$ – реактивная мощность, потребляемая электродвигателем на холостом ходу, кВар; I_x – ток холостого хода электродвигателя, В; $K_3 = P/P_{д. ном}$ – коэффициент загрузки двигателя; $P_{д. ном}$ – номинальная мощность двигателя, кВт; P – средняя мощность загрузки двигателя, кВт; $\Delta P_{а.н.} = \Delta P_x / \gamma$ – прирост активной мощности в двигателе при 100% нагрузке, кВт; $Q_{д.ном} = \frac{P_{д.ном}}{\eta_d} * tg\varphi_{ном}$ – реактивная мощность двигателя при номинальной нагрузке, кВар; $tg\varphi_{ном}$ – номинальный коэффициент реактивной мощности двигателя; $K_{и.п.}$ – коэффициент измерения потерь, кВт/квар; ΔP_x – активные потери холостого хода двигателя, кВт:

$$\Delta P_x = P_{д.ном} \left(\frac{1 - \eta_d}{\eta_d} \right) * \left(\frac{\gamma}{1 + \gamma} \right)$$

где: $\gamma = \Delta P_x / \Delta P_{а.н.}$ – расчетный коэффициент, зависящий от конструкции двигателя, его можно найти из выражения:

$$\gamma = \frac{\Delta P_x \%}{(1 - \eta_d \%) - \Delta P_x \%},$$

где: $\Delta P_x \%$ - потери холостого хода активной мощности, потребляемой двигателем при нагрузке 100% (в процентах).

Коэффициент мощности асинхронного двигателя также снижается при неполной нагрузке: при номинальной нагрузке $\cos \varphi = 0,85$, при 50 % нагрузке – 0,74 и при нагрузке 25 % – 0,56. По Таблице 1 можно определить значение $\cos \varphi$ при неполной нагрузке, если известно значение $\cos \varphi$ при номинальной нагрузке.

Таблица 1 – Фазный ток на 1 кВт мощности в зависимости от фазного напряжения и коэффициента мощности

cos φ	Фазный ток I, А при фазном напряжении U, В				tgφ
	220	380	6000	10000	
1	2,62	1,52	0,096	0,0575	0
0,95	2,76	1,6	0,101	0,0605	0,33
0,9	2,91	1,68	0,107	0,064	0,485
0,85	3,08	1,79	0,113	0,068	0,62
0,8	3,28	1,9	0,12	0,072	0,75
0,75	3,5	2,02	0,128	0,077	0,88
0,7	3,75	2,17	0,137	0,0825	1,02
0,65	4,03	2,34	0,148	0,0885	1,17
0,6	4,37	2,53	0,16	0,096	1,33
0,55	4,77	2,76	0,175	0,105	1,52
0,5	5,22	3,04	0,192	0,1155	1,73
0,45	5,83	3,37	0,214	0,1280	1,99
0,4	6,56	3,8	0,24	0,144	2,26

Чтобы повысить КПД двигателя, работающего с неполной нагрузкой, необходимо снизить напряжение питания, тем самым уменьшив его потери в стали. Это можно реализовать, например, с помощью тиристорного регулятора напряжения.

Для электродвигателей, работающих длительное время с малой нагрузкой, одним из самых простых способов повышения КПД является переключение обмоток с треугольника на звезду. Потери электроэнергии в двигателях при этом уменьшаются приблизительно в 2 раза.

Необходимо избегать продолжительной работы электродвигателей на холостом ходу. Если промежутки работы асинхронных двигателей на холостом ходу достаточно велики, то целесообразно на это время отключать электродвигатели от сети.

Часто экономичные режимы работы электропривода удается получить путем замены одного из двух одинаково мощных двигателей, работающих всегда с недогрузкой, на электродвигатель меньшей мощности. Например, это можно применить на насосах водоснабжения. При изменении нагрузки можно при правильном выборе мощности электродвигателя получить заметную экономию электроэнергии.

В заключении хотелось бы отметить, что проведение мероприятий по рационализации работы асинхронных двигателей на промышленных предприятиях должно быть направлено на естественное уменьшение величины потребляемой ими реактивной мощности, снижение tgφ асинхронных двигателей и, таким образом, должно способствовать поддержанию нормируемых значений коэффициента реактивной мощности в промышленных электрических сетях и значительному повышению общей энергетической эффективности предприятий.

Список использованных источников:

1. Железко, Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии [Текст] : руководство для практических расчетов / Ю. С. Железко. – Москва : ЭНАС, 2009. – 456 с.: ил.

2. Практическое пособие по выбору и разработке энергосберегающих проектов/ В семи разделах. Под общей редакцией д.т.н. О.Л. Данилова, П.А. Костюченко. М.: ЗАО «Технопромстрой», 2006. – 668с.

3. Александров, Д. С. Надежность и качество электроснабжение предприятий [Текст] : учебное пособие / Д. С. Александров, Е. Ф. Щербаков. – Ульяновск : Изд-во УлГТУ, 2010. – 155 с.

4. Беляевский, Р. В. Анализ коэффициента загрузки силовых трансформаторов в электрической сети промышленного предприятия / Р. В. Беляевский, В.М. Ефременко // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2010. – № 6. – С. 66-69.

5. Колесников, А.И. Энергосбережение в промышленных и коммунальных предприятиях : Учебное пособие / А. И. Колечников, М. Н. Федеров, Ю. М. Варфоломеев. – М. : ИНФРА-М, 2005. – 124 с.

ЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МЕХАНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ СИЛ

Васильев В.Ю. – студент гр. Э-54, Коротких В. М. – к.т.н., профессор,
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

В данной статье рассмотрен вопрос разработки нового типа электронной эмиссии.

Под электронной эмиссией в науке подразумевают явление испускания электронов с поверхности катода [1].

Выделяют несколько типов электронной эмиссии:

а) термоэлектронная эмиссия. Электронную эмиссию, возникающую в результате нагрева, называют термоэлектронной эмиссией (ТЭ). Явление ТЭ широко используют в вакуумных и газонаполняемых приборах;

б) электростатическая или Автоэлектронная эмиссия. Электростатической (автоэлектронной эмиссией) называют эмиссию электронов, обусловленную наличием у поверхности тела сильного электрического поля. Дополнительная энергия электронам твёрдого тела при этом не сообщается, но за счёт изменения формы потенциального барьера они приобретают способность выходить в вакуум;

в) фотоэлектронная эмиссия. Фотоэлектронная эмиссия (ФЭ) или внешний фотоэффект — эмиссия электронов из вещества под действием падающего на его поверхность излучения. ФЭ объясняется на основе квантовой теории твёрдого тела и зонной теории твёрдого тела;

г) вторичная электронная эмиссия (испускание электронов поверхностью твёрдого тела при её бомбардировке электронами);

д) ионно-электронная эмиссия (испускание электронов металлом при его бомбардировке ионами);

е) взрывная электронная эмиссия (испускание электронов в результате локальных взрывов микроскопических областей эмиттера);

ж) криогенная электронная эмиссия (испускания электронов ультрахолодными, охлаждёнными до криогенных температур поверхностями. Мало изученное явление).

При нормальных внешних условиях электронная эмиссия выражена слабо. Для повышения ее интенсивности следует увеличить кинетическую энергию свободных электронов до значений, равных или больших работы выхода. Этого можно достигнуть различными способами [2]. Мы же в своем опыте использовали для увеличения кинетической энергии свободных электронов вращательное движение тела.

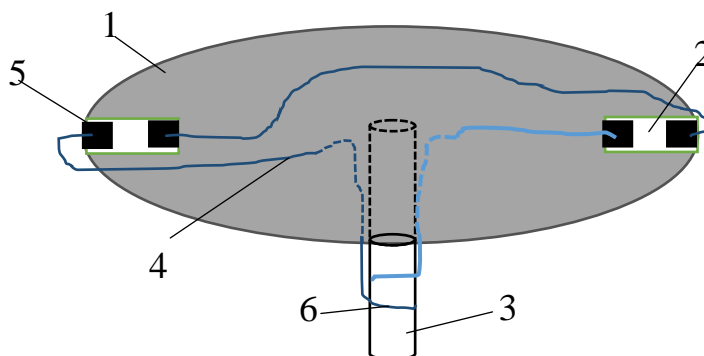
В лаборатории была взята установка, представляющая собой раскручивающийся вокруг неподвижной оси диск. По двум краям диска были продеты трубки, герметично закрытые пробками. Также к диску прикреплен проводник, имеющий скользящий контакт с неподвижной осью и по одному свободному концу в пробках.

При вращательном движении диска кинетическая энергия его частиц (а в частности и свободных электронов) увеличивается. Вследствие этого при приобретении свободными

энергии, большей работы выхода, наблюдается переизбыток электронов на одном из концов проводника и недостаток на другом (рисунок 2), что вызывает разность потенциалов.

На рисунке 2 представлены изображения двух проводников, прикрепленных к одной трубке и находящихся на противоположных ее концах.

При таком положении электронов во время вращательного движения на свободные электроны действуют силы двух происхождений. Так как электроны имеют массу, то на них во время вращательного движения действуют механические силы. При этом на них же действуют и электростатические силы, так как имеется разность потенциалов. Под действием этих двух сил происходит электронная эмиссия.



1 – диск; 2 – герметичная трубка; 3 – неподвижная ось;
4 – проводники; 5 – герметичные пробки; 6 – скользящие контакты.
Рисунок 1 – Экспериментальная установка

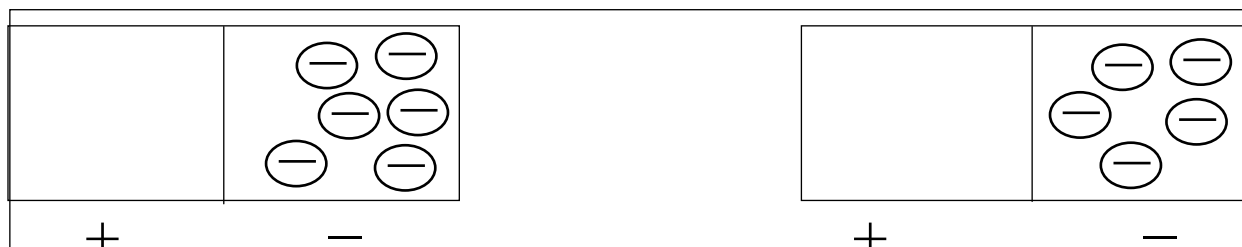


Рисунок 2 – Положение свободных электронов в проводниках

Вывод: в металлических проводниках, расположенных на вращающемся диске, свободные электроны находятся под действием центробежных сил смещаются и образуют разность потенциалов на концах. Концы проводников становятся катодом и анодом, и если энергия электрона двух составляющих превысит энергию выхода, то может произойти электронная эмиссия, которую можно назвать - мехоэлектронной.

Список использованных источников:

1. Попов В. С., Николаев С. А. Общая электротехника с основами электроники, М., «Энергия», 1972, - 504 с.
2. Грабовский Р.И. Курс физики. Учеб.пособие для с/х ин-тов. Изд. 4-е, перераб. и доп. М., «Высш. школа», 1974. - 552 с