

**СЕКЦИЯ: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА**  
**ПОДСЕКЦИЯ: ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА, ЭНЕГООЭФФЕКТИВНЫЕ**  
**ТЕХНОЛОГИИ**

**ЭНЕГООЭФФЕКТИВНОЕ УСТРОЙСТВО БЕСКОНДЕНСАТОРНОГО ЗАПУСКА**  
**ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ**

Еремочкин С.Ю. – ассистент

Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова, г. Барнаул

В статье рассмотрен вопрос разработки полупроводникового коммутатора для использования в электроприводе сельскохозяйственных электрифицированных машин. Описан векторно-алгоритмический алгоритм работы коммутатора.

По данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю на 01.01.2013 года в Алтайском крае зарегистрировано 2877 сельскохозяйственных производителей [1], большая часть которых расположена в сельской местности. Согласно статистическим данным ОАО «Алтайкрайэнерго» (приложение А) более 90% абонентов частного сектора и более 40% абонентов коммерческого сектора в сельской местности Алтайского края не имеют трехфазного источника электрической энергии. В то же время возможно использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии – солнца, ветра, теплоты земных недр, приливов и др. В ряде случаев при использовании этой энергии получение трехфазного источника питания для сельскохозяйственного электрооборудования затруднительно. Поэтому и в этом случае предпочтение отдается использованию однофазной системы электроснабжения.

Как известно [2], в сельскохозяйственном производстве широкое распространение получили трехфазные и однофазные асинхронные короткозамкнутые электродвигатели, что предопределяется рядом их преимуществ над двигателями постоянного тока: более высокой надежностью и производительностью, простотой в эксплуатации, низкой стоимостью и габаритами. В результате проведенных исследований установлено, что по таким показателям, как стоимость, коэффициент полезного действия и габариты, трехфазные асинхронные короткозамкнутые двигатели имеют преимущества перед однофазными.

Актуальным, в связи с вышесказанным, становится вопрос выбора способа запуска и работы трехфазных асинхронных короткозамкнутых электродвигателей мобильных сельскохозяйственных электрифицированных машин от однофазной сети.

Включение трехфазного асинхронного электродвигателя в однофазную сеть выдвигает ряд особенных требований. На сегодняшний день наибольшее распространение получили три способа питания трехфазного двигателя от однофазной сети:

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

Недостатками первых двух способов запуска и работы трехфазного двигателя от однофазной сети являются значительное понижение момента и развиваемой электродвигателем мощности, а также необходимость использования, во втором случае, набора конденсаторов различной емкости при различной величине нагрузки и заметные трудности в организации регулирования скорости двигателя. Применение частотных преобразователей в однофазной сети для питания трехфазных асинхронных электродвигателей небольшой мощности, в ряде случаев не рационально из-за их высокой стоимости.

В связи с наличием у рассмотренных способов запуска и работы трехфазных двигателей от однофазной сети ряда существенных недостатков, необходимо разработать

новый способ запуска, обеспечивающий повышение энергетических характеристик электродвигателя.

На основании этого, была разработана схема однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора (рисунок 1) [3, 4].

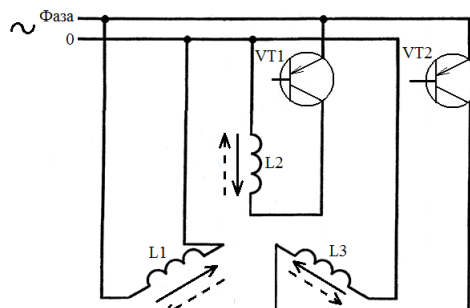


Рисунок 1 - Принципиальная электрическая схема однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора, ведомого однофазной сетью

В работе однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора, ведомого однофазной сетью, используется свойство биполярных транзисторов пропускать ток в ключевом режиме в прямом и обратном направлениях вследствие симметричной структуры [5]. В качестве полупроводниковых ключей в такой схеме возможно использовать полевые транзисторы, которые также пропускают ток в обоих направлениях, без необходимости учета полярности напряжения, проходящего через транзисторы.

Осциллограммы токов статорных обмоток трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя ( $P_n=0,25$  кВт,  $U_n=380/220$  В,  $I_n=1,49/0,86$  А,  $n_n=1380$  об/мин), запуск и работа которого осуществлялась от однофазной сети посредством однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора (рисунок 1), представлены на рисунке 2.

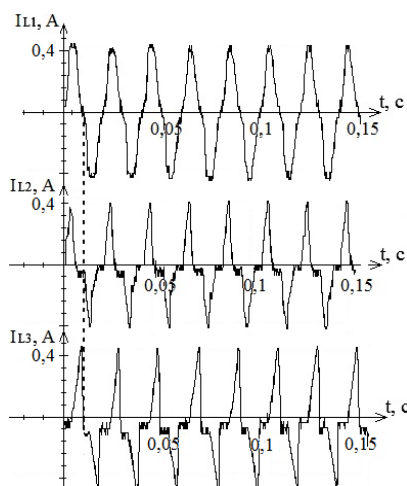


Рисунок 2 – Осциллограммы токов статорных обмоток электродвигателя

Тахограмма разгона двигателя ( $P_n=16$  Вт,  $U_n=220/380$  В,  $I_n=0,17/0,1$  А,  $n_n=1300$  об/мин), при питании от однофазной сети посредством разработанного коммутатора, в режиме холостого хода представлена на рисунке 3.

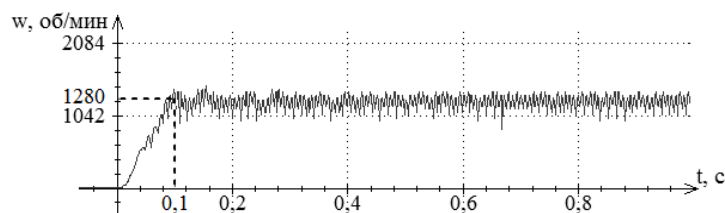


Рисунок 3 – Тахограмма разгона электродвигателя в режиме холостого хода

Из тахограммы разгоны электродвигателя видно, что электродвигатель разгоняется до скорости 1280 об/мин за 0,1 секунды.

Опытно-экспериментальная механическая характеристика трехфазного электродвигателя ( $P_n=16$  Вт,  $U_n=220/380$  В,  $I_n=0,17/0,1$  А,  $n_n=1300$  об/мин), запуск и работа которого осуществляется от однофазной сети с помощью однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора, показана на рисунке 4.

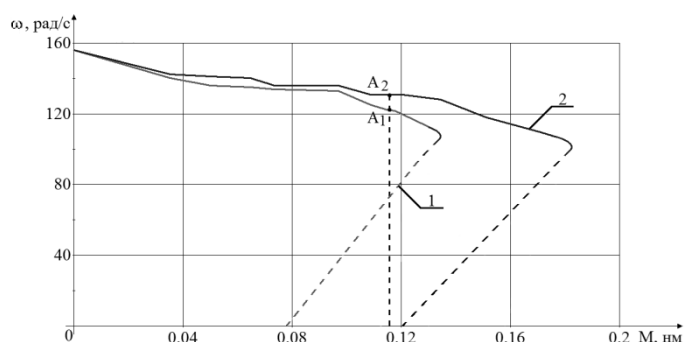


Рисунок 4 – Зависимость скорости от момента на валу:

1 – двигателя, запуск и работа которого осуществляется от однофазной сети с помощью разработанного коммутатора; 2 – двигателя, запуск и работа которого осуществляется от трехфазной сети

Из графика, представленного на рисунке 4, видно, что пусковой момент электродвигателя, запуск и работа которого осуществляется от однофазной сети с помощью однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора (искусственная характеристика 1), равен 0,079 Нм, что составляет 66% от пускового момента (0,12 Нм) двигателя, запуск и работа которого осуществляется от трехфазной сети переменного тока (естественная характеристика 2). Критический момент равен 0,134 Нм, что составляет 74% от критического момента (0,182 Нм), развиваемого двигателем при трехфазном включении. При номинальном моменте скорость электродвигателя при работе на искусственной характеристике (точка A1) меньше скорости электродвигателя при работе на естественной характеристике (точка A2) на 7%, что незначительно уменьшает производительность электропривода с разработанным преобразователем.

Таким образом, установлено, что разработанный электропривод с использованием однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора по всем энергетическим показателям значительно эффективнее известных простых методов запуска и работы трехфазного двигателя от однофазной сети.

#### Литература:

- 1 Центральная база данных Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. – Росстат, 2013. – Режим доступа: <http://www.gks.ru>
- 2 Будзко, И. А. Электроснабжение сельского хозяйства / И. А. Будзко, Т. Б. Лещинская, В. И. Сукманов. – М.: Колос, 2000. – 536 с.

3 Однофазно-трехфазный транзисторный реверсивный коммутатор, ведомый однофазной сетью: пат. 109356 Рос. Федерация. № 2011120731/07; заявл. 23.05.2011; опубл. 27.10.2011, Бюл. №30. – 2 с.

4 Еремочкин, С. Ю. Алгоритмическая система управления трехфазным асинхронным двигателем / С. Ю. Еремочкин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2012. – №3. – С. 136-139.

5 Транзисторный биполярный ключ на источнике питания переменного тока: пат. 2465686 Рос. Федерация. № 2011114116/28; заявл. 11.04.2011; опубл. 27.10.2012.

# ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ, ВЕДОМЫЙ ОДНОФАЗНОЙ СЕТЬЮ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА, ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОДНОФАЗНЫМ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Кузнецов А.С. - студент, Еремочкин С. Ю. - ассистент, Халина Т.М. – д.т.н., профессор

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

В данной статье рассмотрен вопрос разработки преобразователя частоты, ведомого однофазной сетью переменного тока, для управления однофазным асинхронным двигателем. Частотный преобразователь позволяет повысить энергетические показатели электродвигателя и поддерживать оптимальную производительность.

Как известно, в большинстве случаев электроснабжение отдельных потребителей осуществляется посредством однофазной системы электроснабжения. Примером таких потребителей являются жители многоквартирных домов, владельцы личных подсобных хозяйств, фермеры, сельхозпроизводители, некоторые учреждения и т. д. В таких сетях широко используются однофазные асинхронные двигатели. Чаще всего однофазные двигатели выпускаются на небольшие мощности (до 2 кВт) и применяются в компрессорах, вентиляторах, насосах, обдувочных аппаратах, бетономешалках, деревообрабатывающих станках, и в других приборах, где установлены однофазные электродвигатели. В таком случае возникает проблема обеспечения регулирования скорости однофазного двигателя для изменения производительности [1].

На сегодняшний день для управления асинхронными двигателями широко используются частотные преобразователи. С их помощью осуществляется регулирование скорости вращения электродвигателя, существенно сокращается энергопотребление, обеспечивается защита двигателя. Выбор асинхронного двигателя для управления частотным преобразователем предопределяется тем, что асинхронная машина лишена ряда конструктивных недостатков, присущих машинам постоянного тока. В частности:

- отсутствие коллектора и щеток в асинхронном короткозамкнутом двигателе повышает его надежность;
- лучшие весогабаритные показатели;
- более высокая перегрузочная способность;
- более высокая допустимая скорость изменения момента.

На основе отмеченных выше недостатков двигателей постоянного, возникает задача разработки преобразователя частоты, ведомого однофазной сетью переменного тока, для управления однофазным асинхронным двигателем.

Исходя из вышесказанного, задача разработки преобразователя частоты векторного алгоритмического типа, ведомого однофазной сетью переменного тока, для управления однофазным асинхронным двигателем, является актуальной. Разработанная схема преобразователя является довольно простой по сравнению с большинством существующих аналогов и вместе с тем она является функциональной и ремонтпригодной.

Данная разработка решает задачу питания однофазного асинхронного двигателя от однофазной сети переменного тока с возможностью регулирования скорости вращения электродвигателя выше и ниже номинальной скорости, то есть расширения функциональных возможностей, уменьшения габаритов за счет уменьшения числа коммутирующей аппаратуры, повышения надежности и экономичности.

Для решения поставленной задачи в преобразователе частоты, ведомом однофазной сетью переменного тока для питания однофазного асинхронного двигателя [2], содержащем две пары полупроводниковых ключей, включенных между собой параллельно, в качестве полупроводниковых ключей использованы транзисторы, пропускающие ток в обоих направлениях и предназначенные для функционирования в

ключевом режиме. При этом общие выходы одной пары полупроводниковых ключей предназначены для подключения к питающей сети первой обмотки статора однофазного асинхронного двигателя. Общие выходы другой пары полупроводниковых ключей предназначены для подключения к питающей сети второй обмотки статора однофазного асинхронного двигателя.

На рисунке 1 приведена принципиальная электрическая схема предлагаемого преобразователя частоты, ведомого однофазной сетью переменного тока для питания однофазного асинхронного двигателя.

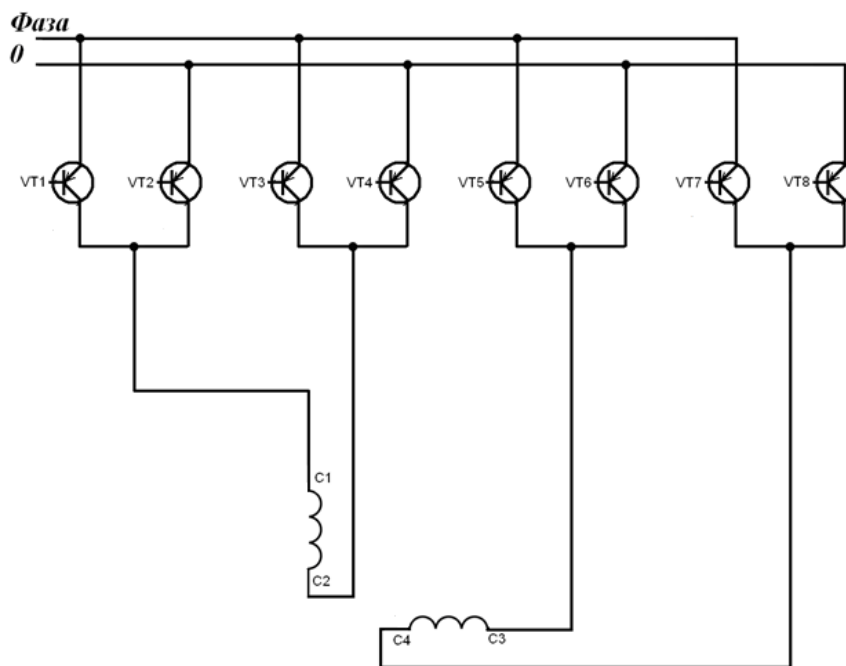


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема преобразователя частоты, ведомого однофазной сетью переменного тока для питания однофазного асинхронного двигателя

На рисунке 1 используются следующие обозначения:

- Ф – фаза;
- 0 – ноль;
- C1-C4 – выходы статорных обмоток однофазного асинхронного двигателя;
- VT1-VT8 – транзисторы, работающие в ключевом режиме.

Преобразователь частоты, ведомый однофазной сетью переменного тока для питания однофазного асинхронного двигателя, содержит две пары полупроводниковых коммутационных ключей, включенных между собой параллельно.

При определенных последовательностях включения транзисторов, данный преобразователь частоты, ведомый однофазной сетью переменного тока для питания однофазного асинхронного двигателя, позволяет работать двигателю на частоте выше и ниже частоты питающей сети.

Таким образом, с помощью разработанного преобразователя частоты, ведомого однофазной сетью переменного тока можно осуществлять не только запуск однофазных электродвигателей от однофазной сети, но и осуществлять регулирование угловой скорости.

#### Список литературы:

- 1 Дементьев Ю.Н., Чернышев А.Ю., Чернышев И.А. Автоматизированный электропривод: Учебное пособие. –Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 224с.

2 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.

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ВЕКТОРНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОМ УПРАВЛЕНИИ

Вейкман Д. П. - студент, Еремочкин С. Ю. - ассистент, Стальная М.И. – к.т.н., профессор

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

В данной статье рассмотрен вопрос разработки компьютерной модели трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя с преобразователем частоты векторно-алгоритмического типа.

Регулируемый электропривод переменного тока становится самым распространенным, существенно потеснившим позиции электропривода постоянного тока. Современные транзисторные преобразователи частоты, тиристорные устройства плавного пуска на базе микропроцессорных устройств надёжно и качественно управляют асинхронными двигателями. Возможности, открывающиеся при использовании преобразователя частоты в качестве регулирующего устройства для электропривода с асинхронным двигателем, безграничны. Одной из главных тенденций развития современного электропривода является использование его в целях сбережения ресурсов и экологии. Следует отметить, что использование преобразователя частоты в регулируемом электроприводе создает свои преимущества за счет автоматического изменения параметров системы в зависимости от условий работы механизма. При этом наибольший эффект достигается, когда условия работы часто меняются и пределы изменений достаточно широки. Система регулируемого электропривода управляется микроконтроллером, позволяющим задавать параметры регулирования в зависимости от необходимых условий работы механизма. В этой связи расширяется область применения регулируемого электропривода не только в сферах высоких технологий, но и там, где до настоящего времени традиционно использовался простой нерегулируемый электропривод с асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором. При этом основной задачей становится повышение энергетической эффективности существующих электроприводов, позволяющих решать технологические задачи при минимальных затратах.

Для управления асинхронными двигателями малой мощности при отсутствии трехфазной сети используются преобразователи частоты, питающиеся от однофазной сети переменного тока, причем крутящий момент двигателя сохраняется высоким во всем диапазоне частот. Однако при решении задач автоматизации в сельском хозяйстве применение таких преобразователей является затруднительным из-за их высокой стоимости.

Альтернативой частотным преобразователям могут стать транзисторные преобразователи частоты векторно-алгоритмического типа, которые были разработаны на кафедре электротехники и автоматизированного электропривода Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова. При создании данных устройств остро встаёт проблема сокращения затрат на изготовление различных вариантов опытных образцов и их испытание. Неоценимую помощь в этом оказывает компьютерное моделирование. Важную роль при этом играет адекватная модель АД, позволяющая имитировать питание обмоток АД от различных преобразователей, имеющих, в том числе и несинусоидальные выходные напряжения, а также питание обмоток фаз от независимых источников. На базе такой модели можно создать так называемые виртуальные модели АД, которые в сочетании с моделями преобразовательных устройств позволяют проводить исследования и испытания, не уступающие по точности и результатам опытно-экспериментальным исследованиям. Поэтому моделирование асинхронного двигателя при векторно-алгоритмическом управлении является актуальной научно-технической задачей, которая может быть решена посредством современных графических сред имитационного моделирования.



В технической литературе, как правило, для исследования работы асинхронного двигателя приводятся математические модели, уравнения которых записаны в двухфазной системе координат. Приведенные в литературе модели, позволяющие исследовать несимметричные режимы, громоздки и с практической точки зрения трудно реализуются. В связи с этим предложена универсальная математическая модель асинхронного двигателя [1, 2], позволяющая рассчитывать динамические и статические режимы при различных видах несимметрии. Математическая модель была реализована в программной среде MatLabSimulink (рисунок 1). В полученной программе для асинхронного двигателя 4A112M4 при векторно-алгоритмическом управлении, были рассчитаны графики переходных процессов пуска двигателя без нагрузки (рисунок 2, рисунок 3).

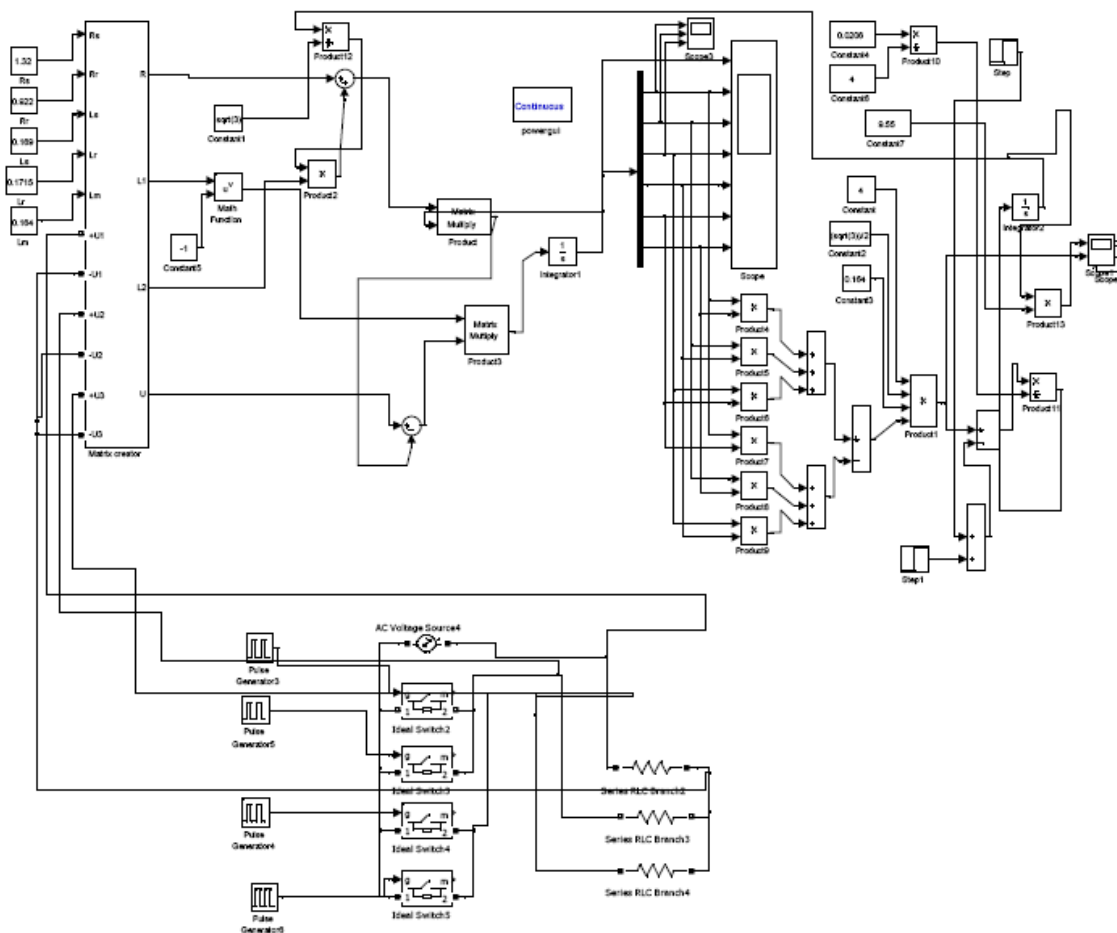


Рисунок 1 – Математическая модель асинхронного двигателя при векторно-алгоритмическом управлении, реализованная в MatLabSimulink

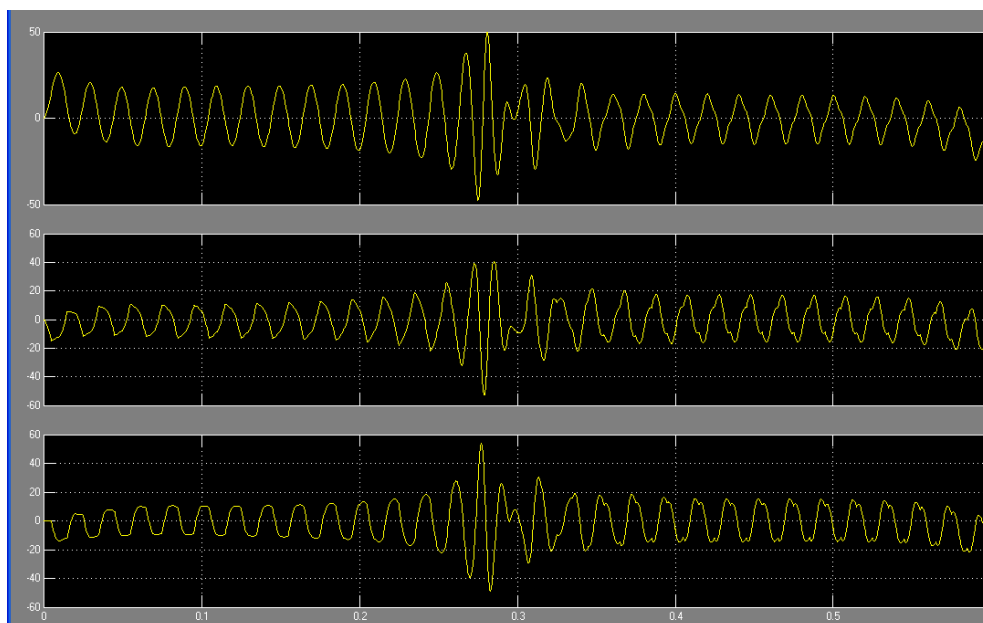


Рисунок 2 – Токи обмоток статора электродвигателя

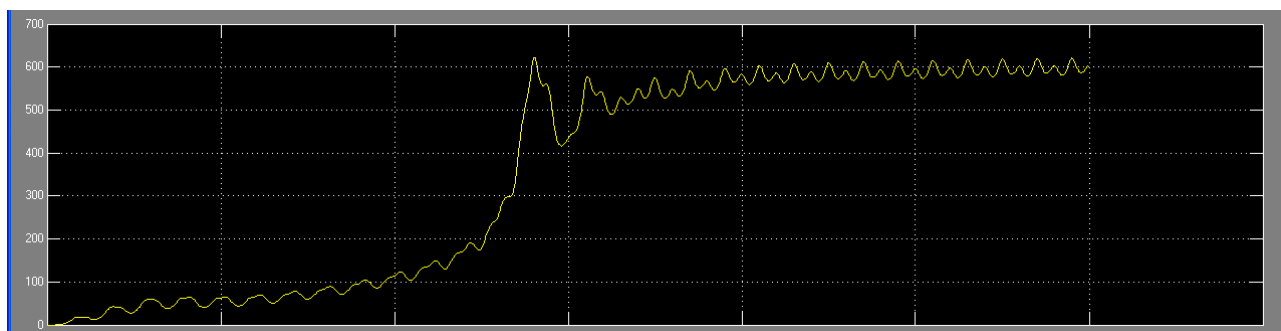


Рисунок 3 – Тахограмма разгона двигателя и график крутящего момента на валу

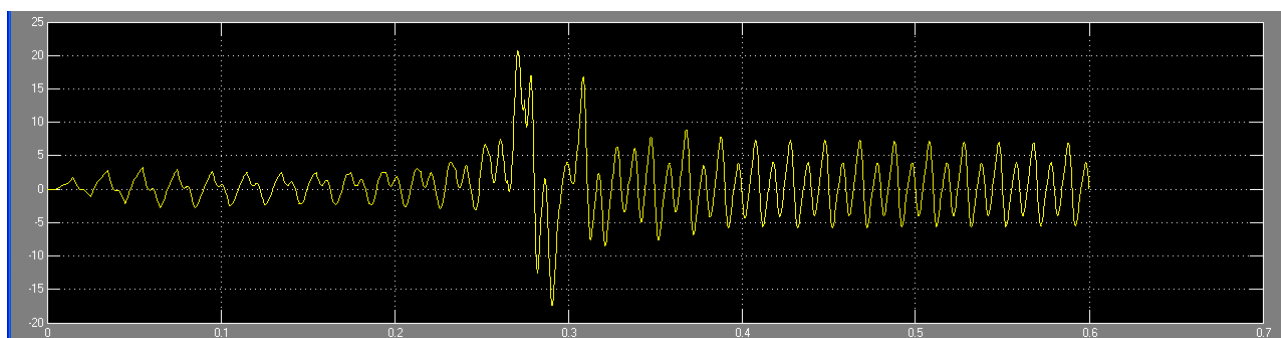


Рисунок 4 –Осциллограмма крутящего момента на валу двигателя

Полученные осциллограммы и тахограммы разгона электродвигателя совпадают с данными полученными при моделировании с использованием типовой модели электродвигателя. Это свидетельствует о корректности разработанной математической модели асинхронного электродвигателя.

#### Список литературы:

- 1 Ямамура С. Спирально-векторная теория электрических цепей и машин переменного тока. Санкт-Петербург. 1993.

2 Ямамура С. Спирально-векторная теория электрических машин переменного тока // Электротехника.1996. № 10.

# РАЗРАБОТКА РЕГУЛИРУЕМОГО ТРАНЗИСТОРНОГО РЕДУКТОРА ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ, ПИТАЮЩЕГОСЯ ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ

Хорхордин В. С. – студент, Еремочкин С. Ю. - ассистент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В данной статье рассмотрен вопрос разработки регулируемого транзисторного редуктора для трехфазного асинхронного электродвигателя, питающегося от однофазной сети переменного тока.

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 регулируемого транзисторного редуктора трехфазного асинхронного двигателя, питающегося от однофазной сети:

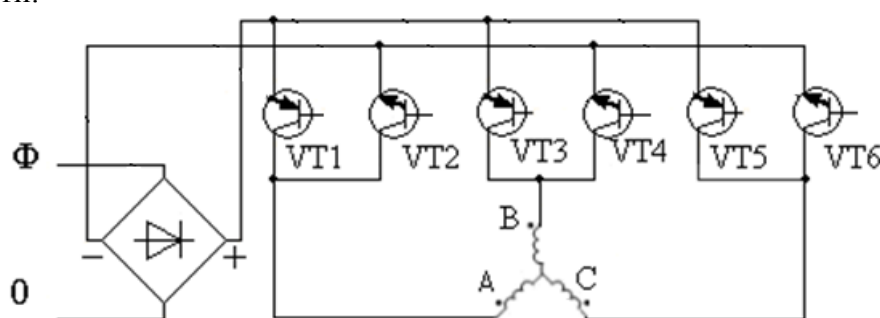


Рисунок 1 - Принципиальная электрическая схема регулируемого транзисторного редуктора трехфазного асинхронного двигателя, питающегося от однофазной сети.

Данная схема предусматривает питание трехфазного короткозамкнутого электропривода от однофазной сети при соединении статорных обмоток двигателя в звезду.

Так же она обеспечивает следующие режимы работы:

- работа на номинальной скорости вращения;
- работа на пониженной скорости вращения;
- работа на повышенной скорости вращения;
- реверс.

#### Литература:

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. Проблемы энергетики при использовании электрической энергии для электропривода сельскохозяйственных машин в отдаленных фермерских хозяйствах / Т. М. Халина, М. И. Стальная, С. Ю. Еремочкин // НАН Азербайджана, Баку: Изд-во: ЭЛМ. – Проблемы энергетики. – 2012. – № 1. – С. 37-44.

# РАЗРАБОТКА РЕГУЛИРУЕМОГО ТРАНЗИСТОРНОГО РЕДУКТОРА ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ, ПИТАЮЩЕГОСЯ ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ

Хорхордин В. С. – студент, Еремочкин С. Ю. - ассистент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В данной статье рассмотрен вопрос разработки регулируемого транзисторного редуктора для трехфазного асинхронного электродвигателя, питающегося от однофазной сети переменного тока.

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:

4. с использованием частотного преобразователя;
5. с использованием активного пускового сопротивления;
6. 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 регулируемого транзисторного редуктора трехфазного асинхронного двигателя, питающегося от однофазной сети:

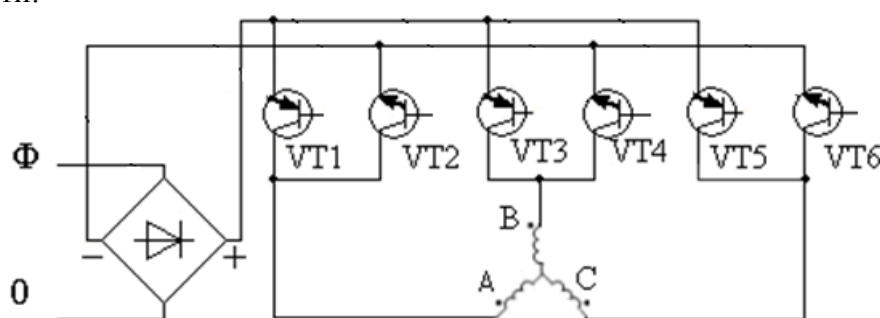


Рисунок 1 - Принципиальная электрическая схема регулируемого транзисторного редуктора трехфазного асинхронного двигателя, питающегося от однофазной сети.

Данная схема предусматривает питание трехфазного короткозамкнутого электропривода от однофазной сети при соединении статорных обмоток двигателя в звезду.

Так же она обеспечивает следующие режимы работы:

- работа на номинальной скорости вращения;
- работа на пониженной скорости вращения;
- работа на повышенной скорости вращения;
- реверс.

#### Литература:

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. Проблемы энергетики при использовании электрической энергии для электропривода сельскохозяйственных машин в отдаленных фермерских хозяйствах / Т. М. Халина, М. И. Стальная, С. Ю. Еремочкин // НАН Азербайджана, Баку: Изд-во: ЭЛМ. – Проблемы энергетики. – 2012. – № 1. – С. 37-44.

# ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ НОВОГО МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫМ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ ПРИ ПИТАНИИ ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ

Пивкина Т.Н. – студентка, Стальная М.И. – профессор, к.т.н.  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время однофазный ток остается наиболее простым из экономичных решений по распределению электроэнергии, как в городах, так и в сельской местности, особенно у малых фермерских хозяйств с различной специализацией. Автоматизация и электрификация фермерского труда в сельском хозяйстве ведет к повышению производительности сельскохозяйственных технологических процессов и экономическому росту, что в свою очередь приводит к необходимости увеличения количества мощных электрифицированных машин и инструментов, использующих трехфазные электродвигатели.

Существующие способы запуска трехфазных электродвигателей от однофазной сети имеют ряд серьезных недостатков [1]. Разработка новых «рациональных» способов запуска и работы трехфазных электродвигателей от однофазной сети остается актуальной задачей.

Однофазный ток создаёт пульсирующее магнитное поле, изменяющееся во времени. Пульсирующее магнитное поле можно рассматривать как состоящее из двух вращающихся навстречу друг другу равных по величине полей. Каждое поле взаимодействует с обмоткой ротора и образует вращающий момент. Их суммарное действие создает пульсирующий момент на валу электродвигателя, поэтому при пуске электродвигателя в однофазном режиме он не может раскрутиться даже при отсутствии нагрузки на валу.

На сегодня известно большое количество способов преобразования однофазного тока в многофазный, но все они, как правило, имеют ряд недостатков:

Во-первых, при емкостном запуске электродвигателя с использованием фазосдвигающего конденсатора для обеспечения работы электродвигателя, емкость пускового конденсатора должна быть в 1,5 раза больше емкости рабочего конденсатора, что ведет к снижению надежности за счет использования бумажных конденсаторов.

Во-вторых, при частотном запуске электродвигателя необходимо использовать выпрямители для преобразования переменного тока в постоянный ток, а затем постоянного тока в трехфазный переменный ток, при этом стоимость частотного преобразователя достаточно высока.

Новый способ запуска и работы трехфазных электродвигателей от однофазной сети должен обеспечивать вращение вектора магнитного поля статора при непосредственном питании от однофазной сети и номинальную скорость (скорость близкую к номинальной) электродвигателя. Для этого необходимо использовать специальный алгоритм коммутации обмоток электродвигателя в определенные моменты времени.

Кафедрой «Электротехника и автоматизированный электропривод» АлтГТУ разработан однофазно-трехфазный транзисторный реверсивный коммутатор, ведомый однофазной сетью для запуска и работы трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя от однофазной сети переменного тока [2].

Данное устройство удовлетворяет следующим требованиям:

1. Устройство коммутации выполнено без открытых контактов из-за присутствия опасных и вредных факторов в сельском хозяйстве.
2. Коммутационная аппаратура выполнена на полупроводниковых устройствах, в качестве которых использованы транзисторы.



3. Устройство предусматривает подключение электродвигателей малой и средней мощности.

Для осуществления векторно-алгоритмического управления, которое обеспечивается за счет коммутации полупроводниковых ключей, необходимо разработать систему автоматического управления.

Разрабатываемая система управления в качестве средств управления должна использовать электронные цифровые устройства на базе микропроцессоров. По своим техническим возможностям эти устройства должны обеспечить управление следующими параметрами:

1. пуск и остановка работы электродвигателя;
2. отключение электронного преобразователя в аварийных ситуациях и всей системы в целом;
3. использование системы индикации для наблюдения и контроля за состоянием различных процессов;
4. осуществление перехода с режима на режим.

Функциональное назначение устройства должно выполнять следующие требования:

1. Осуществлять подачу однофазного напряжения на статорные обмотки электродвигателя в определенные моменты времени с помощью полупроводниковых ключей;
2. Обеспечение вращения электродвигателя, как в прямом, так и в обратном направлении (обеспечение реверса электродвигателя).
3. Регулирование частоты вращения ротора электродвигателя;

Данное устройство позволяет комплексно решать функции управления и регулирования.

Разработанное устройство может быть использовано для питания асинхронных электродвигателей от однофазной сети с возможностью обеспечения реверса.

Список литературы

1. Вольдек, А. И. Электрические машины / А.И. Вольдек. – Л.: Энергия, 1978. – с. 832.
2. Однофазно-трехфазный транзисторный реверсивный коммутатор, ведомый однофазной сетью: пат. 121976 Рос. Федерация. № 2012124138/07; заявл. 0806.2012; опубл. 10.11.2012.

# РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАПУСК И РАБОТА КОТОРОГО ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ ПОСРЕДСТВОМ ВЕКТОРНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ КОММУТАЦИИ СТАТОРНЫХ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Пивкина Т.Н. – студентка, Стальная М.И. – профессор, к.т.н  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Среди известных методов расчета характеристик асинхронных электродвигателей преимущественно используются: однофазные схемы замещения электродвигателя, метод построения круговой диаграммы и моделирование электродвигателя в пакетах прикладных программ.

Использование этих методик для теоретического расчета характеристик трехфазного асинхронного электродвигателя, запуск и работа которого осуществляется от однофазной сети посредством векторно-алгоритмической коммутации статорных обмоток, невозможно по причине отсутствия непрерывной синусоидальности напряжения, поступающего на обмотки электродвигателя, и одновременного неравенства напряжения по величине в каждый момент времени на разных статорных обмотках. В связи с этим, был использован метод векторно-алгоритмического расчета среднего значения векторов напряжения статорных обмоток электродвигателя при векторно-алгоритмическом управлении[1].

Разработано программное обеспечение для расчета механических характеристик трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, запуск и работа которого осуществляется от однофазной сети посредством векторно-алгоритмического управления.

1) Разработанное программное обеспечение осуществляет автоматизацию векторно-алгоритмического расчета среднего значения векторов напряжений статорных обмоток электродвигателя при векторно-алгоритмическом управлении и выполняет следующие функции: вычисление векторов суммарных и средних значений напряжений при различных способах соединения статорных обмоток электродвигателя в промежутках коммутации;

2) расчет схем, использующих различные алгоритмы при различных скоростях;

3) расчет и построение механических характеристик электродвигателя при номинальной, повышенной и пониженной скоростях вращения электродвигателя;

4) в программном обеспечении предусмотрена обработка исключений неправильного ввода данных пользователем (предупреждение о пропущенном вводе параметров напряжений, в поле чисел разрешен ввод только чисел, не допускается вводить различные символы).

Программное обеспечение предоставляет пользователю ввод паспортных данных электродвигателя и параметров питающей сети, далее пользователь заполняет таблицу напряжений для каждой обмотки в промежутках коммутации из возможных значений напряжений в зависимости от выбранного типа соединения обмоток статора электродвигателя. Программное обеспечение реализует векторно-алгоритмический метод расчета при различных частотах вращения электродвигателя и выводит следующие результаты, в виде отдельных вкладок: «Векторно-алгоритмический расчет», «Векторная диаграмма», «Механические характеристики», «Анализ». Также программное обеспечение позволяет осуществить расчет электрической схемы, имеющей другой алгоритм при изменении скорости вращения, нажатием на кнопку «Расчет другого алгоритма при F<sub>рег</sub>».

Также программное обеспечение осуществляет расчет и построение векторной диаграммы эллиптического вращающегося поля статора электродвигателя, с заданным количеством положений магнитного потока.

Блок схема алгоритма работы программного обеспечения приведена на рисунке 1.

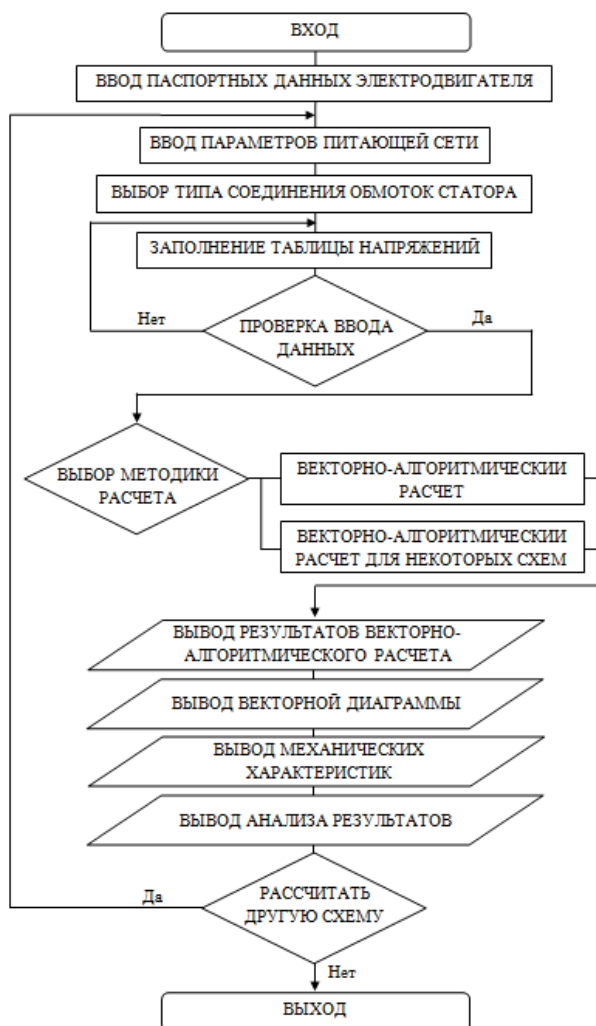


Рисунок 1 – Блок-схема работы программы

Таким образом, программное обеспечение может быть использовано для расчета механических характеристик асинхронного электродвигателя, питание которого осуществляется от однофазной сети посредством электронных преобразователей, основанных на векторно-алгоритмической коммутации статорных обмоток электродвигателя [2,3,4].

К данному программному обеспечению предъявляются невысокие системные требования: требуется IBM PC совместимый компьютер и установленная виртуальная Java машина – JavaRuntimeEnvironment (JRE).

На данном этапе разработанное программное обеспечение проходит тестирование на кафедре «Электротехника и автоматизированный электропривод» АлтГТУ.

Список литературы

3. Халина Т. М., Стальная М. И., Еремочкин С. Ю.. Векторно-алгоритмический метод расчета мощности и электромагнитного момента электродвигателя.// Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т.321, № 4. – С. 75-78.

4. Однофазно-трехфазный транзисторный реверсивный коммутатор, ведомый однофазной сетью: пат. 121976 Рос. Федерация. № 2012124138/07; заявл. 08.06.2012; опубл. 10.11.2012.

5. Однофазный частотный регулятор скорости, ведомый сетью, для трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя: пат. 2461118 Рос. Федерация. № 2011113032/07; заявл. 05.04.2011; опубл. 10.09.2012.

6. Однофазный мостовой низкочастотный преобразователь частоты, ведомый однофазной сетью: пат. 2331153 Рос. Федерация. № 2007112367/09; заявл. 03.04.2007; опубл. 10.08.2008.

## ЦИФРОВОЙ ДАТЧИК ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Балакирев И.Е. – студент, Дорожкин М.В. - соискатель, Ратушин Е.Г. - аспирант,  
Коротких В.М. - к.т.н., профессор кафедры ЭиАЭП  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

При создании преобразователей физической информации в информацию электрического сигнала используют датчики, как аналоговые, так и цифровые. Основными достоинствами таких устройств являются - высокая точность обработки, малые шумы и потери при передаче сигнала, а также возможность сопряжение с микро-ЭВМ. Включение сенсора производят во входную цепь или в цепь обратной связи усилителя DA1 (рис. 1).

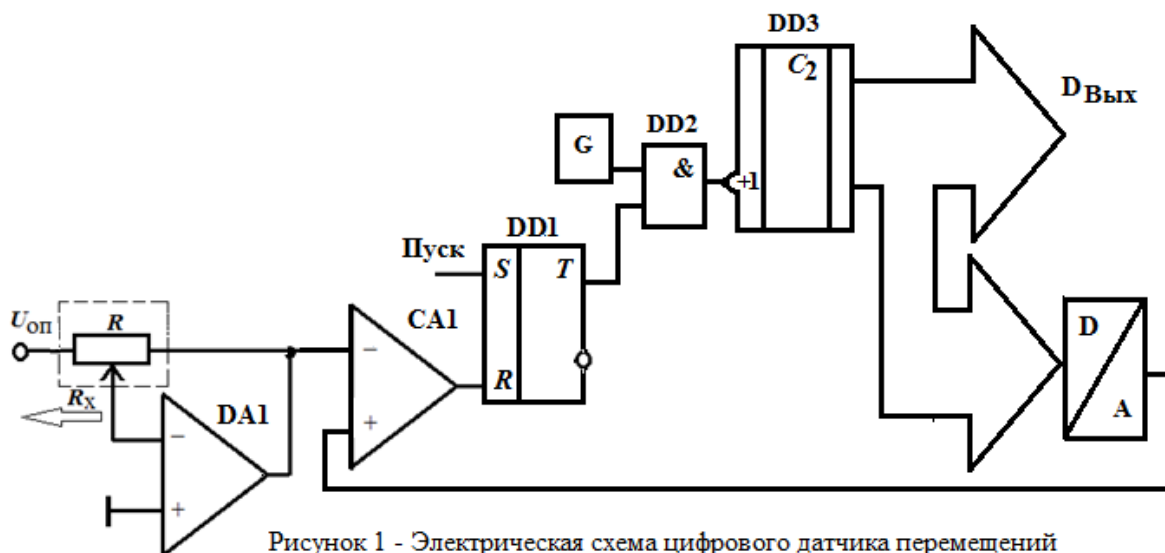


Рисунок 1 - Электрическая схема цифрового датчика перемещений

На вход усилителя подается опорное стабилизированное напряжение  $U_{оп}$ , которое усиливается с коэффициентом усиления  $K_U$ , зависящим от соотношения параметров датчиков, а следовательно, от коэффициента обратной связи  $\gamma$ , т.е. для инвертирующего усилителя

$$K_U = -\frac{1}{\gamma} \quad (1).$$

Если левое плечо имеет сопротивление  $R_X$ , то правое соответственно  $R - R_X$ , тогда коэффициент обратной связи будет

$$\gamma = \frac{R_X}{R - R_X} \quad (2),$$

где  $R$  - сопротивление датчика,  $R_X$  - сопротивление левого плеча датчика, зависящего от линейного перемещения

$$\delta = C \cdot R_X \quad (3).$$

Коэффициент  $C$  находим из соотношения линейных размеров  $L$  и полного сопротивления датчика, т.е.

$$C = \frac{L}{R} \quad (4).$$

Для выходного сигнала, с учетом (1), (2), (3) и (4) модель функциональной связи для данного преобразователя линейных перемещений можно представить в виде формулы  $U_{вых} = U_{оп} \left( \frac{L}{\delta} - 1 \right)$ , в которой неизвестной величиной является  $\delta = L \frac{U_{оп}}{U_{оп} - U_{вых}}$  (5). При конструктивных допущениях формула 5 будет иметь  $\delta = L + U_{вых}$ .

Цифровая часть представляет аналого-цифровой преобразователь. Он выполнен на компараторе напряжения CA1 и генераторе с линейно-изменяемым напряжением (генератор импульсов G, двоичный счетчик DD3, цифро-аналоговый преобразователь A/D). Устройство пуска выполняется на триггере DD1 и логическом элементе "И". Цифровой выход имеет разрядность в соответствии с разрядностью счетчиков. При

использовании двух, последовательно соединенных счетчиков 155ИЕ7 имеем 8-разрядов, что соответствует 256 градациям.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Коломбет Е.А. Микропроцессорные средства обработки аналоговых сигналов. М.: Радио и связь, 1991.
2. В. Б. Смоллов, В. С. Фомичев. Аналого-цифровые и цифроаналоговые вычислительные устройства. Энергия, 1974.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОЛИВА КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

Виганд А.А. – студент, Дорожкин М.В - соискатель, Ратушин Е.Г. - аспирант,  
Коротких В.М.– к.т.н., профессор каф. ЭиАЭП  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.  
Барнаул)

Такие параметры как влажность, температура играют важную роль в создании нормальных условий для биофизических реакций. Эти факторы в пространственно-временной связи влияют также и на эволюцию развития растения.

Увлажнение исходного грунта осуществляется с помощью капиллярной системы, режимы которой задаются автоматически. Датчик влажности, состоящий из двух заглубленных электродов, подает сигнал на устройство управления электрогидроклапаном (ЭГК). Одновременно включается зуммер, который подает тревожный звуковой сигнал (рис.1). Электрическая схема цифрового автоматизированного управления (рис.2) выполнена на логических элементах (ИЛИ-НЕ и И-НЕ) DD1-DD3. DD1-DD2 представляют RS-триггер включающий установку кнопкой «пуск» и останавливает ЭГК по датчику. Цифровой ключ [1] на элементе DD3 синхронизирует процесс по заданному времени (утро/вечер).

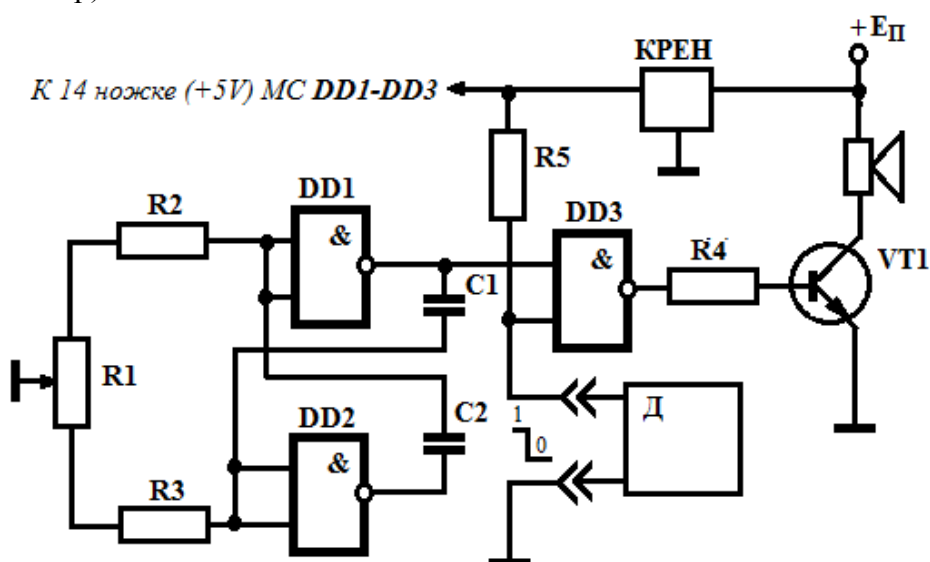


Рисунок 1 - Электрическая схема зуммера

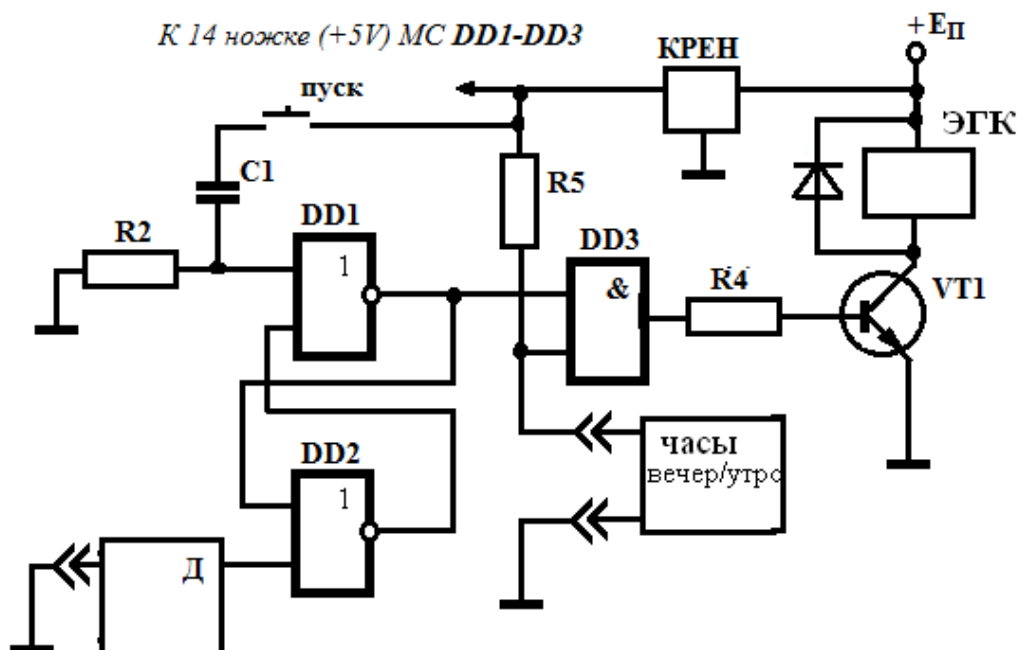


Рисунок 2 - Электрическая схема цифрового автоматизированного управления

Таким образом варьируя влажностью почвы можно добиться стабильного развития растений.

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

Литература:

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



## ПРОГРАММА ЧАСТОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ С ТРЕХФАЗНЫМ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Петренко Р.А. – студент, Ткачев А.Ю. – студент, Квашнин Ю.А. – доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Энергетическую основу производства составляет электрический привод, технический уровень которого определяет эффективность функционирования технологического оборудования. Развитие электрического привода идет по пути повышения экономичности и надежности за счет дальнейшего совершенствования двигателей, аппаратов, преобразователей, аналоговых и цифровых средств управления.

До недавнего времени основу электропривода составляли двигатели постоянного тока с регулированием частоты вращения в широком диапазоне.

На смену регулируемому электроприводу постоянного тока пришел регулируемый электропривод переменного тока, прежде всего на базе асинхронных короткозамкнутых двигателей. В основном они применялись в нерегулируемых электроприводах для вращения механизмов, работающих с постоянной частотой вращения: вентиляторов, насосов, компрессоров, конвейеров.

Появление и промышленный выпуск современных частотных преобразователей, позволяющих легко управлять частотой вращения асинхронного двигателя и отслеживать его состояние путем изменения векторов тока, напряжения или с применением замкнутых систем регулирования.

На кафедре электротехники и автоматизированного электропривода (ЭиАЭП) АлтГТУ подготовлена установка асинхронный двигатель – частотный преобразователь – персональный компьютер. Это позволило провести исследования по составлению алгоритмов управления частотным преобразователем, способствующих увеличению пускового момента, плавному регулированию частоты вращения двигателя и экономии электроэнергии.

Блок схема алгоритма программирования преобразователя частоты приведена на рисунке 1.

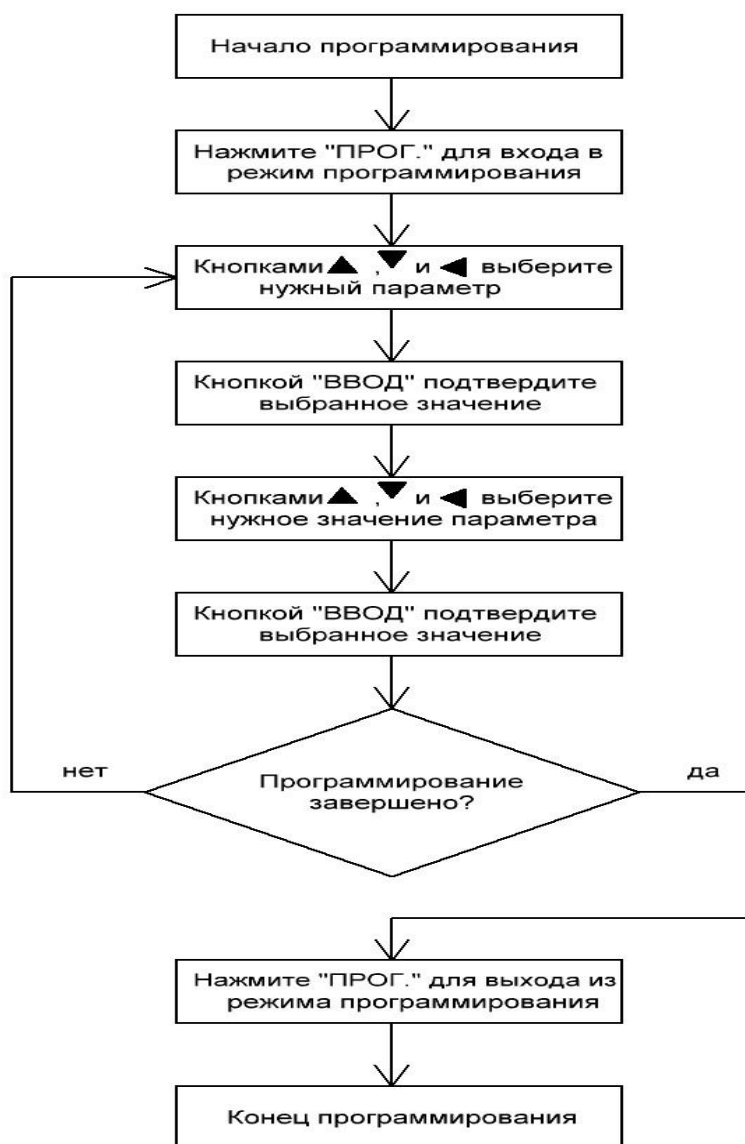


Рисунок 1 – Блок схема алгоритма программирования преобразователя частоты

#### Список литературы

1. Медведев М.Ю., Пшипов В.Х. Программирование промышленных контроллеров. Учебное пособие. – СПб.СПб.: Из-во «Лань» 2011. – 288 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
2. Епифанов. А.П. Основы электропривода. Учебное пособие. 2-е изд., стер. –СПб.: Из-во «Лань» 2009. – 192 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
3. <http://www.chrp.ru>.
4. <http://www.110volt.ru>.
5. <http://pechatnick.com>.

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОМ ПОДОГРЕВА ЗЕРНА

Халин М.В.- д.т.н., профессор, Шатохин В. В.- студент.  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В связи с увеличением спроса на экологически чистые продукты питания и одновременным ростом энергоматериальных затрат на производство сельскохозяйственной продукции особую значимость приобретают разработка и применение энергоэффективных технологий и технических средств глубокой переработки продукции агропромышленного комплекса (АПК). Для переработки зерна в муку необходим его подогрев до +15°C для соблюдения технологического регламента переработки и сохранения биологических свойств зерна, т.к. температура зерна, поступающего на переработку, составляет от -5 °С зимой до +10°C летом.

Актуальность использования низкотемпературного поверхностно-распределенного электрообогрева в технологических процессах подогрева зернового материала с целью повышения их энергоэффективности предопределило постановку научных задач [1,2]. Целью настоящего исследования является разработка и обоснование расчетных моделей при проектировании системы автоматического регулирования для электрического аппарата подогрева зерна (ЭАПЗ).

Для определения наиболее эффективного способа управления работой ЭАПЗ рассмотрим три варианта моделей.

1 Регулирование мощности электрообогревателей МКЭ ( $P_Э$ ) при постоянной производительности ЭАПЗ ( $G_A$ ).

График функции регулирования  $P_Э=f(\Delta T)$  представлен на рисунке 1. Расчеты выполнены по методике, изложенной в [3], по формуле:

$$P_Э = G_A \times c \times \Delta T, \quad (1)$$

где  $c$  - удельная теплоемкость зерна,  $c = 1550 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{K})$ ;

$\Delta T = T_{\text{вых}} - T_1$ ;  $T_{\text{вых}}$  - температура зерна на выходе ЭАПЗ;  $T_1$  - температура зерна в бункере – накопителе.

2 Регулирование производительности ЭАПЗ ( $G_A$ ) при постоянной мощности электрообогревателей МКЭ ( $P_Э$ )

На рисунке 2 представлена функция регулирования  $G_A=f(\Delta T')$ , где  $G_A$  - производительность дозатора - распределителя;  $\Delta T'$  - разность температур на входе и выходе ЭАПЗ. Расчеты выполнены по формуле:

$$G_A = \frac{G_{zn} \times gradT}{\Delta T'}, \quad (2)$$

где  $gradT$  - приращение температуры по мере прохождения зерна через аппарат в течение одной минуты, равное +0,92 °С, получено аналитическим путем;

$G_{zn}$  - масса зерна в зоне подогрева, равная 800 кг.

Система автоматического регулирования отличается от первого варианта модели тем, что температура на поверхности МКЭ поддерживается постоянной, равной +45 °С.

3 Регулирование производительности ЭАПЗ ( $G_A$ ) при переменной мощности электрообогревателей МКЭ ( $P_Э$ )

Система автоматического регулирования отличается от первого и второго вариантов тем, что осуществляется одновременное регулирование производительности и мощности МКЭ при наличии цепей обратной связи. Такое регулирование обеспечивает наиболее энергоэффективный режим работы. На рисунке 3 представлены функции регулирования  $G_A=f(\Delta T')$ , рассчитанные по формуле (2) с учетом того что,  $gradT = \text{var}$ .

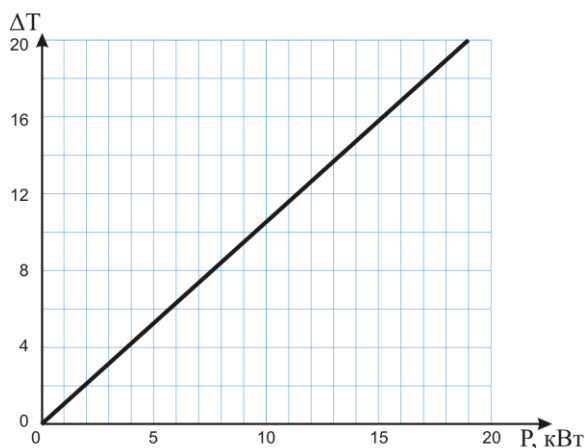


Рисунок 1 - Зависимость  $P_{Э}=f(\Delta T)$

при  $G_A - \text{const}$

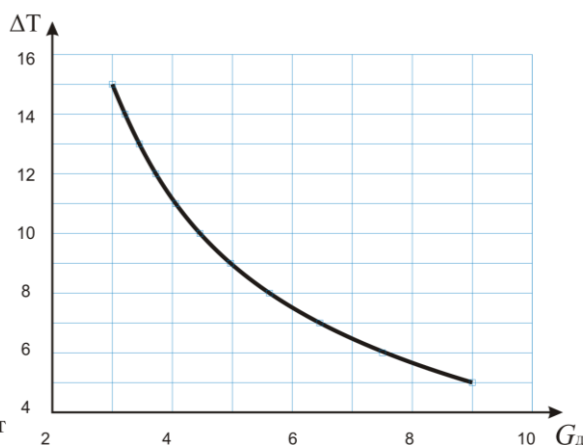


Рисунок 2 - Зависимость  $G_d=f(\Delta T')$

при  $P_{Э} - \text{const}$

Алгоритм системы автоматического регулирования процессом подогрева зерна может быть сформирован на базе двух измерителей - регуляторов двухканальных с RS 485 ОВЕН ТРМ-202.

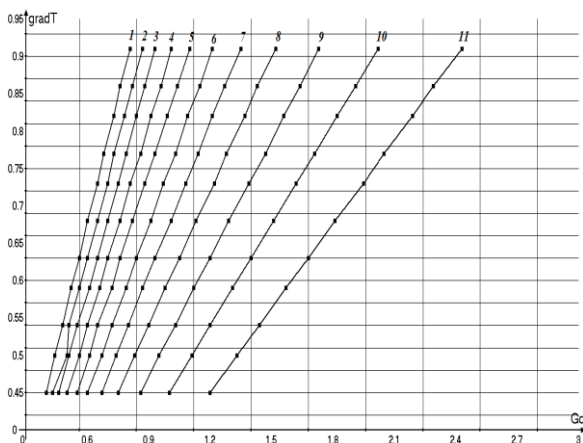


Рисунок 3 - Зависимости  $G_d=f(\Delta T')$  при  $G_A - \text{var}$  и  $P_{Э} - \text{var}$ ., где : 1 - при  $\Delta T'=15$ ; 2 - при  $\Delta T'=14$ ; 3 - при  $\Delta T'=13$ ; 4 - при  $\Delta T'=12$ ; 5 - при  $\Delta T'=11$ ; 6 - при  $\Delta T'=10$ ; 7 - при  $\Delta T'=9$ ; 8 - при  $\Delta T'=8$ ; 9 - при  $\Delta T'=7$ ; 10 - при  $\Delta T'=6$ ; 11 - при  $\Delta T'=5^{\circ}\text{C}$

В результате проведенных исследований определен наиболее рациональный способ управления системой автоматического регулирования, обеспечивающей энергоэффективный режим функционирования ЭАПЗ за счет регулирования производительности аппарата при переменной мощности электрообогревателей МКЭ.

#### Список используемой литературы

1 Пат. 2351861 РФ, МПК F 26 В 17/12, F 26 В 23/04. Устройство для подогрева зерна / М.Н. Строков, Е.И. Востриков, Т.М. Халина, М.В. Халин

2 Пат. 2277210 РФ МПК F26B3/34. Способ подогрева зернового материала / Халина Т.М., Халин М.В., Дорош А.Б., Пугачев Г.А. - №2005100162/06; заявл 11.01.2005; опубл. 27.05.2006, Бюл № 15.

3 Строков, М.Н. Технология и технические средства подогрева зерна на основе композиционных электрообогревателей: дис... канд. техн. наук / М.Н. Строков. – Барнаул, 2009. - 116 с.

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ.

Хмылева К.А. – студент, Котенева Н.В. – к.т.н., доцент.

Алтайский Государственный Технический Университет им. И.И. Ползунова  
(г.Барнаул)

Энергетика Алтайского края находится не в самом лучшем состоянии. Об этом свидетельствует ряд следующих проблем:

- исчерпаемость основных энергетических ресурсов;
- угроза окружающей среде посредством техногенного воздействия объектов энергетики.[1]

В настоящее время перед энергетикой стоит задача избежать дефицита энерго мощностей к 2020 году, т.к. к этому году, по прогнозам, спрос на электроэнергию увеличится на 70%. Но выполнить данную задачу в такие короткие сроки очень сложно.

Мировой опыт показывает, что одним из основных направлений повышения энергетической эффективности является развитие альтернативных источников энергии, что подразумевает более широкое использование возобновляемых источников энергии и применение современных технологий генерации электрической и тепловой энергии.

Необходимость развития альтернативной энергетики в условиях сокращения нефти и газа, стремление к повышению энергетической эффективности становятся в последнее время в развитых странах не только объектом обсуждения на самом высоком уровне, но и предметом выработки конкретных решений. Примером такого решения является грандиозный проект, не имеющий аналогов в мире. В штате Невада по площади 160 кв. км. создается «солнечная ферма» с 70 тыс. энергетическими установками на основе двигателей Стирлинга.

Развитие альтернативных источников энергии для Алтайского края является особо актуальной задачей, т.к. до 2020 года энергетическая безопасность в энергетической стратегии Алтайского края оценивается как предкризисная. На сегодняшний день энергосистема Алтайского края имеет дефицит собственной мощности. Собственными мощностями обеспечивается всего 60% общей потребности. Остальные 40% край покупает у других регионов.

Администрация Алтайского края давно занимается данными проблемами и 12 июня 2012 года была разработана программа развития электроэнергетики Алтайского края на 2012-2016 года[2].

Данная программа предусматривает внедрение и развитие таких видов возобновляемых источников энергии, как: малая гидроэнергетика, биоэнергетика, энергия солнечной радиации, энергия ветра.

По оценкам экспертов для Алтайского края наиболее перспективными направлениями использования альтернативных источников энергии являются гидроэнергетика и ветроэнергетика.

Гидроэнергетический потенциал рек Алтайского края способен в значительной степени уменьшить дефицит электроснабжения удаленных от существующей энергосистемы сельских районов, а так же с районов с физически изношенными линиями передач[2].

В список перспективных малых ГЭС Алтайского края входят 26 потенциальных объектов с суммарной установленной мощностью 404 МВт[3].

Наиболее благоприятным для размещения ветроэнергетических установок являются территории со среднегодовой скоростью ветра более 4м/с. Такими являются следующие города: Алейск, Барнаул, Белокуриха, Славгород, Камень-на-Оби, Рубцовск[2].

Однако статистические данные указывают, что за 2009-2010 года электроэнергии от альтернативных источников энергии произведено не было[4].

В связи с этим, эксперты выделяют несколько проблем:

- неразвитость законодательных механизмов взаимодействия региональных и федеральных ведомств, заинтересованных в развитии альтернативной энергетики;
- отсутствие мониторинга отрасли, отсутствие кадров, недостаточное количество исследовательских работ по данной тематике и как итог- отсутствие инвестиционного интереса к российской альтернативной энергетике;
- в России сильно нефтегазовое лобби, из-за чего альтернативная энергетика не прогрессирует.

Тем не менее, Институт мировых ресурсов говорит о том, что запасов жидкого ископаемого топлива хватит на одно – два поколения. А это говорит только лишь о том, что России необходимо развивать альтернативные источники энергии уже сейчас. Алтайскому краю это необходимо вдвойне, т.к. все электростанции края работают на привозном угле и это делает его энергозависимым от других регионов.

Список использованной литературы:

1. Безруких П.П. Роль возобновляемой энергетики в энергосбережении в мире и в России// Электрика.- 2004.№4.-с.3-5;
2. Постановление Администрации Алтайского края об утверждении краевой программы «Улучшение инвестиционного климата в Алтайском крае на 2011-2016 годы»;
3. Постановление Администрации Алтайского края об энергетической стратегии Алтайского края на период до 2020 гда;
4. [http://www.memoid.ru/node/Alternativnaya\\_energetika\\_v\\_Rossii](http://www.memoid.ru/node/Alternativnaya_energetika_v_Rossii).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Н. Б. Шарипов – аспирант, Н. Е. Емельянов- студент, Федянин В.Я. д.т.н., профессор.

Тепловой насос - современный источник энергии, используемой для работы систем кондиционирования, отопления горячего водоснабжения. В отличие от других теплогенераторов (газовых, дизельных, электрических), тепловой насос "выкачивает" накопленную за теплое время года энергию из окружающей среды - грунта, скальной породы, водоёма. Использование теплового насоса прежде всего это повышение уровня комфорта. Выбрав тепловой насос вместо системы, работающей на жидком топливе, вы уменьшите пожароопасность своего дома, избавитесь от дымовой трубы, запаха дизельного топлива и необходимости помнить о том, чтобы вовремя заказать его доставку. Использование тепловых насосов для отопления жилого дома в Алтайском крае

Таким образом, использование теплового насоса - это ещё и экономия энергии и денег. В России сегодня стоимость производства тепловой энергии значительно зависит от вида топлива: дороже всего электроэнергия, затем идёт дизельное топливо и газ. Но цены на энергоносители всё время меняются, и разница между ними сокращается. При этом разница в стоимости установки теплового насоса с грунтовым теплообменником и котельной на дизельном топливе с топливным хозяйством, дымовой трубой, системой автоматического управления окупится за 3-5 лет.

Работа теплового насоса.

Источником тепла может быть скалистая порода, земля, вода, воздух.

Теплоноситель нагревается на несколько градусов, проходя по внешнему контуру, уложенному в землю или водоём. Внутри теплового насоса теплоноситель, проходит через теплообменник (испаритель) и отдаёт собранное тепло внутреннему контуру теплового насоса. Внутренний контур теплового насоса заполнен хладагентом, имеющим низкую температуру кипения, который, проходя через испаритель, превращается из жидкого состояния в газообразное при температуре  $-5^{\circ}\text{C}$  и низком давлении. Из испарителя газообразный хладагент попадает в компрессор, там он сжимается до высокого давления и высокой температуры. Затем горячий газ поступает во второй теплообменник - конденсатор, где происходит теплообмен между горячим газом и теплоносителем из обратного трубопровода системы отопления дома. Хладагент, отдавая тепло системе отопления, охлаждается и превращается в жидкость, а теплоноситель системы отопления поступает в отопительные приборы. После прохождения через конденсатор жидкий хладагент может быть ещё более охлажден, а температура прямой воды системы отопления увеличена посредством дополнительно установленного сабкулера. Давление хладагента, тем не менее, все еще остается высоким. При прохождении хладагента через редукционный клапан давление понижается, хладагент попадает в испаритель, и цикл повторяется снова.

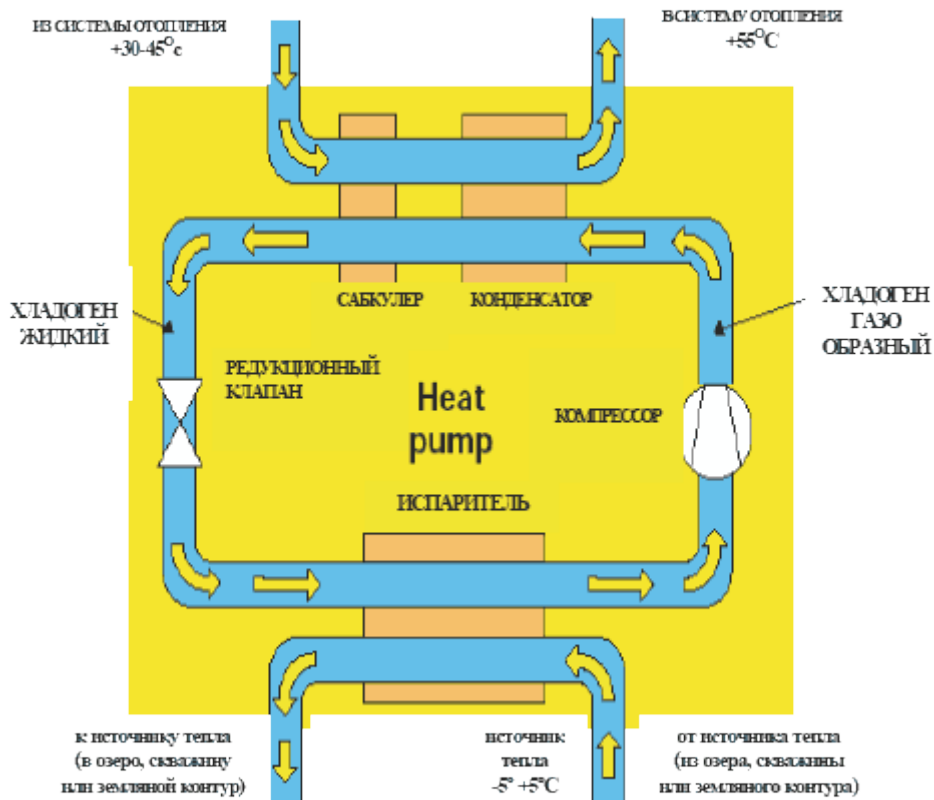
Эффективность тепловых насосов принято характеризовать величиной безразмерного коэффициента трансформации энергии  $K_{tr}$ , определяемого для идеального цикла Карно по следующей формуле:

$$K_{tr} = \frac{T_{out} - T_{in}}{T_{out}}$$

где  $T_{out}$ ,  $T_{in}$  — температуры соответственно на выходе и на входе насоса.

где:  $T_{out}$  - температурный потенциал тепла, отводимого в систему отопления или теплоснабжения,  $K$ ;  $T_{in}$  - температурный потенциал источника тепла,  $K$ . Коэффициент

трансформации теплового насоса, или теплонасосной системы теплоснабжения (ТСТ) Ктр представляет собой отношение полезного тепла, отводимого в систему теплоснабжения потребителю, к энергии, затрачиваемой на работу теплонасосной системы теплоснабжения, и численно равен количеству полезного тепла, получаемого при температурах  $T_{out}$  и  $T_{in}$ , на единицу энергии, затраченной на привод ТН или ТСТ.



#### Необходимые требования к источнику энергии

Источником энергии может быть грунт, скальная порода, озеро, вообще любой источник тепла с температурой - 1 градус Цельсия и выше, доступный в зимнее время. Это может быть река, море, выход теплого воздуха из системы вентиляции или какого-либо промышленного оборудования.

Внешний контур, собирающий тепло окружающей среды, представляет собой полиэтиленовый трубопровод, уложенный в землю или в воду. Теплоноситель – 30% раствор этиленгликоля (либо этилового спирта).





Скважина.

При использовании в качестве источника тепла скалистой породы трубопровод опускается в скважину. Можно пробурить несколько не глубоких скважин - это, возможно, обойдётся дешевле, чем одна глубокая. Главное - получить общую расчетную глубину.

Для предварительных расчетов используется следующее соотношение – 50 - 60 Вт тепловой энергии на 1 метр скважины. То есть, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходима скважина глубиной 170 метров.

Земляной контур.



При укладке контура в землю желательно использовать участок с влажным грунтом, лучше всего с близкими грунтовыми водами. Использование сухого грунта тоже возможно, но это приводит к увеличению длины контура. Трубопровод должен быть зарыт на глубину примерно 1 м, расстояние между соседними трубопроводами - примерно 0.8-1.0 м.

Удельная тепловая мощность трубопровода, уложенного в землю трубопровода - 20-30 Вт/м. Т. е. для установки теплового насоса производительностью 10 кВт достаточно 350-

450 м теплового контура, для чего хватит участка 20х20 кв.м. Специальной подготовки почвы не требуется, влияния на растения трубопровод при правильном расчёте не оказывает.

Водоём.



Ближайший водоём - идеальный источник тепла для теплового насоса. При использовании в качестве источника тепла воды озера или реки контур укладывается на дно. Этот вариант является идеальным с любой точки зрения – «высокая» температура окружающей среды (температура воды в водоеме зимой всегда положительная), короткий внешний контур, высокий коэффициент преобразования энергии тепловым насосом.

На 1 метр трубопровода приходится ориентировочно 30 Вт тепловой мощности. Таким образом, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходимо уложить в озеро контур длиной 300 метров.

Для того, чтобы трубопровод не всплывал, необходимо установить около 5 кг груза на 1 погонный метр трубопровода.



Существует и специальная модель теплового насоса с воздушным теплообменником для получения тепловой энергии из воздуха, например, из вытяжки вентиляционной системы. Она может использоваться на производственных предприятиях вырабатывающих большое количество тёплого воздуха (пекарни, производство керамики и т.д.). Такая модель пригодится и для загородного дома для работы системы горячего водоснабжения в летний период.

### Заключения

Теплонасосная технология преобразования низкопотенциальной природной энергии или теплоты вторичных низкотемпературных энергоресурсов в высокопотенциальную тепловую энергию, пригодную для практического использования, представляет собой не очередную модернизацию традиционных энергоисточников, а внедрение нового, прогрессивного, высокоэффективного и экологически чистого способа получения теплоты. При этом теплонасосные установки (ТНУ) многофункциональны (одновременно производят теплоту и холод), мобильны, относительно просты в изготовлении и в эксплуатации и легко поддаются автоматизации.

### Список Литератур

1. Азарян О.М. Маркетинг: принципы и функции: Навч. пос. - 3-тє вид., перероб. И доп. - Харьков: Студцентр, 2002. - 320 с.: ил.; табл.. Бібліогр.: 94 названия.

2. Анализ перспектив использования тепловых насосов в Украине (обзоры рынка 17.12.2009) // [http://www.holod\\_ok.com.ua](http://www.holod_ok.com.ua)- Интернет-сайт фирмы "Холод\_ОК"
3. Балабанова Л.В. Маркетинг: Учебник. - К.: Знание - Пресс, 2004. - 645 с.
4. Васильев Г.П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли (Монография). Издательский дом "Граница". М., "Красная звезда"— 2006.— 220°С.
5. Васильев Г. П., Хрустачев Л. В., Розин А. Г., Абуев И. М. и др. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии // Правительство Москвы Москомархитектура, ГУП "НИАЦ", 2001.— 66°С.
6. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети: Учебник. – М.:ИНФРА-М, 2006. – 480 с.
7. Вершпян К. Доклад "Прогнозы мировой энергетики-2009" (World energy Outlook, 2009) – <http://www.noravank.am> – 05/02/2010
8. Федянин В.Я. Инновационные технологии для повышения эффективности алтайской энергетики: монография/В.Я. Федянин, В.А. Мещеряков. –Барнаул: Изд-во ААЭП, 2010. – 192 с.