

ДАТЧИК СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Широких А.Е. - студент, Дорожкин М.В. - соискатель,

Коротких В.М. - к.т.н., профессор кафедры ЭиАЭП

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

Для перевозки "ответственных" грузов необходимо выбрать не только транспортное средство, но и правильный маршрут следования. Это обеспечит максимальное сохранение технического состояния груза и уменьшит дорожные расходы. С другой стороны, одно из условий успешного выполнения задания - это экипаж, состоящий из опытных водителей. Для получения ими необходимого опыта, можно использовать симуляторы, имитирующие условия движения и состояние дорожных покрытий. При создании таких устройств производится мониторинговая работа на маршруте следования. Мониторинг предполагает синхронное снятие данных, предварительная обработка и сохранение для дальнейшего использования. Неровности дорожного покрытия обрабатывают амортизационные стойки, на которых целесообразно разместить датчики.

Датчик состоит из механической части и электрической. Механическая часть, кроме механизмов крепления содержит планку 1 со сверлениями 5 - по 16: в верх 2 и низ 3 относительно нулевой линии 4 (Рис. 1).

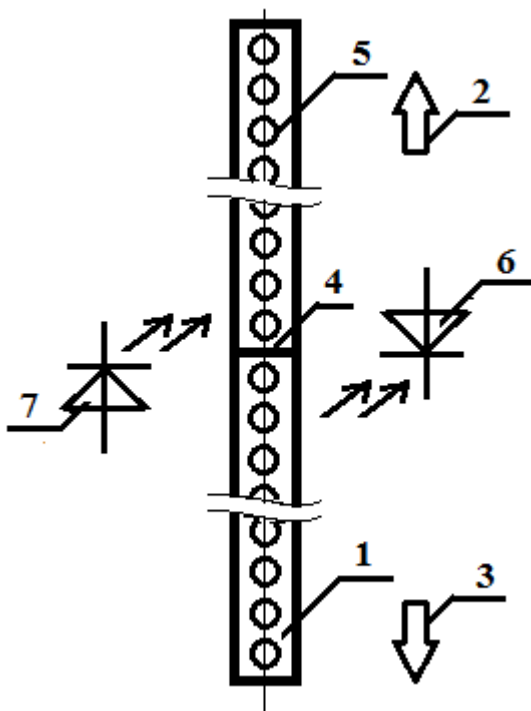


Рисунок 1 - Планка со сверлениями и оптопарой

При движении планка движется относительно оптопары 6,7 перекрывая или открывая оптический канал и создает на выходах дифференциального фото диода импульсы, которые усиливаются аналоговыми усилителями. Усилители выполнены на ОУ 140 серии по схеме, изображенной на рис.2.

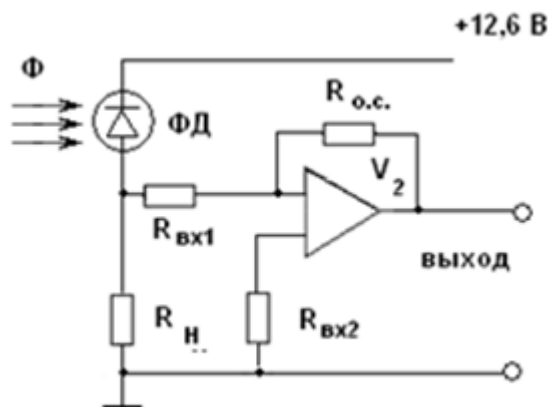


Рисунок 2 - Аналоговый усилитель датчика

Коэффициент усиления рассчитывается по формуле $K_V = \frac{1}{\gamma}$, где $\gamma = \frac{R_{вх}}{R_{о.с.}}$ - есть коэффициент обратной связи усилителя.

Цифровая часть устройства изображена на рис.3. Она содержит два входа, по которым импульсы после формирователей DD1 и DD2 поступают автоматически на считывающие МС (двоичные счетчики) DD6 или DD7 в

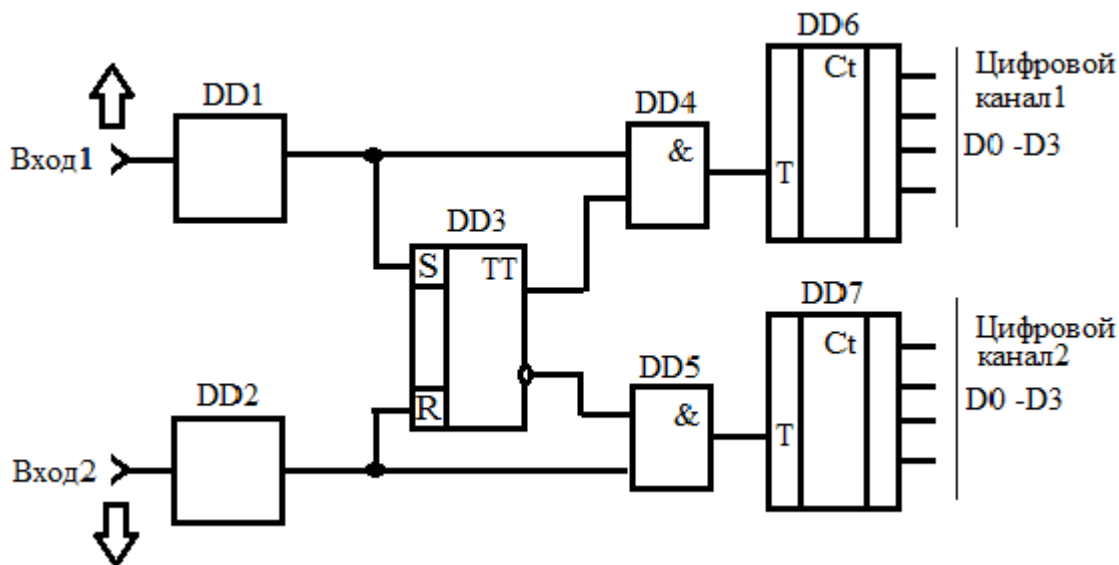


Рисунок 3 - Цифровая часть датчика

зависимости от направления движения планки 1, рис. 1. Счетчики 155 серии имеют четыре разряда данных в двоичном коде, которые можно через контролер и USB-порт сбрасывать в память компьютера.

Выводы:

Записанное число импульсов детектируется в амплитуду раскачки симулятора, что является физическим воспроизведением состояния дорожных покрытий.

Список используемой литературы

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.
3. Г. Г. Ишанин. Приёмники излучения оптических и оптико-электронных приборов. - Л.: Машиностроение, 1986.- С. 57.

СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИМИТАЦИИ СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Бардышев Д.А. - студент, Коротких В.М. к.т.н., профессор кафедры ЭиАЭП
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

При мониторинге состояния дорожного покрытия было произведено: синхронное снятие данных, предварительная их обработка и их сохранение в электронном цифровом виде для дальнейшего использования. Неровности дорожного покрытия отработанные амортизационными стойками и записанные в память, отражаются в виде двоичного кода данных. Причем, при движении вверх задействованы четные адреса, а при движение вниз - нечетные адреса памяти. Данные памяти - это число импульсов, пропорциональное амплитуде амортизационной стойке транспортного средства. Наиболее простым и эффективным имитационным механизмом (ИМ) будет привод с шаговым двигателем (ШД) через реечную передачу. В этом случае, амплитуда движения ИМ будет пропорциональна числу импульсов поступающих на ШД.

Схема управления (рис.1) электропривода представляет преобразователь числа, записанного в двоичном коде в число импульсов в десятичном коде, т.е. $k_0 2^0 + k_1 2^1 + k_2 2^2 + \dots + k_n 2^n = N_{10}$. В ней использованы отечественные микросхемы 155 серии - счетчики 155ИЕ7, логические элементы 155ЛА3 и триггеры 155ТМ2.

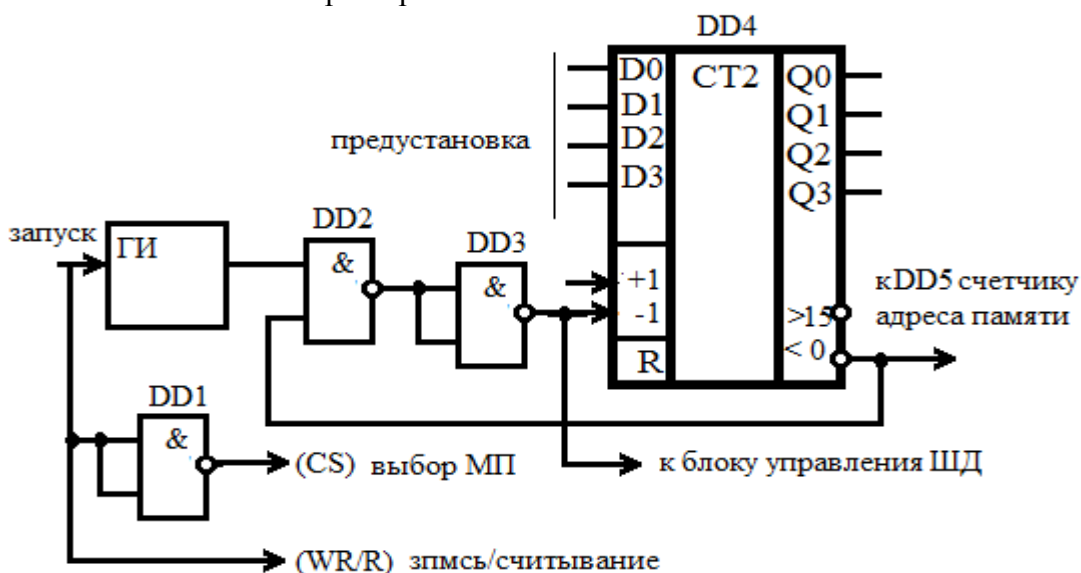


Рисунок 1 - Схема управления

При запуске, выбирается МС памяти (активное состояние) и режим считывания, далее данные передаются на предустановку счетчика DD4 и списываются по входу -1. Появление на выходе <0 низкого уровня запрещает передачу импульсов с генератора (ГИ) логическим элементом DD2, одновременно этот сигнал подается на счетчик адреса памяти для считывания следующих данных. Последовательно перебирая данные, записанные в память, через электропривода воспроизводится неровности дороги и т.о. создается виртуальная реальность.

Список используемой литературы

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.
3. Г. Г. Ишанин. Приёмники излучения оптических и оптико-электронных приборов. - Л.: Машиностроение, 1986.- С. 57.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА АВАРИЙНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ ПОДАЧИ ВОДЫ НА ОБЪЕКТАХ ЖКХ

Осташенко Д.В. - студент, Коротких В.М. - к.т.н., профессор кафедры ЭиАЭП
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Аварии, связанные с протечкой воды на объектах жилищно - коммунального хозяйства наносят большой вред имуществу частных лиц и имуществу общего пользования. Вот почему, устранение данной проблемы - есть важная народно - хозяйственная задача.

В работе представлена устройство автоматического прекращения подачи воды и включение тревожного звукового сигнала в случае протечек. Появление водяного пятна на полу приводит к увеличению его проводимости, это обстоятельство используется для создания сенсора данного устройства. Принципиальная схема, изображенная на рис. 1, включает два блока - датчик и зуммер. Датчик состоит из игольчатых электродов, которые замыкаются между собой при протечках, компаратора напряжения CA1, логического ключа DD4. Генератор секундных импульсов G, DD5 и DD 6 обеспечивают

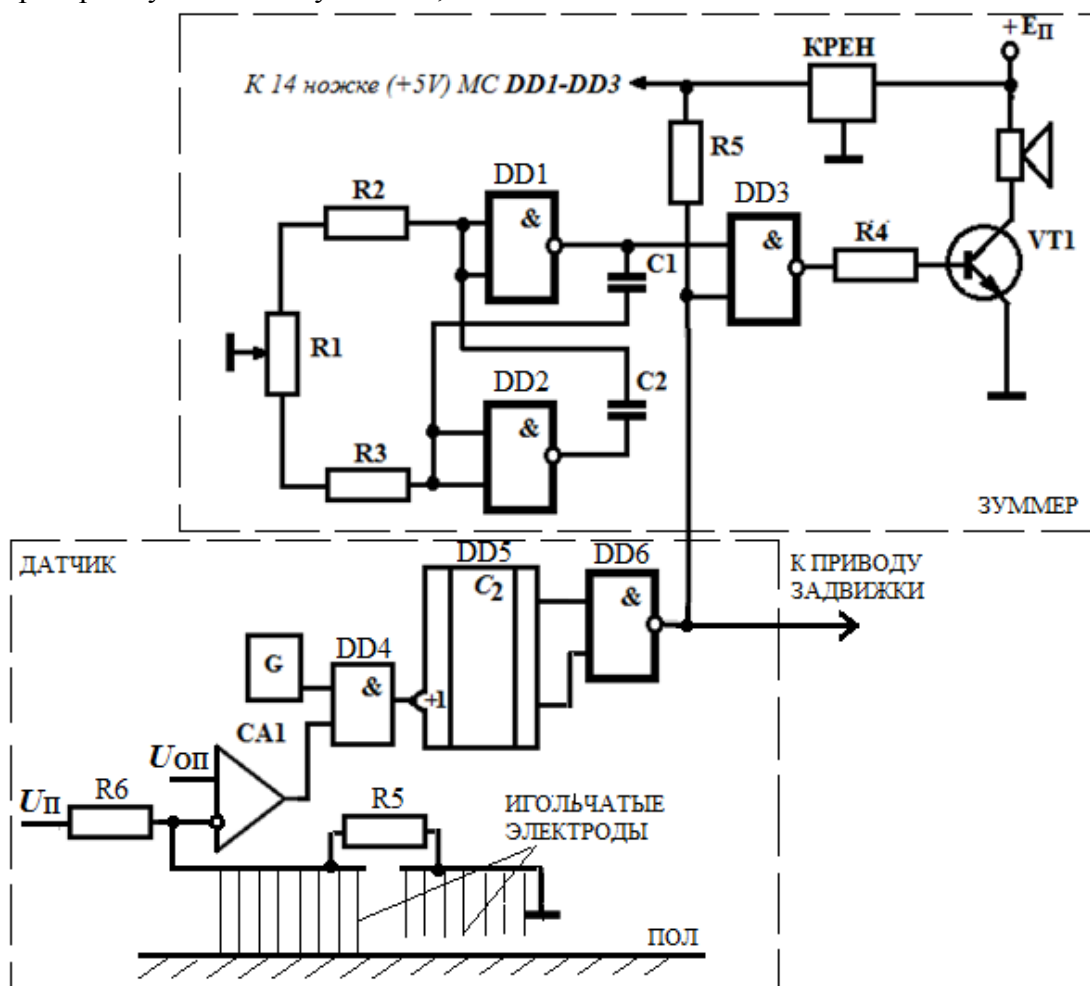


Рисунок 1 - Электрическая схема автоматизированного управления уменьшение вероятности ложных срабатываний. Включение логического элемента DD6 на выходы счетчика - Q0 и Q3, осуществит появление "0" (активного логического уровня) через время $t = 1 * (1 * 2^0 + 1 * 2^3)$ с.

Зуммер состоит из мультивибратора на логических элементах DD1 и DD2, а DD3 разрешает его работу по сигналу с датчика. Транзистор VT1 усиливает сигнал и рассеивает его звуковой головкой.

Данный принцип предотвращения аварийного затопления водой на объектах ЖКХ может быть распространен на аналогичные задачи.

Список используемой литературы

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.

ЭЛЕКТРОПРИВОД В ЦИФРОВОМ ИЗМЕРИТЕЛЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

Уколов Д.В. - студент, Дорожкин М.В. - соискатель, Ратушин Е.Г. - аспирант,
Коротких В.М. - к.т.н., профессор кафедры ЭиАЭП

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

При создании бесконтактных измерителей линейных размеров, в преобразователях информации электрического сигнала можно использовать комбинированные системы - оптоэлектронного и цифровые - шаговые.

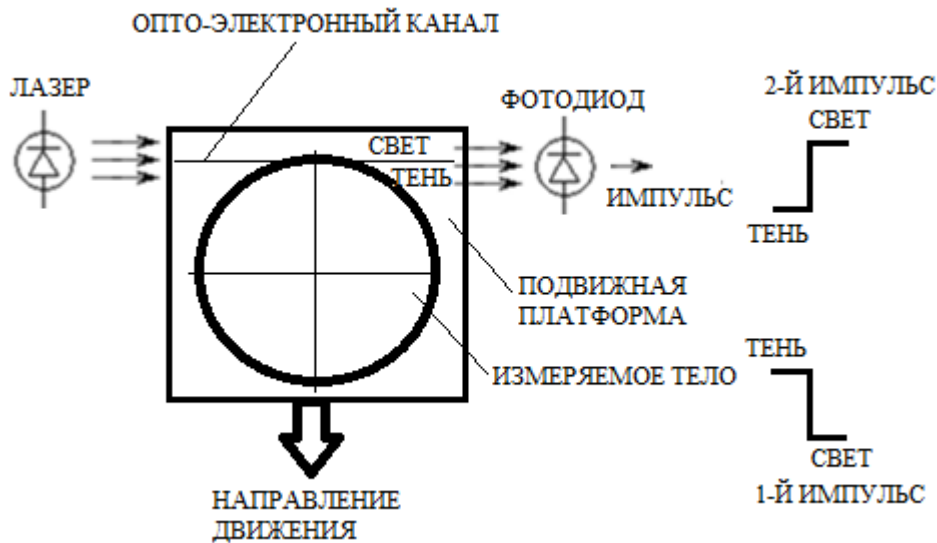


Рисунок 1 - Функциональная схема измерительной системы

Основными достоинствами таких устройств являются - высокая точность, малые шумы и потери при передаче сигнала, а также возможность сопряжения с микро-ЭВМ. Появления сигнала (1-й и 2-й импульс) на выходе сенсора происходит в момент перекрытия/открывания оптоэлектронного канала внешними границами измеряемого объекта (рис. 1).

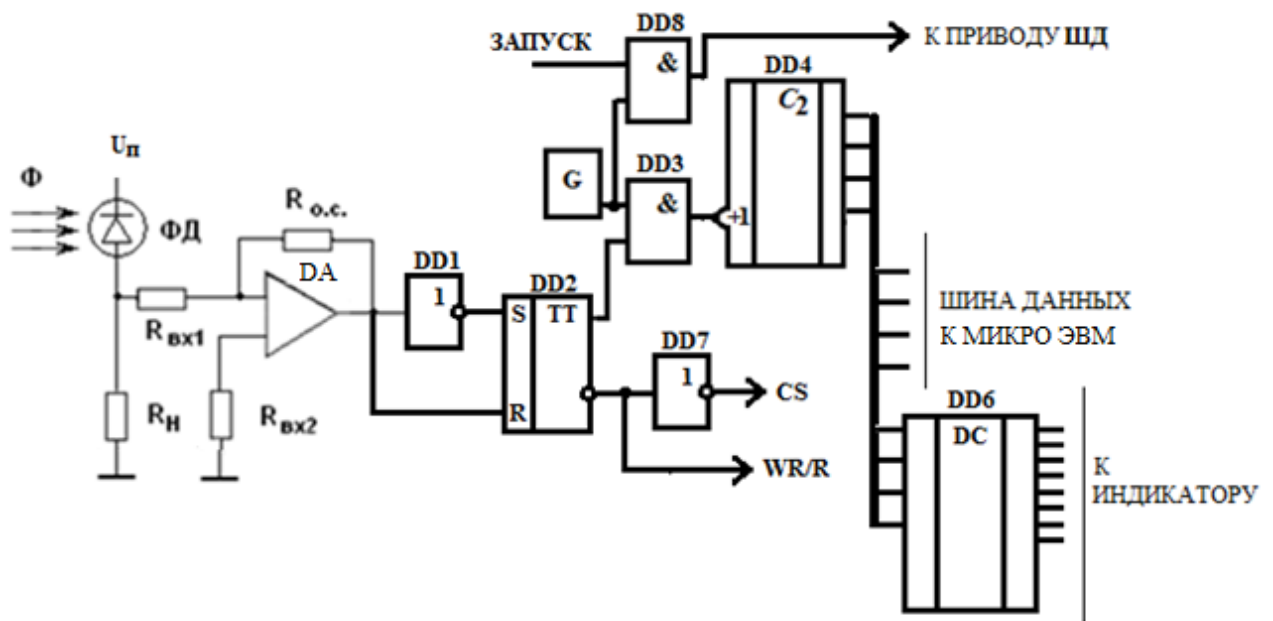


Рисунок 2 - Принципиальная схема блока обработки сигнала

На вход усилителя DA, рис. 2 подается напряжение U_{Φ} фотодиода, которое усиливается с коэффициентом усиления K_U , зависящим от коэффициента обратной связи γ , т.е. для инвертирующего усилителя

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

где $\gamma = \frac{R_1}{R_{OC}}$ - коэффициент обратной связи.

Он выполняет роль компаратора напряжения и формирует сигналы: выбор микросхемы (CS) и запись/чтение (WR/R) данных в память. Сигналы появляются тогда, когда, измеряемое тело, находящееся на двигающейся платформе, перекрывает оптический канал (рис. 1). Так как импульсы с генератора синхронно поступают на электропривод ШД и счетное устройство - элементы DD3, DD4 и DD6, то на индикаторе отразится число, равное числу импульсов, прошедших на электропривод во время перекрытия оптического канала, или размеру детали при шаге двигателя $\Delta l = 1$ мм. Ввод и сопряжение с микро-ЭВМ осуществляется через контролер и универсальный последовательный порт (USB).

Список используемой литературы

1. Коломбет Е.А. Микропроцессорные средства обработки аналоговых сигналов. М.: Радио и связь, 1991.
2. В. Б. Смолов, В. С. Фомичев. Аналого-цифровые и цифроаналоговые вычислительные устройства. Энергия, 1974.
3. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл: пер. с англ. – 6-е изд. – М.: Мир, 2003. – 704 с., ил.
4. Г. Виглеб. Датчики. Устройство и применение. Москва. Издательство «Мир», 1989
Довгун, В. П. Электротехника и электроника: учеб. Пособие: в 2-х ч. Ч. 2 / В. П.

БИПОЛЯРНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ ОПЕРАЦИОННОГО УСИЛИТЕЛЯ НА КОММУТИРУЕМОМ КОНДЕНСАТОРЕ

Суворов А.В. - аспирант, Коротких В.М. - к.т.н., профессор кафедры ЭиАЭП
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Необходимость запитать элемент схемы биполярным напряжением возникает, когда для усиления сигнала применяют операционный усилитель (ОУ). Потребление таких схем может быть очень малым, поэтому делать отдельный источник с самостоятельной обмоткой трансформатора весьма нецелесообразно.

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

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

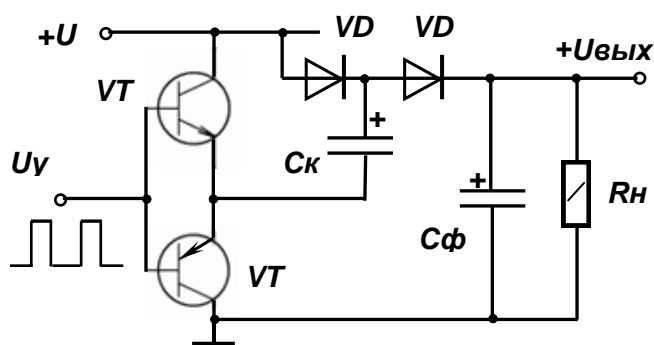


Рисунок 1 – Источник положительного напряжения

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

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

Потери напряжения на коммутирующих элементах составят

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

где U_d – прямое напряжение на диоде,

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

Выполнение оценочного расчета схемы достаточного для практического применения. При построении экспериментального макета можно произвести корректировку параметров под конкретную нагрузку.

Емкость конденсатора C_f для подавления пульсаций выберем больше емкости C_k как минимум в 10 раз; напряжение пульсаций при коммутации конденсатора $U_n = 0.5$ В (3.3%), частота коммутации 10 кГц, $I_n = 10$ мА.

Оценка емкости конденсатора C_k .

Заряд, потребляемый нагрузкой от конденсатора C_{Φ} за один период управляющего напряжения T , составит

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

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

$$\Delta Q_K = U_{п} \cdot C_K = \Delta Q_{\Phi}. \quad (3)$$

Подставив в (3) значение ΔQ_K , получается

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

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

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

Проверка полученных значений.

Заряд на C_K в исходном состоянии до коммутации равен

$$Q_K = U_K \cdot C_K, \quad (6)$$

заряд на фильтрующем конденсаторе C_{Φ} равен

$$Q_{\Phi} = U_{н} \cdot C_{\Phi}. \quad (7)$$

После коммутации конденсаторы соединены параллельно, общий заряд на них $Q = Q_K + Q_{\Phi}$, суммарная емкость составит $C = C_K + C_{\Phi}$, напряжение - U .

Подставив эти данные, учитывая $C_{\Phi} \gg C_K$, получается напряжение после коммутации с учетом пульсаций

$$U = Q/C = (Q_K + Q_{\Phi})/(C_K + C_{\Phi}) = (U_K \cdot C_K + U_{н} \cdot C_{\Phi})/(C_K + C_{\Phi}) = U_K \cdot C_K/C_{\Phi} + U_{н} = U_{п} + U_{н}. \quad (8)$$

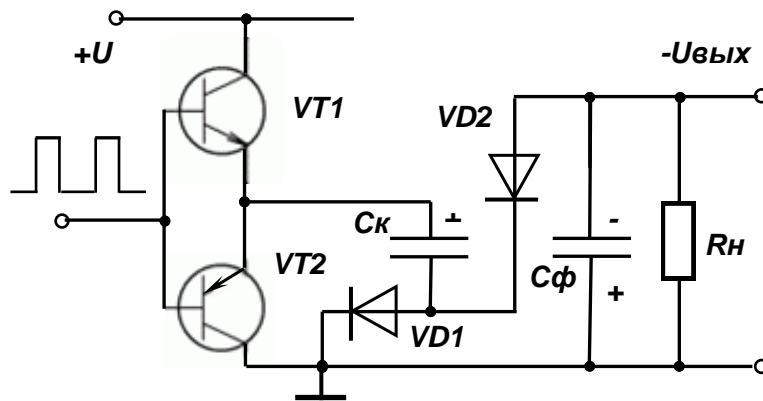


Рисунок 3 – Источник питания с отрицательным напряжением

Напряжение пульсаций составляет

$$U_{п} = U_K \cdot (C_K/C_{\Phi}). \quad (9)$$

Так как её величина принята 0.5 В, а расчетное значение $C_K = 2$ мкФ, то при $U_K = 15$ В получается $C_{\Phi} = 30 \cdot C_K = 60$ мкФ.

Все данные, необходимые для построения источника питания, получены.

По аналогии с приведенной схемой на рисунке 1 положительного источника питания построена схема с инверсией напряжения, то есть отрицательный источник питания (рисунок 2).

В данном случае конденсатор C_K заряжается через VT_1 и VD_1 (VD_3) входным напряжением относительно общего провода. Затем транзистором VT_2 он коммутируется положительной обкладкой на общий провод. На выходе на нагрузке получается отрицательное напряжение питания - U .

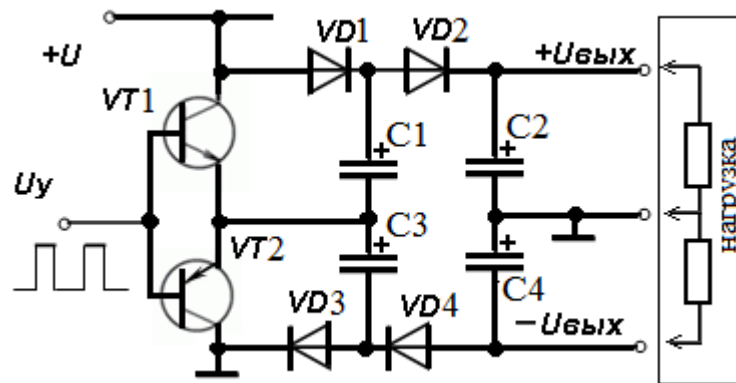


Рисунок 3 - Схема биполярного источника питания для ОУ

Полученная схема биполярного источника питания для операционного усилителя изображена на рисунок 3.

Литература:

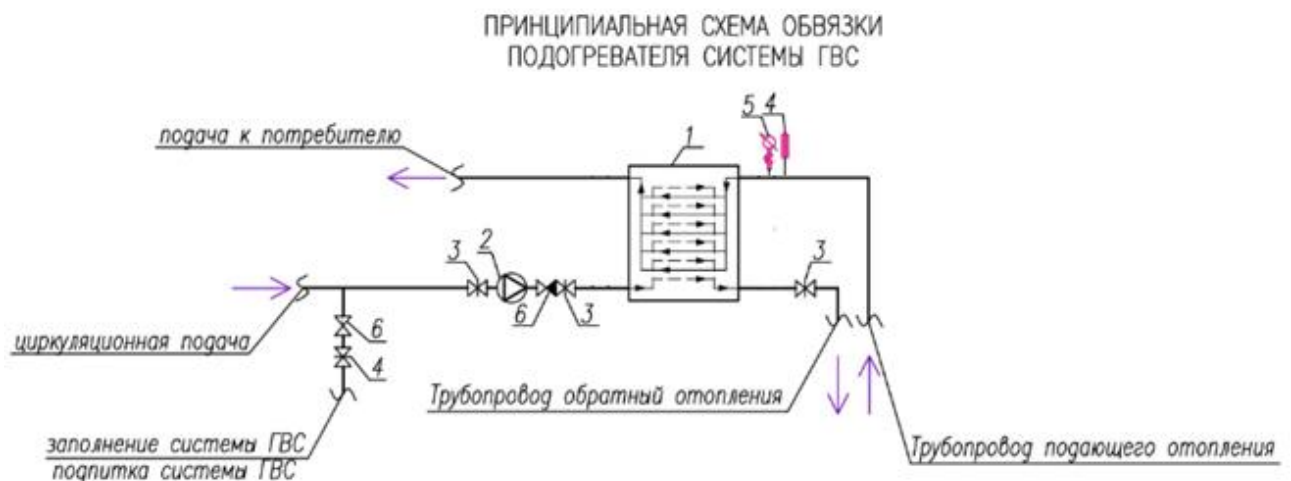
1. А. Г. Алексенко, Е. А. Коломбет, Г. И. Стародуб. Применение прецизионных аналоговых ИС. – М.: Советское радио, 1980.
2. В. Е. Китаев, А. А. Бокуняев, М. Ф. Колканов. Расчет источников электропитания устройств связи. Учебное пособие для высших учебных заведений. – М.: Радио и связь, 1993.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА

Тюжин Е.Г. - студент, Квашнин Ю.А. - доцент

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

В данной работе представлен вариант автоматизированного регулирования системы горячего водоснабжения, который обладает высокой надёжностью и простотой в эксплуатации, позволяет эффективно использовать энергоресурсы, а также минимизировать работу оператора.



- | | |
|--------------------------------|-------------------------|
| 1 – теплообменник системы ГВС; | 4 – датчик температуры; |
| 2 – циркуляционный насос ГВС; | 5 – датчик давления; |
| 3 – задвижка; | 6 – обратный клапан. |

Рисунок 1 – Мнемосхема автоматического регулирования системы горячего водоснабжения производственного участка

При подаче воды аналоговый датчик температуры показывает текущее значение температуры, сравнивающее устройство сравнивает текущее значение температуры и заданное, если текущее значение температуры ниже уставки, то задвижка(3) открывается, в теплообменник подается горячая вода и подогревает воду подающуюся к потребителю. Датчик давления настраивается на два значения: минимальное и максимальное. Если в системе значение давления падает ниже установленного минимального значения, то включается циркуляционный насос ГВС. Если давление выше максимального циркуляционный насос отключается.

Для выполнения этой задачи мы использовали программируемый логический контроллер Mitsubishi AL2-14 MR-D серии “альфа – 2” [1].

С помощью программного обеспечения AL-PCS/WIN-E пишем программу по мнемосхеме, используя язык программирования FBD [2]:

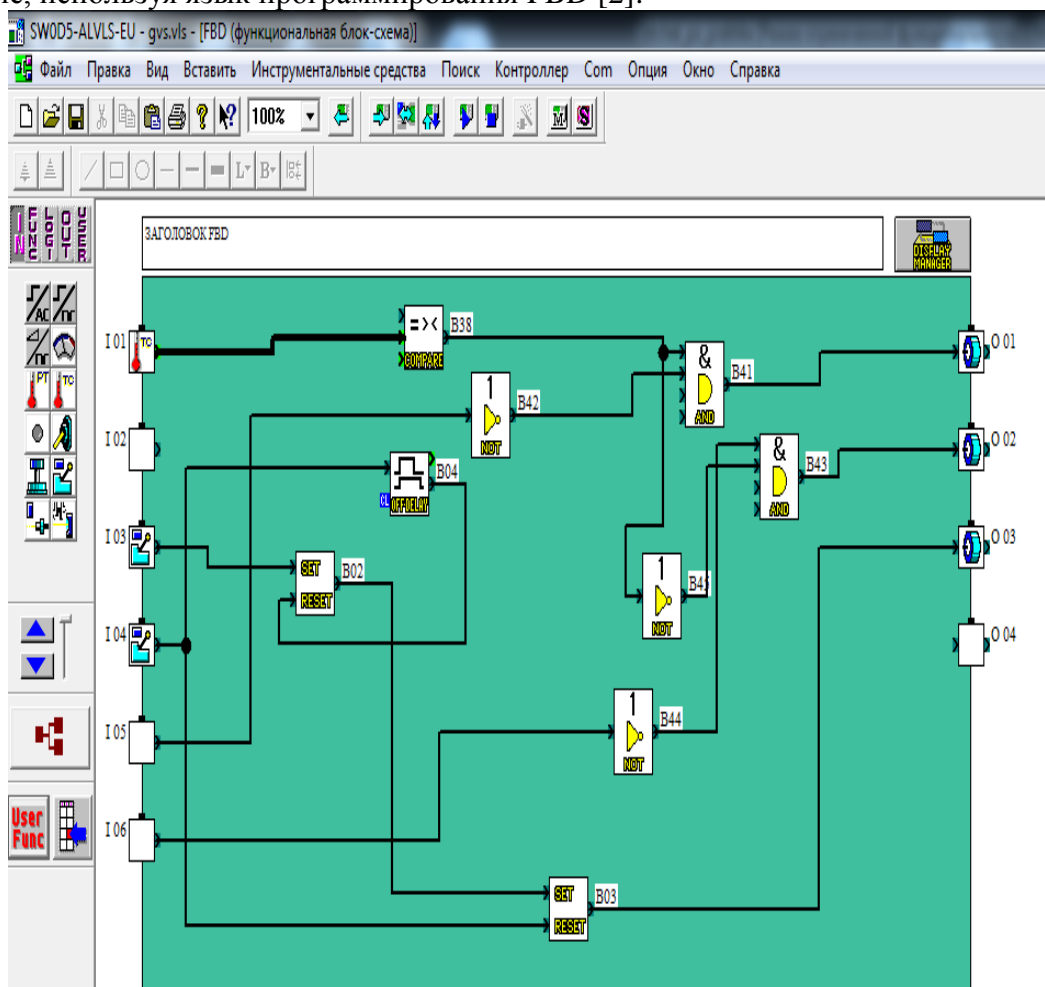


Рисунок 2 – Функциональная блок схема

В схеме, показанной на рисунке 2, использовали: сравнивающее устройство, D-триггер, блоки задержки на включение/выключение, логические элементы И, НЕ. На вход контроллера установлены: аналоговый датчик температуры, датчик давления с минимальным и максимальным значением, концевые датчики положения задвижки [3].

Список используемой литературы

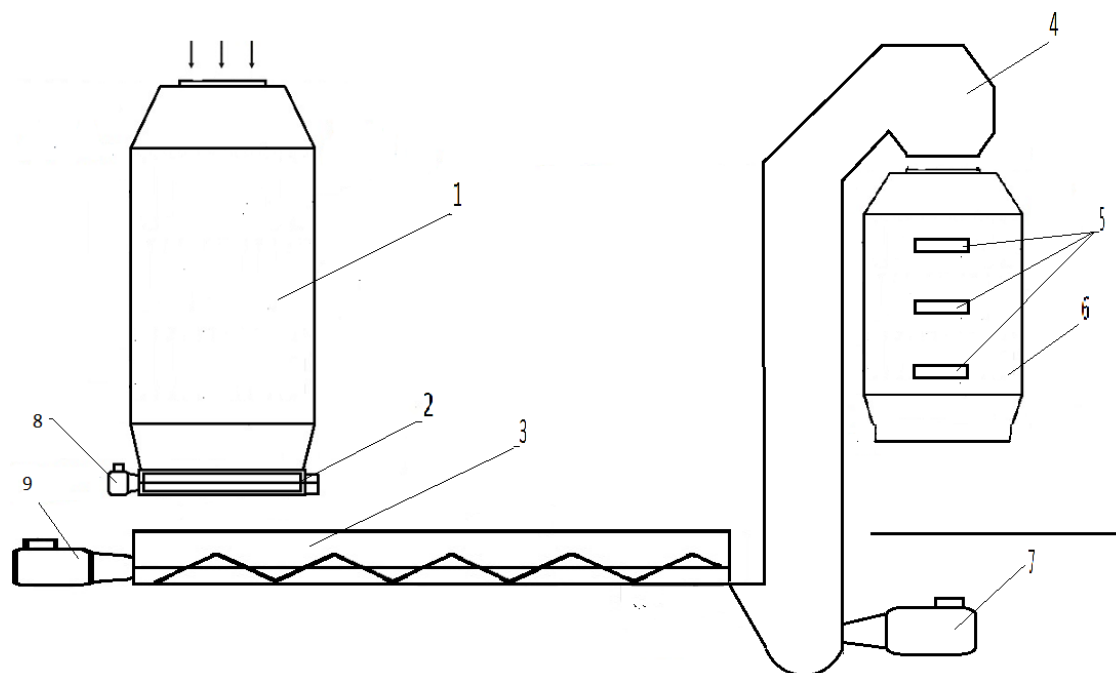
1. Руководство по эксплуатации преобразователя alfa-2
2. Руководство пользователя: Программное обеспечение для управления преобразователями частоты модели alfa-2 и программирования встроенного ПЛК
3. <http://automation-system.ru>

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОДАЧИ ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА НА ВЫБОЙ

Волков А.Ю. – студент, Квашнин Ю.А.т - доцент

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

В данной работе представлен вариант системы автоматического управления подачи зернового материала на выбой, которая отличается простотой в эксплуатации, высокоэффективна, обладает высокой надёжностью, позволяет эффективно использовать энергоресурсы, а также минимизировать работу оператора.



- 1 – главный бункер
- 2 – задвижка главного бункера
- 3 – шнек
- 4 – нория
- 5 – датчики уровня
- 6 – дозирующий бункер
- 7,8,9 – двигатели

Рисунок 1 – Мнемосхема системы автоматического управления подачи на выбой

При открытии задвижки(2) двигателем(8) осуществляется подача из главного бункера(1) на шнек(3), шнек приводится в движение двигателем(9) и подает зерновой материал на норию(4), которая в свою очередь транспортирует зерно в дозирующий бункер(6) при помощи двигателя(7) по мере заполнения дозирующего бункера срабатывают поочередно датчики уровня(5), как только срабатывает верхний датчик задвижка(2) закрывается шнек подает оставшийся материал на норию и останавливается. Нория высыпает остатки в дозирующий бункер. Верхний датчик в дозирующем бункере установлен так, что позволяет высыпать нории остатки зернового материала после закрытия задвижки главного бункера. После того как пропадет сигнал с верхнего и среднего датчиков, то шнек приводится в движение снова, и задвижка главного бункера вновь открывается, далее действия повторяются.

Для выполнения этой задачи мы использовали программируемый логический контроллер Mitsubishi AL2-14 MR-D серии “альфа – 2”[2] .

С помощью программного обеспечения AL-PCS/WIN-E пишем программу по мнемосхеме, используя язык программирования FBD[3]:

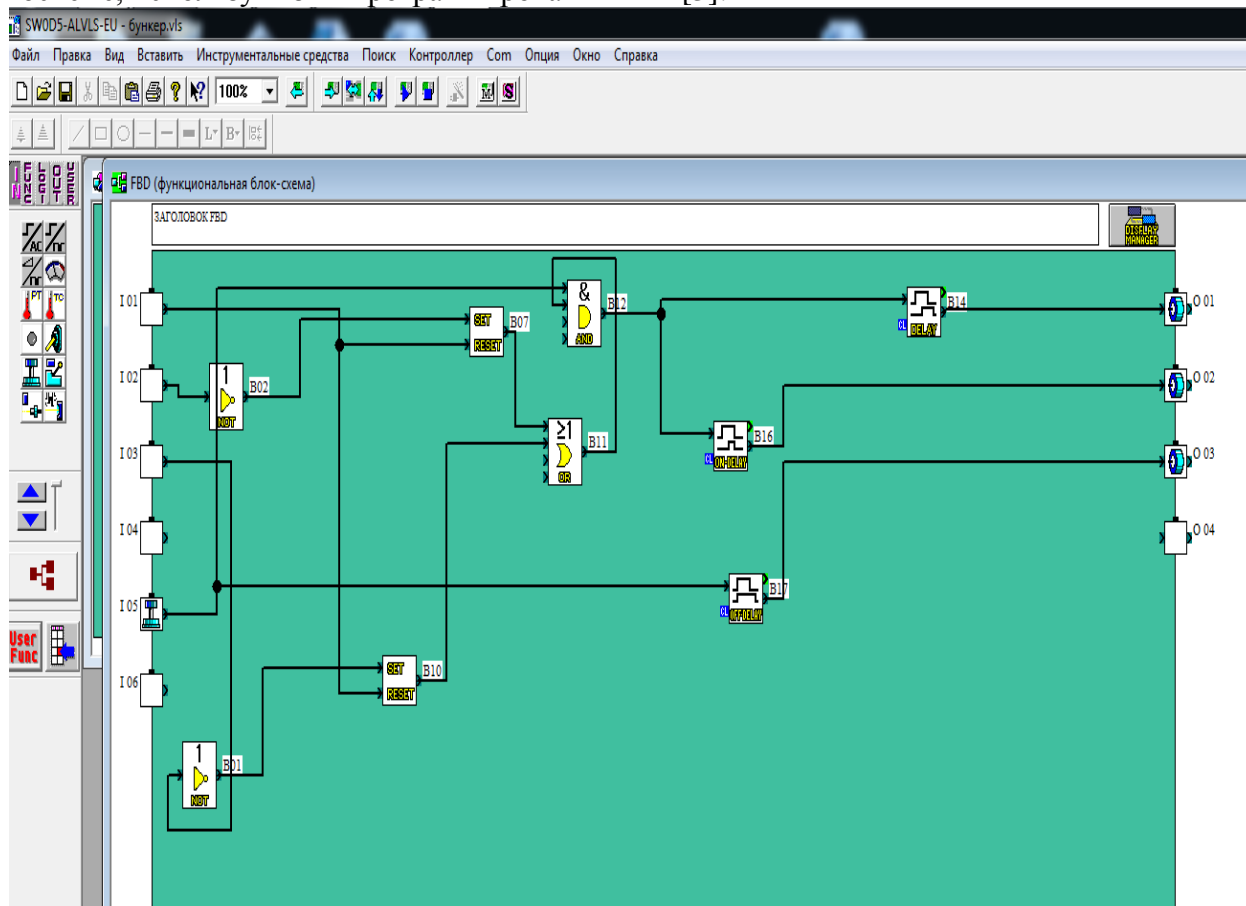


Рисунок 2 - Функциональная блок схема

В схеме использовали: D-триггер, блоки задержки на включение/выключение, логические элементы И, НЕ, ИЛИ. На вход контроллера установлены три датчика уровня дозирующего бункера и кнопка включения/выключения всей схемы. На выходы подключены двигатели: задвижки, шнека, нории.

Литература:

1. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок[Текст]. /Под ред. И.Ф. Кудрявцева. – М.: Агропромиздат, 1988
2. Руководство по эксплуатации преобразователя alfa-2
3. Руководство пользователя: Программное обеспечение для управления преобразователями частоты модели alfa-2 и программирования встроенного ПЛК

ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПИТАЮЩЕГОСЯ ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИЗКОЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ ВЕКТОРНО- АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ТИПА

Мангер Н. М. - студент, Еремочкин С.Ю – к.т.н., ст.преподаватель
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время в различных отраслях сельского хозяйства широкое применение получили трехфазные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Обусловлено это тем, что такие двигатели имеют множество преимуществ перед двигателями постоянного тока: высокая надежность, простота в эксплуатации и меньшая стоимость.

В Алтайском крае, особенно в горных районах, большой проблемой является отсутствие трехфазной сети, что значительно усложняет использование электродвигателей, и в связи с этим становится актуальным вопрос о выборе способа запуска и работы трехфазного двигателя от однофазной сети.

На сегодняшний день существует множество способов запуска трехфазных двигателей от однофазной сети, наибольшее распространение из которых получили:

- метод прямого включения
- использование емкостных или индуктивно-емкостных фазосдвигающих сетей
- использование частотных преобразователей. [1]

Прямой пуск применяется для двигателей с короткозамкнутым ротором. Для этого они проектируются так, чтобы пусковые токи, протекающие в обмотке статора, не создавали больших механических усилий в обмотках и не приводили к их перегреву. Но при прямом пуске двигателей большой мощности в сети могут возникать недопустимые, более 15%, падения напряжения, что приводит к неустойчивой работе пусковой аппаратуры, подгоранию контактов и практически к невозможности пуска. В связи с наличием недостатков у вышеуказанных методов, становится актуальным вопрос о новом методе запуска и осуществления работы трехфазного электродвигателя от однофазной сети. Самый простой способ запуска трехфазного двигателя в качестве однофазного, основывается на подключении его третьей обмотки через фазосдвигающее устройство. В качестве такого устройства может выступать активное сопротивление, индуктивность или конденсатор. При применении пусковых конденсаторов имеется возможность увеличить пусковой момент до величины 1,6-2 от номинального момента. Однако, при этом значительно увеличивается емкость пускового конденсатора, из-за чего вырастают его размеры и стоимость всего фазосдвигающего устройства, что также является невыгодным. Для пуска и управления трехфазным асинхронным двигателем от однофазной сети, можно применять преобразователь частоты с питанием от однофазной сети. Пуск трехфазного асинхронного двигателя от однофазной сети с помощью преобразователя частоты является одним из самых перспективных.[2] Поэтому именно он наиболее часто используется в новых разработках систем управления регулируемые электроприводами. Принцип его лежит в том, что, меняя частоту и напряжение питания двигателя, можно в соответствии с формулой, изменять его частоту вращения. Недостатки применения частотного преобразователя для пуска трехфазного асинхронного двигателя от однофазной сети: достаточно высокая стоимость самого преобразователя и периферийных устройств к нему. Появление несинусоидальных помех в сети и снижение показателей качества сети.[3]

В связи с выявленными недостатками, становится актуальным вопрос о новом способе запуска и осуществления работы трехфазного двигателя от однофазной сети.

Список используемой литературы

1. Васин, Ф. И. Крестьянские (фермерские) хозяйства: правовой статус и учет [Электронный ресурс] / Ф. И. Васин, Е. И. Степаненко // Центральная научная сельскохозяйственная библиотека Россельхозакадемии. – 2010. – Режим доступа: http://www.cnsnb.ru/cnsnb/aris/fermer/dig/d_94.htm.
2. Коломиец, А. П. Устройство, ремонт и обслуживание электрооборудования в сельскохозяйственном производстве / А. П. Коломиец, Г. П. Ерошенко, В.М. Расторгуев. – М.: Академия, 2003. – 368 с
3. Драгилев, А. И. Технологическое оборудование предприятий перерабатывающих отраслей АПК / А. И. Драгилев. – М.: Колос, 2001. – 352 с.

ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПИТАЮЩЕГОСЯ ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШИРОКОПОЛОСНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ ВЕКТОРНО- АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ТИПА

Кныш В. Н. студент, Еремочкин С.Ю – к.т.н., ст.преподаватель
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время в Алтайском крае большая часть сельского хозяйства и частных предпринимателей в сельской местности питаются от трехфазной сети переменного тока. Для многих жителей отдаленных районах сельской и горной местности использование трехфазной сети становится невозможным. Из этого следует что в ряде случаев приходится использовать однофазную сеть переменного тока.

В сельском хозяйстве и в курортной зоне алтайского края широкое применение получили трехфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Трехфазные асинхронные двигатели благодаря простоте и надежности конструкции и низкой стоимости нашли широкое применение в технике. Асинхронные двигатели не требуют почти никакого ухода, просто пускаются в ход. Асинхронные двигатели являются незаменимыми в области строительства, сельского хозяйства а так же в бытовой технике. Используют в приводе холодильника, стиральной машины, швейной машины, циркулярной пилы, бетономешалки, зернодробилки, сепаратора ,доильной установки.[1]

Возникает актуальность проблемы подключения и регулировки трехфазных двигателей от однофазной сети переменного тока. В этом случае, существует несколько способов запуска, регулировки, подключения двигателя к сети.

Для того что подключить трехфазный асинхронный двигатель в однофазную сеть нужно придерживаться определенных требований. В настоящее время большое распространение получили подключение трехфазного асинхронного двигателя от однофазной сети переменного тока:

- метод прямого включения;
- Фазосдвигающий конденсатор
- частотный преобразователь.

Подключение трехфазного асинхронного двигателя от однофазной сети переменного тока при помощи фазосдвигающего конденсатора. Этот метод самый простой и удобный — с подключением третьей обмотки через фазосдвигающий конденсатор. Но минусом является то, что конденсатор сдвигает фазу третьей обмотки на 90° , а между первой и второй фазами сдвиг незначителен, электродвигатель теряет мощность примерно на 40...50% при включении обмоток по схеме треугольника.

Чтобы электродвигатель с конденсаторным пуском работал нормально, емкость конденсатора должна меняться в зависимости от числа оборотов от мощности. На практике это условие выполнить трудно, пуск двигателя осуществляется в две ступени, что становится мало удобным. [2]

Подключение трехфазного асинхронного двигателя от однофазной сети переменного тока при помощи преобразователя частоты.[3]

Подключение частотного преобразователя предполагает размещение перед ним автоматического выключателя, работающего с током, равным номинальному (или ближайшему большему в ряду номинальных токов автоматов) потребляемому току двигателя. Если ПЧ адаптирован на работу от трехфазной сети, необходимо задействовать трехфазный автомат, имеющий общий рычаг. Такой подход позволяет в случае короткого замыкания одной из фаз оперативно обесточить и все остальные фазы. Характеристики тока срабатывания должны полностью соответствовать току одной фазы электрического двигателя. Если же частотный преобразователь предназначен для однофазного питания, имеет смысл применить одинарный автомат, рассчитанный на утроенный ток одной фазы. В любом случае, установка частотного преобразователя не должна осуществляться путем

включения автоматов в разрыв нулевого или заземляющего провода. Здесь подключение выполняется только напрямую.

Далее настройка преобразователя частоты предусматривает присоединение его фазных проводов к соответствующим контактам электрического двигателя. Перед этим необходимо соединить в электродвигателе обмотки по схеме «треугольник» или «звезда». Конкретный тип соединения определяется характером напряжения, вырабатываемого непосредственно преобразователем частоты.

Однако, у такой схемы включения трехфазного двигателя в сеть 220 вольт, конечно есть и недостатки:

- высокая стоимость преобразователя: стоимость ПЧ может в несколько раз превышать стоимость самого двигателя, поэтому, дешевым решением, эту схему назвать никак нельзя;
- низкая ремонтпригодность;
- требовательность преобразователя к условиям эксплуатации, необходимость создания определенного микроклимата в помещении или шкафу, где он расположен.

Так как рассмотренные способы подключения трехфазного асинхронного двигателя имеют ряд недостатков таких, как снижение напряжения, не высокий КПД, сложность управления скоростью. Нужно разработать новый способа подключения и запуска трехфазного асинхронного двигателя от однофазной сети, который стабилизирует напряжение, увеличит КПД и получить возможно регулировать скорость вращения электродвигателя.

Таким образом, целью данной дипломной работы является необходимость разработать новый способ подключения трехфазной асинхронной машины от однофазной сети переменного тока используя векторно-алгоритмического типа.[4]

Список используемой литературы

1. Усольцев А.А. Векторное управление асинхронными двигателями .
2. Шрейнер Р.Т. Автоматизированный электропривод. Системы управления электроприводов (ГОС-2000)
3. Шрейнер Р.Т. Системы подчиненного регулирования электроприводов.
4. Столяров И.М. и др. Частотное регулирование асинхронных двигателей - принцип ориентирования по вектору напряжения

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ВЕКТОРНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ТИПА ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН МАЛЫХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Неверов Д. М. - студент, Еремочкин. - к.т.н., ст. преподаватель
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В современных условиях развития Российской Федерации уделяется огромная роль развитию продовольственной безопасности и импорт замещению продуктов питания. Большую роль, в производстве сельскохозяйственной продукции, играют фермерские хозяйства и личные подсобные хозяйства. Алтайский край является одним из крупнейших сельскохозяйственных регионов в Сибирском федеральном округе и Российской Федерации. Алтайский край, который по праву называется житницей Сибири, является одним из крупнейших производителей сельскохозяйственной продукции и продуктов питания в России.

По данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Алтайском краю, на 1 января 2014 года в пользовании крестьянских (фермерских) хозяйств находится 1730 тыс. гектаров пашни, ил 26,4% площади все пашни края. Количеств земли на одно крестьянское (фермерское) хозяйств увеличилось с 376

гектаров в 2008 год до 404 гектаров в 2013 году. Доля крупно товарных фермерских хозяйств, в пользовании которых находится более 52% общего пахотного клина, составляет всего 7% от общего количества зарегистрированных хозяйств региона. В целом доля сельскохозяйственной продукции, производимой крестьянскими фермерскими хозяйствами, в общем краевом объеме составляет 11,3%. На долю растениеводства приходится 21% (32% зерна, 35% подсолнечника и 25% сахарной свеклы), животноводства - 2,3%)[1].

Для повышения производительности сельскохозяйственной продукции необходимо использовать сельскохозяйственные мобильные машины.

Сельскохозяйственные мобильные машины необходимо использовать для повышения производительности сельскохозяйственной продукции, для упрощения условий труда, а также для улучшения качества производимой продукции.

В основном в мобильных сельскохозяйственных машинах используются трехфазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, а электроснабжение осуществляется от однофазной сети. Возникает проблема запуска и регулировки скорости трехфазных электродвигателей.

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.

Но эти способы обладают рядом недостатков:

- значительное понижение момента и развиваемой электродвигателем мощности;
- набора конденсаторов различной емкости, а для двигателей 2 – 3 квт суммарная ёмкость фазосдвигающих конденсаторов может достигать 300 мкф и больше, и это приводит к большим затратам, объемам и массе батареи конденсаторов
- частотные преобразователи в ряде случаев не рационально использовать 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, а также возможность регулирования угловой скорости электродвигателя.

Список используемой литературы

1. Епифанов А.П. Электропривод в сельском хозяйстве / А.П. Епифанов . . – М.: Лань 2010. – 156с.
2. Цой, Ю. А. Молочные линии животноводческих ферм и комплексов / Ю. А. Цой. – М.: Колос, 1982. – 221 с.
3. Мартынов, В. М. Современные технологии и технические средства для уборки корнеплодов / В. М. Мартынов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 3. – С. 27-29.
4. Баранович, Б. М. Мобильные машины для приготовления и раздачи кормов / Б. М. Баранович // Техника и оборудование для села. – 1997. – №12. – С. 21- 28.

ВЕКТОРНО – АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО КОРОТКОЗАМКНУТОГО ДВИГАТЕЛЯ

Королёв Д.А. – студент, Титова А.А. – студент, Еремочкин С.Ю. - к.т.н., старший преподаватель кафедры ЭиАЭП

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

В современном сельском хозяйстве нельзя обойтись без трехфазных асинхронных короткозамкнутых двигателей. Двигатели данного типа имеют значительные преимущества

по сравнению с однофазными двигателями переменного тока в силу своей надежности, низкой стоимости, простой конструкции и малым затратам в обслуживании [1]. Однако, в отдаленных районах зачастую используется однофазная сеть переменного тока и при включении трехфазного двигателя в данную сеть возникает ряд проблем [2].

Обычно, для запуска и регулирования скорости трехфазного асинхронного двигателя используют трехфазный частотный преобразователь, питающийся от трехфазной сети. При подключении данного преобразователя в однофазную сеть обнаруживается нестабильность в его работе. В связи с этим возникает проблема поиска энергоэффективного и недорогого способа запуска и работы трехфазных асинхронных двигателей от однофазной сети с возможностью регулирования скорости двигателя.

Для решения этой задачи на кафедре «Электротехника и автоматизированный электропривод» АлтГТУ разработан однофазный регулятор скорости для трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором [3]. В работе устройства используется свойство биполярных транзисторов пропускать ток в прямом и обратном направлениях вследствие симметричной структуры (р-п-р или н-р-п). Принципиальная электрическая схема однофазного регулятора скорости для трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором показана на рисунке 1.

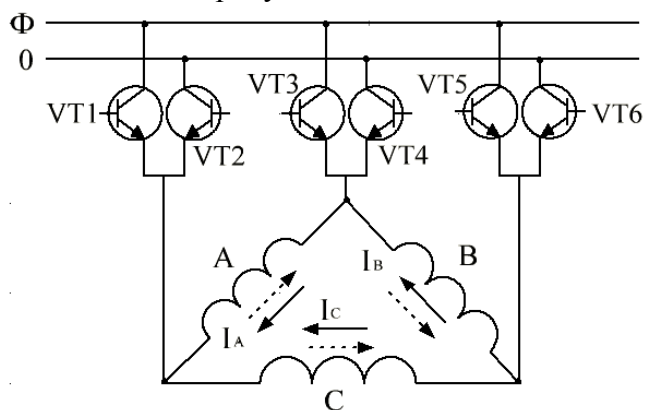


Рисунок 1 - Принципиальная схема однофазного регулятора скорости

При векторно – алгоритмической коммутации транзисторов можно получить вращающееся магнитное поле статора. На рисунке 2 представлена векторная диаграмма вращения магнитного поля статора.

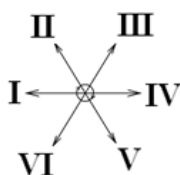


Рисунок 2 – Векторная диаграмма вращения магнитного поля статора

Пофазное изменение магнитного потока в обмотках статора, осциллограммы напряжений статорных обмоток, а также открываемые транзисторы в соответствие с векторной диаграммой для получения расчетной частоты 16,67 Гц изображено на рисунке 3.

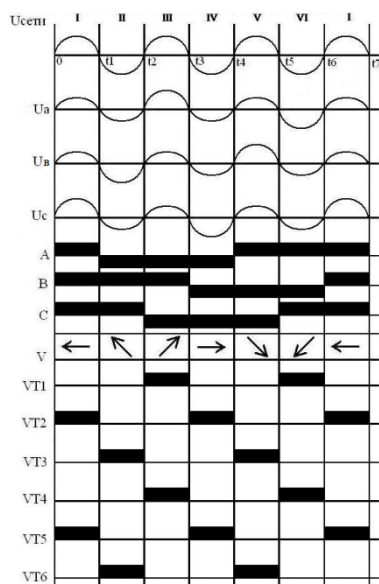


Рисунок 3 - Пофазное изменение магнитного потока в обмотках статора

При прохождении положительной полуволны питающего напряжения, в начальный момент времени t_0 открываются транзисторы VT2 и VT5, ток пойдет по трем обмоткам: обмотка С, обмотка В, обмотка А электродвигателя. Напряжение на обмотке С равно фазному $U_{сети}$, на обмотках А и В напряжение равно $U_{сети}/2$ соответственно. Образуется первое положение вектор магнитного поля статора. При прохождении отрицательной полуволны питающего напряжения (момент времени t_1) закрываются транзисторы VT2 и VT5, открываются транзисторы VT3 и VT6 и ток пойдет по трем обмоткам В, С, А электродвигателя. Образуется второе положение вектора магнитного поля статора. При прохождении следующей положительной полуволны питающего напряжения (момент времени t_2) закрываются транзисторы VT3 и VT6, открываются транзисторы VT1 и VT4, ток пойдет по трем обмоткам А, С, В электродвигателя. Образуется третье положение вектора магнитного поля статора. При прохождении следующей отрицательной полуволны питающего напряжения (момент времени t_3) закрываются транзисторы VT1 и VT4, открываются транзисторы VT2 и VT5 и ток пойдет по трем обмоткам С, А, В электродвигателя. Образуется четвертое положение вектора магнитного поля статора. При прохождении положительной полуволны питающего напряжения (момент времени t_4) транзисторы VT2 и VT5 закрываются и открываются транзисторы VT3 и VT6 и ток пойдет по трем обмоткам В, А, С электродвигателя. Образуется пятое положение вектора магнитного поля статора. При прохождении отрицательной полуволны питающего напряжения (момент времени t_5) закрываются транзисторы VT3 и VT6, открываются транзисторы VT1 и VT4 и ток пойдет по трем обмоткам А, В, С электродвигателя. Образуется шестое положение вектора магнитного поля статора. Поле статора получается круговым, изменяющимся во времени. При прохождении следующей волны (промежуток времени t_6-t_7) цикл повторяется. Регулировка частоты осуществляется путем включения силовых транзисторов в различной последовательности.

При включении силовых транзисторов в правильном порядке образуется вращающееся магнитное поле статора, необходимое для запуска и работы трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Таким образом предлагаемое устройство обеспечивает запуск, работу и дискретную регулировку скорости электродвигателя, при использовании простой силовой полупроводниковой схемы, непосредственно от однофазной сети переменного тока.

Список используемой литературы

1. Еремочкин С.Ю. Международная молодежная конференция «Энергосберегающие технологии». Рациональный выбор типа электропривода для фермерских хозяйств с

однофазной линией электропередачи [Электронный ресурс] / Т.М. Халина, М.И. Стальная, С.Ю. Еремочкин; – [Россия]: [б. и.], 2011. – Режим доступа: http://conferences.tpu.ru/assets/files/energy-saving_technologies/32ratsionalniy_vibor_tipa_elektroprivoda_dlya_fermer.pdf

2. Халина Т.М., Стальная М.И., Еремочкин С.Ю. Устройство питания трехфазных асинхронных короткозамкнутых электродвигателей сельскохозяйственных электрифицированных машин от однофазной сети // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: Труды 8-й Международной научно-технической конференции – г. Москва, 16 - 17 мая 2012. М.: ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии, 2012. – Ч. 3. – С. 330–334.

3. 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, Бюл. №30. – 2 с.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ, ВЕДОМЫЙ ОДНОФАЗНОЙ СЕТЬЮ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА, ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОДНОФАЗНЫМ ДВУХ ОБМОТОЧНЫМ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Титова А.А. – студент, Королёв Д.А. – студент, Еремочкин С.Ю. – к.т.н., старший преподаватель кафедры ЭиАЭП

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

В данной статье рассмотрен вопрос разработки полупроводникового преобразователя частоты, ведомого однофазной сетью переменного тока, для управления однофазным двух обмоточным асинхронным двигателем. Рассматриваемый преобразователь позволяет повысить энергетические показатели 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].

Существует метод конденсаторного сдвига в статорной цепи для питания однофазных асинхронных двигателей. Однако данный метод обладает некоторыми недостатками, такими как: большие габариты бумажных конденсаторов большой емкости, малая надежность, а также отсутствие возможности регулирования скорости вращения электродвигателя [2].

Для устранения вышеуказанных недостатков на кафедре «Электротехника и автоматизированный электропривод» АлтГТУ разработан полупроводниковый преобразователь частоты, ведомый однофазной сетью переменного тока для управления однофазным асинхронным двигателем (рисунок 1) [3].

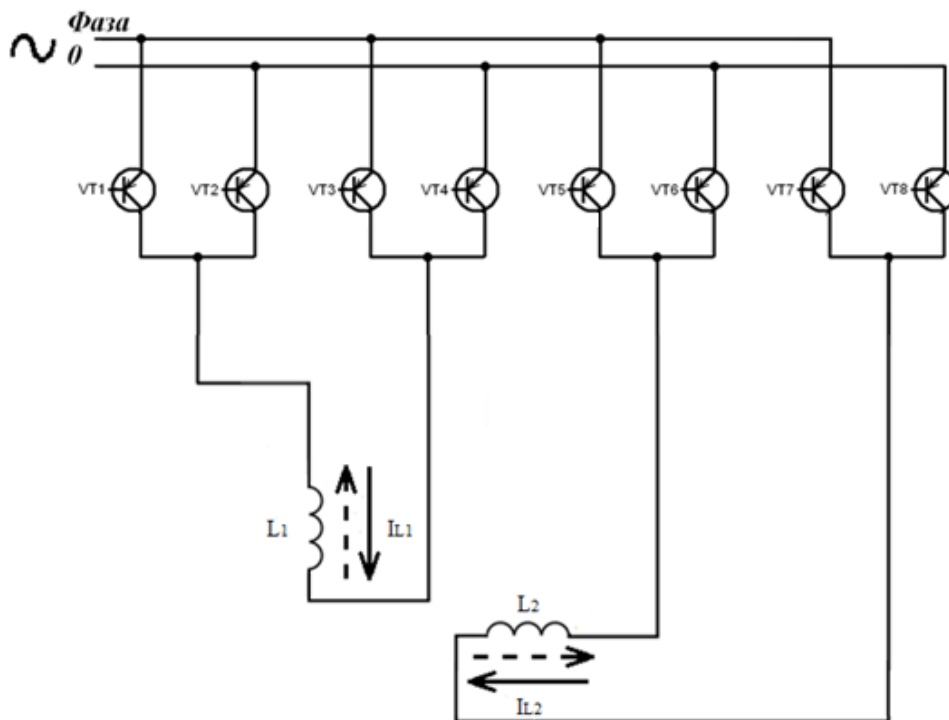


Рисунок 1 - Принципиальная электрическая схема полупроводникового преобразователя частоты, ведомого однофазной сетью переменного тока для питания однофазным двух обмоточным асинхронного двигателя

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

Рассмотрим векторно-алгоритмическое управление прохождением четырех (рисунок 2) последовательных фиксированных положений вектора магнитного потока кругового вращающегося поля при включении в каждый момент времени только одной обмотки статора двигателя (рисунок 3).

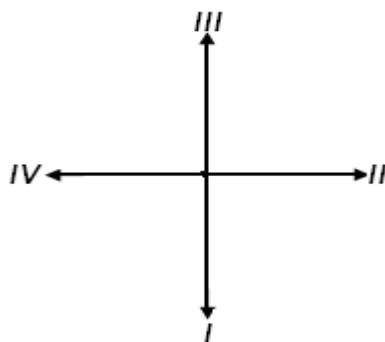


Рисунок 2 - Векторная диаграмма кругового вращающегося поля статора электродвигателя

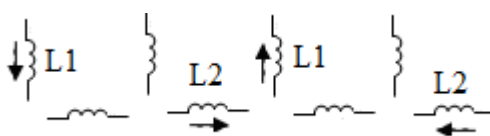


Рисунок 3 - Направления электромагнитного потока и протекающего тока по обмоткам статора электродвигателя

На рисунке 4 представлены осциллограммы напряжений на статорных обмотках электродвигателя в соответствии с векторной диаграммой, изображённой на рисунке 2.

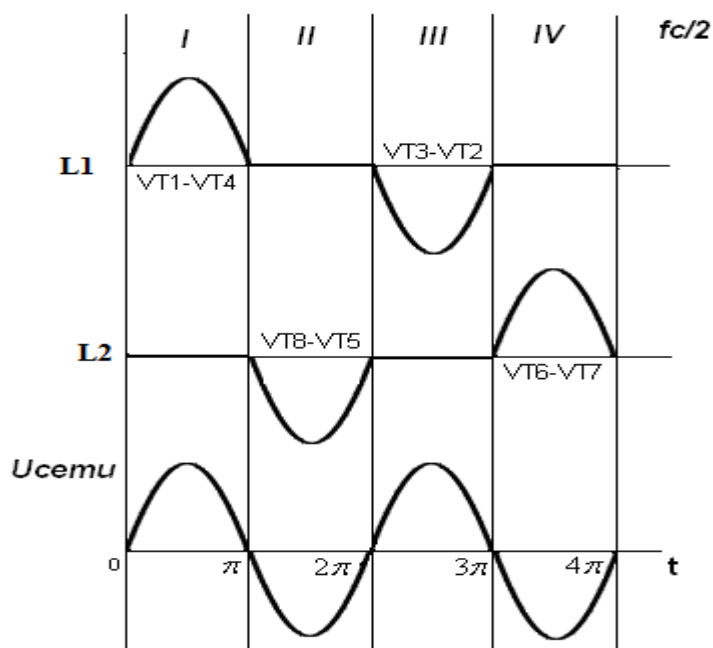


Рисунок 4 - Осциллограммы напряжений на статорных обмотках электродвигателя

Для обеспечения вращения вектора магнитного потока кругового вращающегося поля статора однофазного асинхронного двигателя в соответствии с векторной диаграммой, показанной на рисунке 2, а на рисунке 3 направления токов, протекающих в обмотках статора, в последовательности I-II-III-IV, необходимо подавать управляющие импульсы на базы транзисторов, работающих в ключевом режиме, в следующем порядке:

- в положительный полупериод питающего напряжения $U_{сети}$ открываются транзисторы VT1 и VT4, обеспечивая протекание тока по первой обмотке статора, – I фиксированное положение вектора магнитного потока поля статора;

- в отрицательный полупериод питающего напряжения закрываются транзисторы VT1 и VT4 и открываются транзисторы VT8 и VT5 обеспечивая протекание тока по второй обмотке статора, – II фиксированное положение вектора магнитного потока поля статора;

- в следующий положительный полупериод питающего напряжения закрываются транзисторы VT8 и VT5 и открываются транзисторы VT3 и VT2 обеспечивая протекание тока по первой обмотке статора, – III фиксированное положение вектора магнитного потока поля статора;

- в следующий отрицательный полупериод питающего напряжения закрываются транзисторы VT3 и VT2 и открываются транзисторы VT6 и VT7 обеспечивая протекание тока по второй обмотке статора, – IV фиксированное положение вектора магнитного потока поля статора.

При вышеописанных последовательностях включения транзисторов, данный преобразователь частоты, ведомый однофазной сетью переменного тока для управления однофазным двух обмоточным асинхронным двигателем, позволяет работать двигателю на частоте $\frac{f_{СЕТИ}}{2}$.

Аналогичным образом, регулируя момент подачи управляющего сигнала на базу транзисторов, можно осуществлять работу электродвигателя на номинальной, на повышенной и пониженной частоте напряжения, поступающего на статорные обмотки электродвигателя, а, следовательно, и регулирование скорости двигателя.

Таким образом, данный преобразователь частоты имеет преимущества по сравнению с конденсаторным методом вследствие возможности регулирования скорости вращения двигателя выше и ниже номинальной, меньших габаритов, экономичности, а также повышенной надежности.

Список используемой литературы

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.
2. Торопцев Н.Д. Трехфазный асинхронный двигатель в схеме однофазного включения с конденсатором/ Н. Д. Торопцев//Б-ка электромонтера. – М.: Энергия, 1979. – №487. - 80с.
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.

К ВОПРОСУ О ДОКАЗАТЕЛЬСТВЕ НЕКОТОРЫХ РАВНОСИЛЬНОСТЕЙ.

Титова А.А. – студент, Королёв Д.А. – студент, Еремочкин С.Ю. – к.т.н., старший преподаватель кафедры ЭиАЭП

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

В данной статье рассмотрен вопрос преобразования алгебро-логических выражений определенного типа при синтезе систем автоматического управления в электрическом приводе в более простой вид, а также нахождения новых равносильностей, что позволит сократить время решения задач алгебры логики, решаемых при диагностике систем управления электроприводами.

При решении определенных задач, возникает проблема преобразования сложных алгебраических формул в более простые и короткие. Но, в силу сложности некоторых из них, не представляется возможности быстро их сократить. Данная задача была решена для алгебро-логических выражений определенного вида.

Если имеются некоторые уравнения определенного типа, то их можно записать в более коротком виде. Для этого проведены следующие доказательства, используя 9 основных элементарных равносильностей [1].

Например, даны следующие алгебро-логические выражения:

$$(a + b)(a + \bar{b}); \quad (1)$$

$$(a + b)(a + \bar{c}); \quad (2)$$

$$(a + b)(a + c)(a + \bar{c}); \quad (3)$$

$$(a + b)(a + c)(a + d); \quad (4)$$

$$(a + b)(a + c)(a + \bar{cd}). \quad (5)$$

Докажем их с помощью простейших равносильностей.

Пример 1. $(a + b)(a + \bar{b})$

Раскрыв скобки в соответствии с распределительным законом, имеем:

$$(a + b)(a + \bar{b}) = a a + a \bar{b} + a b + b \bar{b};$$

По закону идемпотентности - $a a = a$; по закону противоречия - $b \bar{b} = 0$.

Из слагаемых $a \bar{b} + a b$ выносится общий множитель a , тогда:

$$a + a(\bar{v} + v) + 0$$

По закону исключенного третьего $\bar{v} + v = 1$, получаем:

$$a + a \cdot 1 + 0 = a,$$

где $a \cdot 1 = a$.

Таким образом:

$$(a+v) \cdot (a + \bar{v}) = a.$$

Пример 2.

$$(a+v) \cdot (a + \bar{c})$$

Раскрыв скобки в соответствии с распределительным законом, имеем:

$$(a+v) \cdot (a + \bar{c}) = aa + a\bar{c} + av + v\bar{c}$$

или (по законам, рассмотренным выше)

$$a + a\bar{c} + av + v\bar{c} = a(1 + \bar{c} + v) + v\bar{c} = a + v\bar{c}$$

Таким образом,

$$(a+v) \cdot (a + \bar{c}) = a + v\bar{c}.$$

Пример 3.

$$(a+v) \cdot (a+c) \cdot (a + \bar{c})$$

Раскрыв скобки в соответствии с распределительным законом, имеем:

$$(a+v) \cdot (a+c) \cdot (a + \bar{c}) = aaaa + aac\bar{c} + aacs + aac\bar{c} + aav + avc\bar{c} + avc + vcs\bar{c}$$

или

$$a + a\bar{c} + ac + av + av(\bar{c} + c) = a + a(c + \bar{c}) + av + av(c + \bar{c})$$

или

$$a + a + av + av = a(1 + 1 + v + v) = a,$$

Таким образом

$$(a+v) \cdot (a+c) \cdot (a + \bar{c}) = a.$$

Пример 4.

$$(a + v) \cdot (a + c) \cdot (a + d)$$

Раскрыв скобки в соответствии с распределительным законом, имеем:

$$(a + v) \cdot (a + c) \cdot (a + d) = aaaa + aad + aac + acd + aav + avd + avc + vcd =$$

или

$$a + ad + ac + acd + av + avd + avc + vcd = a(1 + d + c + cd + v + vd + vc) + vcd =$$

или

$$a \cdot 1 + vcd = a + vcd$$

Таким образом,

$$(a + v) \cdot (a + c) \cdot (a + d) = a + vcd.$$

Пример 5.

$$(a + v) \cdot (a + c) \cdot (a + \bar{c}d)$$

Раскрыв скобки в соответствии с распределительным законом, имеем:

$$(a + v) \cdot (a + c) \cdot (a + \bar{c}d) = aaaa + aac\bar{d} + aacs + ac\bar{c}d + aav + av\bar{c}d + avc + vcs\bar{d}$$

или

$$a + a\bar{c}d + ac + av + av\bar{c}d + avc = a(1 + \bar{c}d + c + v + v\bar{c}d + vc) = a \cdot 1 = a$$

Таким образом,

$$(a + v) \cdot (a + c) \cdot (a + \bar{c}d) = a + vcs\bar{c}d = a$$

Из проведенного исследования видно, что для формул такого типа можно сформулировать следующее правило.

Правило 1. Если даны выражения вида (1-5), в которых имеются произведения нескольких скобок сумм, каждая из которых состоит из двух элементов и в каждой из них имеется однотипный член, то после минимизации получается формула, состоящая из суммы свободного однотипного члена и второго слагаемого, состоящего из произведения всех оставшихся членов в остальных скобках.

Рассмотрим выражения другого вида:

$$a \cdot (a + v \cdot c + d) \quad \text{или} \quad (6)$$

$$(a+b) \cdot (a+b+c+d). \quad (7)$$

Тогда,

Пример 6.

$$a \cdot (a+b+c+d)$$

Раскрыв скобки в соответствии с распределительным законом, имеем:

$$a \cdot (a+b+c+d) = a \cdot a + a \cdot b + a \cdot c + a \cdot d = a^2 + a \cdot b + a \cdot c + a \cdot d = a \cdot (a + b + c + d) = a^2$$

Таким образом,

$$a \cdot (a+b+c+d) = a^2$$

Пример 7.

$$(a+b) \cdot (a+b+c+d)$$

Учитывая *пример 6*, обозначим слагаемые первой скобки буквой x , тогда:

$$(x) \cdot (x+c+d)$$

Тогда, по *примеру 6* данное выражение примет вид:

$$(x) \cdot (x+c+d) = x^2$$

Тогда, в данном случае имеем:

$$(a+b) \cdot (a+b+c+d) = a^2 + b^2$$

На основании проведенного исследования для формул такого типа можно сформулировать правило.

Правило 2. Если даны выражения вида (6-7), которые состоят из произведения свободного члена и второго сомножителя, состоящего из суммы данного свободного члена с любыми другими членами, то после минимизации данные выражения сокращаются до одного свободного члена.

Таким образом, на основании проведенных доказательств видно, что пользуясь приведенными правилами можно не только существенно сократить время на минимизацию сложных уравнений, но и сократить число логических элементов, реализующих данное уравнение, что значительно упростит систему автоматической диагностики.

Список используемой литературы

1. Никольская И. Л. Математическая логика: Учебник / И. Л. Никольская.—М.: Высш. Школа, 1981.—С. 30.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ, РАБОЧИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДА, С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ВЕКТОРНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ТИПА В СРЕДЕ MATLAB

Бардуков А.Н. - студент, Еремочкин С.Ю. – к.т.н., ст.преподаватель

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

Асинхронные двигатели (АД) являются простыми, надежными и наиболее распространенными электрическими машинами. К их недостаткам относится сложность управления моментом и скоростью. Современные системы управления устраняют этот недостаток, что позволило асинхронному регулируемому электроприводу стать альтернативой электроприводу постоянного тока. Асинхронные электродвигатели нашли широкое распространение в различных областях энергетики. Они используются в строительстве, сельском хозяйстве, промышленности и в быту.

В настоящее время асинхронные машины потребляют более 40 % вырабатываемой электроэнергии. Значительную долю этой величины составляет электроэнергия, потребляемая асинхронными двигателями.

В ряде случаев возникает проблема построения механических характеристик двигателя и исследование его режимов работы, ведь иногда мощность двигателя может достигать 100 кВт. В этом случае необходимо использовать методы косвенного определения его

характеристик, базирующихся на современных прикладных программах, так как изучить характеристики двигателя такой мощности, создавая лабораторные стенды крайне неудобно, и к тому же занимает достаточно много времени.

Компьютерные технологии дают возможность более подробного изучения вопросов, связанных с проектированием электропривода. Они позволяют качественно изменить и существенно усовершенствовать технологию исследования характеристик АД, перевести ее в виртуальную действительность, осуществить в этой виртуальной лаборатории необходимые исследования с получением количественных и качественных результатов. Неотъемлемым плюсом использование компьютерных технологий также является экономия времени на исследование тех или иных характеристик изучаемого агрегата.

В настоящее время получили распространение два основных подхода к определению параметров асинхронного двигателя, с использованием искусственно созданных идентификационных режимов и в реальном времени в процессе работы электропривода.

Для построения искусственных характеристик АД можно использовать различные специализированные пакеты: Pspice, Multisim, Micro-CAP, Probe, Schematics и Matlab с использованием библиотеки SimPowerSystems.

В ходе исследования, программный пакет MATLAB зарекомендовал себя, как самый удобный и простой способ исследования характеристик двигателя, а также позволяющий создавать модели динамических и статических систем. Благодаря пакету MATLAB можно превратить компьютер в виртуальный лабораторный стенд для изучения процессов, происходящих как в системе электропривода, так и в его отдельных функциональных блоках.

Список используемой литературы

1. Разработка способов экспериментального определения параметров и механических характеристик асинхронных двигателей/ Сост. М. М. Ташлицкий - г. Москва 2005.
2. Основы теории электропривода. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 7.092501 «Автоматизация и компьютерно-интегрированные технологии» дневной и заочной форм обучения / Сост. А.В. Разживин. – Краматорск: ДГМА, 2007. – 40 с.
3. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин. Высшая школа, 2001.
4. Архив журнала радиолюбитель №3 1996 год.
5. Сайт <http://izlov.ru/navigate/100/index-1693.html>.

МИНИМИЗАЦИЯ АЛГЕБРО-ЛОГИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ПРИ СИНТЕЗЕ СИСТЕМНО ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Тузиков А.В. - студент, Дедяев К.Е. – аспирант, Ведманкин А.В. - ассистент кафедры ЭиАЭП Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Зачастую, при синтезе систем автоматического управления с использованием логических элементов часто возникает задача, которая описывается многосложными уравнениями. Реализация данных уравнений в виде схем нерациональна и необходима их минимизация.

Однако минимизация таких уравнений занимает много времени. Поэтому необходимо выработать правила позволяющие сократить время процесса минимизации.

Рассмотрим некоторые правила минимизации на простых уравнениях, состоящих из сумм и произведений. При условии, что число элементов в произведениях не превышает двух.

А) Известна равносильность (1):

$$a + \bar{a} \cdot b = a + b, \quad (1)$$

Как видно из формулы первый её член записан в действительном виде, а второй состоит из произведения инверсии, \bar{a} на b .

Докажем эту равносильность.

Если $a + \bar{a} \cdot b$ представить как $a \cdot a + \bar{a} \cdot b$ то, применив распределительный логический закон можно записать следующее тождество:

$$a \cdot a + \bar{a} \cdot b = (a + \bar{a}) \cdot (a + b), \quad (2)$$

Согласно закону исключённого третьего $a + \bar{a} = 1$.

Отсюда следует тождество:

$$a + \bar{a} \cdot b = a + b, \quad (3)$$

Полученное тождество (3) соответствует исходной равносильности (1), следовательно, равносильность доказана.

Отсюда правило: если имеется двучлен, в котором повторяющийся элемент представлен в действительном и в инверсном виде, то его можно выразить как сумму свободного повторяющегося элемента с элементов не имеющим повторения.

Например:

$$\bar{a} + a \cdot b = \bar{a} \cdot \bar{a} + a \cdot b = (\bar{a} + a) \cdot (\bar{a} + b) = \bar{a} + b$$

$$b + \bar{a} \cdot \bar{b} = b \cdot b + \bar{a} \cdot \bar{b} = (b + \bar{a}) \cdot (b + \bar{b}) = b + \bar{a}$$

$$b + a \cdot \bar{b} = b \cdot b + a \cdot \bar{b} = (b + a) \cdot (b + \bar{b}) = b + a$$

$$\bar{b} + \bar{a} \cdot b = \bar{b} \cdot \bar{b} + \bar{a} \cdot b = (\bar{b} + \bar{a}) \cdot (\bar{b} + b) = \bar{b} + \bar{a}$$

Б) Известна равносильность (4):

$$\bar{a} \cdot \bar{b} + a \cdot c + b \cdot c = c + \bar{a} \cdot \bar{b}, \quad (4)$$

Так же как и в предыдущем случае докажем эту равносильность.

Согласно закону двойственности де Моргана представим, $\bar{a} \cdot \bar{b}$ как $\overline{(a + b)}$. А так же используя распределительный закон, представим $a \cdot c + b \cdot c$ как $c \cdot (a + b)$.

Тогда:

$$\bar{a} \cdot \bar{b} + a \cdot c + b \cdot c = \overline{(a + b)} + c \cdot (a + b), \quad (5)$$

Обозначим $(a + b)$ за x , а $\overline{(a + b)}$ за \bar{x} . Тогда на основании представленного выше правила получим следующее тождество:

$$\bar{a} \cdot \bar{b} + a \cdot c + b \cdot c = \overline{(a + b)} + c \cdot (a + b) = \bar{x} + c \cdot x = \bar{x} + c, \quad (6)$$

Произведём обратную замену \bar{x} на $\overline{(a + b)}$ и согласно закону двойственности де Моргана представим $\overline{(a + b)}$ как $\bar{a} \cdot \bar{b}$. Тогда тождество (6) примет следующий вид:

$$\bar{a} \cdot \bar{b} + a \cdot c + b \cdot c = \overline{(a + b)} + c \cdot (a + b) = \bar{x} + c \cdot x = \bar{x} + c = \bar{a} \cdot \bar{b} + c, \quad (7)$$

Полученное тождество (7) соответствует исходной равносильности (4), следовательно, равносильность доказана.

Отсюда правило: повторяющийся элемент, записанный в одном и том же виде в двух слагаемых трёхчлена, после минимизации записывается как свободный член. Два других элемента, записываются в виде произведения в том виде, в котором они существуют в исходной трёхчленной формуле.

Например:

$$a \cdot \bar{b} + \bar{a} \cdot \bar{c} + b \cdot \bar{c} = \overline{(a + b)} + (\bar{a} + b) \cdot \bar{c} = \bar{c} + a \cdot \bar{b}$$

$$\bar{a} \cdot c + a \cdot b + \bar{c} \cdot b = \overline{(a + \bar{c})} + (a + \bar{c}) \cdot b = b + \bar{a} \cdot c$$

$$a \cdot b + \bar{a} \cdot \bar{c} + \bar{b} \cdot \bar{c} = \overline{(a + \bar{b})} + (\bar{a} + \bar{b}) \cdot \bar{c} = \bar{c} + a \cdot b$$

В) Известна равносильность (8):

$$a \cdot b + \bar{a} \cdot c + b \cdot c = a \cdot b + \bar{a} \cdot c, \quad (8)$$

Докажем данную равносильность.

Согласно закону идемпотентности до множим слагаемое $b \cdot c$, член без изменяющегося элемента a , на $(a + \bar{a})$. Раскроем скобки и согласно аксиомам $(1 + c)$ и $(b + 1)$ обратятся в единицы. Тогда получим следующее тождество:

$$a \cdot b + \bar{a} \cdot c + b \cdot c = a \cdot b + b \cdot c \cdot (a + \bar{a}) + \bar{a} \cdot c =$$

$$= a \cdot b + b \cdot c \cdot a + b \cdot c \cdot \bar{a} + \bar{a} \cdot c = a \cdot b \cdot (1 + c) + \bar{a} \cdot c \cdot (b + 1) = a \cdot b + \bar{a} \cdot c, \quad (9)$$

Полученное тождество (9) соответствует исходной равносильности (8), следовательно, равносильность доказана.

Отсюда правило: если в трёхчлене, каждый член которого состоит из двух элементов, в одном из слагаемых элемент представлен в действительном виде, а в другом слагаемом в инверсном, и остальные элементы повторяются в неизменном действительном или инверсном виде, то после минимизации получим двучлен состоящий из суммы произведений изменяющегося элемента с другими элементами, в том виде, в котором они представлены изначально.

Например:

$$a \cdot \bar{b} + \bar{a} \cdot c + \bar{b} \cdot c = a \cdot \bar{b} + \bar{a} \cdot c + \bar{b} \cdot c \cdot (a + \bar{a}) = a \cdot \bar{b} + \bar{a} \cdot c$$

$$a \cdot b + \bar{a} \cdot \bar{c} + b \cdot \bar{c} = a \cdot b + b \cdot \bar{c} \cdot (a + \bar{a}) + \bar{a} \cdot \bar{c} = a \cdot b + \bar{a} \cdot \bar{c}$$

$$a \cdot \bar{b} + a \cdot c + b \cdot c = a \cdot \bar{b} + b \cdot c + a \cdot c \cdot (b + \bar{b}) = a \cdot \bar{b} + b \cdot c$$

Таким образом, на основании изложенного можно сделать вывод о том, что сформулированные выше правила позволяют при минимизации исходных уравнений значительно упростить разрабатываемые системы автоматического управления, что позволит повысить надёжность этих систем, уменьшить их стоимость и облегчить их эксплуатацию.

МИНИМИЗАЦИЯ НЕКОТОРЫХ СЛОЖНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ ФОРМУЛ

Королёв Д. А. – студент, Титова А. А. – студент, Ведманкин А. В. - ассистент кафедры
ЭиАЭП

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

Очень часто, при решении определенных задач по диагностике дискретных систем автоматического управления электроприводами, необходимо быстро преобразовывать сложные алгебраические формулы в более простые и короткие, то есть произвести минимизацию. Но, в силу сложности некоторых формул, не представляется возможности быстро сократить их выражение. Данная задача была решена для конкретного типа формул.

А) Пусть, дано выражение:

$$(a+b)(\bar{a}+c);$$

Раскрыв скобки, и используя известные аксиомы, можно получить:

$$(a+b)(\bar{a}+c) = a\bar{a} + \bar{a}b + bc + ac = ac + \bar{a}b;$$

Докажем эти равносильности с помощью таблицы истинности, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Доказательство равносильности выражений

				a $c + \bar{a}b$	$(a+b)(\bar{a}+c)$	$a\bar{a} + \bar{a}b + bc + ac$ $c + ac$
				0	0	0
				0	0	0
				1	1	1
				1	1	1
				0	0	0
				1	1	1
				0	0	0
				1	1	1

Из таблицы 1 видно, что все полиномы равнозначны. Таким образом на основании вышеизложенного можно сформулировать два правила.

Правило 1. Если дано выражение вида:

$$(a+b)(\bar{a}+c),$$

где во второй скобке содержится отрицание переменной записанной в первой скобке в действительном виде, а так же в каждой из скобок присутствуют другие переменные, отличные от данной, то это выражение равносильно сумме произведений:

$$ac+\bar{a}b,$$

где первое слагаемое, состоит из произведения повторяющейся переменной в действительном виде и другой переменной, отличной от неё, из второй скобки, а второе слагаемое состоит из инверсного значения повторяющейся переменной и другого, отличного от неё, слагаемого из первой скобки. При этом будет справедлива и обратная манипуляция, т. е.

$$ac+\bar{a}b=(a+b)(\bar{a}+c);$$

Правило 2. Если дано выражение вида:

$$\bar{a}b+ac+bc,$$

где, в трехчлене один из повторяющихся элементов в слагаемых записан в действительном и инверсном виде, а два других в одинаковом виде, для доказательства добавим дополнительный член $a\bar{a}$, тогда, в соответствии с вышеприведенным правилом имеем:

$$\bar{a}b+ac+bc+a\bar{a}=(a+b)(\bar{a}+c)=ac+\bar{a}b;$$

то есть исключается слагаемое, в котором отсутствует переменная, представленная в действительном и инверсном виде.

Используя вышеуказанные правила, можно привести несколько примеров:

$$(x+z)(\bar{x}+y)=xy+\bar{x}z;$$

$$xz+z\bar{y}+yx=yx+\bar{y}z;$$

Из вышеуказанного видно, что приведенные правила справедливы для минимизации данного типа функций.

Б) Иногда имеются выражения более сложных трехчленов. Пусть дано выражение:

$$(a+b)(a+d)(\bar{a}+c);$$

После преобразования получаем:

$$(a+b)(a+d)(\bar{a}+c)=(a+ba+da+db)(\bar{a}+c);$$

Используя аксиому $a*a=a$ и правило $a+ba=a$ получаем:

$$(a+bd)(\bar{a}+c);$$

тогда, раскрыв скобки и учитывая известные аксиомы имеем:

$$(a+b)(a+d)(\bar{a}+c)=ac+\bar{a}bd;$$

Доказать полученную равносильность можно аналогичным способом, то есть с помощью таблицы истинности.

Таблица 2 – Доказательство равносильности

					$(a+b)(a+d)(\bar{a}+c)$	$ac+\bar{a}bd$
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					0	0
					1	1
					0	0
					1	1
					0	0

0					0	0
1					1	1
2					1	1
3					0	0
4					0	0
5					1	1
6					1	1

Из таблицы 2 видно, что все полиномы равнозначны. Таким образом на основании вышеизложенного можно сформулировать следующее правило.

Если дано выражение вида:

$$(a+b)(a+d)(\bar{a}+c),$$

где в первой и второй скобках присутствует одинаковая переменная, а в третьей её отрицание, а так же в каждой из скобок находится по одной переменной, отличной от повторяющейся, то это выражение можно представить в следующем виде:

$$ac+\bar{a}bd,$$

где в первом слагаемом записана повторяющаяся переменная в действительном виде, умноженная на другую переменную, отличную от неё, содержащуюся в скобке с повторяющейся переменной в инверсном виде, а второе слагаемое состоит из повторяющейся переменной в инверсном виде, умноженной на две других отличных от повторяющейся переменной.

Используя вышеуказанное правило можно привести следующие примеры:

$$(x+z)(x+y)(\bar{x}+w)=xw+\bar{x}zy;$$

$$(\bar{x}+z)(\bar{x}+y)(x+w)=\bar{x}w+xzy;$$

$$(\bar{x}+\bar{z})(\bar{x}+\bar{y})(x+w)=\bar{x}w+x\bar{z}\bar{y};$$

Из вышеизложенного видно, что приведенное правило справедливо для минимизации данного типа уравнений.

Кроме того, если дано выражение:

$$(a+b)(a+c)(\bar{a}+d)(\bar{a}+ef);$$

то с помощью выведенных правил можно свести его к виду:

$$(a+b)(a+c)(\bar{a}+d)(\bar{a}+ef)=adef+\bar{a}bc.$$

Проверим эти равносильности. Пусть $a=1, d=1, e=1, f=1$. Из формулы видно, что левая часть равняется правой. Или $a=0, b=1, c=1$ – Правая часть формулы равняется левой.

Подобным образом можно производить минимизацию следующих формул:

$$(a+b)(a+d)(\bar{a}+c)(\bar{a}+ef)=acef+\bar{a}bd;$$

$$(a+b)(a+d)(a+\bar{d})(\bar{a}+c)=ac+\bar{a}bd\bar{d}=ac;$$

$$(a+b)(\bar{a}+d)(\bar{a}+\bar{b})(\bar{a}+cd)=ad\bar{b}cd+\bar{a}b=\bar{a}\bar{b}cd+\bar{a}b.$$

Таким образом данное правило справедливо для минимизации данного типа уравнений.

Из вышесказанного видно, что пользуясь приведенными правилами можно не только существенно сократить время на минимизацию сложных уравнений, но и сократить число логических элементов, реализующих данное уравнение, что значительно упростит систему автоматической диагностики.

Список используемой литературы

1. Никольская И. Л. Математическая логика: Учебник / И. Л. Никольская.—М.: Высш. Школа, 1981.—С. 30.

МИНИМИЗАЦИЯ АЛГЕБРО-ЛОГИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ПРИ СИНТЕЗЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Тузиков А.В. - студент, Мироевский Е.Э – студент, Стальная М.И. - к.т.н., профессор Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

При синтезе систем автоматического управления электроприводом на логических элементах, в большинстве случаев возникает задача, описываемая сложными логическими уравнениями. Реализация таких уравнений в виде рабочего аппарата приведёт к большим денежным затратам и уменьшению надёжности системы.

Чтобы избежать подобных последствий следует прибегнуть к минимизации алгебро-логических уравнений. А для сокращения времени процесса минимизации необходимо выработать правила, позволяющие достичь минимальных временных затрат.

Рассмотрим некоторые правила минимизации на сложных трёхчленах, состоящих из произведений сумм и сумм произведений с тремя элементами.

А) Известна равносильность (1):

$$(a + b) \cdot (a + c) \cdot (\bar{a} + d) = a \cdot d + b \cdot c \cdot \bar{a}, \quad (1)$$

Докажем данную равносильность.

Раскроем скобки:

$$(a + b) \cdot (a + c) \cdot (\bar{a} + d) = (a + a \cdot c + b \cdot a + b \cdot c) \cdot (\bar{a} + d) = \\ = a \cdot d + a \cdot d \cdot c + b \cdot a \cdot d + b \cdot c \cdot \bar{a} + b \cdot c \cdot d$$

Согласно закону идемпотентности до множим $b \cdot c \cdot d$ на $(a + \bar{a})$:

$$a \cdot d + a \cdot d \cdot c + b \cdot a \cdot d + b \cdot c \cdot \bar{a} + b \cdot c \cdot d \cdot (a + \bar{a}) = \\ = a \cdot d + a \cdot d \cdot c + b \cdot a \cdot d + b \cdot c \cdot \bar{a} + b \cdot c \cdot d \cdot a + b \cdot c \cdot d \cdot \bar{a}$$

Вынесем общие множители:

$$a \cdot d + a \cdot d \cdot c + b \cdot a \cdot d + b \cdot c \cdot \bar{a} + b \cdot c \cdot d \cdot a + b \cdot c \cdot d \cdot \bar{a} = \\ = a \cdot d + a \cdot d \cdot c \cdot (1 + b) + b \cdot a \cdot d \cdot (1 + c) + b \cdot c \cdot \bar{a} \cdot (1 + c)$$

Согласно правилу закону операций с константами $(1 + c)$ и $(1 + b)$ обращаются в единицы, тогда:

$$a \cdot d + a \cdot d \cdot c \cdot (1 + b) + b \cdot a \cdot d \cdot (1 + c) + b \cdot c \cdot \bar{a} \cdot (1 + c) = \\ = a \cdot d + a \cdot d \cdot c + b \cdot a \cdot d + b \cdot c \cdot \bar{a}$$

Следуя закону идемпотентности, добавим в наше выражение $a \cdot d$ и вынесем общие множители:

$$a \cdot d + a \cdot d + a \cdot d \cdot c + b \cdot a \cdot d + b \cdot c \cdot \bar{a} = \\ = a \cdot d \cdot (1 + c) + a \cdot d \cdot (1 + b) + b \cdot c \cdot \bar{a}$$

Согласно правилу закону операций с константами $(1 + c)$ и $(1 + b)$ обращаются в единицы, тогда:

$$a \cdot d \cdot (1 + c) + a \cdot d \cdot (1 + b) + b \cdot c \cdot \bar{a} = a \cdot d + b \cdot c \cdot \bar{a}, \quad (2)$$

Полученное тождество (2) соответствует исходной равносильности (1), следовательно, равносильность доказана.

Отсюда правило: если имеется произведение слагаемых в скобках, в которых имеется один и тот же элемент, то после минимизации получим сумму двух слагаемых. Первое из которых будет состоять из произведения повторяющегося члена в инверсном виде, сомножителем которого являются все свободные члены из скобок, еще повторяющийся элемент был в действительном виде. Второе слагаемое будет состоять из произведения повторяющегося члена в действительном виде, сомножителями которого являются все свободные члены из скобок с повторяющимся членом в инверсном виде.

Например:

$$\begin{aligned}(a + b) \cdot (a + c) \cdot (\bar{a} + d) &= a \cdot d + b \cdot c \cdot \bar{a} \\(a + \bar{b}) \cdot (a + \bar{c}) \cdot (\bar{a} + d) &= a \cdot d + \bar{b} \cdot \bar{c} \cdot \bar{a} \\(b + a) \cdot (b + c) \cdot (\bar{b} + d) &= b \cdot d + a \cdot c \cdot \bar{b}\end{aligned}$$

Б) Известна равносильность (3):

$$\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot c = \bar{b} \cdot (c + a), \quad (3)$$

Докажем данную равносильность.

Следуя закону идемпотентности, добавим в наше выражение сомножитель с такими элементами, которые повторяются наибольшее число раз в исходном трехчлене, и вынесем общие множители:

$$\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot c = \bar{b} \cdot c \cdot (\bar{a} + a) + a \cdot \bar{b} \cdot (\bar{c} + c)$$

Согласно закону исключённого третьего $(\bar{a} + a)$ и $(\bar{c} + c)$ обращаются в единицы, тогда:

$$\bar{b} \cdot c \cdot (\bar{a} + a) + a \cdot \bar{b} \cdot (\bar{c} + c) = \bar{b} \cdot (c + a), \quad (4)$$

Полученное тождество (4) соответствует исходной равносильности (3), следовательно, равносильность доказана.

Отсюда правило: если во всех слагаемых встречается один и тот же элемент, в действительной или инверсной форме, то после минимизации формула примет вид произведения этого элемента на сумму двух других элементов, в том виде в котором они встречаются чаще всего.

Например:

$$\begin{aligned}\bar{a} \cdot b \cdot c + \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} + a \cdot b \cdot c &= b \cdot (\bar{a} + c) \\ \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot c &= \bar{c} \cdot (a + \bar{b}) \\ a \cdot b \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot b \cdot \bar{c} &= a \cdot (b + \bar{c})\end{aligned}$$

Таким образом, на основании изложенного можно сделать вывод о том, что сформулированные выше правила позволяют при минимизации исходных уравнений значительно упростить разрабатываемые системы автоматического управления, что позволит повысить надёжность этих систем, уменьшить их стоимость и облегчить их эксплуатацию.

МИНИМИЗАЦИЯ АЛГЕБРО-ЛОГИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

Мироевский Е.Э. - студент, Тузиков А.В. - студент

Стальная М.И. - к.т.н., профессор кафедры ЭиАЭП

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

При синтезе систем автоматического управления электроприводов с использованием логических элементов часто возникает задача, которая описывается многосложными уравнениями. Реализация данных уравнений в виде схем нерациональна, так как имеет большие габариты и стоимость, поэтому необходима их минимизация.

Минимизация таких уравнений занимает много времени. Поэтому необходимо выработать правила, позволяющие сократить время процесса минимизации.

Рассмотрим некоторые правила минимизации на уравнениях, состоящих из сумм и произведений. При условии, что число элементов в произведениях не превышает трех.

А) Пусть дано уравнение (1):

$$\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot b \cdot c + a \cdot b \cdot \bar{c} \quad (1)$$

Как видно из формулы один из её трехчленов $\bar{a} \cdot b \cdot \bar{c}$ содержит два повторяющихся элемента с другими тремя трехчленами, а третий элемент имеет противоположный знак.

Исходя из аксиомы $a + a = a$, произведем минимизацию, добавив трехчлен $\bar{a} \cdot b \cdot \bar{c}$, тогда уравнение (1) можно представить в виде суммы шести трехчленов, объединяя их

попарно. Учитывая закон $a + \bar{a} = 1$, уравнение (1) можно сократить до суммы трех двучленов, а именно:

$$(\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c}) + (\bar{a} \cdot b \cdot c + \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c}) + (a \cdot b \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c}) = \bar{a} \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot b + b \cdot \bar{c} \quad (2)$$

Проверить правильность полученного решения можно с помощью таблицы истинности (таблица 1), приняв левую часть уравнения за F_1 , а правую за F_2 .

Таблица 1 – таблица истинности.

№ набора	a	b	c	F_1	F_2
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	0
3	0	1	0	1	1
4	0	1	1	1	1
5	1	0	0	0	0
6	1	0	1	0	0
7	1	1	0	1	1
8	1	1	1	0	0

Равносильность доказана.

На основании выше изложенного, сформулируем правило: если в уравнении из четырех трехчленов, один из них имеет два повторяющихся элемента с каждым другим трехчленом, а третий элемент имеет противоположный, то их можно выразить как сумму трех двучленов повторяющихся элементов.

Примеры:

$$\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot b \cdot c + a \cdot b \cdot \bar{c} = \bar{a} \cdot b + \bar{a} \cdot \bar{c} + b \cdot \bar{c}$$

$$\bar{a} \cdot b \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot b \cdot \bar{c} + a \cdot b \cdot c = a \cdot b + a \cdot c + b \cdot c$$

$$\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + \bar{a} \cdot b \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot c = \bar{a} \cdot \bar{b} + \bar{a} \cdot c + \bar{b} \cdot c$$

$$\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot b \cdot c = a \cdot \bar{b} + a \cdot c + \bar{b} \cdot c$$

Б) Пусть дано уравнение (3):

$$\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot b \cdot \bar{c} \quad (3)$$

Как видно из формулы (3) трехчлены можно соединить попарно. Трехчлен $\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c$ имеет два повторяющихся элемента с трехчленом $a \cdot \bar{b} \cdot c$ и один элемент противоположного знака. С трехчленами $a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c}$ и $a \cdot b \cdot \bar{c}$ можно произвести аналогичную операцию.

Тогда, разбив уравнение (3) на 2-е части, по два трехчлена имеем.

Первая часть:

$$\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot c = \bar{b} \cdot c \cdot (a + \bar{a}) = \bar{b} \cdot c \quad (4)$$

Аналогично вторая часть:

$$a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot b \cdot \bar{c} = a \cdot \bar{c} \cdot (b + \bar{b}) = a \cdot \bar{c} \quad (5)$$

Суммируя левую и правую часть, получаем:

$$\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot b \cdot \bar{c} = a \cdot \bar{c} + \bar{b} \cdot c \quad (6)$$

Проверить правильность полученного решения можно с помощью таблицы истинности (таблица 2), приняв левую часть уравнения за F_3 , а правую за F_4 .

Таблица 2 – таблица истинности.

№ набора	a	B	c	F ₃	F ₄
1	0	0	0	0	0
2	0	0	1	1	1
3	0	1	0	0	0
4	0	1	1	0	0
5	1	0	0	1	1
6	1	0	1	1	1
7	1	1	0	1	1
8	1	1	1	0	0

Равносильность доказана.

На основании изложенного, сформулируем правило: если в уравнении четырех трехчленов можно попарно соединить по два трехчлена, при условии двух повторяющихся элементов и третьего противоположного, то их можно выразить как сумму двух двучленов.

Примеры:

$$\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot b \cdot \bar{c} = a \cdot \bar{c} + \bar{b} \cdot c$$

$$\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot b \cdot c + a \cdot b \cdot c = \bar{a} \cdot \bar{c} + b \cdot c$$

$$\bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot b \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot b \cdot \bar{c} = \bar{a} \cdot b + \bar{a} \cdot \bar{c}$$

$$\bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot b \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot c = \bar{a} \cdot b + a \cdot \bar{b}$$

$$\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot b \cdot \bar{c} = \bar{b} \cdot c + b \cdot \bar{c}$$

В) Пусть дано уравнение (7):

$$\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot c \quad (7)$$

Как видно из формулы один из её трехчленов $\bar{a} \cdot b \cdot \bar{c}$ не имеет двух повторяющихся элементов с другими трехчленами, но трехчлен $a \cdot \bar{b} \cdot c$ содержит два повторяющихся элемента с другими двумя трехчленами, а третий элемент имеет противоположный знак. Также заметим, что все элементы в трехчленах $\bar{a} \cdot b \cdot \bar{c}$ и $a \cdot \bar{b} \cdot c$ противоположны друг другу.

Так как трехчлен $\bar{a} \cdot b \cdot \bar{c}$ в левой и правой части уравнения остается неизменным, разделим уравнение на 2-е части.

Первая часть:

$$\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot c = \bar{b} \cdot (a + c) \quad (8)$$

Учитывая аксиому $a + a = a$, добавим в уравнение (8) трехчлен $a \cdot \bar{b} \cdot c$, тогда уравнение можно представить в виде суммы четырех трехчленов, и объединяя их попарно получим:

$$\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot c = \bar{b} \cdot c + a \cdot \bar{b} \quad (9)$$

Используя дистрибутивный закон конъюнкции относительно дизъюнкции, получим:

$$\bar{b} \cdot c + a \cdot \bar{b} = \bar{b} \cdot (a + c) \quad (10)$$

Вторая часть:

Добавляем к обеим частям уравнения (8) трехчлен $\bar{a} \cdot b \cdot \bar{c}$.

$$\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot c = \bar{b} \cdot (a + c) + \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} \quad (11)$$

Проверить правильность полученного решения можно с помощью таблицы истинности (таблица 3), приняв левую часть уравнения за F₅, а правую за F₆.

Таблица 3 – таблица истинности.

№ набора	a	b	c	F ₅	F ₆
1	0	0	0	0	0
2	0	0	1	1	1
3	0	1	0	1	1
4	0	1	1	0	0
5	1	0	0	1	1
6	1	0	1	1	1
7	1	1	0	0	0
8	1	1	1	0	0

Равносильность доказана.

Сформулируем правило: если в уравнении четырех трехчленов имеются два трехчлена, со всеми противоположными элементами относительно друг друга, а один из этих трехчленов содержит два повторяющихся элемента с другими двумя оставшимися трехчленами, то их можно представить, как сумма оставшегося трехчлена и произведения одного из элементов в виде повторяющиеся три раза на сумму двух остальных элементов. При этом в уравнении не будет элементов, записанных в одинаковом виде, и все они будут повторяться один раз.

$$\text{Примеры: } \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot c = \bar{b} \cdot (a + c) + \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c}$$

$$\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + \bar{a} \cdot b \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot b \cdot c = c \cdot (\bar{a} + b) + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c}$$

$$\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot b \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot \bar{b} \cdot c = \bar{b} \cdot (a + \bar{c}) + \bar{a} \cdot b \cdot c$$

$$\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot c + a \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + a \cdot b \cdot c = \bar{b} \cdot (\bar{a} + \bar{c}) + a \cdot b \cdot c$$

Таким образом, на основании изложенного можно сделать вывод о том, что сформулированные выше правила позволяют при минимизации исходных логических уравнений, описывающих систему автоматического управления электропривода, значительно упростить разрабатываемые системы автоматического управления, что позволит повысить надёжность этих систем, уменьшить их стоимость и облегчить их эксплуатацию.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В НЕБОЛЬШИХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ

Десяев К. Е. - аспирант Стальная М.И. - к.т.н. профессор

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

В современном мире асинхронные двигатели нашли широкое применение в промышленных сферах. Шаровые мельницы, транспортеры, насосы, дробилки, сверлильные и наждачные станки – это только небольшая часть инструментария, в котором используются трехфазные двигатели. Столь широкий спектр применения говорит о том, что асинхронный двигатель имеет ряд преимуществ перед другими изобретениями электротехники. Это и высокая надежность, и простота обслуживания, и возможность подключения к сети переменного тока.

Асинхронные двигатели часто используют в сельском хозяйстве. В настоящее время асинхронные трехфазные двигатели находят все большее применение в сельской местности, это обусловлено тем что трехфазные двигатели имеют более высокий косинус φ и более высокое значение КПД (коэффициент полезного действия) по сравнению с однофазными двигателями. Однако в удаленной сельской местности не всегда есть возможность использовать трехфазную сеть, поэтому разработка новых, более практичных, методов запусков трёхфазных электродвигателей от однофазной сети является довольно актуальной задачей. При этом возможно простое получение вращающегося магнитного поля,

необходимого для трехфазного асинхронного двигателя, самого распространенного из двигателей переменного тока.

Не всегда целесообразно применять, существующие сложные системы запуска и регулировки скорости двигателя. Так при небольшом диапазоне регулирования скорости и дискретном регулировании, желательно иметь более простую и надежную систему управления трехфазным асинхронным двигателем.

Таким образом, учитывая выше изложенное, необходимо разработать, новый более надежный, отличный от предыдущих, метод запуска и работы двигателя. На кафедре ЭиАЭП, Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, разрабатываются такие новые методы[1], основанные на векторно-алгоритмическом управлении трехфазными асинхронными короткозамкнутыми двигателями, питающимся от однофазной сети.

В случае, если необходимо подключить в однофазную сеть трехфазный асинхронный электродвигатель, имеющий небольшой дискретный диапазон регулирования, то можно использовать схему, показанную на рисунке 1 – регулируемый транзисторный редуктор для трехфазного асинхронного электродвигателя, питающегося от однофазной сети переменного тока.

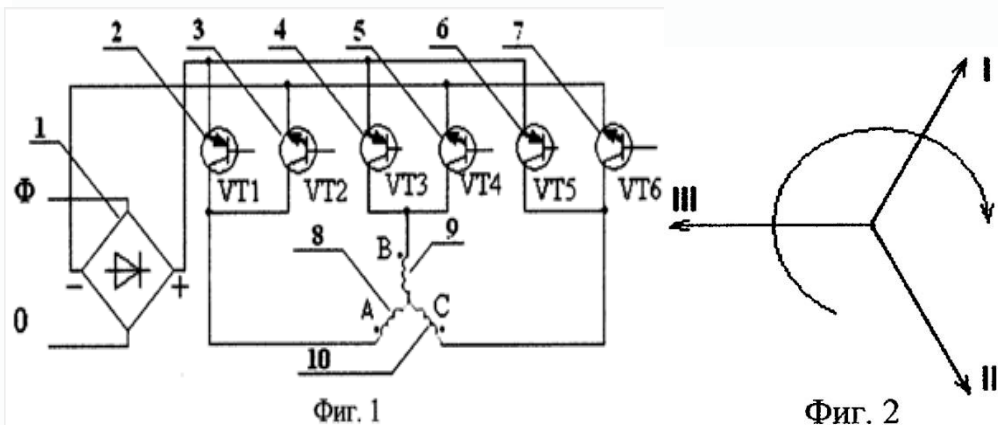


Рисунок 1 – схема включения Рисунок 2 - векторная диаграмма вращения поля статора
Схема, представленная на рисунке 1, работает следующим образом. Для получения вращающегося магнитного поля статора методом векторно-алгоритмического управления при понижении частоты напряжения, поступающего на статорную обмотку, необходимо включать транзисторы в определенной последовательности.

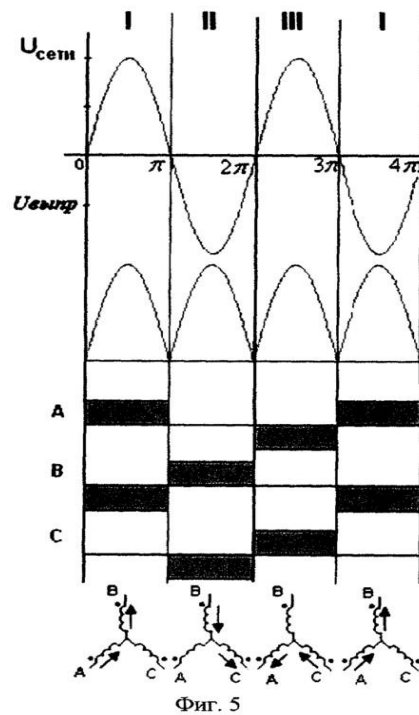


Рисунок 3 – Диаграмма включения обмоток по периодам

Для обеспечения вращения поля статора в последовательности I-II-III, показанной на рисунке 2, необходимо включать транзисторы VT1, VT2, VT3, VT4, VT5, VT6 следующим образом:

- в I полупериод выпрямленного напряжения ($U_{\text{выпр}}$ рисунок 3) - одновременно включаются транзисторы VT1, VT4, ток протекает по обмоткам А и В направление показано стрелками, обеспечивая I положение вектора поля статора;

- во II полупериод выпрямленного напряжения ($U_{\text{выпр}}$ рисунок 3) - одновременно включаются транзисторы VT3, VT6, ток протекает по обмоткам В и С направление показано стрелками, обеспечивая - II положение вектора поля статора;

- в III полупериод выпрямленного напряжения (рисунок 3) - одновременно включаются транзисторы VT5, VT2 ток протекает по обмоткам А и С направление показано стрелками, - III положение вектора поля статора.

Таким образом скорость вращения двигателя уменьшается в полтора раза от номинальной.

Для уменьшения частоты вращения электродвигателя можно пропускать на одном такте переключения векторов не одну полуволну питающего напряжения, а две, три и так далее. Для увеличения частоты вращения двигателя можно за одну волну питающего напряжения включать последовательно все три обмотки. При необходимости реверса меняется соответственно алгоритм работы транзисторов.

Предлагаемое устройство может быть использовано в однофазной сети для регулировки скорости двигателей как выше, так и ниже номинальной. Таким образом при этом регулировка скорости осуществляется дискретно в небольшом диапазоне, что характерно для сельскохозяйственной техники. Схема и управления ею значительно проще, чем со стандартным частотным преобразователем в следствии этого предлагаемый вариант использование трехфазных асинхронных электродвигателей в небольших фермерских хозяйствах более предпочтителен.

Список используемой литературы

1. Патент 2402864 Российская Федерация, МПК H02P1/26 Регулируемый транзисторный редуктор трехфазного асинхронного двигателя, питающегося от однофазной сети [Текст]: / М. И. Стальная, А. П. Борисов, П. С. Черемисин, А.С. Фомин; заявитель и патентообладатель Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова.// 2009129723/07, заявл. 03.08.2009 опубл. 27.10.2010. Бюл. 26. – 5с.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ ПОДПИТОЧНЫХ НАСОСОВ

Цепенко А.С. – студент, Халина Т.М. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова (г. Барнаул)

Электрическая энергия, потребляемая насосными, вентиляционными и компрессорными установками, составляет значительную часть от общего расхода электроэнергии. Исследования показывают, что в промышленности и при эксплуатации зданий 72% электроэнергии потребляется электродвигателями, причем 63% от этой величины используется для привода насосов, вентиляторов и компрессоров. [1]

В большинстве секторов экономики используются насосные, вентиляционные и компрессорные установки. Например, в секторе обработки воды они применяются для водоподъема, орошения, распределения и очистки; в нефтяном и газовом секторах - для добычи, транспортировки, переработки, сжижения; в строительстве: для обогрева, вентиляции и кондиционирования.

Традиционные способы управления расходом или давлением жидкости заключаются в изменении эффективного поперечного сечения трубопровода или воздушного тракта, по которому происходит перемещение текучей среды. Наиболее часто для этих целей используются клапаны, задвижки и вентили. Недостатки такой системы управления заключаются в использовании «прямого» пуска асинхронных двигателей насосных агрегатов, сопровождающегося многократной перегрузкой питающей сети и самих двигателей и возможностью возникновения гидроударов в трубопроводах; сложности обслуживания и эксплуатации (большое количество насосов и коммутационной аппаратуры, дополнительные дроссели/клапаны, которыми нужно управлять); низком качестве регулирования значительных экономических затратах на содержание обслуживающего персонала.

Преобразователь частоты состоит из неуправляемого диодного силового выпрямителя В, автономного инвертора АИН, системы управления широтно-импульсного модулятора ШИМ, системы автоматического регулирования САР, дросселя Lв и конденсатора фильтра Св (рисунок1). Регулирование выходной частоты $f_{вых}$ и напряжения Uвых осуществляется в инверторе за счет высокочастотного широтно-импульсного управления. Широтно-импульсное управление характеризуется периодом модуляции, внутри которого обмотка статора электродвигателя подключается поочередно к положительному и отрицательному полюсам выпрямителя [2,3]. Длительность этих состояний внутри периода ШИМ модулируется по синусоидальному закону. При высоких (обычно 2...15 кГц) тактовых частотах ШИМ, в обмотках электродвигателя, вследствие их фильтрующих свойств, текут синусоидальные токи.

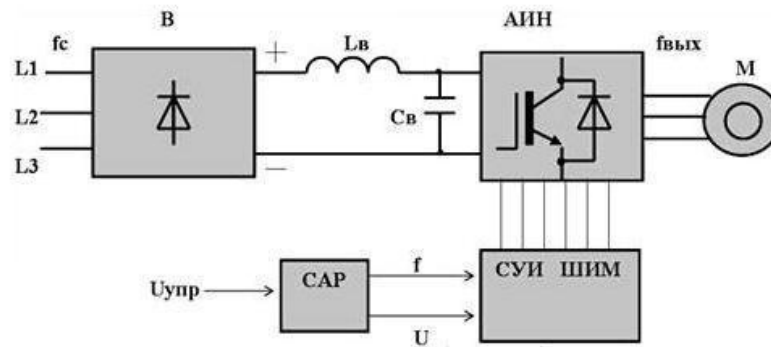


Рисунок 1 – Функциональная схема преобразователя частоты

Таким образом, форма кривой выходного напряжения представляет собой высокочастотную двух полярную последовательность прямоугольных импульсов (рисунок 2). Частота импульсов определяется частотой ШИМ, длительность импульсов в течение периода выходной частоты АИН промоделирована по синусоидальному закону. Форма кривой выходного тока в обмотках АД практически синусоидальна.

Регулирование выходного напряжения инвертора можно осуществить двумя способами: амплитудным за счет изменения входного напряжения $U_{в}$ и широтно-импульсным за счет изменения программы переключения вентиля при $U_{в} = \text{const}$.

Второй способ получил распространение в современных преобразователях частоты благодаря развитию современной элементной базы (микропроцессоры, IGBT-транзисторы).

При широтно-импульсной модуляции форма токов в обмотках статора асинхронного двигателя получается близкой к синусоидальной благодаря фильтрующим свойствам самих обмоток.

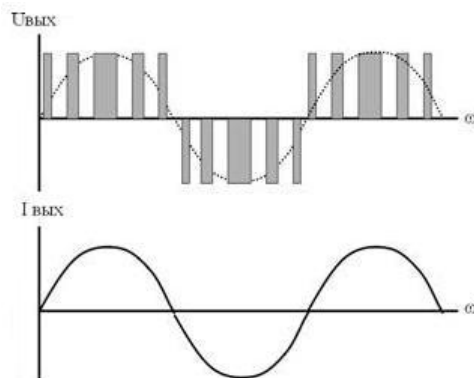


Рисунок 2 - Зависимости выходных значений напряжений и тока

Такое управление позволяет получить высокий КПД преобразователя. Применение регулируемого электропривода насоса позволяет задать необходимое давление или расход, что обеспечит не только экономию электроэнергии, но и снизит потери транспортируемого вещества. В насосных приложениях наибольшая экономия достигается при использовании центробежных насосов с приводом от трехфазного асинхронного электродвигателя. При прямом подключении к сети эти двигатели вращаются с постоянной скоростью, однако в полной мере могут использоваться также совместно с преобразователями частоты, работая при этом с переменной частотой вращения. В этом случае эффективно решается основная задача перемещения определенного количества жидкости за заданное время при заданном давлении с соблюдением требуемых эксплуатационных параметров, которыми являются подача и напор.

Подача (или производительность) Q определяется как объем жидкости, перемещенный за единицу времени. Напор (H) определяется как давление в данной точке сети, выраженное в метрах столба перекачиваемой жидкости. Полный напор (TDH) - разница давлений

жидкости между входным и выходным патрубками насоса. TDH изменяется в зависимости от подачи насоса. Кривая изменения TDH в зависимости от подачи - основная характеристика каждого насоса. Каждому значению частоты вращения насоса соответствует своя характеристика изменения TDH.

Коэффициент полезного действия КПД насоса - изменяется в зависимости от подачи насоса. Он равен нулю, если напор или подача также равны нулю, в этом случае никакой энергии жидкости не передается.

Номинальная рабочая точка (BER), определяется как точка характеристики, в которой КПД максимален [4].

Распределительная сеть (рисунок 3) характеризуется следующими характеристиками: высотой столба жидкости между точкой всасывания и точкой, в которой планируется потребление жидкости (полная геометрическая высота Z , или статический напор);

потерей напора, определяемого как дополнительное давление, необходимое для преодоления дополнительного трения в трубопроводах.

Рабочая точка насоса при установке в соответствующей сети определяется пересечением характеристик насоса и сети, как показано на рис.4.

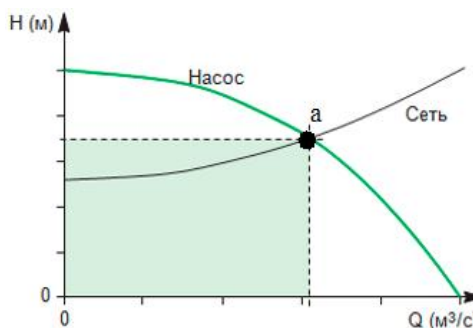
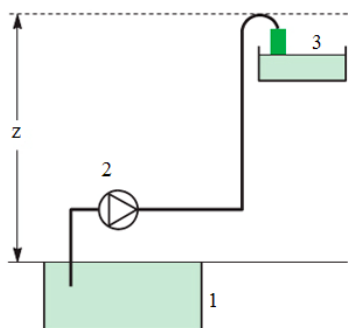


Рисунок 3 -Упрощенная схема распределительной

подъема H сети,
где: 1 – резервуар забора воды;
2 - насос; 3 – резервуар накопления воды.

Рисунок 4 – Зависимость высоты

от расхода воды Q , где a – рабочая точка насоса в сети

В случае, показанном на рисунке 4 полезная мощность, передаваемая насосом жидкости пропорциональна затемненной площади на рисунке

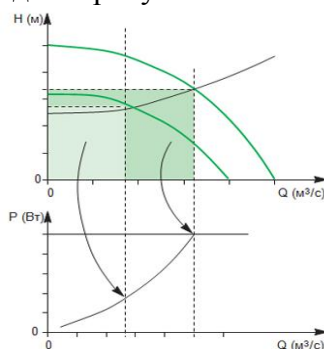


Рисунок 5 - Изменение потребляемой мощности подачи насоса при постоянной и переменной частоте вращения

Оценка потребляемой насосом мощности представлена на рисунок 5. Таким образом, выполненные исследования позволили разработать систему автоматического регулирования частоты вращения асинхронного двигателя, что делает возможным использование насоса с наиболее высоким КПД для любого режима его работы.

Список используемой литературы

1. Шандров Б. В. Технические средства автоматизации: учебник для студентов высших учебных заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2007.
2. Галиев А. Л., Галиева Р. Г. Элементы и устройства автоматизированных систем управления. Учебное пособие. Издательство: Стерлитамакская педагогическая академия, 2008.
3. Свириденко П.А., Шмелев А.Н. Основы автоматизированного электропривода: Учеб. пособие для вузов, 2006

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СЕТЕВОГО НАСОСА ГАЗОВОЙ КОТЕЛЬНОЙ

Квитко А.Г. – студент, Еременко А.А. – студент, Халина Т.М. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова (г. Барнаул)

Для энергоэффективной работы системы, обеспечивающей подачу воды в сеть потребителей с постоянным заданным давлением в соответствии с технологической схемой (рисунок 1), необходимо разработать систему автоматического управления работой сетевого насоса.

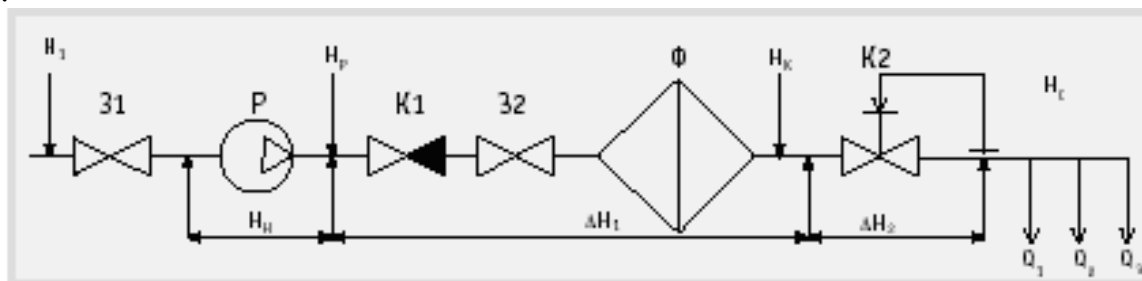


Рисунок 1 – Технологическая схема с насосным агрегатом

Основными элементами схемы являются запорные технологические задвижки 31 и 32, насосный агрегат Р, обратный клапан К1, фильтр воды Ф и регулирующий клапан К2. В этой схеме можно выделить и основные технологические параметры, среди которых H_1 — напор, создаваемый источником подачи воды, H_p — напор, получаемый после насосного агрегата, H_k — напор перед регулирующим клапаном, H_c — напор в сети потребителей и Q_1 – Q_3 — расходы воды потребителей сети [1]. Кроме того, можно выделить напор H_n , развиваемый насосным агрегатом, а также потери напора на элементах системы, расположенных между насосным агрегатом Р и сетью потребителей: ΔH_1 — потери напора на задвижке 32 и водяном фильтре и ΔH_2 — потери напора на регулирующем клапане.

Рассматривая энергетические характеристики технологического процесса объекта, отмечаем, что требуемая (полезная) энергия для подачи воды потребителям может быть рассчитана в виде [1]:

$$W_c = H_c \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3). \quad (1)$$

Для нормальной работы сети необходимо создание постоянного значения напора H_c . Величины расходов Q_1 – Q_3 определяются потребителями и с течением времени могут меняться. Гидравлическая энергия, развиваемая насосным агрегатом, может быть получена в виде:

$$W_n = H_n \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3), \quad (2)$$

где сумма расходов представляет собой общий сетевой расход воды Q_c .

В идеальном варианте желательно, чтобы сохранялось равенство W_c и W_n . На самом деле между насосным агрегатом и сетью установлены элементы со своими гидравлическими сопротивлениями, на которых теряется часть напора, развиваемого насосным агрегатом, $\Delta H_p = \Delta H_1 + \Delta H_2$. Таким образом, потери энергии на технологическое обеспечение параметров перекачиваемой жидкости можно определить как $\Delta W_p = \Delta H_p \cdot Q_c$.

Для организации технологического процесса с минимальными энергетическими потерями необходимо, в первую очередь, снизить потери напора между трубопроводом насосного агрегата и сетью потребителей — ΔH_p , установить зависимость между технологическими параметрами и режимам работы электрического привода сетевого насоса.

Так при прямом пуске двигателя переменного тока по обмоткам двигателя протекают большие токи, которые при частых пусках могут привести к выходу из строя двигателя вследствие разрушения изоляции обмоток из-за превышения допустимой температуры.

Во избежание этого применяют схемы мягкого пуска ТРН-АД и ПЧ-АД. Пуск двигателей осуществляется от преобразователей частоты (рисунок 2) путем плавного увеличения частоты и напряжения [2,4]. В течение всего времени пуска ток двигателя поддерживается в среднем на уровне номинального; в зависимости от конкретных условий ток меняется в пределах (0.5–1.5) I_n , при этом отрицательные явления прямого пуска отсутствуют.

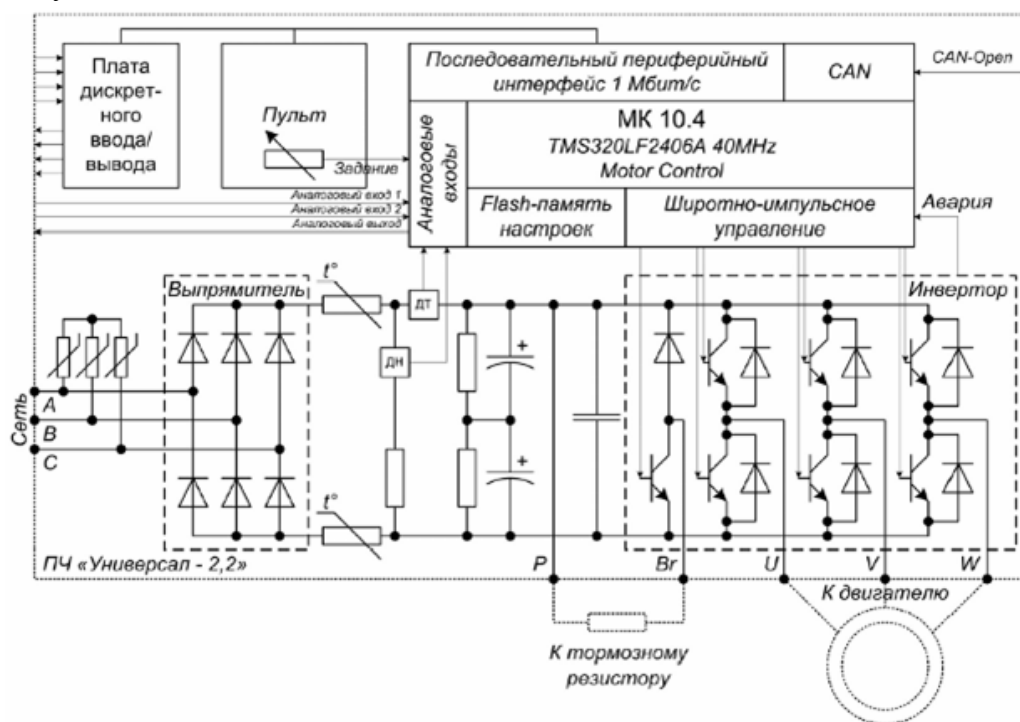


Рисунок 2 - Пуск двигателя с помощью преобразователя частоты

Таким образом, благодаря управлению скоростью вращения электродвигателей насосов появляются возможности оптимизации управления технологическими процессами; сокращения расхода электроэнергии и повышения эффективности ее использования; снижения механической нагрузки в системах управления двигателями.

Теперь рассмотрим работу технологического процесса с точки зрения изменения параметров нагрузки сети — Q_c . Для решения задачи минимизации потерь, связанных с регулированием давления в сети, необходимо исключить дополнительные гидравлические сопротивления на участке от насосного агрегата до сетевого трубопровода, то есть необходимо полностью открыть всю запорно-регулирующую арматуру. Это можно сделать, если процесс регулирования давления передать насосному агрегату. Теория работы нагнетателей (насосов) доказывает, что изменение частоты вращения привода нагнетателя изменяет его напорные характеристики [1]. Кроме того, напор, создаваемый нагнетателем, пропорционален квадрату частоты вращения агрегата. Изменение напорных характеристик насосного агрегата при изменении частоты вращения иллюстрирует рисунок 3, на котором кривая 1 соответствует номинальной (при номинальной частоте вращения привода) напорной характеристике, а кривые 2-4 — напорным характеристикам при пониженной частоте вращения.

Если организовать работу привода насосного агрегата таким образом, чтобы он при изменении параметров технологического процесса (расхода в сети и давления на входе агрегата) изменял частоту вращения, то в итоге можно без существенных потерь энергии стабилизировать давление в сети потребителей. При таком способе регулирования исключаются потери напора (нет дроссельных элементов), следовательно, и потери гидравлической энергии.

Способ регулирования давления в сети путем изменения частоты вращения привода насосного агрегата снижает энергопотребление ещё и по другой причине. Собственно насос как устройство преобразования энергии имеет свой коэффициент полезного действия (КПД) — отношение механической энергии, приложенной к валу, к гидравлической энергии, получаемой в напорном трубопроводе насосного агрегата.

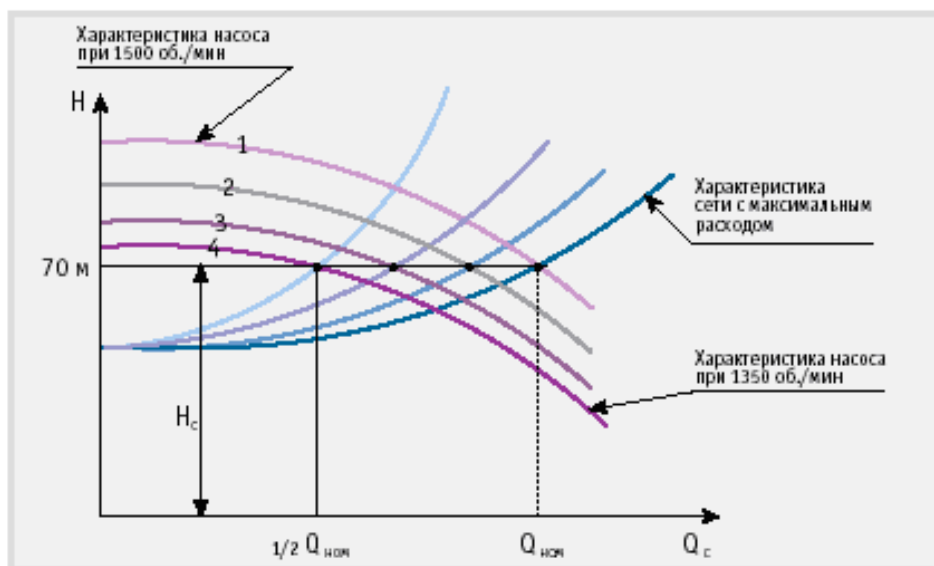


Рисунок 3 – Рабочие характеристики насосного агрегата и сети с частотным регулированием

В соответствии с теорией подобия максимум коэффициента полезного действия с уменьшением частоты вращения несколько снижается и смещается влево. Анализ требуемого изменения частоты насосного агрегата при изменении расхода в сети показывает, что с уменьшением расхода требуется снижение частоты вращения. Если рассмотреть работу агрегата для расхода меньше номинального, то для этих режимов рационально работать на пониженной частоте вращения. В этом случае коэффициент полезного действия насоса выше, чем при работе на номинальной частоте вращения. Таким образом, снижение частоты вращения в соответствии с технологической нагрузкой позволяет не только экономить потребляемую энергию за счет исключения гидравлических потерь, но и получить экономический эффект за счет повышения КПД самого насоса.

Применение частотного регулирования электрических приводов позволяет существенно уменьшить и эксплуатационные затраты, связанные с обслуживанием агрегатов и систем. Например, снижение перепада давления между всасывающим и напорным патрубками насосного агрегата увеличивает срок службы сальниковых уплотнений, практически исключает гидроудары и обеспечивает стабильность давлений в трубопроводах сетей, а также минимизирует затраты на их обслуживание.

Список используемой литературы

1. Лезнов Б.С. Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. М.: Издательство Машиностроение, 2013

2. Vacon 20. Полное руководство пользователя. Vacon Plc.Runsorintie Vaasa, Finland-VaconPlc, 2014.

3. Бабакин В.И. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов, 2007

ТЕПЛОВИЗИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОДОГРЕВА ЗЕРНА

Шеслер Н.А. – студент, Халин М.В. - д.т.н., профессор.

Алтайский государственные университет им.И.И.Ползунова (г.Барнаул)

Актуальность использования низкотемпературного поверхностно-распределительного электрообогрева в технологических процессах подогрева зернового материала доказана предыдущими разработками [1-3].

Целью настоящего исследования являются тепловизионные испытания электрообогревателей многоэлектродных композиционных электрообогревателей (МКЭ) для электрического аппарата подогрева зерна (ЭАПЗ). Проведенные испытания выполнялись для определения времени нагрева, а также динамики прогрева двух образцов МКЭ, что в дальнейшем позволит выполнить теплофизический расчет ЭАПЗ.

Тепловизионная съемка производилась инфракрасной камерой *FLIR SC620 (FLIR Systems, США)*. Диапазон измерения температуры от -40° до $+2000^{\circ}\text{C}$; температурная чувствительность $0,04^{\circ}\text{C}$, размер матрицы 640×480 , относительная погрешность измерения 1%; спектральный диапазон $8 \dots 13$ мкм. Термограммы обработаны при помощи пакета *FLIR Reporter Professional. SP 9.0 (FLIR Systems, США)* (рисунки 1-3).

Для контактных измерений температуры поверхностей использован инфракрасный термометр *RAYMX4PG Raytek (Германия)*. Диапазон измерения от -32 до $+900^{\circ}\text{C}$, разрешение $0,1^{\circ}\text{C}$, относительная погрешность 1 %.

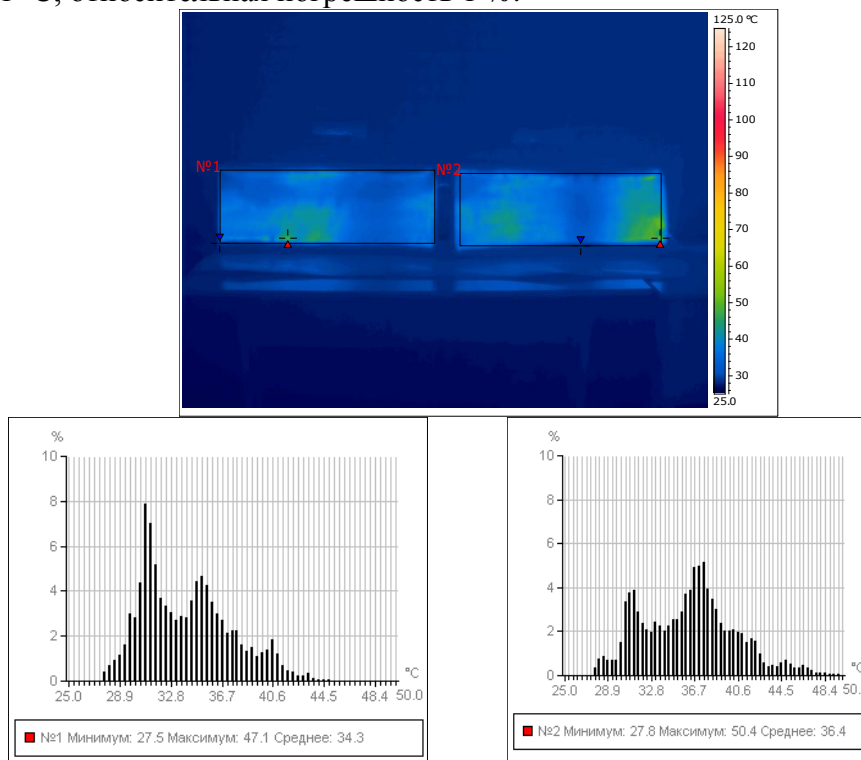


Рисунок 1 - через 1 минуту с начала нагрева

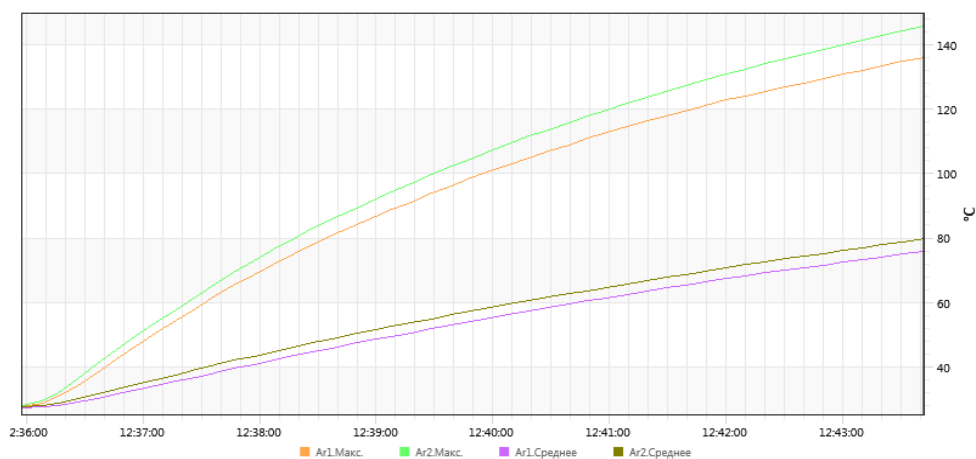


Рисунок 2 - Динамика нагрева МКЭ

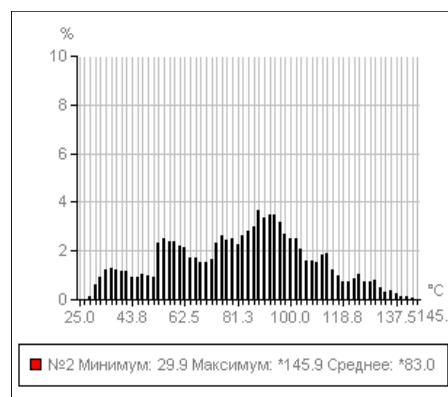
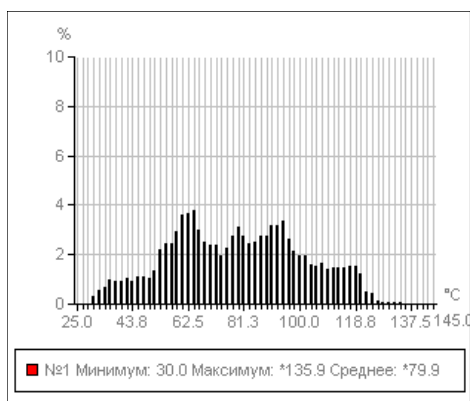
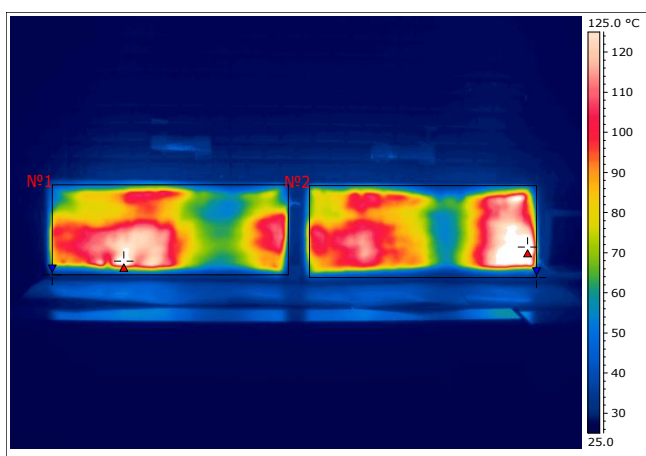


Рисунок 3 - через 8 минут с начала нагрева

В результате проведенных исследований определена динамика нагрева электрообогревателей МКЭ, что определит алгоритм управления системой автоматического регулирования аппарата подогрева зерна, а также позволит рассчитать установленную мощность и количество электрообогревателей при заданной производительности аппарата.

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 – № 2007115960/06; заявл. 26.04.2007; опубл. 10.04.2009, Бюл. № 10.
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. Халин, М.В. Разработка проекта и изготовление экспериментального образца аппарата подогрева зерна на основе многоэлектронных электрообогревателей: отчет по НИОКР / М.В. Халин, Т.М. Халина, Д.Г. Часовщиков, В.В. Шатохин // АгроТермия - № Г.Р. 01201372140, интернет-номер - 214070500001 - Барнаул, 2014. - 59 с.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДАЧИ ЗЕРНА АППАРАТА ЕГО ПОДОГРЕВА

Белоусов Е.В. - студент, Жигулин А.С. – студент, Халин М.В. - д.т.н., профессор.
Алтайский государственные университет им.И.И.Ползунова (г.Барнаул)

Исследования в области автоматического управления процессами сушки и подогрева зерна позволяют определить наиболее рациональный и энергоэффективный способ регулирования подачи и выгрузки зерна электрического аппарата подогрева зерна (ЭАПЗ) на базе многоэлектродных композиционных электрообогревателей (МКЭ) [1,2,3].

Регулирование производительности ЭАПЗ (G_D) при постоянной мощности электрообогревателей МКЭ ($P_{\text{Э}}$)

На рисунке 1 представлена функция регулирования $G_D = f(\Delta T')$, где G_D - производительность дозатора – распределителя; $\Delta T'$ – разность температур на входе и выходе ЭАПЗ.

Расчеты выполнены по формуле:

$$G_D = \frac{G_{\text{зн}} \times \text{grad}T}{\Delta T'}, \quad (1)$$

где $\text{grad}T$ – приращение температуры по мере прохождения зерна через аппарат в течение одной минуты, равное $+0,92^\circ\text{C}$, получено аналитическим путем;

$G_{\text{зн}}$ - масса зерна в зоне подогрева, равная 800 кг.

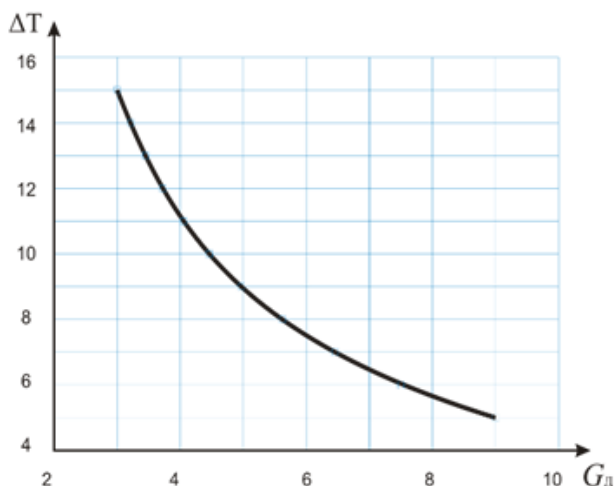


Рисунок 1 – Зависимость $G_D = f(\Delta T')$, где $P_{\text{Э}} = \text{const}$

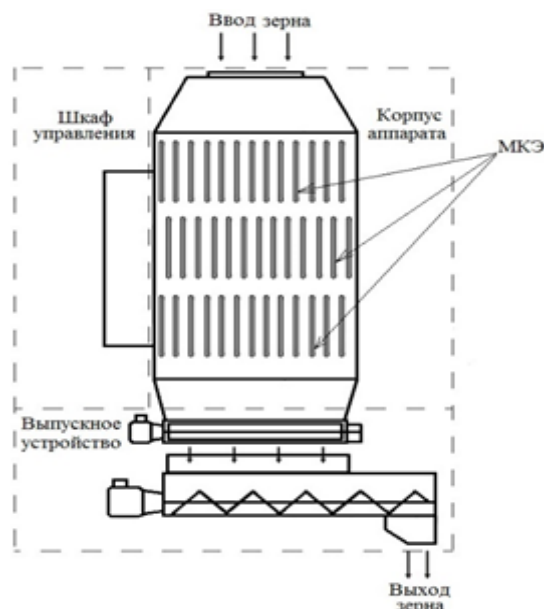


Рисунок 2 – Общий вид ЭАПЗ

Экспериментальный образец ЭАПЗ состоит из нескольких основных блоков: корпуса аппарата шахтного типа, шкафа управления ШУ, выпускного устройства (рисунок 3.1). В корпусе ЭАПЗ расположены три нагревательные секции с МКЭ, сигнализатор уровня мембранный СУМ-1, сигнализатор движения РДД-02, два термопреобразователя сопротивления ДТС045. Шкаф управления включает цепи управления и защиты, а также все

элементы системы управления. Выпускное устройство включает дозатор – распределитель, речную задвижку и шнек. В корпусе привода дозатора-распределителя расположен датчик контроля скорости ДКС-М30-81У-1252- ЛА.02., а в корпусе шнека –указатель уровня мембранный СУМ-1.

Электрооборудование системы обогрева зерна питается от трехфазной сети переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 380 В.

Основным электрооборудованием ЭАПЗ являются: двигатель привода дозатора - распределителя, двигатель шнека, двигатель речной задвижки, нагревательные секции МКЭ.

Питание двигателей трехфазное напряжением 380В, питание одной нагревательной секции однофазное напряжением 220В. Общая установленная мощность двигателей и нагревательных секций ЭАПЗ – 9 кВт.

Система автоматического регулирования поддерживает температуру на поверхности МКЭ постоянной, равной +45 °С.

Принципиальная электрическая схема управления электрическим приводом дозатора-распределителя ЭАПЗ при G_A – var и P_{Σ} – const представлена на рисунке 3.

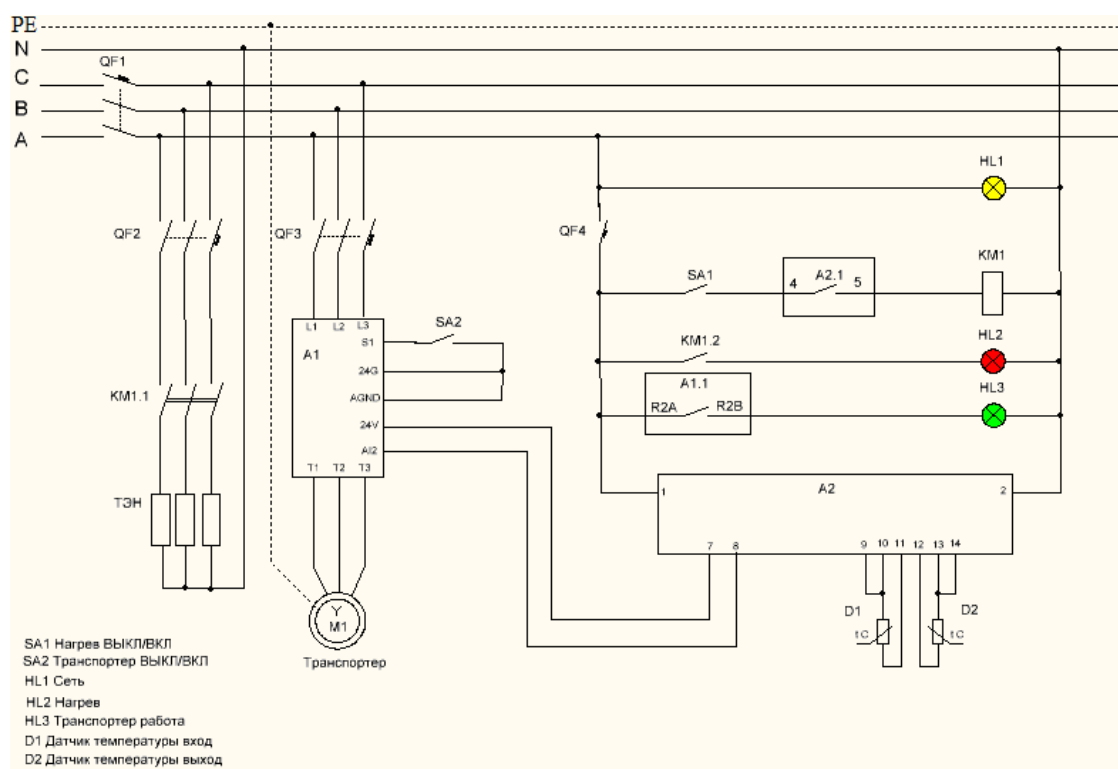


Рисунок 3 – Схема управления электрическим приводом дозатора-распределителя

Система управления работает следующим образом.

Подготовка аппарата к работе осуществляется включением вводного автомата QF1 и автоматических выключателей цепей управления QF2 – QF4. После чего на панели управления загорается индикаторная лампочка HL1 «Сеть» и цепь управления получает питание.

Для запуска процесса подогрева зерна осуществляется нажатием кнопки SA1 «Нагрев». Так как терморегулятор A2 получил питание и замкнул свой контакт A2.1 катушка магнитного пускателя KM1 получит питание и замкнет свои контакты KM1.1 и KM1.2, которые подают питание соответственно на МКЭ и светосигнальную лампу HL2 «Нагрев».

Одновременно с началом подачи питания на секции получает питание терморегулятор А2, который контролирует температуру на поверхности МКЭ с помощью датчика, расположенного на МКЭ. При превышении температуры +45°C на поверхности МКЭ, терморегулятор размыкает контакт в цепи питания пускателя КМ1, который отключает секции МКЭ. При понижении температуры терморегулятор замыкает контакт в цепи питания пускателя КМ1, включая секции МКЭ.

Работа дозатора-распределителя осуществляется включением автоматического выключателя QF3 и подачей питания на частотный преобразователь А1, который осуществляет работу и контроль согласно заданной программе.

Таким образом выполненные исследования позволяют создать систему автоматического регулирования аппарата подогрева зерна, работающего в энергоэффективном режиме с использованием электрических обогревателей 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 – № 2007115960/06; заявл. 26.04.2007; опубл. 10.04.2009, Бюл. № 10.

2. Пат. 2150642 РФ, МПК F 26 В 25/22. Способ автоматического управления процессом сушки / Кретов И. Т., Ряховский Ю. В., Шевцов С. А. – № 99102072/06; заявл. 04.02.1999; опубл. 10.06.2000.

3. Халин, М.В. Разработка проекта и изготовление экспериментального образца аппарата подогрева зерна на основе многоэлектронных электрообогревателей: отчет по НИОКР / М.В. Халин, Т.М. Халина, Д.Г. Часовщиков, В.В. Шатохин // АгроТермия - № Г.Р. 01201372140, интернет-номер - 214070500001 - Барнаул, 2014. - 59 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА

Бобров Н. С.- студент, Шарипов Н. Б. – аспирант, Федянин В.Я., д.т.н., профессор Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Тепловые насосы позволяют эффективно использовать низкопотенциальное тепло поверхностных слоев Земли. Преимуществом данного этого способа теплоснабжения является возможность использовать практически неограниченные ресурсы возобновляемой энергии. Регулирование режимов работы теплонасосной системы теплоснабжения производится в зависимости от температуры окружающего воздуха. Результатом оптимального регулирования является достижение как можно более высокого отношения полученного тепла к затраченной электрической энергии.

Тепловой насос – современный источник энергии, используемый для работы систем кондиционирования, отопления горячего водоснабжения. В отличие от других теплогенераторов (газовых, дизельных, электрических) тепловой насос использует накопленную за теплое время года энергию из окружающей среды - грунта, скальной породы, водоёма. Использование теплового насоса – это прежде всего повышение энергетической эффективности системы теплоснабжения. Кроме того, 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.

Эффективность тепловых насосов принято характеризовать величиной безразмерного коэффициента трансформации энергии $K_{тр}$, который представляет собой отношение полезного тепла, отданного в систему теплоснабжения, к энергии, затраченную на работу теплового насоса.

Верхний предел коэффициента трансформации определяется формулой, следующей из анализа обратного цикла Карно:

$$K_{mp} = \frac{T_0}{T_0 - T_{II}},$$

где T_0 – температура теплоносителя, поступающего в систему теплоснабжения, K ; T_{II} – температура теплоносителя поступающего из источника низкопотенциального тепла, K .

Реальный коэффициент трансформации отличается от идеального на величину коэффициента h , учитывающего степень термодинамического совершенства термодинамического цикла, реализуемого в реальном образце теплового насоса. Для современных тепловых насосов величина коэффициент h изменяется в широком диапазоне: от $h=0,20$ для насосов малой мощности (~ 1 кВт) до $h=0,75$ для мощных насосов (~ 3000 кВт) [2].

Требования к источнику энергии

Источником энергии может быть грунт, скальная порода, озеро, вообще любой источник тепла с температурой -1 °С 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%-ый раствор этиленгликоля (либо этилового спирта).

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

Для предварительных расчетов используется следующее соотношение $50 \div 60$ Вт тепловой энергии на 1 метр скважины [3]. То есть, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходима скважина глубиной 170 метров.

Компоновка и автоматизация систем теплоснабжения с зависимым присоединением грунтовых теплообменников к тепловым насосам

Система отопления, разработанная и присоединенная к тепловым зондам по схеме, автоматизируется также, как система подготовки теплоносителя для отопления.

В циркуляционных контурах систем с замкнутым контуром при зависимом присоединении должно поддерживаться постоянное заданное давление, для чего предусматривается подпитка систем.

Узел ввода в тепловой пункт решается так же, как при использовании систем с независимым присоединением. В тепловых пунктах присоединение систем может быть комбинированным: часть систем может присоединяться по независимой схеме, а часть – по зависимой схеме. Все определяется технологическими расчетами и удобством эксплуатации.

При непосредственном зависимом присоединении систем вентиляции (калориферов приточных вентиляционных систем) к тепловой сети, если таких систем несколько, в том числе воздушно-тепловых завес, такое присоединение следует выполнять через регулятор разности давлений, независимо от того, что регулятор разности давлений имеется на узле ввода.

Если для подготовки теплоносителя, подаваемого на отопление, или к системам вентиляции, или к каким-либо еще системам при зависимом их присоединении, требуется понижение температуры теплоносителя (например, с расчетной температуры теплоносителя в сети в $+40$ °С до $+60$ °С) с помощью узла смешивания двух сред – прямого и обратного теплоносителя, то решать эту задачу можно приемами, отображенными на рис. 1.

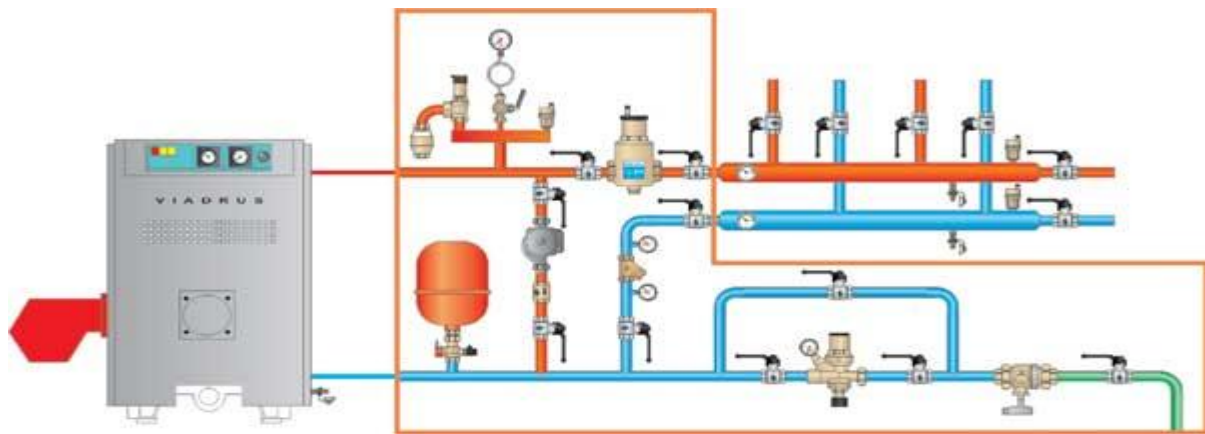
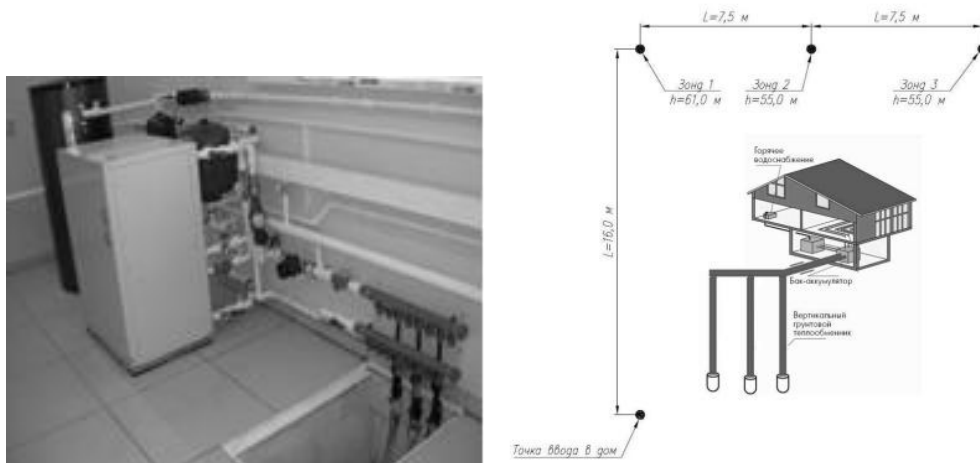


Рисунок 1 – Схема управления

Испытания теплонасосной системы теплоснабжения жилого здания

Фотография оборудования и схема размещения трех термоскважин на участке, прилегающем к жилому зданию, приведены на рисунке 2.



а)

б)

а) фотография теплового насоса и бака-аккумулятора; б) основные геометрические размеры системы сбора низкопотенциального тепла поверхностных слоев Земли

Рисунок 2 – Теплонасосная система теплоснабжения жилого здания

Система сбора низкопотенциального тепла с вертикальным грунтовым теплообменником представляла собой три скважины глубиной 61 и 55 м, расположенные на расстоянии 7,5 м друг от друга. В скважины была помещена U-образная труба, по одной ветви которой теплоноситель подается вниз, а по другой – возвращается обратно. В качестве теплоносителя системы сбора низкопотенциального тепла грунта, исходя из имеющегося опыта и представленных на рынке веществ, и растворов, учитывая их эксплуатационные свойства и стоимость, принят 36%-ый водный раствор этиленгликоля с температурой кристаллизации $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Герметичный грунтовой теплообменник, предварительно испытанный под давлением, погружался в скважину. Перед погружением в заполненную буровым раствором скважину U-образный теплообменник заполняется водой и к нижнему концу теплообменника подвешивается дополнительный груз, чтобы предотвратить его всплытие. При испытании системы в эксплуатационном режиме систематически (через 15 минут) замерялись следующие параметры: температура теплоносителя на входе и выходе грунтового теплообменника; температура на входе и выходе конденсатора теплового насоса; расход теплоносителя через грунтовой теплообменник и конденсатор теплового насоса, а также расход электроэнергии на привод теплового насоса.

Список используемой литературы

1. Анализ перспектив использования тепловых насосов в Украине (обзоры рынка 17.12.2009) // http://www.holod_ok.com.ua- Интернет-сайт фирмы "Холод ОК"
2. Васильев Г.П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли: Монография. – М.: Издательский дом "Граница", 2006. – 220 с.
3. 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. – М.: Изд-во «Москомархитектура», 2001. – 66 с.
4. Федянин В.Я., Мещеряков В.А. Инновационные технологии для повышения эффективности алтайской энергетики: Монография– Барнаул: Изд-во ААЭП, 2010.– 192 с.
5. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети: Учебник. – М.:ИНФРА-М, 2006. – 480 с.

ВЛИЯНИЕ НЕСИММЕТРИЧНОГО РЕЖИМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НА РАБОТУ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Пилипчук Д.Н. – студент, Федянин В.Я., д.т.н., профессор

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

Проведен анализ влияния несимметричного режима трехфазной электрической сети на дополнительные потери электрической энергии в асинхронных двигателях. Представлены результаты расчетов изменения относительных потерь мощности в асинхронных двигателях серии 4А за счет снижения коэффициента обратной последовательности.

В современных условиях роста экономики, при развитии человечества во всех сферах деятельности, происходит ухудшение качества электрической энергии. Это в свою очередь приводит к увеличению дополнительных потерь активной мощности и, следовательно, к снижению эффективности работы систем электроснабжения и потребителей, подключенных к ним. Но при этом, большая часть дополнительных потерь мощности обусловлена наличием несимметричных режимов работы электрической сети.

Наиболее частой причиной несимметрии напряжений на практике является неравенство токовых нагрузок фаз.

Любую несимметричную систему трех напряжений можно разложить на три симметричные системы:

- прямой последовательности U_1 , чередование фаз которой совпадает с чередованием фаз исходной системы;
- обратной последовательности U_2 , чередование фаз которой противоположное;
- нулевой последовательности U_0 , все векторы которой направлены одинаково

Воздействие несимметричной системы напряжений на электрооборудование складывается из воздействий этих трех симметричных систем (. Результаты этого воздействия на однофазные и трехфазные ЭП различна. Для однофазных ЭП значение имеет лишь напряжение той фазы, к которой они подключены. Так как средства РН в ЦП изменяют напряжения одинаково во всех трех фазах, то соотношение между напряжениями остается неизменным. В результате отклонение напряжения во всех фазах в ряде случаев не удается поддерживать в допустимых пределах.

Для трехфазных ЭП (например, трехфазных двигателей) воздействие обусловлено обратным чередованием фаз напряжения обратной последовательности. Так как U_1 значительно больше U_2 , двигатель вращается в соответствии с чередованием фаз прямой последовательности, а обратная последовательность оказывает на него тормозящее действие. Это вызывает некоторое снижение скорости вращения асинхронного двигателя (увеличивается скольжение s), скорость же вращения синхронного двигателя, естественно,

измениться не может. В обмотках двигателей возникает ток обратной последовательности, значение которого определяется сопротивлением обратной последовательности обмоток. Сопротивление обмоток двигателя зависит от скольжения ротора относительно статора s и выражается зависимостью, показанной на рис. 1. При нормальной работе асинхронного двигателя скольжение мало ($s \ll 1$), для синхронного двигателя $s = 0$, поэтому сопротивление двигателя x_d близко или равно x_c .

Для заторможенного двигателя $s = 1$ сопротивление резко падает до x_k . Отношение x_c/x_k и определяет кратность пускового тока двигателя (обычно $k_n = 4 - 7$).

При увеличении скольжения до $s = 2$ (поле статора вращается в одну сторону, а ротора – в другую, что имеет место для токов обратной последовательности) значение x_d практически не изменяется по сравнению с x_k . А это значит, что для токов обратной последовательности сопротивление двигателя в k_n раз меньше, чем для прямой последовательности. Поэтому, например, при возникновении на вводе двигателя с $k_n = 7$ напряжения обратной последовательности $U_2/U_1 = 0,03$ ток обратной последовательности в его обмотках составит 21 % тока прямой последовательности, что вызовет их дополнительный нагрев.

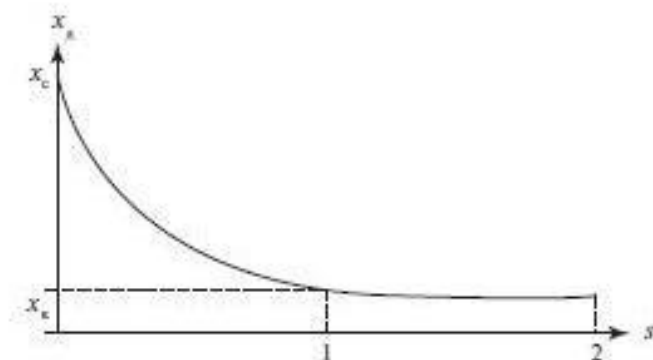


Рисунок 1 – Зависимость сопротивления асинхронного двигателя от скольжения Мероприятия по снижению несимметрии напряжений.

Для снижения несимметрии напряжений, вызываемой работой мощных однофазных приемников применяют:

- подключение таких приемников к трансформаторам с большой мощностью короткого замыкания;
- пофазной компенсацией реактивной мощности (для потребителей с низким коэффициентом мощности);
- специальные симметрирующие устройства.

В связи с тем, что несимметрия напряжений обусловлена двумя причинами – неравенством линейных токов и конечным значением сопротивления сети. Понятно, что для идеальной сети с бесконечно малым сопротивлением несимметрия токов не будет вызывать несимметрии напряжений. В свою очередь сопротивление всей сети в целом в значительной степени определяется сопротивлением источника, мерой которого служит мощность короткого замыкания $S_{кз}$. Чем больше мощность короткого замыкания, тем меньше сопротивление (при постоянстве напряжений). Таким образом, возможность подключения неполнофазных приемников к узлу с большой мощностью короткого замыкания -наиболее простой путь снижения несимметрии напряжений.

Дополнительные потери мощности при отклонении симметрии и синусоидальности токов и напряжений можно определять по следующей формуле:

$$\Delta P_d = k_2 U_2 \frac{P_{дн}}{10^{-4}}, \text{ кВт.}$$

Здесь U_2 – напряжение обратной последовательности, %; $P_{дн}$ – номинальная мощность машины, кВт. Коэффициент $k_2 = 2,41 k_d$, где коэффициент k_d зависит от номинальной мощности двигателя и определяется по формулам:

при $P_{Дн} < 5$ кВт,
 при $5 < P_{Дн} < 100$ кВт,
 при $100 < P_{Дн} < 1000$ кВт,
 при $P_{Дн} > 1000$ кВт,

$k_{Д} = 3 + 0,3 (5 - P_{Дн});$
 $k_{Д} = 1 + 0,02 (100 - P_{Дн});$
 $k_{Д} = 0,4 + 0,0007 (1000 - P_{Дн});$
 $k_{Д} = 0,4.$

Рассмотрим, как снижаются потери мощности в асинхронных двигателях за счет снижения коэффициента обратной последовательности с 3 до 1%. Для этого сравним 6 двигателей серии 4А разной мощности, расчетные коэффициенты приведены в таблице 1

Таблица 1

Тип двигателя	$P_{Дн}, кВт$	$k_{Д}$	k_2	$\Delta P_{Д}/P_{Дн}, \%$
4АА56В2У3	0,25	4,43	10,68	0,85
4А90L2У3	3	3,6	8,68	0,69
4А160S2У3	15	2,7	6,51	0,52
4А250S2У3	75	1,5	3,62	0,29
4А250M2У3	132	1,01	2,43	0,19
4А250M2У3	315	0,88	2,12	0,17

Результаты расчетов представлены на рисунке 2.

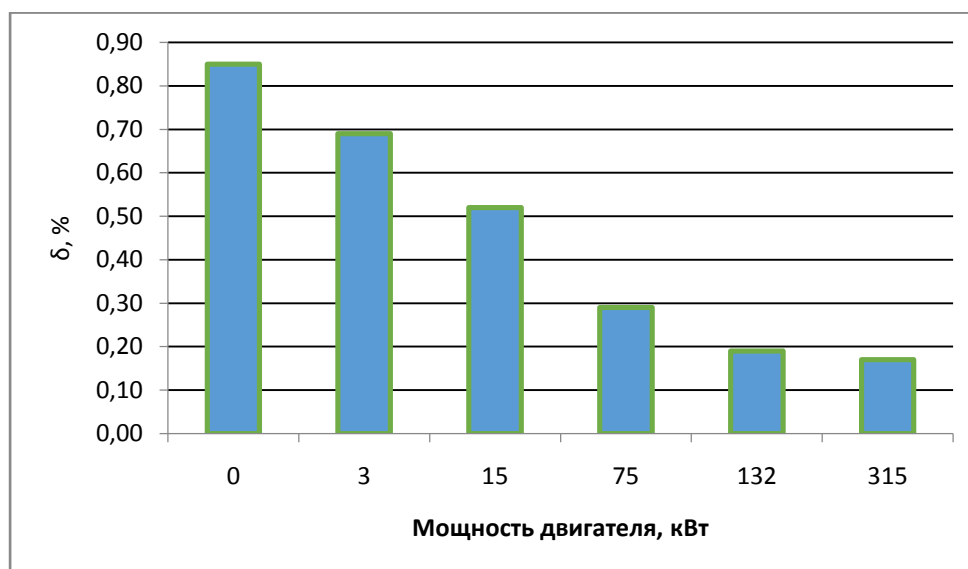


Рисунок 2 – относительное снижение дополнительных потерь в асинхронных двигателях серии А4

По результатам расчетов можно сделать вывод о том, что энергосберегающие мероприятия по уменьшению несимметрии в трехфазной сети дают больший эффект для асинхронных двигателей малой мощности.

Список используемой литературы

1. Долингер С. Ю. Оценка дополнительных потерь мощности от снижения качества электрической энергии в элементах систем электроснабжения / С.Ю. Долингер, А.Г. Лютаевич, В.Н. Горюнов и др. // Омский научный вестник. –2013. -№ 2 (120).
2. Железко Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов. / Ю.С. Железко - М.: ЭНАС, 2009. - 456 с.
3. Кравчик А. Э. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник/ А90 А.Э. Кравчик, М. М. Делаф, В. И. Афонин, Е. А. Соболенская. — М.: Энергоиздат, 1982. —504 с, ил.

К ВОПРОСУ О ТОЧНОСТИ ПРОИЗВОДИМЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

Пешкова Е.В. – к.э.н, Титова А.А. – студент, Королев Д.А.- студент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Известно, что радиус окружности вычислений по формуле

$$R = \frac{L}{2\pi}, \quad (1)$$

где L - длина окружности;

R – радиус окружности;

π - число «пи»,

всегда будет числом иррациональным. Так же будет числом иррациональным, в большинстве случаев, и радиус вычисленный в соответствии с формулой (2)

$$R = \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{2} \quad (2)$$

Так же в большинстве случаев, кроме исключительных, будет числом иррациональным и гипотенуза «С» прямоугольного треугольника

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (3)$$

Абстрагируясь от гипотенузы и радиуса и переходя к универсальному виду записи формул (2) и (3), можно написать формулу

$$\sqrt[n]{a^n + b^n} = c, \quad (4)$$

которая при любой степени «n» даст иррациональное значение числа «с». Правильность этого постулата обосновывается следующим.

- Если «а» и «в» являются целыми нечетными числами «а», то «аⁿ» и «вⁿ» - тоже целые нечетные числа. Тогда сумма двух нечетных чисел есть четное число. Возможность извлечения из него целого числа можно проверить по таблицам [1,2], если число целое не извлекается, то извлеченное число будет дробным и иррациональным. Так как известно, что любое дробное число, возведенное в степень, даст также дробное число, но никак не целое число.

- Если «а» и «в» - числа четные то и сумма $a^n + b^n$ будет также четным числом, тогда необходимо проверить возможность извлечения целого числа из корня “n”-ой степени из суммы. Способ описан выше

- Если одно из чисел «а» или «в» (например) «а» является нечетным числом, а другое (например) «в» - четное число, в этом случае сумма $a^n + b^n$ является нечетным числом. Извлекаемость целого числа корня «n-ой» степени из этого нечетного числа можно проверить по таблице [1,2]. Если из этой суммы не извлекается целое число, то число «с» в этом случае является дробным и иррациональным. Кроме незначительного числа исключительных случаев, когда «с» может оказаться целым или аperiодическим числом. Но это в редких исключительных случаях, так как известно нет правил без исключения.

На основании вышеизложенного, можно утверждать, что число «с» рассчитанное по формуле (4) будет в подавляющем большинстве случаев иррациональным.

Список используемой литературы

1. Стальная М.И., Еремочкин С.Ю., Королев Д.А. Замечательная таблица степеней четных чисел // Сборник трудов 17 региональной конференции по математике «МАК-2014», посвященной 40-летию факультета математики и информационных технологий – Барнаул, июнь 2014. - Барнаул: Издательство Алтайского государственного университета, 2014. - С. 9-11.

2. Стальная М.И., Еремочкин С.Ю., Титова А.А. Замечательная таблица степеней нечетных чисел // Сборник трудов 17 региональной конференции по математике «МАК-2014», посвященной 40-летию факультета математики и информационных технологий – Барнаул, июнь 2014. - Барнаул: Издательство Алтайского государственного университета, 2014. - С. 11-13.

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ НА ОСНОВЕ ФОСФИДА ИНДИЯ – ОСНОВА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

Сычикова Я.А. - доцент

Бердянский государственный педагогический университет (Украина)

Введение. С точки зрения устойчивого развития проблема энергосбережения становится одной из самых актуальных проблем современного общества, которая особенно остро ощущается на фоне истощения нефтяных ресурсов и природного газа, низких коэффициентов полезного действия (КПД) существующих двигателей внутреннего сгорания и электроприводов, а также обострение экологической ситуации в крупных индустриальных городах.

Ограниченность ископаемых топливных ресурсов подталкивают общество к необходимости перехода на устойчивые возобновляемые источники энергии. Как результат, наблюдается увеличение производства возобновляемой энергии солнца и ветра, а также развитие электрических транспортных средств или гибридных электромобилей с низким уровнем выбросов парниковых газов [1 – 3].

Рельсовый городской транспорт (в частности трамвай и метро) остается одним из самых перспективных из-за своей высокой эффективности. Это позволяет ставить вопрос о модернизации существующего подвижного состава с использованием современных подходов к энергосбережению и с учетом минимальных затрат.

Электрифицированный транспорт характеризуется неравномерным графиком потребления электроэнергии, которая особенно существенна в периоды разгона, менее существенна в периоды равномерного движения и отсутствует при торможении [4]. Вследствие этого тяговые подстанции (ТП) непрерывно испытывают значительные колебания нагрузки. При пиковых нагрузках, возникающих при наложении пусковых токов нескольких тяговых средств, снижается напряжение на шинах ТП [5, 6]. Это приводит к значительному замедлению процессов пусков электрического транспорта и неизбежно приводит к дополнительным потерям электроэнергии. Возникает потребность в увеличении установленной мощности силового оборудования ТП для компенсации пиковых нагрузок.

Решение ряда проблем тяговых подстанций видится в применении суперконденсаторных систем накопления энергии, способных приводить к существенным эксплуатационным и экономическим преимуществам.

Суперконденсаторы представляют интерес для хранения энергии в гибридных электрических устройствах, питающихся от аккумуляторов в связи с их высокой удельной мощностью, отличной обратимостью и большой циклической жизнью по сравнению с батареями. Исследования в этой области направлены на развитие материалов электродов, морфологии пористой поверхности и оптимизации некоторых параметров. В последнее время оксид марганца привлекает внимание ученых благодаря низкой стоимости и экологичности. Однако данные материалы обладают рядом недостатков, среди которых низкая проводимость и низкая удельная емкость. Это побуждает ученых к поиску новых материалов, которые удовлетворят требования, предъявляемые к сырью для производства электродов суперконденсаторов.

Постановка задачи. В настоящем исследовании представлены размышления о возможности и целесообразности использования пористого фосфида индия в качестве основы для изготовления композиционных электродов для суперконденсаторов.

Изложение основного материала. Техническая реализация суперконденсатора представляет собой два последовательно соединенных элементарных конденсатора (рис.1). Соединение происходит по электрическим слоям в электролите. Заряд снимается с электрических слоев в пористом материале, который служит электродом. Последовательное соединение суперконденсаторов реализуется путем использования общего электролита, разделенного сепаратором.

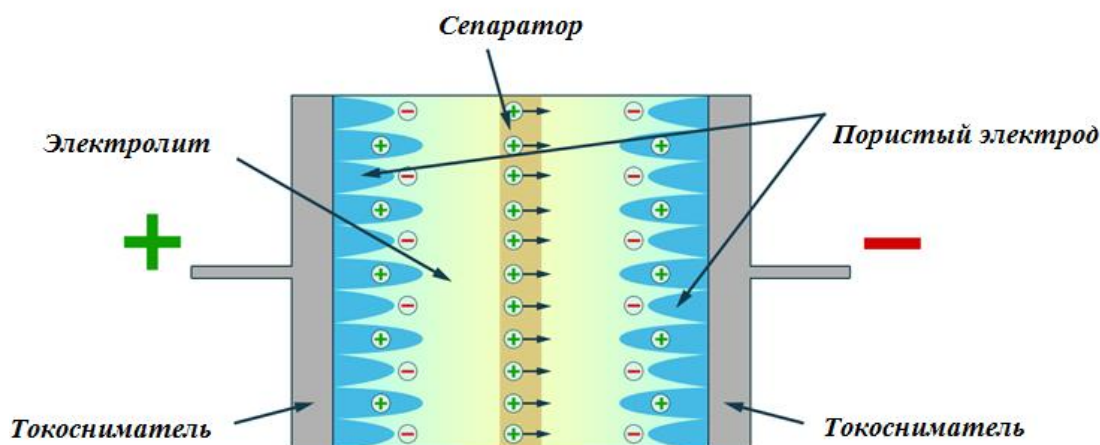


Рисунок 1 - Принципиальная схема суперконденсатора

Наиболее распространенным электродным материалом суперконденсаторов остается активированный уголь, который характеризуется развитой пористой поверхностью, хорошей поляризацией, доступностью и дешевой производством. Однако существует ряд факторов, которые ограничивают его широкое применение. Среди них внутреннее сопротивление суперконденсатора, зависящее от проводимости электролита и электродов. Электропроводность пористого углеродного материала уменьшается с увеличением пористой структуры, вследствие разрывов проводящих путей и зарастания контактного сопротивления между частицами. Большая удельная площадь поверхности также ограничивает пространственную емкость, которая отрицательно влияет на мощность суперконденсатора. Углеродный материал характеризуется высокой активностью поверхности, которая связана с наличием разного рода функциональных групп. Адсорбированные на поверхности угля функциональные группы могут взаимодействовать с электролитом, особенно при использовании органических электролитов. Этот эффект может приводить к разложению электродов и сокращению циклов работы суперконденсатора.

Как вариант сырья для изготовления суперконденсаторных электродов активно рассматриваются полупроводниковые кристаллы, а именно пористые структуры, выращенные на их основе. Известно, что способность к порообразованию проявляют такие полупроводники, как кремний, германий, кристаллы группы АЗВ5. Особое место в этом ряду занимает фосфид индия благодаря простоте получения пористых слоев на его основе и легкостью управления морфологическими свойствами.

Пленки пористого фосфида индия получают методом электрохимического травления в растворах плавиковой и соляной кислот. Время травления, как правило, не превышает 15 минут, за которое удается получить слои толщиной до 50 мкм.

Рисунок 2 демонстрирует изображение морфологии пористого образца фосфида индия, полученного путем электролитического травления n-InP (100) в растворе соляной кислоты. На рисунке можно видеть упорядоченный ансамбль пор, который образовался на подложке из монокристаллического фосфида индия. Поры проросли по всей поверхности слитка. Размер пор составляет 30 - 40 нм, что свидетельствует о том, что данная структура является наноразмерной. Размер стенок между порами находится в пределах 5-11 нм. Подобный результат является технологически важным, так как качество пористых пленок определяется размерами наноструктур, степенью пористости и равномерностью распределения пор по поверхности образца. Чем меньше размер пор и чем больше процент пористости, тем качественней является пористая структура. Глубина прорастания каналов пор составляет приблизительно 35 мкм.

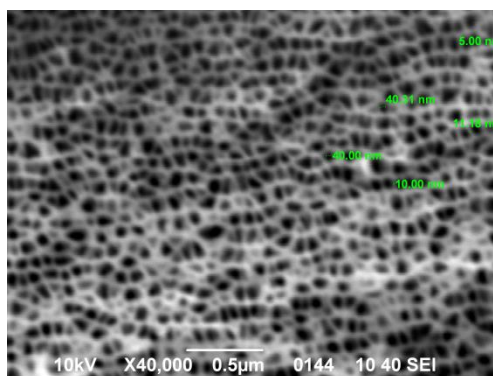


Рисунок 2 - РЕМ-изображение морфологии пористого n-InP (100), полученного путем электрохимического травления в 5% HCl, t=5 мин

Для стабилизации свойств пористого фосфида индия и уменьшения его поверхностной активности применяется пассивация азотом. Сульфидирование проводилось в водном растворе сульфида аммония $(\text{NH}_4)_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$ (1:10) в течение 15 минут. Для удаления с поверхности сульфидного раствора после окончания процесса образцы помещались в центрифугу и раскручивались на воздухе со скоростью 1000 об/мин. В результате происходит уменьшение глубины обедненной зоны поверхности полупроводника за счет увеличения уровня легирования приповерхностной области (как следствие заполнения серой фосфорных вакансий). Это приводит к уменьшению химической активности полупроводника и, как следствие, к затруднению химической реакции между поверхностью пористого материала и электролитом суперконденсатора.

Подобные результаты позволяют рассматривать пористый фосфид индия в качестве сырья для производства электродов для суперконденсаторов. Следует отметить, что данный вопрос требует дальнейшего изучения и обсуждения.

Литература

1. Деспотулин А. Суперконденсаторы для электроники / А. Деспотулин, А. Андреева // Современная электроника. – 2006. – №5. – С. 13 – 14.
2. Крутиков А. Альтернативные источники хранения энергии / А. Крутиков // Силовая электроника. – 2005. – №3. – С. 22 – 25.
3. Иванов А.М.. Молекулярные накопители электрической энергии на основе двойного электрического слоя/ А.М. Иванов, А.Ф. Герасимов //Электричество. – 1991. – №8. – С. 16 – 19.
4. Колб А.А. Использование энергии рекуперации электротранспорта для управления качеством электроэнергии / А.А. Колб // Вестник КГУ им. М. Остроградского. – 2010.– № 4 (63), Ч.1. – С. 98 – 102.
5. Бродский Ю.А. Стационарная система аккумулирования энергии рекуперации электроподвижного состава метрополитена на базе емкостных накопителей энергии / Ю.А. Бродский, А.И. Подаруев, В.Н. Пупынин, М.В. Шевелюгин // Электротехника. – 2008. – №7.– С. 38 – 41.
6. Остафійчук Б.К. Азотовмісненанопористевугіллядляелектродівсуперконденсаторів / Б.К. Остафійчук, І.М. Будзуляк, М.М. Кузишинтайн. // Журналнано- таелектронноїфізики. – 2013. – Т. 5 № 3.– С. 03049-1 – 03049-6.
7. Suchikova Y. The Use of Porous Indium Phosphide as Substrates Supercapacitors - New Word in Green Energy / Y. Suchikova // Conference Proceedings: Contemporary Innovation Technique of the Engineering Personnel Training for the Mining and Transport Industry 2014 (СІТЕРТМТІ'2014). Ukraine, Dnepropetrovsk: National Mining University. – P. 318 – 324.
8. Suchikova Y.A. Morphology of porous n-InP (100) obtained by electrochemical etching in HCl solution / Y.A. Suchikova, V.V. Kidalov, G.A. Sukach // Functional Materials. – 2010. – Vol.17, №1. – P. 1 – 4.