

УДК 621.313

И.А. Нестеренко, А.В. Мисько

Восточноукраинский национальный университет им. Владимира Даля, г. Луганск
кафедра электромеханики
E-mail: uni@snu.edu.ua

ВЫПРЯМИТЕЛЬ СО СТАБИЛИЗАЦИЕЙ ВЫХОДНОГО ТОКА

Аннотация

Нестеренко И.А., Мисько А.В. Выпрямитель со стабилизацией выходного тока. Приводится схема и описание выпрямителя для питания электромагнитного сепаратора и других аналогичных электромагнитных устройств. Выпрямитель обеспечивает стабилизацию тока нагрузки и оптимальный для эксплуатации электромагнита набор сервисных функций.

Илл.1, библиогр.4.

Ключевые слова: выпрямитель, стабилизация тока, микроконтроллер, оптоэлектронный модуль.

Общая постановка проблемы.

На обогатительных фабриках и других промышленных предприятиях для питания электромагнитных сепараторов, железоотделителей, сепараторов для регенерации магнетитовой суспензии и других электромагнитных устройств аналогичного типа (в дальнейшем – «электромагнит») широко применяются полупроводниковые тиристорные выпрямители, выполненные по принципу управляемых выпрямителей напряжения.

При сравнительной простоте и эффективности практически все они имеют существенный недостаток, а именно – зависимость тока электромагнита от сопротивления нагрузки. Сопротивление нагрузки, в свою очередь, зависит от температуры обмотки. Разница сопротивления обмотки в холодном состоянии при включении электромагнита и сопротивлением обмотки в горячем состоянии при установившемся тепловом режиме может достигать порядка 30%. На столько же ток в холодном состоянии будет превышать ток разогретой обмотки при одном и том же напряжении выпрямителя.

Для создания магнитного поля электромагнита с заданной извлекающей способностью необходимо обеспечить вполне определенную магнитодвижущую силу (МДС - произведение тока на число витков катушек). Число витков катушек неизменно и задано при изготовлении электромагнита, следовательно, при эксплуатации для создания заданного поля электромагнита необходимо обеспечить определенный рабочий ток (зависит от типоразмера и конструкции электромагнита).

Для поддержания неизменного рабочего тока необходимо регулировать выходное напряжение выпрямителя (снижать для холодного электромагнита, и увеличивать до номинального по мере прогрева). В применяемых выпрямителях это возможно выполнить только вручную.

Постановка задачи исследования.

На практике выходное напряжение выпрямителя настраивается таким образом, чтобы в установившемся тепловом режиме обеспечивался бы необходимый рабочий ток электромагнита. При последующих включениях остывшего электромагнита ток выпрямителя оказывается существенно выше рабочего тока. Условно можно представить этот ток в виде суммы рабочего тока, необходимого для создания МДС катушек и - избыточного тока, вызванного уменьшением сопротивления вследствие остывания электромагнита. Избыточный ток максимален при включении холодного электромагнита, и постепенно, по мере прогрева снижа-

ется до нуля. Избыточный ток полезную работу не совершает и приводит к бесполезному расходованию электроэнергии из сети. Процесс прогрева обмоток электромагнита в зависимости от габарита электромагнита и примененной системы охлаждения (естественная воздушная, принудительная воздушная, масляная и др.) может протекать от 2-3 до 10-12 часов. Все это время совершенно бесполезно расходуется электроэнергия, и потребитель платит за нее деньги.

Решение задачи и результаты исследования.

В предлагаемом выпрямителе стабилизация тока в нагрузке осуществляется автоматически путем пошаговой подстройки выходного напряжения. Применение в выпрямителе современной аппаратной базы и оригинального программного продукта позволило, кроме того, автоматизировать ряд процедур, направленных на обеспечение сохранности электромагнита при эксплуатации, а также защиту выпрямителя и электромагнита от аварийных ситуаций с индикацией причины аварии.

Принцип действия выпрямителя основан на преобразовании переменного тока в постоянный. Применена мостовая однофазная несимметричная схема с силовыми диодами.

Питание выпрямителя осуществляется от сети переменного тока напряжением 380В частотой 50Гц. На выходе получается пульсирующее напряжение, регулируемое в среднем значении в пределах от 30 до 320В.

Схема выпрямителя (рисунок 1) функционально может быть разделена на три части: силовой блок (БС), блок управления оптотиристорным модулям (БУ) и блок индикации и защиты (БИЗ).

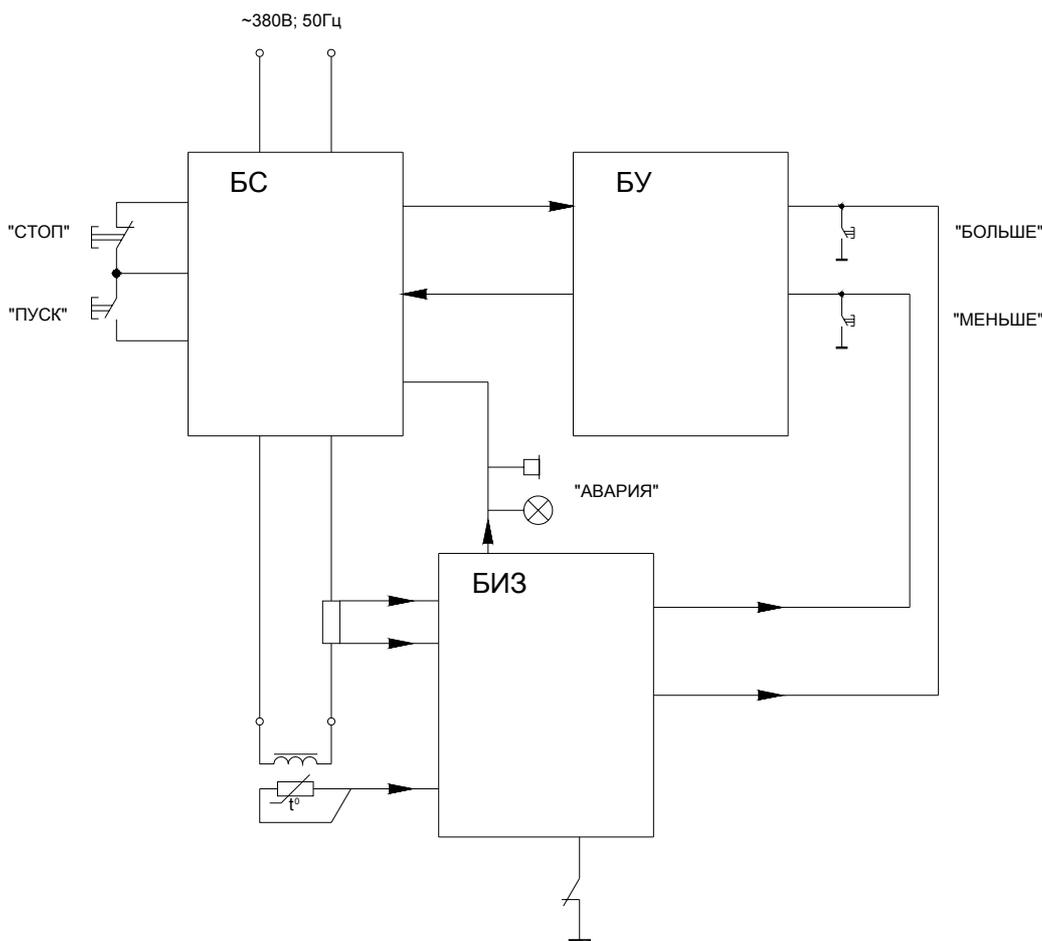


Рисунок 1 – Структурная схема выпрямителя

Силовая часть схемы представляет собой однофазную несимметричную мостовую схему, выполненную на оптотиристорном и диодном модулях. Причем диоды выполняют одновременно функцию шунтирующего (обратного) диода при активно-индуктивной нагрузке. Назначение обратного диода – подпитка нагрузки в моменты прерывания тока через оптотиристоры за счет энергии, накопленной в магнитном поле активно-индуктивной нагрузки. Включение силовой части осуществляется магнитным пускателем, который управляется кнопками «ПУСК» и «СТОП» выпрямителя или выносного поста управления.

Блок управления содержит построенный на микроконтроллере формирователь импульсов управления оптотиристорами. Получив сигнал привязки (момент перехода напряжения сети через нуль), микроконтроллер запускает свой внутренний таймер с выдержкой соответствующей текущей мощности. После окончания счета таймера, генерируется прерывание, позволяющее выдать управляющий импульс на ключ. Ключ в свою очередь управляет оптотиристорным модулем. Управляющие импульсы поступают с частотой 0,1кГц, но открывается только тот оптотиристор модуля, к которому в данный момент приложено прямое напряжение сети.

Выдержка времени таймера, а, следовательно, и текущая мощность регулируется с помощью кнопок «БОЛЬШЕ» и «МЕНЬШЕ». Установленное кнопками значение мощности сохраняется в энергонезависимой памяти микроконтроллера и возобновляется при следующем включении.

Блок индикации и защиты (БИЗ) выполняет следующие функции: 1. Измерение сопротивления изоляции нагрузки перед включением; 2. Измерение напряжения и тока нагрузки; 3. Отображение измеренных значений напряжения и тока нагрузки, а также дополнительных параметров, таких как ток стабилизации ($I_{\text{стаб}}$) и ток отключения ($I_{\text{откл}}$); 4. Стабилизацию тока нагрузки; 5. Защиту выпрямителя и нагрузки от аварийных ситуаций; 6. Отображение причины аварии.

БИЗ распознает следующие виды аварий: 1. Перегрузка, при этом на жидкокристаллическом ЖК-дисплее высвечивается надпись «ПЕРЕГРУЗКА!», это означает, что значение тока нагрузки в течение более 2 секунд превысило ток отключения; 2. Короткое замыкание, при этом на ЖК-дисплее высвечивается надпись «КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ!», это означает, что значение тока нагрузки хотя бы даже мгновенно превысило 60А; 3. Обрыв нагрузки, при этом на ЖК-дисплее высвечивается надпись «ОБРЫВ НАГРУЗКИ!», это означает, что ток нагрузки упал ниже 2А, вследствие обрыва нагрузки, ее не подключения или повреждения питающего нагрузку кабеля. Контроль БИЗ за обрывом нагрузки включается через 10 секунд после включения кнопки «ПУСК», так как ток в нагрузке нарастает медленно; 4. Не закрытая дверь выпрямителя, при этом на ЖК-дисплее высвечивается надпись «ЗАКРОЙТЕ ДВЕРЬ!»; 5. Низкое сопротивление изоляции нагрузки, при этом на ЖК-дисплее высвечивается надпись «ИЗОЛЯЦИЯ НИЖЕ НОРМЫ!», это означает, что БИЗ после измерения зафиксировал ток утечки, соответствующий недопустимому для эксплуатации электромагнита сопротивлению изоляции нагрузки. Замер сопротивления изоляции нагрузки осуществляется один раз после включения БИЗ или его перезагрузки. В процессе работы выпрямителя на нагрузку данное измерение отключается ввиду опасности пробоя БИЗ высоким напряжением. Для функционирования данного измерения, корпуса выпрямителя и нагрузки должны быть соединены между собой через заземляющую шину или с помощью отдельной жилы питающего кабеля; 6. Перегрев нагрузки, при этом на ЖК-дисплее высвечивается надпись «ПЕРЕГРЕВ!», это означает, что зафиксировано превышение заданной температуры встроенным в электромагнит термодатчиком.

При обнаружении одной из выше перечисленных аварий БИЗ мгновенно снимает управляющее напряжение с силового оптотиристорного модуля и отключает цепь управления магнитного пускателя. При этом на выпрямителе загорается сигнальная лампа «АВА-

РИЯ», а на ЖК-дисплее высвечивается характер аварии и включается звуковая сигнализация. Аварийная сигнализация снимается нажатием на кнопку «СТОП».

Кнопка «СТОП» выполняет двойную функцию. Это, во-первых, свое прямое назначение – выключение питания нагрузки, и, второе, - осуществление функции сброса или перезагрузки БИЗ после аварии.

После перезагрузки, БИЗ на несколько секунд блокирует цепь управления магнитного пускателя с тем, чтобы дать возможность БИЗ настроить все свои параметры и осуществить замер сопротивления изоляции нагрузки перед её включением. Таким образом, включение выпрямителя на нагрузку кнопкой «ПУСК» возможно только при готовности БИЗ.

Стабилизация тока в нагрузке осуществляется автоматически БИЗ с помощью подстройки выходного напряжения выпрямителя. Для этого шунтируется соответствующая кнопка БУ («БОЛЬШЕ» или «МЕНЬШЕ») до тех пор, пока значение тока нагрузки не приблизится к заданному току стабилизации ($I_{стаб}$). Для исключения частой подстройки введен некоторый гистерезис, а именно ток нагрузки поддерживается на уровне плюс минус 1А от заданного тока стабилизации. При этом напряжение может изменяться в некотором диапазоне, что обусловлено температурной зависимостью катушки нагрузки. Функция стабилизации включается через 20 секунд после включения кнопки «ПУСК», для возможности дать току нарасти и принять некоторое значение.

БИЗ включает в себя микроконтроллер, ЖК-дисплей, узел усиления и фильтрации токового сигнала, узел деления и фильтрации сигнала напряжения, выходные оптопары. Микроконтроллер является основой БИЗ и выполняет все вышеуказанные измерения и функции по алгоритму заложенной в него программы.

Все параметры вычисляются относительно тока стабилизации, который введен изготовителем в соответствии с типом электромагнита и недоступен для изменения пользователем в процессе эксплуатации.

Для вывода всей необходимой информации используется ЖК-дисплей.

Связь с микроконтроллером осуществляется в режиме 4-разрядной шины, что обусловлено не требовательностью к высокой скорости обмена информацией.

Узел усиления и фильтрации токового сигнала воспринимает значение тока нагрузки с помощью шунта, усиливает сигнал и производит фильтрацию активным фильтром второго порядка. Усиленный и отфильтрованный сигнал поступает на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП) микроконтроллера для оцифровки.

Узел деления и фильтрации сигнала напряжения воспринимает значение напряжения нагрузки с делителя, затем сигнал фильтруется и так же поступает в микроконтроллер для оцифровки.

Две выходные оптопары по команде микроконтроллера осуществляют стабилизацию тока в нагрузке путем шунтирования соответствующих кнопок блока регулирования выходного напряжения. Третья оптопара включается микроконтроллером в случае аварийной ситуации.

Измерение сопротивления изоляции микроконтроллер осуществляет путем подачи напряжения между одним из силовых выводов катушки и корпусом нагрузки, а затем анализа с помощью АЦП входа полученного тока утечки. При обнаружении тока утечки выше значения, заданного в программе, микроконтроллер выдает соответствующее сообщение на экран ЖК-дисплея, включит звуковую и световую сигнализацию и заблокирует цепь включения магнитного пускателя.

Выводы.

1. Подтверждена возможность и целесообразность питания электромагнита от тиристорного выпрямителя со стабилизацией выходного тока. При этом снижается энергопотребление.

2. Достаточно простыми средствами достигнуто обеспечения оптимального для эксплуатации электромагнита набора сервисных функций. Обеспечена защита электромагнита и выпрямителя от аварийных ситуаций с индикацией возможной причины аварии.

3. Применение оригинального программного продукта и программируемых микроконтроллеров повышает защиту выпрямителя от несанкционированного контрафактного копирования.

Литература

1. Рябухин Н.Я., Соколов А.И., Олейник В.С., Сергиенко П.П. Выпрямительное устройство на тиристорах. Сб. «Углеобогатительное оборудование», т. III, – М., изд-во «Недра», 1971. – 11 с.
2. Сукер К. Силовая электроника. Руководство разработчика. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2008г. – 252 с. ил.
1. 3. Катцен, Сид ПИС-контроллеры. Все, что вам необходимо знать. Пер. с англ. Евстисеева А.В. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2008г. – 656 с. ил.
3. Яценков Микроконтроллеры Microchip. Практическое руководство. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002г. – 296с. ил.

Annotation

Nesterenko I.A., Misko A.V. The rectifier provides current in load stabilization. It is given the circuit and description of rectifier for power supplying of electromagnetic separators and other similar electromagnetic devices. The rectifier provides current in load stabilization and set of service functions that is sufficient for operation of electromagnet. Fig. 1, spring – 4.

Keywords: *rectifie, stabilization current, microprocessor, optictirister modul.*

Анотація

Нестеренко І.О., Мисько О.В. Випрямляч зі стабілізацію струму навантаження

Надана схема та опис випрямляча для живлення електромагнітних сепараторів та інших аналогічних електромагнітних виробів. Випрямляч забезпечує стабілізацію струму навантаження і оптимальний для експлуатації електромагніту набір сервісних функцій. Мал. 1, бібліографія - 4 назви.

Ключові слова: *випрямляч, стабілізація струму, мікроконтролер, оптотиристорний модуль.*

Здано в редакцію:
26.02.10р.

Рекомендовано до друку:
к.т.н, доц. Маренич К.М.