

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

УДК 62-592.117: 621.838

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСКОНТАКТНОГО УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ФРИКЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Бочкарев Игорь Викторович, д.т.н., профессор, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызста, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66,

Галбаев Жалалидин Токтобаевич, д.т.н., доцент, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: jalal1603@mail.ru

Приведены результаты работ по созданию устройств бесконтактного контроля, обеспечивающих диагностику состояния электромеханических устройств. В результате проведенных работ были разработаны бесконтактные устройства диагностики электромагнитных устройств с постоянными магнитами двух типов. Работа устройства первого типа основана на изменении потоков рассеивания постоянных магнитов при изменении положения якоря. Устройство второго типа реагирует на изменение индуктивности обмотки управляющего электромагнита в зависимости от положения якоря.

Ключевые слова: исполнительные электромагнитные устройства, постоянный магнит, фрикционный узел, магнитопровод, якорь, блок контроля, датчик тока

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE NON-CONTACT CONTROL UNIT OF THE CONDITION OF FRICTIONAL ELECTROMECHANICAL DEVICES

Bochkarev Igor Victorovich, Ph.D., Professor, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira 66, KSTU after named I. Razzakov,

Galbaev Jalalidin Toktobaevich, Ph.D., Associate Professor, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mira 66, KSTU after named I. Razzakov e-mail: Jalal1603@mail.ru

Results of works on creation of the devices of non-contact control providing diagnostics of a condition of electromechanical devices are given. As a result of the carried-out works contactless devices of diagnostics of electromagnetic devices with permanent magnets of two types have been developed. Operation of the device of the first type is based on change of streams of dispersion of permanent magnets at change of provision of an anchor. The device of the second type reacts to change of inductance of a winding of the operating electromagnet depending on the provision of an anchor.

Keywords: actuation electromagnetic mechanisms, permanent magnet, frictional knot, magnetic circuit, anchor, monitoring block, current sensor.

Введение. Исполнительные электромагнитные устройства с постоянными магнитами (ЭМУ ПМ) [1] широко используются во многих отраслях, в частности, в робототехнике, станкостроении, подъемно-транспортном машиностроении, авиации, а также в различных автоматизированных системах и технологическом оборудовании. Широкое применение ЭМУ ПМ объясняется тем, что они обеспечивают дистанционную коммутацию кинематических цепей и передачу механической энергии с одного вала на другой, быстрое торможение вращающихся валов и позиционирование рабочих органов механизмов, регулирование технологических процессов, протекающих с участием жидкостей и газов, и

т.д. За счет этого повышается качество выполнения заданных операций, надёжность работы и безопасность обслуживания оборудования. Потребность в таких ЭМУ весьма значительна и постоянно возрастает в связи с широкой автоматизацией производства. Например, для обеспечения высокой точности позиционирования рабочих исполнительных органов, единственным техническим решением является применение ЭМУ ПМ, работающих в режиме фрикционного тормоза, которые обеспечивают быструю остановку вращающихся валов и их последующую фиксацию в заторможенном состоянии [2]. Таким образом, очевидно, что технический уровень и эксплуатационные показатели оборудования однозначно определяются параметрами и характеристиками ЭМУ ПМ, входящими в их электромеханические системы.

Постановка задачи исследования. В связи с расширением областей применения устройств с постоянными магнитами значительно возрос интерес к практическим вопросам, связанным с безопасной эксплуатацией таких устройств. Очевидно, что в процессе эксплуатации оборудования необходимо иметь информацию о том, соответствует ли состояние фрикционного узла ЭМУ ПМ требуемому по условиям эксплуатации режиму работы. Например, использование в электроприводе промышленного робота тормозного устройства, не обеспечивающего по каким – либо причинам торможение и фиксацию вала, приводит не только к браку или поломке изготавливаемого изделия, но и к разрушениям самого робота. По стоимости убытки в этом случае могут быть весьма значительными и во много раз превышать стоимость самого тормоза. Кроме того, в этом случае резко снижается безопасность работы обслуживающего персонала. Таким образом, очевидно, что в процессе эксплуатации ЭМУ ПМ необходимо контролировать его состояние. Следовательно, диагностика состояния ЭМУ ПМ является важной и актуальной проблемой, и её успешное решение позволяет существенно улучшить эксплуатационные характеристики и увеличить надёжность работы оборудования. Несмотря на высокую достоверность контактных устройств диагностики, следует признать, что более предпочтительными являются бесконтактные способы контроля. Например, в качестве бесконтактного датчика положения якоря можно использовать фотоэлектрический датчик, состоящий из источника света и фотоэлектрического преобразователя, который вырабатывает аналоговый сигнал, пропорциональный положению якоря [3]. Однако такого рода устройства требуют установки в активной зоне фрикционного узла дополнительных датчиков, что весьма проблематично и, кроме того, снижает надёжность и срок службы ЭМУ ПМ. Поэтому среди бесконтактных способов контроля преимущество имеют косвенные методы диагностики. Их принципиальное преимущество состоит в том, что для их применения не нужно вмешиваться в конструкцию самого ЭМУ ПМ и устройства, реализующие эти методы, могут быть использованы для любого серийно изготавливаемого ЭМУ.

Результаты исследований. В результате проведенных работ были разработаны бесконтактные устройства диагностики ЭМУ ПМ двух типов. Работа устройства первого типа основана на изменении потоков рассеивания ПМ при изменении положения якоря. Устройство второго типа реагирует на изменение индуктивности обмотки управляющего электромагнита в зависимости от положения якоря.

1. Бесконтактные устройства контроля, регистрирующие положение якоря

На базе конструктивных особенностей ЭМУ с ПМ разработано устройство, которое позволяет осуществлять регистрацию, как размыкания фрикционного узла, так и его замыкания (рис.1). Оно контролирует положение якоря по изменению потока рассеивания постоянного магнита при изменении воздушного зазора δ между якорем и магнитопроводом. Для этого используется магнитоуправляемый элемент 1, расположенный в зоне поля рассеивания ПМ. В качестве такого элемента может быть использован, например, геркон. Элемент 1 подключен в цепь обмотки пускателя 2, который посредством контактов 3 управляет электродвигателем 4 и ЭМУ ПМ, обмотка 5 которого питается через выпрямитель 6. В состав устройства входит управляемый ключ 7, который содержит ключевой элемент 9

и блок его управления 8. В качестве элемента 9 можно использовать контакт электромагнитного реле, длительность подачи напряжения на обмотку которого определяется блоком управления 8. Визуальный контроль состояния фрикционного узла ЭМУ ПМ осуществляется при помощи сигнальной лампочки 10, которая управляется посредством реле сигнализации 11. Устройство контроля включается при помощи контакта 12.

При разомкнутом контакте 12 фрикционный узел ЭМУ ПМ замкнут. Зазор между якорем и магнитопроводом отсутствует, поток рассеяния ПМ очень мал и геркон 1 разомкнут. Тем самым цепь обмотки реле 11 разорвана и сигнальная лампочка 10 не горит.

При включении контакта 12 ключ 7 оказывается под напряжением, на выходе блока 8 появляется сигнал и ключевой элемент 9, срабатывая, шунтирует геркон. За счет этого на пускатель и реле сигнализации подается напряжение и они срабатывают. Тем самым контакт 13 замкнется и сигнальная лампочка 11 зажжется, показывая, что ключ 8 сработал. При замыкании контакта 3 пускателя обмотка 5 ЭМУ ПМ оказывается под напряжением, ее магнитный поток вытесняет поток ПМ из якоря и он отходит от магнитопровода, т.е. между якорем и магнитопроводом появляется воздушный зазор. За счет этого поток рассеяния ПМ резко возрастает, что приводит к срабатыванию геркона 1. Поэтому даже после завершения установленного времени, задаваемого блоком 8, и размыкания элемента 9 контактор 2 и реле 11 остаются под напряжением. Обмотки электродвигателя и ЭМУ ПМ также остаются под напряжением, а лампочка продолжает гореть, сигнализируя тем самым о нормальной работе ЭМУ ПМ.

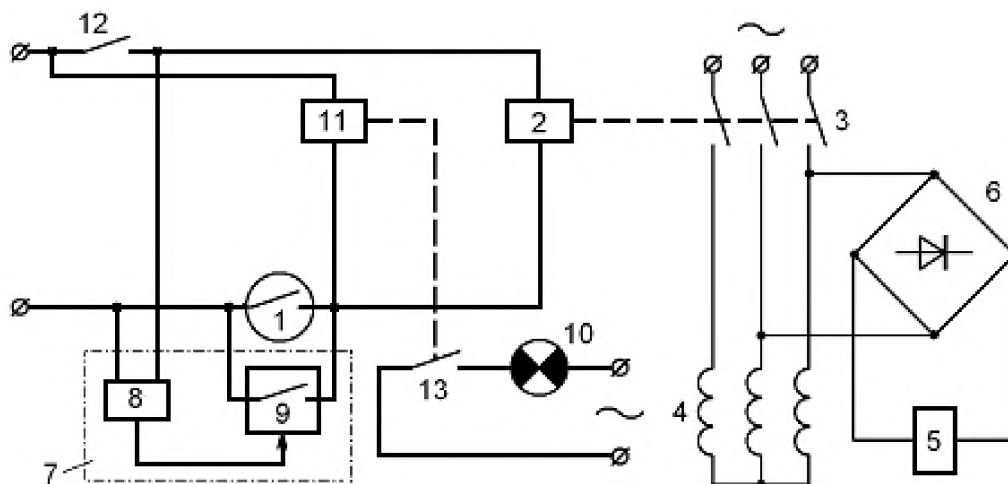


Рис. 1. Устройство контроля положения якоря ЭМУ ПМ

В случае аварийного режима работы, при котором якорь не отошел от магнитопровода и фрикционный узел не разомкнулся, поток рассеяния ПМ не увеличится и геркон не сработает. Следовательно, после завершения установленного времени задержки ключевой элемент 9 разорвет цепь питания пускателя 2 и реле 11. Тем самым электродвигатель и ЭМУ ПМ отключатся от питания, что не позволит продолжить работу в этом нештатном режиме, а сигнальная лампочка погаснет, показывая, что отключение электродвигателя обусловлено не размыканием фрикционного узла ЭМУ ПМ.

Пусть после отключения электродвигателя путем размыкания управляющего контакта 13 фрикционный узел ЭМУ ПМ не замкнулся, что также является аварийным режимом, особенно при использовании ЭМУ ПМ в режиме тормоза. Тогда в магнитной цепи останется воздушный зазор и за счет потока рассеяния ПМ геркон останется разомкнутым. Сигнальная лампочка будет продолжать гореть, сигнализируя тем самым о ненормальной работе ЭМУ ПМ и невозможности дальнейшей эксплуатации электродвигателя.

Таким образом, разработанное устройство осуществляет диагностику состояния фрикционного узла в любых режимах работы ЭМУ ПМ.

2. Бесконтактные устройства контроля, регистрирующие движение якоря

При движении якоря и изменении тем самым индуктивности L магнитной системы уравнение электрического равновесия будет иметь следующий вид

$$U = i \cdot R + d\psi/dt = i \cdot R + L \cdot di/dt + i \cdot dL/dt$$

В этом выражении член $i \cdot dL/dt$ является противодействующей ЭДС, которая возникает вследствие изменения индуктивности L и обуславливает характерный провал в кривой тока, протекающего по обмотке ЭМУ. На регистрации этого провала разработано достаточно большое количество различных устройств контроля. Они преобразуют в прямоугольные импульсы переменную составляющую тока и по количеству этих импульсов фиксируют срабатывание ЭМУ. Однако известные устройства могут быть использованы для контроля ЭМУ, которые питаются от источника постоянного напряжения. При питании ЭМУ через выпрямитель они не могут отследить факт движения якоря, т.к. уже после первых двух пульсаций питающего напряжения в кривой тока будут соответствующие провалы. Поэтому было разработано устройство контроля срабатывания, которое может быть применено для ЭМУ ПМ, питающихся пульсирующим напряжением. Блок-схема этого устройства показана на рис. 2,а, а работу его основных элементов поясняют временные диаграммы сигналов, приведенные на рис. 2,б.

Обмотка 3 ЭМУ ПМ при помощи ключа 2 подключается к источнику 1 питания выпрямленного пульсирующего напряжения. Устройство контроля содержит нагрузочный элемент 4, усилитель 5, амплитудный детектор 6, состоящий из дифференцирующего элемента 8 и диода 7, первый 9 и второй 11 пороговые элементы, интегрирующий элемент 10, счетчик 12, индикатор 13 и блок управления 14. Обмотка 3 и элемент 4 зашунтированы диодом 15.

При отсутствии питания блок управления 14 обнуляет счетчик 12. При подаче напряжения (сигнал 16) ток в обмотке 3 нарастает при нормальном срабатывании ЭМУ ПМ по кривой, имеющей провал (если движения якоря не будет, то и провала тоже не будет). При протекании этого тока по сопротивлению 4 на нем будет возникать соответствующее падение напряжения, который усиливается усилителем 5 (сигнал 17). Шунтирующий диод 15 за счет ЭДС самоиндукции обмотки 3 не позволяет уменьшаться до нуля току в обмотке и сигналу 17 в те моменты времени, когда питающее напряжение равно нулю.

За счет диода 7 сигнал 17 преобразуется в сигнал 18, который подается на дифференцирующий элемент 8. Этот элемент выделяет из сигнала 18 переменную составляющую и на выходе формирует импульсный сигнал 19. Интервал времени между отдельными импульсами в сигнале 19 равен длительности горизонтальных участков в кривой 18, поэтому интервал времени $t_3 - t_4$, равный времени движения якоря, будет больше других. Тем самым сигнал 19 будет разделен на две "пачки" импульсов.

Пороговый элемент 9 преобразует поступающий на него сигнал 19 в сигнал 20 с прямоугольными импульсами. Этот сигнал интегрируется элементом 10 (сигнал 21), причем во время импульса в сигнале 20 конденсатор элемента 7 заряжает до амплитудного значения U_c , а когда импульс отсутствует (например, на интервале $t_1 - t_2$), конденсатор разряжается до напряжения U'_c . Постоянная времени разряда конденсатора обеспечена такой, что в каждой пачке импульсов $U_c' > U_{омк}$, где $U_{омк}$ - напряжение отключения порогового элемента 11. При этом в интервале, соответствующем движению якоря (время $t_3 - t_4$), конденсатор разряжается ниже величины $U_{омк}$, т.е. $U_c'' < U_{омк}$. За счет этого триггер порогового элемента 11 формирует прямоугольные импульсы (сигнал 22'), которые инвертируются и на выходе появляется сигнал 22, содержащий два импульса. Если якорь не двигался, то провала в кривой тока не будет и в сигнале 21 будет постоянно $U_c' > U_{омк}$. При этом сигнал 22 будет иметь только один импульс. Таким образом, по количеству импульсов в сигнале 22 можно определить, разомкнулся фрикционный узел или нет. Счетчик 12 подсчитывает количество этих импульсов и если их поступило два, то он сформирует на выходе сигнал 23. Этот сигнал подается на вход индикатора 13, который обеспечивает информацию о состоянии ЭМУ ПМ.

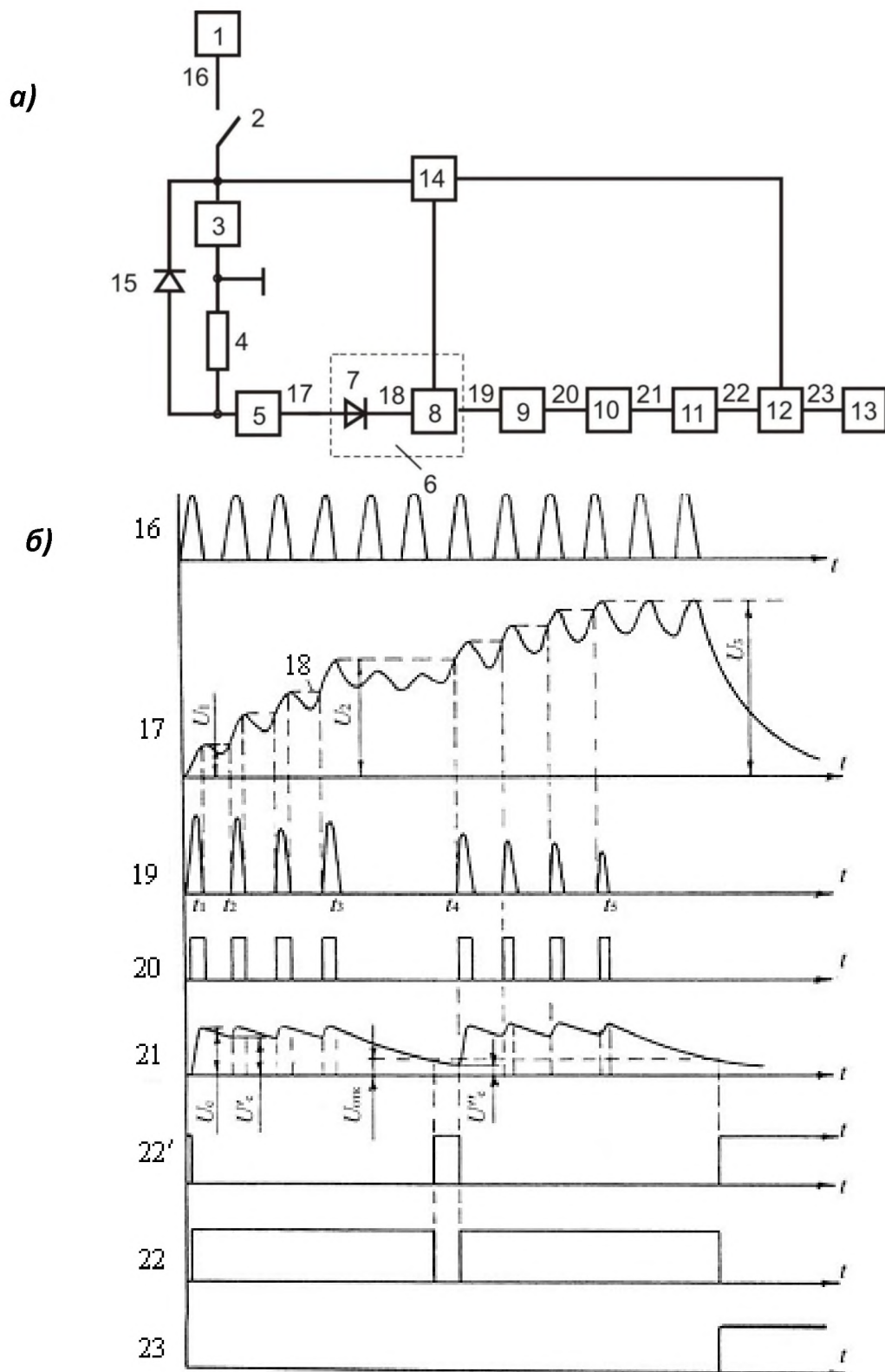


Рис. 2. Принципиальная структурная схема устройства контроля (а) и сигналы на основных элементах (б)

После отключения питания ЭМУ ПМ блок 14 подает обнуляющий сигнал на вход счетчика 12, подготавливая устройство к повторному включению.

Заключение. Результаты проведенных исследований свидетельствуют об эффективности и высокой достоверности разработанных схемных решений устройств контроля состояния ЭМУ ПМ. Эти устройства обеспечивают контроль как за размыканием,

так и за замыканием фрикционного узла. С их использованием можно легко обеспечить автоматическое управление оборудования с учетом состояния ЭМУ ПМ. Например, в приводах автоматизированных станков сигнал с этих устройств будет обрабатываться электроавтоматикой станка, и система числового программного управления будет или разрешать работу станка, или отключать его.

Список литературы

1. Бочкарев И.В. Быстродействующие электромагнитные механизмы с постоянными магнитами для систем автоматики /И.В.Бочкарев, Ж.Т. Галбаев – Бишкек: Илим, 2008. – 275 с.
2. Бочкарев И.В. Быстродействующие электромеханические тормозные устройства для электродвигателей /И.В. Бочкарев – Москва: Энергоатомиздат, 2001. – 288 с.
3. А.с.325597 СССР. Устройство для испытания электромагнитных механизмов / В.П. Адамонис, С.И. Гирдзияускас, И.И. Скучас //Открытия. Изобретения. – 1972. № 3.

УДК 621.314.212

КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ТРАНСФОРМАТОРАХ ПРИ ПОМОЩИ РЕАКТОРНОЙ КАТУШКИ С ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ИНДУКТИВНОСТЬЮ

Гунина Милана Геннадьевна, к.т.н., доцент, КГТУ им. И. Раззакова, 720044, г.Бишкек, пр.Мира,66, e-mail: elmech@mail.ru; mg_gunina@mail.ru

Цель статьи – обосновать целесообразность применения компенсирующего устройства реактивной мощности в современных энергосистемах. Привести описание управляемого реактора, в котором изменение индуктивности осуществляется с помощью перемещения сердечника магнитопровода.

Ключевые слова: трансформатор, реактивная мощность, переменный ток, управляемый реактор.

COMPENSATION OF REACTIVE POWER TRANSFORMERS WITH REACTOR COIL WITH THE VARIABLE INDUCTANCE

Gunina Milana Gennadievna, Ph.D., assistant professor, KSTU I.Razzakova, 720044, Bishkek, Pr.Mira , 66, e-mail: elmech@mail.ru; mg_gunina@mail.ru

The purpose of the article - expediency of reactive power compensating device in modern power systems. A description of controlled reactor, in which the inductance change is carried out by moving the magnetic core.

Keywords: transformer, reactive power, alternating current, controlled reactor.

Рассмотрим диаграмму преобразования реактивной мощности в трансформаторе (рис.1), идущей на создание магнитных полей [1].

Трансформатор потребляет из сети реактивную мощность

$$Q_1 = 3U_1I_1\sin\varphi_1 \quad (1)$$

В нагрузку передается реактивная мощность

$$Q_2 = 3U_2I_2\sin\varphi_2 \quad (2)$$

Для создания магнитного потока рассеяния первичной обмотки требуется реактивная мощность

$$q_1 = 3I_1^2x_1 \quad (3)$$

А для создания магнитного потока рассеяния вторичной обмотки –