

Бесконтактное устройство управления электромагнитами пратцен-кранов

Дана информация о существующих средствах управления. Показано, что причины выхода из строя электромагнитов – это перенапряжения и перегрев. Предложены средства, устраняющие эти недостатки, а также позволяющие определять состояние магнита, учет работы, расход электроэнергии и передавать эти данные по GSM-связи. Статья может представлять интерес для руководителей электрослужб металлургического производства. Ил. 5. Библиогр.: 5 назв.

Ключевые слова: силовой транзистор, микропроцессорный контроллер, измерение токов, беспроводная связь

The data concerning existing controls is given. It is shown that the causes of failure of electromagnets are overvoltage and thermal overload. The means removing these disadvantages are suggested as well as the ones, allowing to determine the state of magnet, performance records, electric energy consumption and to transfer this data through GSM-connection. The article may be interesting for managers of electric service of metallurgical production.

Keywords: power transistor, microprocessor controller, current measurement, wireless connection

На складах блюмингов и машин непрерывной разливки для передачи заготовок в методические печи сортовых станов применяются пратцен-краны, оснащенные грузовыми электромагнитами. Особенность работы – это возможность подъема горячего металла температурой до 300 °С.

Для подачи и снятия напряжения на магнит используются релейно-контакторные схемы управления (рис. 1).

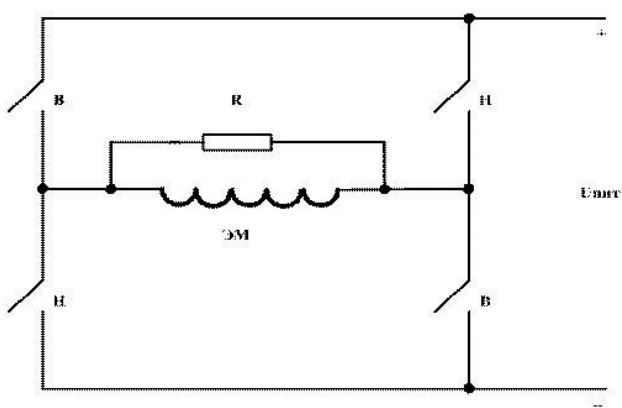


Рис. 1. Упрощенная схема управления электромагнитом: R – гашение ЭДС самоиндукции; В – контакты намагничивания (подъем груза); Н – контакты размагничивания (опускание груза); Упит – напряжение питания; ЭМ – электромагнит

Недостатки – выходы из строя электромагнитов за счет перегрева и возникновения перенапряжений при разрыве контактов или обрыве силового кабеля (рис. 2).

Как видно из рис. 2, на магнит в момент t_1 было подано напряжение уровнем 220 В и ток магнита

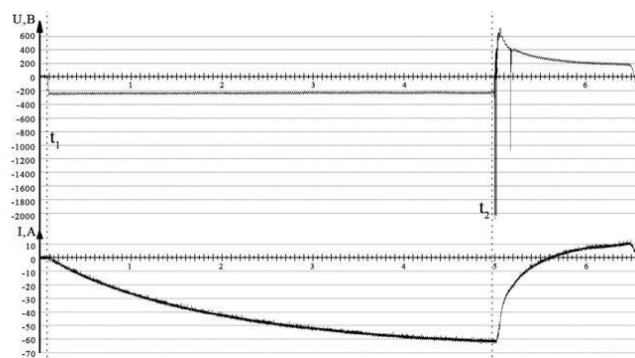


Рис. 2. Осциллограмма работы магнита от существующей схемы

начинает нарастать по экспоненте до номинального (60 А). На 5-й секунде (в момент t_2) была подана команда на отпусканье груза (размагничивание). В момент переключения контакторами полярности напряжения на магните возникает безтоковая пауза. При этом магнит оказывается замкнутым только на балластные сопротивления. Энергия, запасенная индуктивностью, расходуется на поддержание тока в цепи, что вызывает дугу и всплеск напряжения на клеммах магнита до уровня $\approx 2,1$ кВ. В момент, когда цепь размагничивания замыкается и на магнит подается напряжение обратной полярности, ЭДС самоиндукции складывается с напряжением питания, что вызывает положительный всплеск напряжения. После размагничивания контакторы выключаются, и напряжение с магнита снимается.

Известны [1] блоки управления электромагнитами, выпускаемые Кировским предприятием ДимАл (Россия). В качестве силовых элементов блоков использованы тиристоры, управляемые

микропроцессорным контроллером. Подача напряжения на магнит реализована с фаз А и В относительно фазы С, т. е. задействованы три троллея.

Использование этих блоков для управления эксплуатируемых электромагнитов пратценкранов затруднено по двум причинам. Первая – средства управления электромагнитом расположены во вращающейся «корзине», к которой также прикреплен электромагнит. Поэтому подача питания на магнит выполнена двумя троллеями. Вторая – блоки ДимАл позволяют эксплуатацию при температуре воздуха не более + 40 °С.

Для устранения недостатков схемы рис. 1 согласно [2] разработан бесконтактный блок управления электромагнитами (БУЭ). На рис. 3 и рис. 4 представлены схемы его основных узлов.

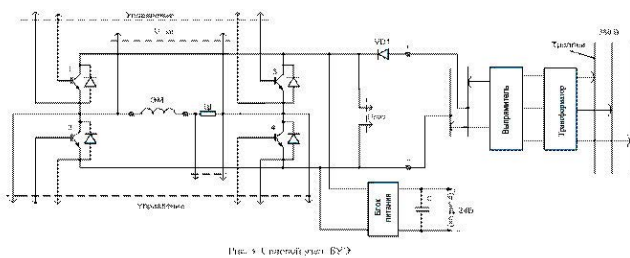


Рис. 3. Силовой узел БУЭ

Рис. 3. Силовой узел БУЭ: Уэм – напряжение электромагнита (информационный сигнал); ЭМ – электромагнит; 1, 2, 3, 4 – транзисторные ключи; Ш – шунт; VD1 – защитный диод от переплюсовки; Упит – напряжение питания

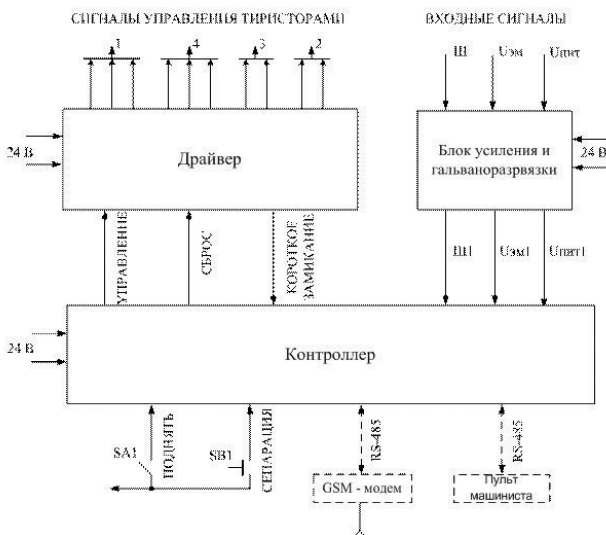


Рис. 4. Функциональная схема узла управления БУЭ: Уэм1 – напряжение электромагнита; 1, 2, 3, 4 – транзисторные ключи; Ш1 – шунт; Упит1 – напряжение питания; SA1 – ключ; SB1 – кнопка

Назначение элементов на рис. 3 и рис. 4 следующее. Транзисторы 1, 2, 3 и 4 по командам контроллера выполняют намагничивание, размагничивание и гашение ЭДС самоиндукции. Транзисторы 2, 4 – регулирующие, обеспечивают изменение уровня напряжения и тока в режиме ШИП. Транзисторы 1, 3 работают только в ключевом режиме. Выпрямитель представляет собой мост Ларионова. Драйвер преобразует сигналы контроллера в сигналы управления транзисторами [3].

Блок гальваноразвязки преобразовывает сигналы шунта и напряжения $U_{пит}$ в уровень, требуемый АЦП контроллера [4]. Микропроцессорный контроллер – для регулирования тока через магнит, защиты БУЭ при коротких замыканиях, перегрузках, выполнения учетных функций и т. д. SA1 – ключ для подачи и снятия команды «Подъем», SB1 – кнопка для подачи сигнала регулирования величины тока через магнит.

БУЭ работает следующим образом. При замыкании ключа SA1 по команде контроллера открываются транзисторы 1 и 4. Через магнит начинает протекать ток, который приводит к притягиванию груза к магниту. После чего контроллер в режиме ШИП через транзистор 4 уменьшает ток до тока удержания. При размыкании ключа SA1 транзистор 4 закрывается и ЭДС самоиндукции гасится по цепи «открытый транзистор 1 – электромагнит – шунт – диод транзистора 3». По исчезновению тока контроллер открывает транзисторы 2 и 3. Ток в магните меняет направление и груз отпадает. ЭДС самоиндукции гасится через открытый транзистор 3 и диод закрытого транзистора 1. По исчезновению тока контроллер закрывает транзистор 3.

Одновременно контроллер по сигналам датчиков из нижеприведенных выражений определяет:

1. Температуру (Т) обмоток магнита, °С:

$$T = [(R / R_0) - 1] / \alpha, \quad (1)$$

где $R = U / I$ – измеренная величина сопротивления цепи, Ом; R_0 – сопротивление цепи при 20 °С; α – температурный коэфф. (для меди 0,0043); U – напряжение магнита, В; I – ток через магнит, А.

2. Расход электроэнергии:

$$P = \sum_{i=1}^n U \times I \times t, \quad (2)$$

где U, I – измеренные мгновенные значения напряжения и тока; t – время; n – количество тактов Δt (обращений контроллера к датчикам) съема сигналов за время протекания тока. Период Δt для рассматриваемых условий равен 5 миллисекундам.

3. Продолжительность включения (ПВ) магнита, %:

$$ПВ = \sum_{i=1}^n (t_1 \times 100) / (t_1 + t_2) \quad (3)$$

где t_1 – время протекания тока через магнит; t_2 – время отсутствия тока в магните; n – количество тактов Δt (обращений контроллера к датчикам) съема сигналов за время протекания тока. Период Δt для рассматриваемых условий также равен 5 миллисекундам.

Данные из (1)-(3), полученные за каждый час, архивируются в контроллере, например, за 7 дней, и могут быть переданы по запросу в любой момент времени в цеховой сервер через GSM-модем.

Эти данные также могут быть сняты в ноутбук.

Особенность управления транзисторами 2 и 4 – это аппаратное автоматическое отключение их драйвером при возникновении к. з., оповещение контроллера сигналом о к. з. и последующее разрешение работы транзисторов подачей контроллером сигнала «Сброс».

Сепарация грузов выполняется нажатием на кнопку SB1. Продолжительность нажатия соответствует величине уменьшения тока.

Общие характеристики БУЭ

1. Назначение – замена существующих контакторных средств управления электромагнитами на бесконтактные для исключения выходов из строя электромагнитов за счет перегрева и возникновения перенапряжений.

2. Функции БУЭ

2.1. Выдача силового питания на электромагнит и его снятие.

2.2. Ограничение напряжения питания до номинального напряжения питания магнита.

2.3. Регулирование тока через магнит для реализации сепарации грузов и уменьшения тока до тока удержания после подъема груза.

2.4. Учет расхода электроэнергии.

2.5. Определение расчетным путем температуры обмоток.

2.6. Расчет величины ПВ.

2.7. Автоматизированная установка токов срабатывания защит и тока удержания.

2.8. Выдача данных по п. 2.1- п. 2.7 в пульт машиниста, например, из состава оборудования устройства защиты механизмов и учета работы крана [5].

3. Краткие технические данные

3.1. Напряжение силового питания постоянного тока, В, не более 300.

3.2. Ток электромагнита, А, не более 150.

3.3. Автоматическое поддержание заданной величины напряжения питания на электромагните с погрешностью не более 5 %.

3.4. Элементная база: силовые транзисторы, драйвер и микропроцессорный контроллер.

3.5. Погрешность определения температуры нагрева, не более ± 7 °С.

3.6. Защита электромагнита от перегрузки, при обрыве кабеля и к. з.

3.7. Время срабатывания защиты силовых узлов БУЭ от токов к. з., мксек, не более 10.

3.8. Удержание груза при исчезновении напряжения по п. 3.1 из-за потери контакта в токосъемнике, сек., не менее, 2.

3.9. Габариты БУЭ, мм, 400x500x370.

3.10. Габариты пульта, мм, 300x120x70.

3.11. Климатика БУЭ – минус 30... + 75 °С.

Считаем необходимым отметить следующее:

1. Установка и включение в работу БУЭ выполняется специалистами Заказчика по рекомендациям прилагаемого к устройству паспорта и РЭ.

2. К сведению:

2.1. Крепление БУЭ – 4 болта М12.

2.2. Количество подключений: четыре силовых провода (два входных – питание, два выходных – к электромагниту); два провода от командоаппарата (сигнал управления «Поднять») и два провода от кнопки «Сепарация».

2.3. БУЭ поставляется с установленным уровнем срабатывания защит и тока удержания, величины которых выбираются на основании технических характеристик магнита, предоставленных Заказчиком.

2.4. После первых десяти включений магнита, БУЭ автоматически корректирует величины первоначально заданных по п. 2.3 уровней защит.

2.5. Величина устанавливаемого тока удержания груза подтверждается командой наладчика.

2.6. Продолжительность простоя крана для ввода в работу БУЭ (отключение гасящих резисторов в штатной схеме крана, установка шкафа, прокладка и подключение линий связи; проверка установленных уровней защит и токов удержания, наладка) – не более 3-х смен.

2.7. Пульт и GSM-модем (на рис. 4 отмечено пунктиром) поставляются по отдельному заказу. Опытно – промышленный образец БУЭ испытан на пратцен-кране № 25 цеха блюминг-1 ПАО «АМКР» в течение 10 месяцев. Режим работы крана – круглосуточный. Отказов и сбоев за время работы БУЭ не обнаружено. Кроме удаления пыли с поверхности шкафов, каких-либо дополнительных работ не производилось.

Перед установкой БУЭ на кран в лабораторных условиях были проведены его испытания на нагрев. БУЭ в течение 4,5 часов безотказно работал при температуре воздуха внутри корпуса шкафа 85 °С. Обрыв кабеля в цепи магнита во время его работы имитировался отключением автоматического выключателя, установленного между выходом БУЭ и магнитом.

Для наглядности на рис. 5 показана осциллограмма электромагнита при его работе от БУЭ.

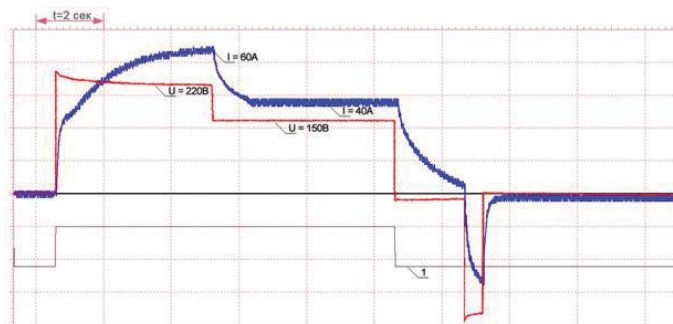


Рис. 5. Работа электромагнита от БУЭ: U – выходное напряжение БУЭ; I – ток через магнит; 1 – команда на подъем груза

Как видно из рис. 5, на электромагните отсутствуют перенапряжения, имеющие место на осциллограмме (см. рис. 2).

Технико-экономический эффект от использования БУЭ

1. Исключение выхода из строя электромагнитов за счет перенапряжений и перегрева.

2. Уменьшение расхода электроэнергии на 30-40 % за счет исключения из схемы управления ограничивающих и гасящих резисторов и установки токов удержания.

3. Наличие информации по п. 2.3 - п. 2.6 «Функции БУЭ» позволяет определить уровень квалификации машиниста и принять соответствующие организационные меры, например, провести дополнительное обучение.

Библиографический список

- <http://dimalmag.ru>
- Патент Украины, № 8230, Бюлл. № 14 от 25.07.2013
- pplait@ukr.net
- info@promsat.com
- А. И. Ковалев и др. Микропроцессорное устройство защиты и учета работы механизмов грейферного крана // Металлург. и горноруд. пром-сть. – 2012. – № 3. – С. 101-104.

Поступила 20.05.2014