

*А.Б. Иванов, И.А. Кириллов, кандидаты техн. наук, П.В. Камышанский
(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)*

МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ДУГИ ПРИ ТОКОСЪЕМЕ РУДНИЧНЫХ КОНТАКТНЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

Введение. Дугообразование при токосъеме средств подземного электро-транспорта приводит к повышенному износу контактной сети и токоприемников, пережегу контактного провода, а в подземных условиях может привести к взрыву метана под кровлей выработки. Разработанные системы дугогашения применительно к подземному электротранспорту, использующие принцип опережающего отключения электропотребителей, позволяют эффективно ограничивать энергию дугообразования, вплоть до искробезопасных значений. Однако они требуют использования специальных многоконтактных токоприемников, что в ряде случаев не всегда оправданно, особенно в условиях подземных отка-точных выработок.

Постановка задачи. Известны методы и устройства дугогашения при одноконтактном троллейном токосъеме, например, воздействием на место то-косъема паром, сжатым воздухом, инертным газом, магнитными полями и т.п. Наиболее эффективным является метод, основанный на отключении энергопо-требителей электротранспортного средства при нарушении токосъемного кон-такта. Эффективность этого метода определяется быстродействием отключения нагрузки при нарушении токосъемного контакта, которое зависит от времени формирования сигнала на отключение и времени прерывания тока нагрузки си-ловым коммутатором. Последнее определяется в основном уровнем допустимо-го перенапряжения сети и на элементах коммутатора.

Основной текст статьи. Формирование отключающего сигнала возмож-но на основе контроля напряжения на токосъемном контакте; контроля элект-ромагнитного излучения, возникающего в момент нарушения контакта под то-ком; контроля ультрафиолетового, видимого и инфракрасного излучения, воз-никающего при дугообразовании.

Способ контроля напряжения на токосъемном контакте основан на скач-кообразном повышении напряжения при возникновении электрической дуги. Если обеспечить формирование сигнала на отключение при достижении на-пряжением на контакте некоторого значения, меньшего минимального напря-жения дугообразования, возможно опережающее отключение электропотреби-телей, а значит и высокая эффективность дугоподавления. Однако практическая реализация этого в условиях троллейного токосъема весьма затруднительна, так как требует непрерывного контроля напряжения сети в точке токосъема незави-симо от состояния контакта. Применение дополнительного слаботочного токо-съемника затрудняет решение задачи, так как он в процессе скольжения также отключается от сети. Оригинальное решение, близкое, по сути, к рассматривае-мому методу контроля, предложено в [1]. Особенностью этого метода является то, что напряжение на конденсаторе, включенном параллельно нагрузке, повто-

ряет напряжение сети, если существует контакт между токоъемным элементом и контактным проводом. При этом скачкообразное изменение напряжения на контакте, обусловленное возникновением дуги, фиксируется как разница между напряжениями на конденсаторе и двигателях. В предложенном решении не учитывается скачкообразное изменение напряжения сети, обусловленное изменением тока электродвигателей в результате переключения контакторов всех транспортных единиц, работающих на данном участке контактной сети, включая транспортное средство, где установлена система дугогашения. Это может привести к многократным ложным отключениям электродвигателя и, в конечном итоге, невозможности их нормальной эксплуатации.

Образующееся при дугообразовании излучение частотой вплоть до сотен мегагерц также может быть использовано для контроля состояния токоъемного контакта. Исследование процессов радиоизлучения при токоъеме на постоянном и переменном токе приведены в [2]. Установлено, что в сетях постоянного тока дугообразование при нарушении токоъема не вызывает значительного электромагнитного излучения и его уровень лежит значительно ниже уровня помех от коммутации, а также других электропотребителей, подключенных к сети. Это затрудняет использование данного метода для контроля состояния контакта токоприемника особенно в сетях городского и подземного электро-транспорта с напряжением постоянного тока.

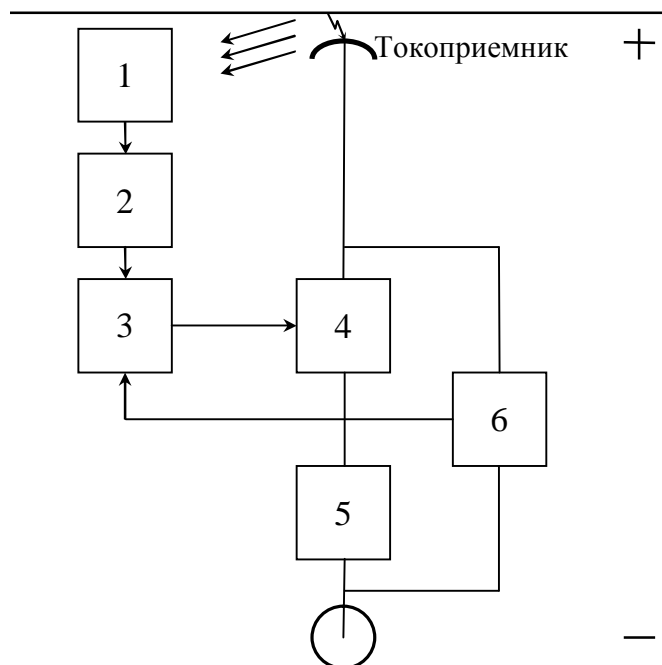
Известно, что процесс горения дуги сопровождается излучением в широком спектре частот от ультрафиолетового до инфракрасного диапазонов. При контроле контакта путем регистрации указанного излучения необходимо обеспечить максимальную чувствительность с тем, чтобы фиксировать дугу на самых ранних стадиях ее горения. С другой стороны, высокая чувствительность способствует увеличению количества ложных срабатываний от источников с аналогичным спектром, ограничивающих тяговые возможности двигателей.

Наиболее широко разрабатывался метод контроля контакта токоприемника в видимом спектре излучения на основе фотодатчиков [3]. Для повышения чувствительности применяются оптоволоконные и линзовые датчики. Принципиальным недостатком указанных устройств является низкая помехозащищенность от посторонних источников света, особенно при резком изменении освещенности, наблюдаемом, например, при движении состава в шахтных условиях.

Более высокой помехозащищенности в подземных условиях можно добиться на основе контроля ультрафиолетового излучения дуги. С появлением в последнее время малогабаритных чувствительных датчиков ультрафиолетового излучения, например G1961-G1963 (Hamamatsu), эта задача существенно упрощается. Однако чувствительность в данном случае ограничивается при использовании люминесцентных шахтных светильников, например типа СШЛ, излучение которых смещено в сторону ультрафиолетовой области. Дополнительные сложности возникают при контроле контактов наземного электротранспорта, так как значительная часть энергии солнечного излучения находится в области ультрафиолетовой части спектра. Доля энергии ультрафиолетового излучения дуги составляет менее 5%.

Максимум интенсивности излучения дуги по сравнению с солнечным излучением существенно сдвинут в сторону инфракрасного излучения и лежит в пределах 0,7 – 1,3 мкм [4]. Это позволяет использовать для детектирования дугообразования инфракрасные датчики. Учитывая, что развитие дуги происходит в течение весьма короткого промежутка времени (10^{-9} с), а скорость отхода токосъемника от контактного провода может достигать 20 м/с, датчики, должны помимо высокой чувствительности иметь достаточное быстродействие для предотвращения развития столба дуги. Широко применяемые в последнее время для детектирования инфракрасного излучения высокочувствительные пироэлектрические датчики из-за своей инерционности малопригодны. Наиболее эффективно применение высокочувствительных инфракрасных фотодиодов с быстродействием от десятков до сотен наносекунд (КОФ125А, КДФ118Б, У160, У262 и др.) с последующим усилением и фильтрацией помех. Высокая помехозащищенность в шахтных условиях может быть достигнута с помощью узконаправленного на место токосъема датчика, а также отсутствием в шахтных условиях высокотемпературных источников излучения.

На рисунке приведена структурная схема устройства подавления дугообразования при токосъеме на основе датчика инфракрасного излучения 1, который и осуществляет обнаружение нарушения токосъемного контакта. Блок подавления помех 2 обеспечивает помехозащиту от изменения сигналов датчика в диапазоне низких частот, обусловленных изменением освещенности, как от солнечного излучения, так и от ламп накаливания и дневного света, а также обеспечивает подавление помех, обусловленных пульсациями напряжения в контактной сети в результате выпрямления шестифазной мостовой схемой. Блок обработки и управления 3 при нарушении токосъемного контакта формирует управляющий сигнал на коммутатор 4, который и отключает нагрузку 5. В случае восстановления контакта блок контроля токосъемного контакта 6 формирует сигнал на блок обработки и управления 3, который формирует сигнал на коммутатор 4, обеспечивая при этом включение нагрузки 5. Предварительные испытания узла контроля токосъемного контакта на основе инфракрасных датчиков излучения дуги подтвердили возможность эффективного подавления искрения при токосъеме средств электротранспорта.



Структурная схема устройства подавления искрения при токосъеме

Предварительные испытания узла контроля токосъемного контакта на основе инфракрасных датчиков излучения дуги подтвердили возможность эффективного подавления искрения при токосъеме средств электротранспорта.

Выводы

1. Для контроля состояния токосъемного контакта можно использовать напряжение на токосъемном контакте; электромагнитное излучение, возникающее в момент нарушения контакта под током; ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучения, возникающие при дугообразовании.

2. В наибольшей мере требованиям по быстродействию, чувствительности и помехозащищенности отвечают системы обнаружения, используемые для подавления электрических разрядов, основанные на регистрации инфракрасного излучения.

3. Предложена структурная схема устройства подавления искрения при токосъеме, использующая принцип регистрации инфракрасного излучения, обеспечивающая эффективное подавление искрения при токосъеме средств электротранспорта.

Список литературы

1. Kumar R., McConnell R.L., Cooley W.L. A Technique for Trolley Arc Reduction – IEEE Trans. Und. Appl. – 1985, 21. – № 1, P. 154-157.
2. Семенов Ю. Г. Статические характеристики радиопомех от искрения на токоприемнике локомотива // Тр.РИИЖТ. – 1983, – Вып. 171. – С. 73-77.
3. Семенов Ю. Г. Устройство для контроля качества токосъема в эксплуатации по искрению // – Тр. РИИЖТ. – 1983. – Вып. 171. – С. 67-72.
4. Теория сварочных процессов: Учеб. для вузов по ТЗЗ спец. "Оборудование и технология сварочного производства" / В. Н. Волченко, В. М. Ямпольский, В. А. Винокуров и др.; Под ред. В. В. Фролова. – М.: Высш. шк., 1988. – 559 с.