

**Ф. П. Шкрабец, д-р техн. наук, А. Н. Гребенюк**  
(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)

## **ЗАЩИТНОЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ ПРИ ОБРЫВЕ ПРОВОДА ВОЗДУШНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ**

Обрыв провода воздушной линии электропередачи, контактного провода магистральной тяговой сети или контактного провода тяговой сети городского электрического транспорта является одной из причин возникновения аварийных режимов, представляющих большую опасность для людей в результате действия напряжения прикосновения и шага.

Отложение гололедицы на проводах вызывает значительные их механические перегрузки от действия массы обледенелого провода и силы ветра, представляет большую угрозу для нормальной работы и является одной из причин обрыва проводов.

**Цель статьи** - улучшение условий электробезопасности питающих, распределительных, контактных и тяговых сетей за счет применения защитного отключения при обрыве провода воздушной сети.

Система электроснабжения электрифицированных железных дорог состоит из двух частей: тяговой и внешней.

В тяговую сеть входят тяговая подстанция и тяговая сеть. Основным элементом тяговой сети является контактная сеть и рельсовый путь. Внешняя часть схемы электроснабжения обеспечивает связь тяговой подстанции и источника питания.

В системах электроснабжения железнодорожного транспорта наиболее ответственным элементом является контактная сеть. Она не может иметь резерва, поэтому надежность работы пытаются повысить путем секционирования. Это позволяет при повреждениях отключать не всю контактную сеть, а поврежденный участок.

В условиях эксплуатации хотя и редко, но все же бывают случаи перекрытия нейтральных вставок. При этом образуется мощная электрическая дуга, происходит пережог проводов контактной сети, а в ряде случаев и более тяжелые повреждения. Токи в сети, обусловленные перекрытием, сравнительно не велики (400-600 А) что ниже токов нагрузки. Релейная защита на тяговых подстанциях и постах секционирования, отстроена от токов нагрузки и также к указанному аварийному режиму не чувствительна. В случае обрыва провода (по любой причине) и падения его на сухую землю или шпальную решетку переходное сопротивление может достигать 20 Ом и более. Большие сопротивления дуги осложняют работу защиты, особенно тех ее ступеней, которые реагируют на фазовый угол тока короткого замыкания.

Анализ работоспособности средств защиты показал, что возможны аварийные режимы, при которых вероятно несрабатывание штатных средств за-

щиты от аварийных режимов в тяговой сети. Если учесть переходное сопротивление в точке замыкания и сложность определения, где произошло замыкание (произошел обрыв контактного провода или произошло перекрытие изолятора на подвижном составе), то вероятность не срабатывания устройств защиты резко возрастает. Для исключения указанных недостатков предлагается иметь защиту от обрыва контактного провода. При этом такая защита при соответствующей ее реализации способна предотвратить режим замыкания на землю при обрыве контактного провода за счет отключения аварийной секции контактной сети до момента касания оборванного провода земли.

Время отключения аварийной секции определяется выражением:

$$t_{омк} = t_{с.з.} + t_{о.з.} + \Delta t ,$$

где  $t_{с.з.}$  - собственное время срабатывание защиты (0,1 с);  $t_{о.з.}$  - время срабатывания выключателя (0,1-0,2 с);  $\Delta t$  - выдержка времени защиты.

Интервал времени от момента разрыва контактного провода до касания его с землей:

$$t = ( 2 \cdot h \cdot g^{-1} )^{0,5} ,$$

где  $h$  - высота подвеса контактного провода (5750 – 6800 мм) до уровня головки рельса;  $g$  - ускорение свободного падения.

Расчеты показали, что существует реальная возможность с помощью данного устройства предотвратить режим замыкания на землю, так как интервал времени от обрыва провода до касания его земли равен (1,2-1,3 с), а время отключения составит менее 0,3 с.

Защита от обрыва контактного провода должна срабатывать при исчезновении тока в контактном проводе. Однако в секционированной контактной сети возможно отсутствие тока при переходе электровоза на другую секцию и временном отрыве пантографа. Поэтому указанный признак не может использоваться для пуска устройства защитного отключения.

В связи с изложенным, для контроля целостности контактного провода тяговой сети рекомендуется использовать оперативный синусоидальный ток не промышленной частоты. На рис. 1 представлена схема, поясняющая принцип работы системы защиты.

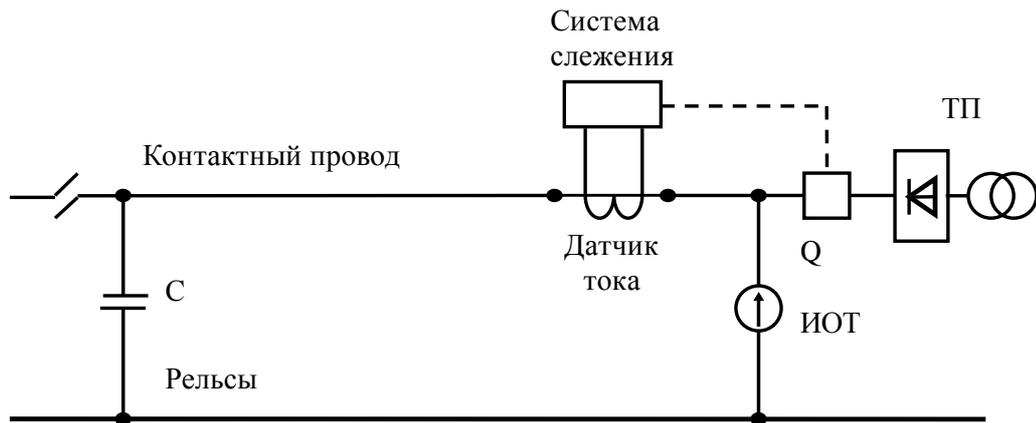


Рис 1. Принципиальная схема устройства от обрыва контактного провода

Работает схема устройства от обрыва контактного провода следующим образом. К контактной сети подключается дополнительный источник оперативного тока (ИОТ). Для того чтобы ток протекал непрерывно и не зависел от нагрузки, в конце фидерной зоны устанавливают конденсатор (С). В нормальном режиме от датчика тока на вход системы слежения поступает сигнал, как только сигнал прерывается, то система слежения отключает выключатель Q. При этом питание от тяговой подстанции (ТП) прекращается. Оперативный ток нужно выбирать такой частоты, чтобы он не создавал помех телеблокировке.

Схему представленную на рис. 1 можно практически без изменений применять для защиты от обрыва контактного провода городской трамвайной сети. Для контроля обрыва и выполнения защитного отключения троллейбусной тяговой сети рекомендуется схема, представленная на рис. 2

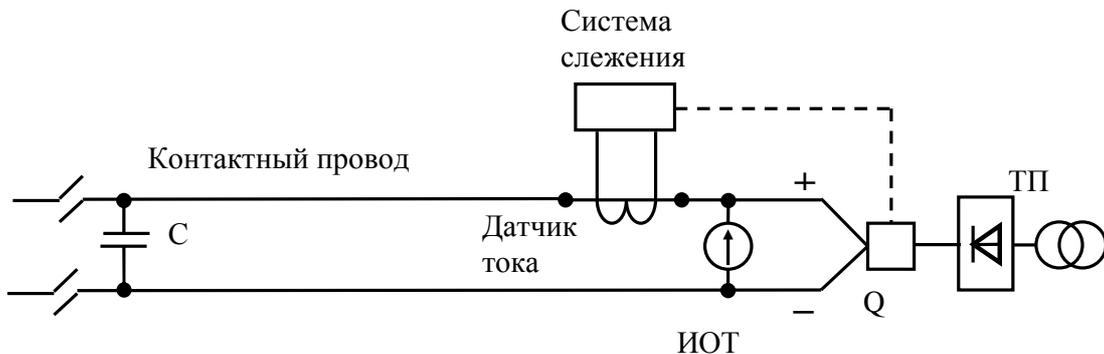


Рис. 2 Принципиальная схема устройства от обрыва контактного провода троллейбусной сети.

Для трехфазных воздушных линий электропередачи системы внешнего электроснабжения тяговой системы для защиты при обрыве фазного провода можно использовать метод основанный на контроле исчезновения тока в одной фазе.

### Выводы.

1. Существует реальная возможность с помощью устройства защитного отключения предотвратить режим замыкания на землю в результате обрыва фазного или контактного провода воздушной ЛЭП.

2. Устройство защитного отключения при обрыве провода питающей или тяговой сети позволяет при определенных условиях отключить источник до появления замыкания на землю, что резко уменьшает вероятность развития аварии и улучшает условия безопасности.

#### Список литературы

1. Защитное отключение при обрыве провода. Ф.П. Шкрабец, А.А Дворников, В.И. Гордиенко // Транспорт. Збірник наукових праць Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту. Випуск 7. Дніпропетровськ, Наука і освіта, 2001. – С. 125 – 127.
2. Фигурнов Е.П. Релейная защита. Учебник для студентов электротехнических и электромеханических специальностей транспортных и других вузов – К.: Транспорт Украины, 2004. – 565с.