

А.Н. Гребенюк

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

ПРОМЫШЛЕННАЯ КОНТАКТНАЯ СЕТЬ И СПОСОБ ЗАЩИТЫ ОТ ОБРЫВОВ И КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ

Электрическая тяга нашла широкое применение на карьерном железнодорожном транспорте. Она экономична, надежна и удобна в эксплуатации. Электрифицированный железнодорожный транспорт обеспечивает свыше 50% всех грузоперевозок. Широкое применение железнодорожного транспорта на открытых разработках обусловлено его значительными преимуществами его эксплуатации по сравнению с другими видами транспорта.

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

Поэтому релейная защита контактной сети имеет свои особенности. Значение тока короткого замыкания существенно зависит от схемы питания и от того, какие коммутационные аппараты в межподстанционной зоне включены или выключены. Также на значение тока короткого замыкания, большое влияние оказывает электрическая дуга, возникающая в месте повреждения, сопротивление которой составляет 0,1 – 0,5 Ом. В случае перекрытия гирлянды изоляторов по загрязненной поверхности сопротивление дуги может достигать 0,5 – 2,5 Ом. При перекрытии нейтральной вставки дуга выдувается ветром до нескольких метров и ее сопротивление возрастает до 5 – 10 Ом. При этом происходит пережог проводов контактной сети, а в ряде случаев возникают более тяжелые повреждения. В случае обрыва контактного провода и падения на сухую землю или шпальную решетку переходное сопротивление может достигать 20 Ом и более.

Цель статьи – рассмотрение возможности улучшения работы штатных средств защиты при обрывах контактного провода и коротких замыканиях на землю.

Исследования аварийных токов в тяговой контактной сети позволяют сделать вывод о том, что при коротком замыкании и замыкании на грунт имеющаяся на питающих линиях тяговой сети максимальная токовая защита, ток срабатывания которой выбирается из условия отстройки от максимальных (пусковых) токов, не способна контролировать такие аварийные режимы. Большие сопротивления дуги осложняют работу штатной защиты, особенно тех ее ступеней, которые реагируют на фазовый угол тока короткого замыкания.

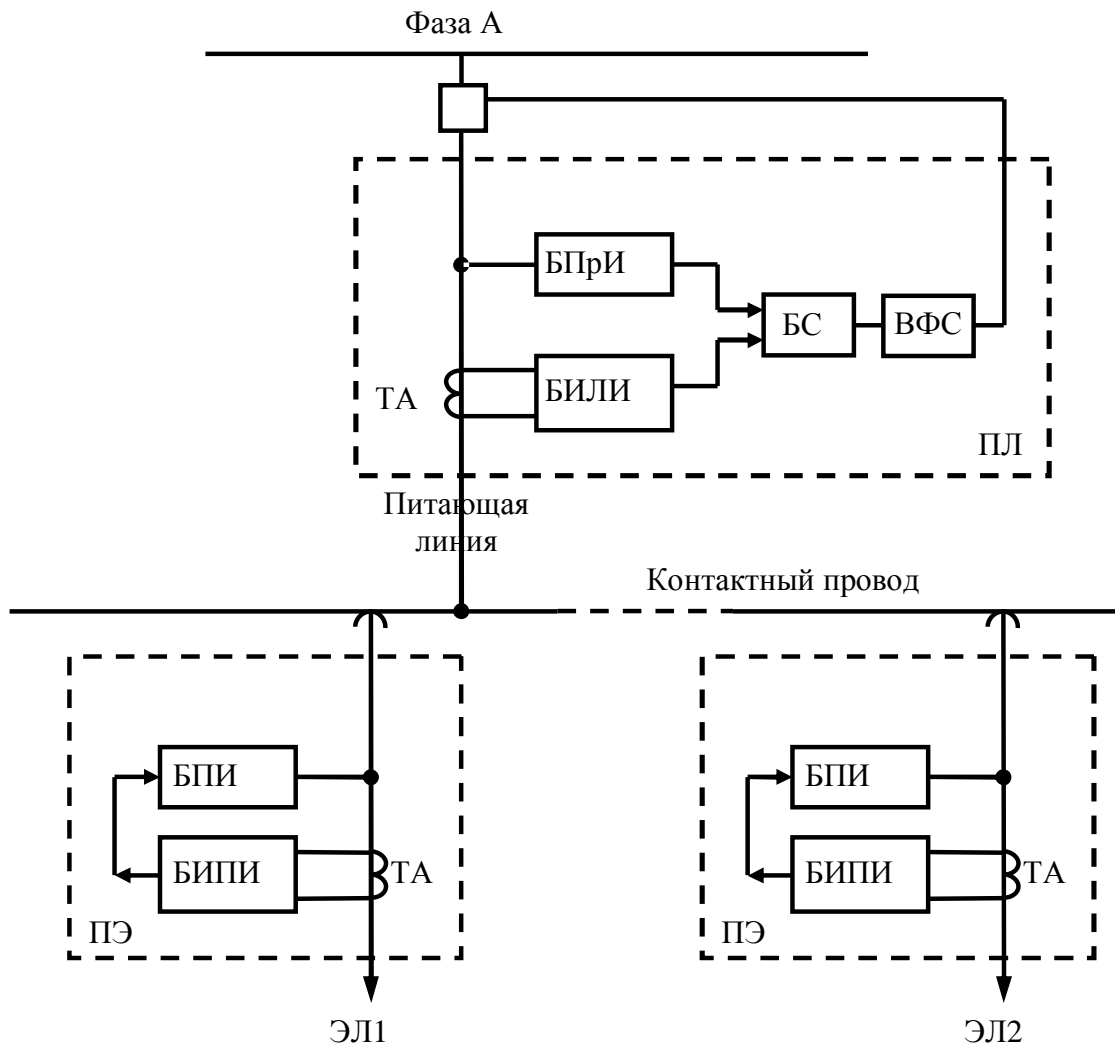
Питание контактной сети железнодорожного транспорта карьеров усложняется в связи с наличием постоянных и передвижных путей.

Анализ работоспособности средств защиты показал, что возможны аварийные режимы, при которых вероятно несрабатывание штатных средств защиты от аварийных режимов в тяговой сети. Если учесть переходное сопротивление в точке замыкания и характер аварийного режима (произошел обрыв контактного провода или произошло перекрытие изолятора на подвижном составе), то вероятность несрабатывания устройств защиты резко возрастает. Для исключения указанных недостатков предлагается дополнительно использовать 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. Для реализации защиты тяговых сетей внутрикарьерного электровозного транспорта от замыканий на землю при обрыве контактного провода предлагается использовать дифференциальный принцип.

Комплексное решение задач автоматизации управления электроснабжением связано со сбором данных о контролируемых объектах и передачей их на значительное расстояние. При этом использование выделенных телефонных линий или высокочастотных каналов требует значительных затрат. Поэтому проще и дешевле использовать контактный провод в качестве канала связи. Распространение сигнала и качество его приема зависят от архитектуры сети, которая имеет древовидную структуру и постоянно изменяется. Поэтому аппаратура должна быть адаптирована к меняющимся режимам сети и нагрузки.

Дифференциальный принцип защиты в общем случае основан на контроле и сравнении значений тока на подвижном составе и на тяговой подстанции (рис. 1).

Применительно к тяговой карьерной сети реализация токовой дифференциальной защиты возможна только при контроле и сравнении тока в линии, питающей участок тяговой сети и тока потребляемого электровозом, измеряя последний после токосъемника. Неравенство указанных токов будет свидетельст-



Схема, поясняющая работу защиты контактной сети переменного тока

воват о появлении аварийного режима в сети, например, короткого замыкания на участке тяговой сети, замыкания на землю контактного провода. Сложность реализации дифференциального принципа защиты в тяговой сети заключается в том, что потребитель является передвижным (точка подключения нагрузки непрерывно перемещается и может вообще выйти из контролируемого участка) и их количество может меняться в процессе работы.

Учитывая особенности работы потребителей в промышленной тяговой сети, реализация дифференциального принципа защиты в условиях карьера возможна путем сравнения тока в питающей линии и суммы токов, потребляемых каждым электровозом, работающих на секции тяговой сети получаемой энергию от данной питающей линии.

Для практической реализации дифференциального принципа токовой защиты тяговой сети необходимо выполнение двух дополнительных операций:

1) передача информации о значении тока нагрузки с каждого электровоза, работающего на данной секции тяговой сети, на тяговую подстанцию (к началу линию, питающей данную секцию тяговой сети);

2) суммирование поступающей от электровозов информации (токов нагрузки) перед операцией сравнения ее с током в питающей линии.

Если на защищаемом участке тяговой сети работает два тяговых агрегата, то ток в питающей линии сравнивается с суммой рабочих токов первого и второго электровозов или более. В случае отсутствия аварии или повреждения в тяговой и питающей линиях независимо от режима работы электровозов будет выполняться следующее условие:

$$I_p - (I_{m1} + I_{m2} + \dots + I_{mn}) = 0,$$

где I_p - ток в начале питающей линии; I_{m1}, I_{m2}, I_{mn} - токи нагрузки соответственно первого, второго и n -го количества электровозов на линии.

При удаленных коротких замыканиях за электровозами напряжение в контактной сети в местах подключения электровозов не равно нулю и в сети будет следующее соотношение токов:

$$I_p - (I_{m1} + I_{m2} + \dots + I_{mn}) = I_{кз},$$

что также является признаком для срабатывания дифференциальной защиты.

Данная защита не чувствительна к аварийным режимам и коротким замыканиям, возникающим на подвижном составе. Для отслеживания этих режимов на подвижном составе установлены штатные защиты.

Выводы

1. Дифференциальный принцип позволяет обеспечить, чувствительную защиту тяговой сети от коротких замыканий и замыкания на землю в результате обрыва контактного провода независимо от режимов работы электровозов и их количества в зоне защиты.

2. Недостатком данного принципа является нечувствительность защиты к коротким замыканиям, возникающим на подвижном составе.

Список литературы

1. Фигурнов Е.П. Релейная защита: Учебник для студентов электротехнических и электромеханических специальностей транспортных и других вузов – К.: Транспорт Украины, 2004. – 565с.
2. Звездкин М.Н. Электроснабжение электрифицированных железных дорог. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: «Транспорт», 1974. - 168 с.
3. Теоретические основы построения логической части релейной защиты и автоматики энергосистем. //Под ред. В.Е. Полякова. – М.: Энергия, 1979. – 240 с.
4. Электроснабжение железорудных горно-обогатительных комплексов. М., //Авт.: В.П. Апенко, П.П. Миронов, В.И. Щуцкий, В.Д. Трифонов. – М.: Недра, 1978. – 341 с.