

уменьшения пусковых токов при пуске.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вольдек А.И. Электрические машины. Учебник для студентов высш. техн. учебн. заведений.- 3-е изд., перераб.-Л.: Энергия, 1978. С. 509.
2. Копылов И. П. Электрические машины: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. 360 с.

Научный руководитель: В.М. Чебан, д.т.н., профессор, кафедра автоматизированных электроэнергетических систем факультета энергетики НГТУ.

ПИТАНИЕ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ТЯГОВОЙ НАГРУЗКИ ОТ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ С УЧЕТОМ РЕЖИМА ИХ РАБОТ

В.В. Гречушников

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, ЭНИН, кафедра ЭЭС

Тяговая нагрузка (железнодорожный транспорт) составляет существенную долю нагрузки для многих энергосистем (Забайкальская, Бурятская, Иркутская и др.). Например, в Забайкальской энергосистеме доля тяговой нагрузки составляет около 80%. Это оказывает очень существенное негативное влияние на работу энергосистемы в целом: несимметричная перегрузка оборудования, ухудшение качества электрической энергии, увеличение вероятности ложных срабатываний резервных ступеней релейной защиты генераторов, трансформаторов и др. Рассмотрим причины, обуславливающие перечисленные неблагоприятные последствия [1, 2].

В настоящее время тяговые подстанции работают на переменном токе промышленной частоты. Питание тяговой нагрузки осуществляется через специальные понижающие трехобмоточные трансформаторы (например, ТДТНЖ-25000/220-У1, УХЛ1 230/38,5/27,5 кВ) по двум фазным проводам, третий фазный провод на тяговом напряжении заземляется, а четвертым «проводом» являются рельсы. К обмотке среднего напряжения (обычно 35 кВ) могут подключаться местные потребители электрической энергии. Питание двигателей постоянного тока осуществляется через выпрямительные устройства, находящиеся внутри поездов (рис. 1). Обычно в середине контактного провода устанавливают изолирующее сопряжение контактной сети (ИСКС) с воздушным зазором или нейтральной вставкой. Это сделано для того, чтобы симметризовать нагрузку на сеть и уменьшить несимметрию напряжения [3].

Очевидно, что такой режим к возникновению двухфазной несимметрии через активное переходное сопротивление (выпрямительное устройство электротяги) в смежных сетях переменного тока, которая характеризуется коэффициентом несимметрии напряжения по обратной последовательности

$$K_{2U} = \frac{U_{(2)}}{U_{111}} 100.$$

Коэффициент K_{2U} характеризует трехфазную систему напряжений основной частоты по отклонению фазных (междуфазных) напряжений $U_{ном}$ от симметрии. Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности считают соответствующим требованиям стандарта, если наибольшее из измеренных в течение 24 часов значений коэффициентов несимметрии напряжений по обратной последовательности не превышает

5% [3].

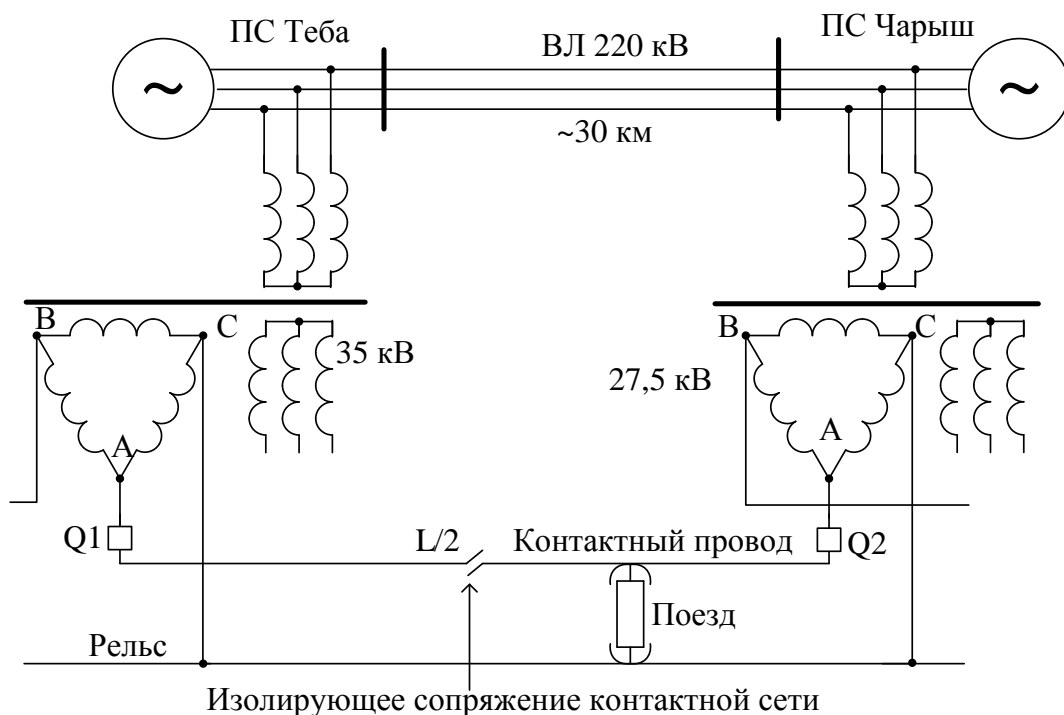


Рис. 1. Типичная схема питания тяговой нагрузки, L – длина контактной сети

Если тяговая нагрузка составляет не более 10—15% общей нагрузки энергосистемы, то несимметрия токов в энергосистеме, вызываемая нагрузкой тяги, как правило, не требует принятия специальных мер симметрирования, так как практически не влияет на располагаемую мощность генераторов электрических станций. В этом случае для снижения несимметрии до допустимых пределов достаточно применить чередование подключения фаз тяговых подстанций к разным фазам питающих линий передачи. Для симметрирования нагрузки одной линии достаточно иметь группу из трех одинаково загруженных подстанций. За полный цикл чередования фаз от шести тяговых подстанций в контактную сеть относительно рельсов подаются четыре сдвинутых по фазе напряжения: отрицательное напряжение фазы А, положительное фазы В, отрицательное фазы С и положительное фазы А.

Программный комплекс «Мустанг» и разработанная в Томском политехническом университете на кафедре ЭЭС дополнительная программа «Shemwizard», позволяют объединить расчеты электромеханических переходных процессов в программе «Mustang» с расчётами несимметричных режимов при одноместной несимметрии и дают возможность определения симметричных составляющих токов и напряжений в любой ветви и в любом узле схемы сети в ходе электромеханического переходного процесса при различных долях несимметрии. [4].

Для расчета режима в «Mustang» для каждого узла несимметрии следует «собирать» комплексную схему замещения, импортируя схему обратной последовательности и соответствующие коммутационные ветви (рис. 2). Меняя активное сопротивление $R_{ш}$ можно задавать разную несимметричную нагрузку в соответствии с активной мощностью тяговой нагрузки.

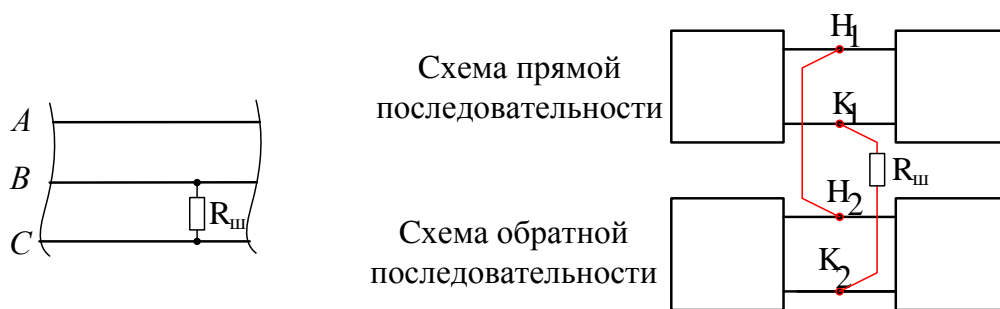


Рис. 2.

В данной работе решается обратная задача – оценивается влияние режима работы высоковольтной сети на тяговую сеть. Необходимо определить, как влияет отключение высоковольтной линии на токи и напряжения в контактной сети при учете некоторых особенностей схемы контактной сети.

Рассмотрим типичную схему электроснабжения тяговой нагрузки от подстанций Теба и Чарыш Хакасской энергосистемы, расстояние между подстанциями около 30 км. Тяговые подстанции подключены к воздушной линии (ВЛ) 220 кВ по транзитной схеме, контактная сеть в данном случае питается двухсторонне, без разрыва. В случае вывода в ремонт ВЛ 220 кВ транзит разрывается. Согласно нормативным требованиям при этом необходимо выполнить разрыв в контактной сети (питать ее встречно-консольно), отключив один из выключателей Q1 или Q2 на посту секционирования (ПСК), чтобы разорвать связь по 27,5 кВ и не шунтировать сеть 220 кВ.

Как видно (рис. 1) выключатель создает разрыв только в фазе А (или В, в зависимости от фазировки в каждом конкретном случае). Фаза С, подключенная к тяговому рельсу (отсос ТП), не размыкается и сделать это невозможно, так как установка коммутационных аппаратов в соединении фазы С с рельсом запрещена нормативами. Разрабатываемая в ПК Matlab модель позволит ответить на вопрос – как влияет отключение фазы А и неразрывность фазы С на питание контактной сети в данном случае.

Исходными данными для моделирования являются величины тока, напряжения на шинах высокого напряжения тяговых подстанций, и перетока мощности по высоковольтной линии, рассчитанные с помощью методики [5] по базе данных ОДУ Сибири.

Совместное моделирование с использованием ПК Mustang и Matlab позволяет создать «инструмент» для точных вычислений параметров сети с точки зрения надежности снабжения тяговой нагрузки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. A.K. Rawal. Power supply installation in electric traction // Indian railways institute of electrical engineering. - Nasikroad. - 2010. – p 159.
2. Shao-kuan Chen, Tin-kin Ho, Bao-hua Mao, Yun Bai A bi-objective maintenance scheduling for power feeding substations in electrified railways. // Transportation Research Part C. - V. 44. - 2014. – p 350 - 362
3. Марквард К.Г. Справочник по электроснабжению железных дорог. –М.: Транспорт, 1980.- 256 с.
4. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Текст]. – Взамен ГОСТ 13109-87; введ. 1999-01-01. – Москва: Изд-во стандартов, 1998. – 52 с.
5. Вайнштейн Р.А., Кац И.М., Лозинский К.С. Расчет токов короткого замыкания и неполнофазных режимов с учетом электромеханических переходных процессов на базе программы "Мустанг" // Энергетик. – 2011. – № 2. – С. 39–42.

Научный руководитель: Шестакова В.В., доцент кафедры ЭЭС, НИ ТПУ, ЭНИН