

Морозов Павел Владимирович

доцент

Марков Алексей Витальевич

магистрант

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный

технический университет»

г. Новосибирск, Новосибирская область

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

В АВТОТРАНСФОРМАТОРНЫХ СИСТЕМАХ

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ СХЕМЫ СКОТТА

Аннотация: в статье исследовано распределение мощности в автотрансформаторных системах электроснабжения железных дорог переменного тока на основе схемы Скотта. Показано, что активное распределение мощности между обмотками трансформатора Скотта обеспечивает низкую несимметрию по току и напряжению на первичной стороне.

Ключевые слова: трансформатор Скотта, несимметрия, нагрузка.

Электроснабжение железных дорог переменного тока требует обеспечения их электромагнитной совместимости с трехфазными сетями. Системы тягового электроснабжения переменного тока обычно состоят из количества фаз, соответствующего четному и некратному трем числу путей: два, четыре и т. д. Чаще всего системы тягового электроснабжения построены по автотрансформаторной схеме. Для электропитания таких систем перспективным является использование трехфазно-двухфазных и трехфазно-четырехфазных трансформаторных преобразователей по схеме Скотта.

В качестве примера такого участка взят фрагмент Северо-Байкальского участка Байкало-Амурской Магистрали (БАМ) [1]. На данном участке имеются тяговые подстанции, питающие систему 2 x 25 кВ, состоящие из двух основных однофазных трансформаторов, одного резервного, а также трансформатора,

предназначенного для питания районных потребителей. Эти подстанции подключены либо непосредственно к трехфазной сети 220 кВ, либо через трехфазные автотрансформаторы.

Основное внимание будет уделено оценке дополнительной несимметрии, обусловленной потерями напряжения из-за транзита мощности.

Системы электроснабжения переменного тока применяются на многих железных дорогах РФ. Система электроснабжения переменного тока нашла применение на Восточно-Сибирской и Красноярской железной дороге, а также Байкало-Амурской магистрали (БАМ). Наиболее сложную структуру имеет система электроснабжения БАМ.

Передача энергии в тяговые сети переменного тока 50 кВ или 25 кВ происходит с помощью тяговых подстанций различных типов. Эти подстанции присоединены к первичной трехфазной сети 220 кВ либо непосредственно, либо через трехфазные автотрансформаторные подстанции. Несмотря на неоднородность электрификации БАМ, там имеются точки присоединения автотрансформаторных систем тягового электроснабжения к высоковольтным трехфазным сетям 110 / 220 кВ, где следует применять трансформаторные преобразователи Скотта [2] с устройством активного распределения мощности.

Электромагнитная совместимость автотрансформаторной системы тягового электроснабжения на основе подстанций с двумя однофазными трансформаторами с трехфазной сетью определяется потерями напряжения в энергосистеме и трансформаторах. Эти потери зависят от нагрузки подстанции, которая включает в себя автотрансформаторы и сами тяговые нагрузки (электровозы). Существенное влияние на электромагнитную совместимость двух однофазных трансформаторов с трехфазной сетью оказывает неравенство токов в тяговых нагрузках, так как оно порождает токовую несимметрию в трехфазной сети. Теперь оценка этой несимметрии будет проведена с учетом примерных технических характеристик трансформаторов и элементов межподстанционных зон.

Как показало моделирование функционирования трансформатора Скотта с устройство активного распределения мощности с использованием модели в

Matlab Simulink на основе многоуровневых мостов, коэффициент несимметрии по току в этом случае составляет 0,9%. Таким образом, применение трансформатора Скотта вместо однофазных трансформаторов приводит снижению в значительное число раз как несимметрии по напряжению из-за потерь в трансформаторе и проводах, так самих потерь мощности в трансформаторе.

Как и следовало ожидать, снижение несимметрии как по току, так и по напряжению, ведет к существенному снижению соответствующих потерь мощности. Степень снижения несимметрии по напряжению в основном зависит от длины проводов, идущих от подстанции более высокого уровня.

Чем меньше длина проводов, тем меньше несимметрия по напряжению, порождаемая той же самой несимметрией по току. При расстоянии до подстанции более высокого уровня 600 км и более коэффициент несимметрии по напряжению для однофазных трансформаторов превышает значение, приведенное в ГОСТ, что требует либо переноса подстанции, либо применения трансформатора Скотта. Применение трансформатора Скотта получается более предпочтительным, так как в данном случае не требуется полный демонтаж подстанции, землеотвод и строительство подстанции на новом месте, и, соответственно увеличение количества подстанций.

Список литературы

1. Бородулин Б.М. Система тягового электроснабжения 2 x 25 кВ / Б.М. Бородулин, М.И. Векслер, В.Е. Марский, И.В. Павлов. – М.: Транспорт, 1989. – 247 с.
2. Морозов П.В. Применение трансформаторов Скотта на тяговых подстанциях электрических железных дорог / П.В. Морозов, Г.Н. Ворфоломеев, С.А. Евдокимов, В.И. Сопов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2008. – №6. – С. 273–276.
3. Никифоров В.В. Новый стандарт по качеству электрической энергии. Основные положения и отличия от ГОСТ 13109–97 // Новости электротехники. – 2011. – №3. – С. 15–17.

4. Присоединение систем тягового электроснабжения на основе схемы Скотта к трехфазной сети [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.konf.x-pdf.ru/19tehnicheskie/7592–15-g-tomsk-ministerstvo-obrazovaniya-nauki-federalnoe-gosudarstvennoe-avtonomnoe-obrazovatelnoe-uchrezhdenie-visshego-ob.php> (дата обращения: 12.05.2017).