

Морозов Павел Владимирович

доцент

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный
технический университет»

г. Новосибирск, Новосибирская область

АНАЛИЗ БАЛАНСА МОЩНОСТЕЙ ДЛЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С ЧЕТНЫМ ЧИСЛОМ ФАЗ НА ВТОРИЧНЫХ ОБМОТКАХ

***Аннотация:** в настоящей работе показано, что нарушение баланса мощностей в трансформаторном преобразователе из-за быстрых изменений нагрузки приводит к нарушению токов и напряжений. Предложено передавать избыточную мощность с одной вторичной обмотки на другую с помощью электронного преобразователя. Моделирование показало, что в этом случае несимметрию по напряжению не превышает 1.5%.*

***Ключевые слова:** трансформатор Скотта, несимметрия, нагрузка.*

Трансформаторные преобразователь является точкой присоединения электропотребителя к трехфазной сети. Существуют электропотребители, состоящие из четного числа фаз, например, двухфазные и четырехфазные двигатели промышленного оборудования, а также железные дороги переменного тока, состоящие из четного количества путей [1]. Железные дороги относятся к резкопеременным нагрузкам, которые отрицательно влияют на качество электроэнергии в трехфазной сети из-за нарушения симметрии токов и напряжений. Коэффициент несимметрии по напряжению не должен превышать 2% [3]. Наиболее приемлемой структурой преобразователя, который обеспечивает нулевую токовую несимметрию при равномерной загрузке как вторичных, так и первичных обмоток является схема Скотта. Она обеспечивает нулевую токовую несимметрию при равномерной загрузке как вторичных, так и первичных обмоток [2]. Именно при этих условиях обеспечивается равенство и ортогональность токов во вторичных обмотках и обеспечивается баланс мощностей. При неравенстве

активных и реактивных сопротивлений нагрузок баланс мощностей нарушается и имеет место ненулевая токовая несимметрия. На одной из вторичных обмоток имеет место избыток мощности, а на другой обмотке – недостаток мощности. Для обеспечения токовой симметрии в трехфазной сети должно быть справедливо уравнение баланса мощностей:

$$P_{W1} = P_{W2} = P_W \quad (1)$$

где P_{W1} , P_{W2} – мощности на вторичных обмотках трансформаторного преобразователя. Если мощности нагрузок не равны, то уравнение баланса мощностей принимает вид

$$P_W = P_{H1} + P_Y, \quad (2)$$

$$P_W = P_{H2} - P_Y, \quad (3)$$

где, P_{H1} , P_{H2} – мощности нагрузок, P_Y – мощность, которую необходимо перераспределить с обмотки с избыточной мощностью в обмотку недостаточной мощностью. Для определенности принято, что

Поддержание заданной мощности P_Y может осуществляться с помощью непрерывного или дискретного преобразования энергии. Непрерывное преобразование энергии реализуется с помощью электромашинного преобразователя энергии, например, мотор-генератора. Электромашинные преобразователи обладают известными недостатками: громоздкость, повышенный износ, большая инерционность.

Предложено реализовать дискретное преобразование энергии с помощью емкостного накопителя энергии, матрицы коммутационных элементов и реактора. Матрицу коммутационных элементов можно реализовать либо на электромеханических реле, либо на электронных коммутационных элементах. При быстро изменяющихся нагрузках предпочтительней будет применение электронных элементов. Электронные коммутационные элементы обладают высоким быстродействием. Системы на их основе эффективно интегрируются с микроконтроллерами и сигнальными процессорами, а также обладают свой-

ством обратимости, которое заключается в возможности выбора направления передачи энергии.

Центральным элементом преобразователя энергии между вторичными обмотками является конденсаторная батарея для накопления энергии. Для распределения мощности между обмотками трансформаторного преобразователя служат коммутационных матриц и реакторов. Реакторы обеспечивают поддержание формы тока, близкой к синусоидальной. В простейшем случае при наличии только двух вторичных обмоток требуются только две коммутационные матрицы и два реактора. С помощью системы автоматического управления на основе широтно-импульсной модуляции одновременно поддерживается постоянное напряжение на емкостном накопителе и равные синусоидальные токи в обмотках трансформаторного преобразователя.

Моделирование распределения мощности между обмотками трансформаторного преобразователя было выполнено в среде Matlab Simulink SimPower. Моделирование показало, что в наихудшем случае при внезапно появляющейся нагрузке на одной из фаз в то время, как нагрузка на второй фазе отсутствует, коэффициент несимметрии по напряжению не превысил 1,5%. Данный показатель соответствует требованиям нормативных документов [3].

Список литературы

1. Бородулин Б.М. Система тягового электроснабжения 2х25 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.