

С. В. ВЛАСЬЕВСКИЙ, В. Г. СКОРИК (Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Россия)

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В КОНТАКТНОЙ СЕТИ ПРИ РАБОТЕ ЭЛЕКТРОВЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Наведено один зі способів зниження коефіцієнта спотворення синусоїдальності напруги під час роботи електровозів перемінного струму

Представлен один из способов снижения коэффициента искажения синусоидальности напряжения при работе электровозов переменного тока

The article deals with one of the methods of voltage nonsinusoidality ratio distortion reduction in a.c. electric networks during electric locomotives operation.

Проблема обеспечения качества электроэнергии на железнодорожном транспорте, в частности, по параметру коэффициента несинусоидальности кривой напряжения на сегодняшний день является весьма актуальной. Известно, что в контактной сети участка железной дороги переменного тока, вследствие распределенной вдоль этого участка емкости и индуктивности контактной подвески при коммутации выпрямительно-инверторных преобразователей (ВИП) электровозов, происходит переходной процесс. Это явление вызывает искажение изначальной синусоидальной формы напряжения. При этом по мере удаления электровозов от шин тяговых подстанций колебания, возникающие по причине коммутации токов вентилей, увеличиваются.

Одним из показателей, оценивающих качество электроэнергии в электрических сетях, является коэффициент искажения синусоидальности напряжения. Этот показатель определяется по формуле

$$K_U = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} U_{(n)}^2}}{U_{(1)}} \cdot 100,$$

где $U_{(1)}$ – действующее значение фазного напряжения основной частоты, в вольтах; $U_{(n)}$ – действующее значение фазного напряжения n -ой гармоники ($n = 2 \dots 40$), в вольтах. Таким образом, данный коэффициент описывает процент содержания высших гармоник напряжения по отношению к величине основной гармоники.

Основной причиной повышения коэффициента искажения синусоидальности напря-

жения является окончание процесса коммутации ВИП электровозов. В этот момент, вследствие перехода работы схемы из режима коммутации в режим проводимости, изменяется схема протекания токов.

На электровозах однофазно-переменного тока, оснащенных тиристорными преобразователями, управление ими производится по типовому способу, который основан на поочередном включении двух однофазных плеч, вступающих в очередной цикл работы при смене полярности напряжения сети. Поочередность заключается в задержке включения одного плеча относительно другого в зависимости от длительности коммутации большого контура. При этом минимальный нерегулируемый угол открытия тиристоров α_0 электровоза, работающего в режиме тяги, составляет 9° . В реальных условиях, когда при двухстороннем питании на межподстанционной зоне находятся 4 электровоза в номинальном режиме, напряжение на токоприемниках электровозов, находящихся в середине зоны, уменьшается от действия других. Потенциальные условия для надежного открытия тиристоров в этом случае подчас бывают, недостаточны, поэтому автоматикой начальный угол открытия сдвигается в сторону увеличения и составляет $14 \dots 16^\circ$, что также является причиной увеличения искажения формы напряжения в контактной сети.

После окончания коммутации в большом, а затем и малом контуре преобразователя, работающего по типовому алгоритму управления, в цепь последовательно с контурами, образованными участками схем замещения контактной сети, включаются активное и индуктивное сопротивление частей обмоток тягового трансформатора, участвующих в образовании зоны, а также сопротивление цепи выпрямленного тока.

В результате этого в системе контактная сеть – электровоз происходит переходной процесс. На токоприемнике рассматриваемого электровоза возникают высокочастотные свободные колебания напряжения, обусловленные распределенной емкостью контактной сети, а также соответствующие им свободные колебания тока у шин питающей тяговой подстанции. Свободные колебания напряжения, частота которых составляет 850...1700 Гц в зависимости от длины межподстанционной зоны и положения на ней электровозов, искажают форму питающего напряжения, а следовательно, увеличивают коэффициент искажения синусоидальности напряжения.

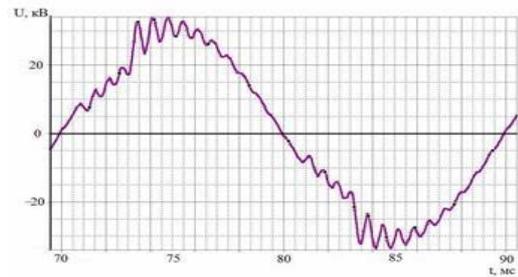
Одним из способов решения проблемы снижения послекоммутационных колебаний в контактной сети является новый алгоритм управления ВИП. В этом способе подача нерегулируемых импульсов управления осуществляется одновременно в каждом полупериоде напряжения не только на тиристоры плеч, участвующих в создании данной зоны, но и плеч, которые участвовали в работе предыдущих зон, кроме первой. Это разбивает большой контур протекания токов коммутации на несколько малых.

Применение алгоритма одновременной коммутации токов тиристоров позволяет уменьшить колебания напряжения. Этот эффект происходит вследствие одновременного разряда электромагнитной энергии в малых короткозамкнутых контурах вместо поочередного разряда в большом, а затем и в малом контуре при типовом алгоритме.

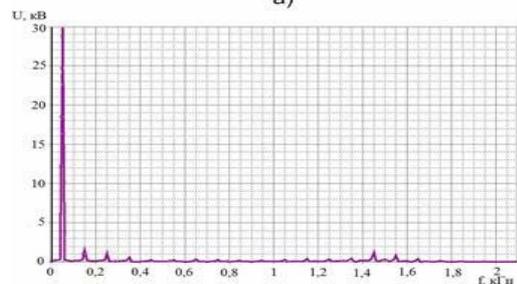
Известно, что амплитуда послекоммутационных колебаний напряжения зависит от неуправляемого угла открытия тиристоров α_0 , а также от длительности периода коммутации [1; 2].

В результате исследований [3] было определено, что при внесении в цепь выпрямленного тока параллельно тяговым двигателям диодного разрядного плеча и использовании алгоритма одновременной коммутации создаются необходимые потенциальные условия для открытия тиристоров ВИП, позволяющие уменьшить нерегулируемый угол открытия вентилей α_0 до 3° . При этом величина нерегулируемого угла отпирания тиристоров не зависит от количества находящихся на межподстанционной зоне электровозов и определяется только моментом перехода напряжения через нулевое значение. Это в свою очередь еще в большей степени снижает колебания напряжения, то есть улучшает форму напряжения в контактной сети.

По результатам моделирования, проведенного для сравнения существующего алгоритма управления ВИП и алгоритма одновременной коммутации с применением диодного плеча, были получены осциллограммы напряжения на токоприемнике электровоза, работающего в режиме тяги на полной четвертой зоне регулирования напряжения. На рисунке представлены осциллограммы напряжения на токоприемнике электровоза, находящегося на середине межподстанционной зоны длиной 40 км с двусторонним питанием, и гармонические составы напряжения при различных алгоритмах управления.



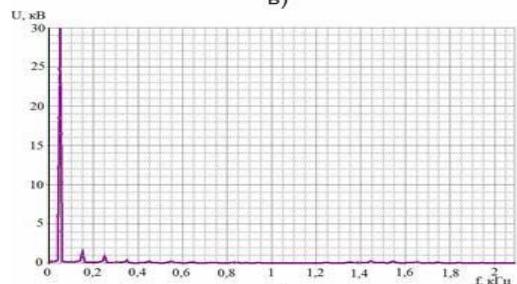
а)



б)



в)



г)

Рис. Осциллограммы напряжения на токоприемнике электровоза и соответствующие им гармонические составы при типовом алгоритме управления с $\alpha_0 = 9^\circ$ (а, б) и алгоритме одновременной коммутации с диодным плечом с $\alpha_0 = 3^\circ$ (в, г)

Результаты, полученные при математическом моделировании, показали, что снижение коэффициента несинусоидальности кривой напряжения в контактной сети с учетом применения описанных выше средств, составило 10...32,4 % в зависимости от положения электровазов на межподстанционной зоне и режима их ведения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тихменев Б. Н. Электровазы переменного тока с тиристорными преобразователями / Б. Н. Тихменев, В. А. Кучумов – М.: Транспорт, 1988. – 311 с.

2. Никитенко, А. Г. Математическое моделирование динамики электровазов / А. Г. Никитенко, Е. М. Плохов, А. А. Зарифьян, Б. И. Хоменко. – М.: Высшая школа, 1998. – 274 с.
3. Мельниченко, О. В. Многозонный выпрямитель электровазов однофазного переменного тока с неуправляемым вентилем-диодом / О. В. Мельниченко, С. В. Власьевский // Транспортные проблемы Сибирского региона // Сборник научных трудов. Ч. 1, Иркутск: ИрГУПС, 2003. – С. 78–81.

Поступила в редколлегию 25.06.2005.