

УДК 621.3

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Васеха С.М., студент гр. ЭПбз-161, 4 курс

Научный руководитель: Паскарь И.Н., старший преподаватель
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Электричество – это товар, который передается и потребляется почти мгновенно. В результате к качеству электроэнергии (КЭ) существуют высокие требования, и знание настоящих параметров КЭ имеет решающее значение. Показатели качества электроэнергии представляют собой сочетание напряжения, частоты и синусоидальной формы электрического тока, а также совместимость этих параметров, характеризующих электромагнитную среду.

Тяговая нагрузка от высокоскоростных электрифицированных железных дорог оказывает негативное влияние на качество электроэнергии. Тяговой нагрузке требуется питание, которое обеспечивает именно энергосистема с большой мощностью короткого замыкания. В то же время она влияет на работу энергосистемы, и это влияние необходимо учитывать [1].

Для нормального функционирования высокоскоростных железных дорог необходима система электроснабжения с высокой мощностью короткого замыкания. В этом случае тяговая энергосистема может быть подключена к общей энергосистеме через однофазные трансформаторы, трехфазные трансформаторы, соединенные в открытый треугольник или уравнительные трансформаторы.

В нормальном режиме работы железной дороги питание нагрузки осуществляется линией А. Учитывая, что распределенная емкость магистрального кабеля 220 кВ на землю весьма велика, и то, что распределенной емкостью тяговой сети 27,5 кВ также нельзя пренебречь, система тягового электроснабжения может быть представлена, схемой с упрощенным замещением, которая представлена на рис. 1.

На рис. 2 показан ток нагрузки, идущий по линии А во время подъезда поезда к питающей секции, торможения и повторного разгона. При этом ситуация полностью соответствует схеме замещения, показанной на рис. 1. Емкостная составляющая тока фазы С составляет порядка 80 А, а тяговый ток в фазе В или С составляет 150-200 А. Как следствие, будет наблюдаться значительная асимметрия нагрузки по току [3].

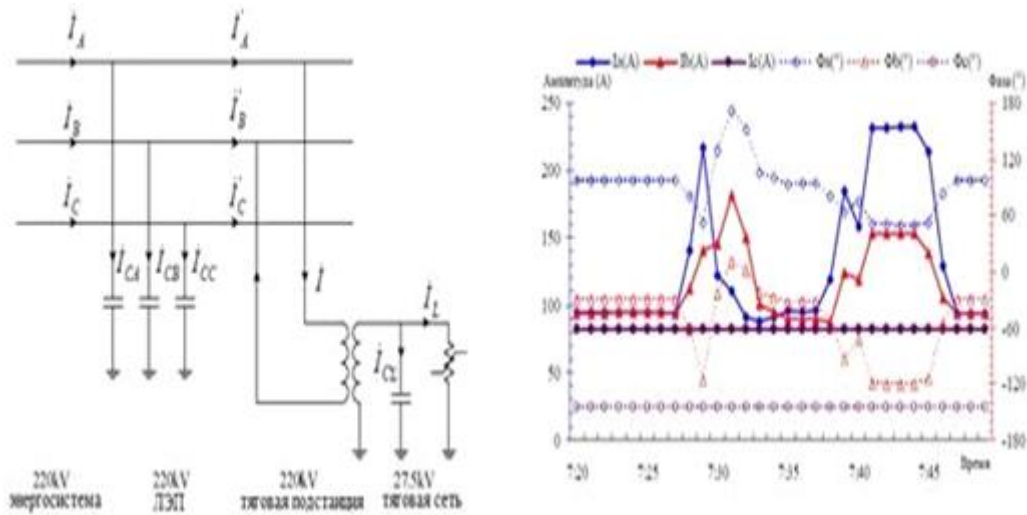


Рис. 1. Эквивалентная схема системы тягового электроснабжения

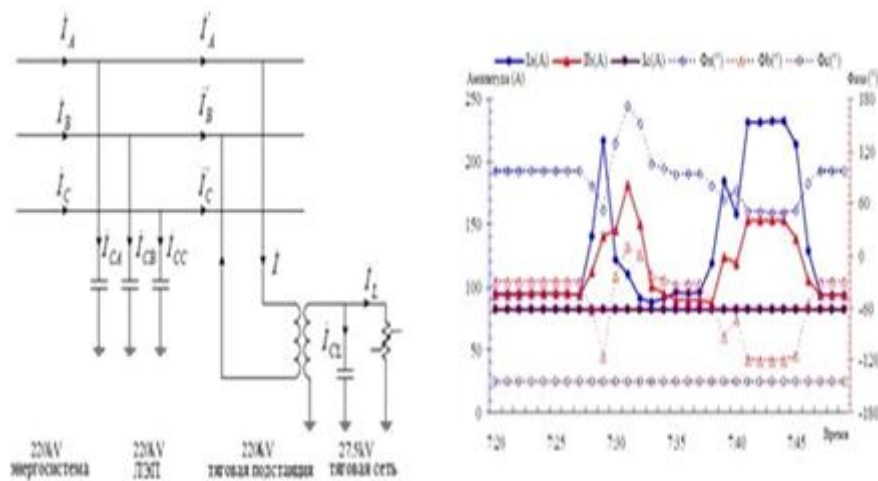


Рис. 2. Ток нагрузки, создаваемый поездом

На тяговой подстанции ток обратной последовательности I_2 нагрузки равен току прямой последовательности I_1 , и коэффициент небаланса по току $K_i = I_2/I_1 = 100\%$. Из-за симметрирующего влияния емкостного тока в кабельной линии, степень небаланса по току и напряжению на подстанции А 220 кВ будет ниже. Графики коэффициентов небаланса по току в линии А и по напряжению на шине 220 кВ показаны на рис.3. Коэффициенты рассчитаны на основе реальных данных, полученных от системы мониторинга качества электроэнергии, установленной на подстанции А.

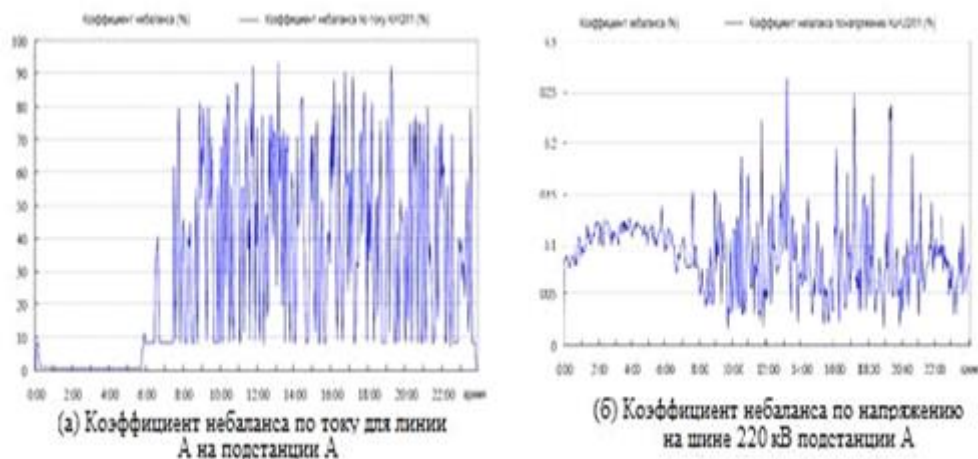


Рис. 3. Коэффициенты небаланса по току и напряжению

Из полученных данных можно видеть, что максимальный коэффициент небаланса по току при большой тяговой нагрузке может быть свыше 90%, вследствие чего коэффициент небаланса по напряжению может достигать 0.25%.

Поезд потребляет постоянный ток, поэтому для его питания от сети переменного тока требуются выпрямители. Теоретический анализ показывает, что выпрямители с числом фаз k генерируют токи гармоник с частотой $2k \pm 1$, и для двухфазного выпрямителя наибольший уровень будет иметь третья гармоника [1].

Гармоники напряжения и тока преимущественно обусловлены влиянием тяговой нагрузки. В период с 06:00 по 24:00, когда железная дорога наиболее загружена, уровень 3-й гармоники существенно выше, чем в остальное время. В то же время ток гармоник вызывает появление гармоник напряжения на шине 220 кВ подстанции А, при этом уровень 3-й гармоники также выше, чем у остальных гармоник.

Напряжение 3-й гармоники колеблется в пределах 500...800В, что соответствует относительному уровню менее 0.35%. При этом коэффициент искажения синусоидальности напряжения составляет около 0,7%. Это говорит о том, что и уровень гармоники, так и коэффициент искажения по значению не выходит за пределы требований GB/T 14549-1993 [4].

На основании вышеизложенного, мы делаем заключение, что при подпитке тяговой подстанции достаточно мощной энергосистемой, качество получаемой электроэнергии не находится под влиянием именно тяговой нагрузки, либо же ее влияние незначительно.

Таким образом, подвод итог вышесказанному, можно сделать следующие выводы:

- тяговая нагрузка, которая находится в тесной взаимосвязи с эксплуатацией скоростной железной дороги, имеет колебательный характер, а

также служит источником высших гармоник и обратных токов, оказывающих отрицательное воздействие на всю энергосистему в целом;

- уменьшение воздействия тяговой нагрузки на качество электроэнергии, может осуществляться с помощью внедрения в энергосистему, которая имеет большую мощность, системы тягового электроснабжения;

- небаланс трехфазного тока, который обусловлен тяговой нагрузкой, может служить более существенным фактором, имеющим непосредственное влияние на качество электроэнергии.

Коэффициент дисбаланса тока при имеющейся большой тяговой нагрузки может достигать 90%. В связи с чем данный показатель необходимо подвергать контролю. Также следует учитывать возможное воздействие данного дисбаланса на релейную защиту.

Создание более надежных систем электроснабжения на сегодняшний день более необходимо, так как в связи с активным развитием железных дорог, данный факт обуславливает значительное увеличение тяговой нагрузки. Поэтому, для выполнения задач, стоящих перед строительством и эксплуатацией железных дорог, важно тесное сотрудничество железнодорожных компаний и электросетевых операторов [2].

Список литературы:

1. Закарюкин, В.П. Управление качеством электроэнергии в системах тягового электроснабжения на основе технологий интеллектуальных сетей / В.П. Закарюкин, А.В. Крюков, А.В. Черепанов // Известия Транссиба. № 3(19). 2014. С. 65–75.

2. Луковенко, А.С. Повышение надежности и качества электроснабжения потребителей тяговых подстанций переменного тока / А.С. Луковенко [Электронный ресурс]: Режим доступа http://www.research.sfu-kras.ru/sites/research.sfu-kras.ru/files/Dissertaciya_Lukovenko.pdf

3. Распределенная генерация в системах электроснабжения железных дорог / М.О. Арсентьев и др. Иркутск: Изд-во ИрГУПС, 2013. –164 с.

4. Энергосбережение: технологии, приборы, оборудование: сб. научн. Э 65 трудов / под ред. А.В. Крюкова. – Иркутск: ИрГУПС, 2009. – 132 с.