

Ю.А. Мишанский

(Украина, Павлоград, ОАО «Павлоградуголь»)

ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ НА ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКИ И СИСТЕМУ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Применение тиристорных преобразователей электроэнергии для системы электропривода позволяет получить положительный эффект для технологических процессов и снизить расходы электроэнергии на конкретной установке. Вместе с тем преобразователи электрической энергии в результате их работы оказывают влияние на снижение качества электроэнергии. Снижается производительность электродвигателей а, следовательно, машин и механизмов, происходит преждевременное старение изоляции, появляются дополнительные потери электроэнергии в элементах электрической сети.

Проблема электрической совместимости связана с энергоресурсосбережением. Ежегодный экономический ущерб, обусловленный неудовлетворительным уровнем электромагнитной совместимости, в промышленности и в быту по разным оценкам составляет от 100 до 500 млрд евро [1]. Для решения проблемы предполагается устанавливать различные фильтры для высших гармонических составляющих (ВГС). Однако фильтрокомпенсирующие установки (ФКУ) позволяют только снизить значение ВГС в пределах допустимых величин, о чем свидетельствуют приведенные расчеты в публикации [2].

К сожалению, в ДСТУ 3886-99 (системы электропривода) [3] не приведены рекомендации или другие соображения о методах анализа и выбора системы электропривода с учетом влияния ВГС на электрическую сеть. В приложении А «Рекомендации по экономии электроэнергии» приведены известные рекомендации по снижению расхода электроэнергии только для электродвигателей системы электроприводов. В приложении М «Примеры экономических расчетов» отсутствует влияние ВГС на элементы систем электроснабжения и другие электроприемники. Заводы-изготовители трансформаторов, двигателей и других электротехнических и электромеханических изделий расчеты ведут на нормативные значения показателей качества электроэнергии. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения устанавливает ГОСТ 13109-97 [4]. Однако выполнения этих норм любым техническим решением позволяет снизить ущерб от ВГС. Поэтому корректных практических решений или методических подходов о комплексной экономической оценке не существует.

Электроприводы с тиристорными преобразователями электроэнергии находят всё более широкое применение в машинах и механизмах горнодобывающей промышленности. Эти электроприводы имеют ряд недостатков: большой уровень и широкий диапазон изменения потребляемой из сети реактивной мощности при регулировании напряжения и нагрузки, а также искажение формы кривой напряжения питающей сети из-за наличия высших гармонических

составляющих в потребляемом токе, что приводит к ущербу, который не компенсируется достоинствами тиристорного электропривода [5].

Согласно ГОСТ 13109-97 степень искажения формы кривой напряжения характеризуется коэффициентом несинусоидальности, величина которого в нормальном режиме не должна превышать 5% для электрических сетей 6-10 кВ и 8% для сетей 0,4 кВ. В результате экспериментальных исследований в карьерных распределительных сетях с тиристорными электроприводами установлено, что форма кривой напряжения существенно отличается от синусоидальной, а коэффициент несинусоидальности превышает норму (5%) и находится в пределах 15–20%. Наиболее ощутимо выражены гармонические канонических порядков, т.е. 5, 7, 11-я и т.д. Амплитуды гармонических низких порядков — 5 и 7-й - достигают 24–33%. В кривой напряжения наряду с гармоническими канонических порядков присутствуют гармонические и других порядков (четные и нечетные), обусловленные расхождением углов открывания тиристорных и несимметрией сети.

Гармонический состав токов и напряжений в карьерных распределительных сетях с тиристорными преобразователями зависит от угла управления, мощности, потребляемой преобразователем, и параметров питающей сети. Эти величины и определяют спектральный состав напряжения сети. Искажение напряжения в карьерных распределительных сетях отрицательно влияет как на саму сеть, так и на приемники электроэнергии.

Перспективным решением по снижению влияния тиристорных преобразователей на карьерные распределительные сети и приемники электроэнергии является использование резонансных фильтров, настроенных на частоты наиболее значительных гармоник амплитудных спектров напряжений (токов). Такие фильтры являются многофункциональными устройствами, обеспечивающими снижение уровней гармонических и компенсацию реактивной мощности в сетях, а также симметрирование системы линейных напряжений. Эффективность работы фильтров зависит от правильного выбора индуктивностей реактора и емкостей конденсатора и частотной характеристики сети. Частота настройки фильтров и мощность конденсаторов должны выбираться на основе технико-экономических расчетов [5].

Справедливо автор работы [5] отмечает о необходимости выполнения технико-экономического обоснования при выборе системы электропривода. А это связано с дополнительными затратами на совершенствование электропривода, в состав которого входят трансформатор, преобразователь, системы управления ФКУ. Последнее частично компенсирует ВГС, но вместе с тем потребляет электрическую энергию.

Главная задача исследования в области влияния ВГС преобразователей на электроприемники и систему электроснабжения состоит в комплексном раскрытии экономической целесообразности принятия решения об энергоресурсосбережении, учитывающее все элементы и составляющие электротехнического комплекса.

К первой задаче следует отнести выбор принципа оптимального решения, который определяет свойства этого решения и отвечает на вопрос, в каком смысле оптимальное решение превосходит все остальные допустимые решения.

Вторая задача связана с масштабом измерения эффективности решений. Третья задача связана с учетом приоритета или различной степени важности локальных критериев.

Поэтому в задачах выбора решения, формализуемых в виде модели эффективности, первым естественным шагом следует считать выделение области компромиссов или решений, оптимальных по Парето [6, 7]. Задача состоит в поиске минимальных издержек двух сторон: выигрыш в технологии и стоимость потерь электроэнергии.

Поясним некоторые положения изложенного. Применение преобразователей для электропривода позволяет уменьшить расход электроэнергии и повысить производительность технологической машины, что приводит к снижению удельного расхода электроэнергии. В обобщенном виде получим прибыль Π . Преобразователь энергии генерирует ВГС, что наносит определенный ущерб $У$ системе электроснабжения, обусловленный дополнительными потерями электроэнергии и другими проявлениями. Для получения прибыли Π необходимо вложить капитальные затраты K_3 . Для приведенных условий окупаемость капитальных затрат определяется как:

$$t_{\text{ок}} = \frac{K_3}{k_{\Pi}\Pi - k_{У}У},$$

где k_{Π} , $k_{У}$ — коэффициенты по прибыли и ущербу соответственно.

Вывод

Обеспечение электромагнитной совместимости в электрических сетях при наличии современных тиристорных преобразователей – сложная комплексная задача, которая должна решаться на грани нахождения компромиссных решений при сравнении положительного эффекта от внедрения новых систем электроприводов и ущерба в системе электроснабжения от снижения качества напряжения. Решение приведенных задач позволит оценить технологический расход и потери электроэнергии в системе электроснабжения с тиристорными преобразователями энергии и раскрыть экономическую целесообразность в отношении применения системы электропривода.

Список литературы

1. Електромагнітна сумісність у системах електропостачання: Підручник/ І.В. Жежеленко, А.К. Шидловський, Г.Г. Півняк, Ю.Л. Саєнко. – Д.: Національний гірничий університет, 2009. – 319 с.
2. Особливі режими електричних мереж: Навч. посібник/ Г.Г. Півняк, А.К. Шидловський, Г.А. Кігель, А.Я. Рибалко, О.І. Хованська. – Д.: Національний гірничий університет, 2009. – 376 с.
3. ДСТУ 3886-99 Системы электропривода. Методы анализа и выбора. – К.: Госстандарт Украины, 2000. – 55 с.
4. ГОСТ 13109-97 Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

5. Сабыков Н.Н. О влиянии тиристорных преобразователей на питающую сеть в системах электроснабжения карьеров. Тез. докл. и собраний Всесоюз. науч.-техн. семинара «Повышение надежности и электробезопасности систем электроснабжения горнорудных предприятий», Калкодор, 1979, - С.76–78.
6. Динер И.Я. Районирование множества векторов состояния природы и задача выбора решений // В кн.: Исследование операций. Методологические решения. – М.: Наука, 1972. – С.43-62.
7. Борисов В.И. Проблемы векторной оптимизации // В кн.: Исследование операций. Методологические решения. – М.: Наука, 1972. – С.72-91.

Рекомендовано до друку: професором Випанасенко С.І.