

Ю.Г. Качан, д-р техн. наук, А.В. Николенко, канд. техн. наук, В.В. Кузнецов
(Украина, Днепрпетровск, Национальная металлургическая академия Украины),

В.Б. Траппер

(Украина, Запорожье, Запорожская государственная инженерная академия)

О ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ РАБОТЫ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В СЕТЯХ С НЕКАЧЕСТВЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ

Ввиду того, что эффективность, надежность, и экономичность эксплуатации всех электротехнических установок, а особенно систем электрического привода, использующих электрическую энергию переменного тока, во многом зависит от ее качества в электрических сетях, последнему предъявляются повышенные требования [1 – 4]. В настоящее время существуют следующие стандарты, определяющие качество используемой электрической энергии:

– межгосударственный стандарт на электроэнергию 13109-97 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения»;

– европейский стандарт EN50.006;

– международные стандарты МЭК 861, МЭК 1000-3-2, МЭК 1000-3-3, МЭК 1000-4-1;

– публикации МЭК 1000-2-1, МЭК 1000-2-2 в части уровней электромагнитной совместимости в системах электроснабжения и методов измерения электромагнитных помех.

Указанные нормативно-технические документы определяют влияние качества электроэнергии на исправный электрический магнитно–симметричный электромеханический преобразователь в части увеличения дополнительных потерь и его перегрева. По сути, все это свидетельствует о том, что у электроснабженцев и электропотребителей существует одна общая и довольно серьезная задача – улучшение и оптимизация качества электрической энергии с целью повышения эффективности ее использования и обеспечения надежности электрооборудования.

Учитывая, что на многих предприятиях широко используется нерегулируемый электропривод, в качестве его основного оборудования более чем в 90% случаев применяется асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Это обусловлено простотой конструкции последнего, и, как следствие – высокой надежностью, низкой стоимостью и минимальными эксплуатационными расходами.

Как известно, любые отклонения качества питающего напряжения приводят к росту потерь и изменению величины развиваемого момента, знакопеременные составляющие которого являются причиной дополнительных вибраций элементов конструкции рассматриваемых электродвигателей. При этом уско-

ряется старение изоляции в них и, в результате, повышается аварийность, снижаются также макропоказатели работы, такие как коэффициент мощности и, коэффициент полезного действия [5]. Одним из путей обеспечения надежной работы указанного электрооборудования переменного тока является сейчас создание систем контроля и управления качеством электроэнергии, перспективы развития которых связаны с наличием и разработкой необходимых методов и средств, позволяющих корректировать соответствующие показатели качества.

Понятие качества электрической энергии отличается от аналогичного понятия других видов выпускаемой продукции. Каждый электроприемник предназначен для работы при определенных значениях таких показателей качества электрической энергии, как отклонение напряжения (ΔU), размах изменения напряжения (δU_t), интенсивность фликера (P_t), коэффициент искажения синусоидальности кривой линейного (фазного) напряжения (K_U), коэффициент v -й высшей гармоники ($K_{U(v)}$), коэффициент обратной (ε_2) и нулевой (ε_0) последовательностей напряжения, длительность провала напряжения ($\Delta t_{п}$), импульс напряжения ($U_{имп}$), коэффициент временного перенапряжения ($K_{перU}$), отклонение частоты (Δf) [2].

Таким образом, качество электрической энергии определяется совокупностью ее характеристик, при которых электроприемники могут нормально работать и выполнять заложенные в них функции. При отклонениях указанных показателей нормальная работа электромеханических преобразователей затруднена или возможна только при значительном снижении нагрузки. Необходимо также отметить, что снижение эффективности работы такого оборудования все же имеет место и при изменениях показателей качества электроэнергии в допустимых стандартами диапазонах.

К настоящему времени накоплен богатый опыт в области исследования влияния отклонения показателей качества электроэнергии от гоструемых значений на работу асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. Так, например, при изучении вопросов, связанных с количественной оценкой ущерба вышеуказанных электромеханических преобразователей, работающих в условиях несимметрии питающего напряжения, авторы работы [6] сделали вывод, что при значении $\varepsilon_2=3,5\%$ температура обмоток двигателя повышается на 25%, а в работе [7] установлено, что при увеличении ε_2 до 4 % срок службы асинхронного двигателя снизится в два раза. В работе [8] указывается, что при работе асинхронных двигателей в условиях несинусоидальности питающего напряжения имеют место такие негативные факторы, как снижение коэффициента мощности и вращающего момента на валу электрической машины. Установлено также, что каждые 2,5% приращения питающего напряжения приводят к росту потерь в асинхронном двигателе на 3-3,9% и увеличению потребляемой реактивной мощности почти на 5%, что негативно сказывается на энергоэффективности его работы [9].

Анализ предыдущих исследований позволяет сделать вывод, что работа электромеханических преобразователей в условиях некачественной электро-

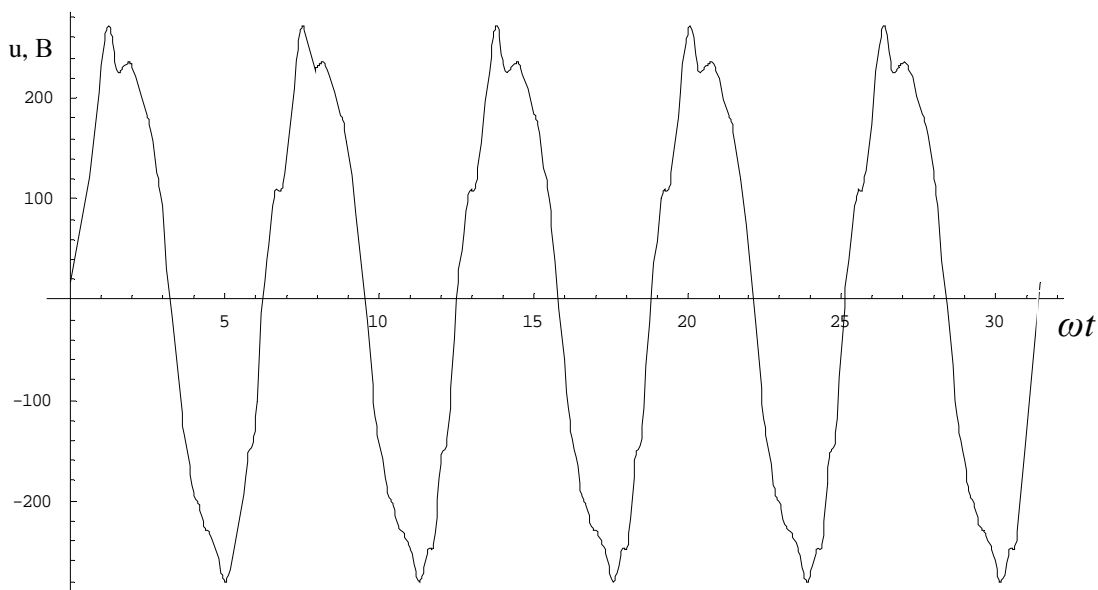
энергии приводит к снижению работоспособности и надежности такого класса оборудования. Однако опубликованные результаты не содержат экономической оценки и получаемых при этом потерь. Рассмотренные в них вопросы влияния некачественной электроэнергии на работу двигателя не затрагивают главного – финансового аспекта проблемы. Вопросы стоимостного характера до настоящего времени практически не рассматривались и, как следствие, нет возможности произвести сравнительную оценку экономических потерь, связанных с некачественной электроэнергией, и необходимых для обеспечения ее качества затрат.

В связи с вышеизложенным представляют интерес экспериментальные исследования реального состояния качества электроэнергии, потребляемой промышленными предприятиями. Так, приведенные в [10] результаты дают основание говорить о том, что превышение нормированных уровней высших гармоник даже такого порядка как 23-38 (четных и нечетных) на Алчевском металлургическом комбинате в ряде случаев доходит до семи и более раз. При этом предельные значения коэффициентов гармонических составляющих напряжения в полтора и более раз больше их допустимых значений.

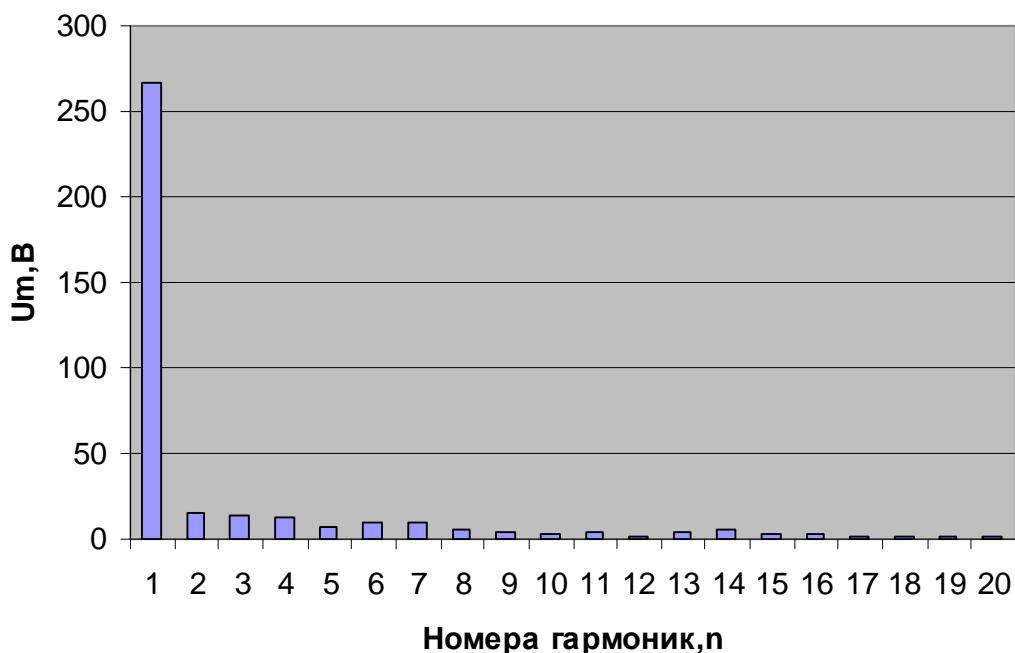
Не лучше ситуация и на других украинских предприятиях. В качестве примера на рисунке приведен спектр напряжения в сети ОАО «Запорожтрансформатор». Очевидно, что такая электроэнергия должна иметь отличную от соответствующей требованиям стандартов стран СНГ ГОСТ 13109-97 стоимость. Однако оценка последней, по причине того же отсутствия данных о величине наносимого экономического ущерба, является довольно сложной задачей. Установить цену на такую электроэнергию можно пока что только субъективно.

Таким образом, наблюдается парадоксальная ситуация, когда используемое гостирование показателей качества электроэнергии выглядит как назидательное предупреждение о том, что технические параметры электропотребителей изменятся в худшую сторону, если показатели качества не будут соответствовать требуемым, без оценки того, во что обойдется обеспечение этих требований в реально сложившейся на предприятии ситуации. По нашему мнению, решить указанную проблему возможно только с помощью технико-экономической модели, на основе которой необходимо сформулировать и решить задачу оптимизации экономического характера.

В такую модель должны вводиться реальные показатели качества электроэнергии, оказывающие негативное влияние на работу асинхронного двигателя, цены на оборудование (в том числе и на электрическую машину) и тарифы на электроэнергию возможно и некачественную. В зависимости от сложившейся ситуации такая модель позволит установить, на сколько экономически целесообразно повышать качество электроэнергии в масштабах всего предприятия, и соизмеримы ли потери, вызванные некачественной электроэнергией с капитальными затратами по восстановлению требуемого качества.



a



б

Рис. 1 Осциллограмма формы кривой напряжения (*a*) и линейчатый спектр амплитуд гармоник напряжения (*б*)

Сейчас, по мнению авторов, для многих предприятий возникла ситуация, когда в условиях существующих цен и тарифов экономически целесообразнее не приводить потребляемую электроэнергию к требованиям ГОСТов. Вызванные некачественной электроэнергией потери, по предварительной оценке, существенно меньше необходимых затрат на приведение ее к требуемому качеству. И может оказаться, что выгоднее чаще менять электродвигатели, чем устанавливать соответствующие блоки силовой электроники.

При наличии же на предприятии особо ответственного электрооборудования, требующего повышенной надежности, необходимо применять средства технической диагностики (СТД), которые позволят предупредить неожиданный

выход из строя такого оборудования и выполнить его своевременную замену и ремонт. Очевидно, что стоимость СТД, создание которых является самостоятельной задачей, также необходимо учитывать в предложенной задаче экономической оптимизации.

Список литературы

1. Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л. Вопросы качества электроэнергии в электроустановках. – Мариуполь: ПГТУ, 1996. – 173 с.
2. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – ИПК. Изд. стандартов. – 1998. – 15 с.
3. Родькин Д.И., Черный А.П., Мартыненко В.А. Обоснование критериев качества преобразования энергии в электромеханических системах // Вісн. Кременчуцьк. держ. політехн. ун-ту. – 2002. – Вип. 1. – С. 81-85.
4. Луговой А.В., Черный А.П. Вопросы практического энергосбережения промышленных предприятий // Проблеми створення нових машин і технологій (Кременчукський державний політехнічний інститут): Збірник наукових праць. – 1998. – Вип. 1(4). – С. 5-15.
5. Зиновкин В.В. Моделирование добавочных потерь в электрооборудовании системы электротехнического комплекса при несинусоидальных токах. // Вісник КДПУ. Випуск 4/2007(45) С. 49-52.
6. Beaty H. Motors require voltage limits.-Elec.World, 1978, 189, – № 5 – P. 52-53.
7. Shaller D.,Seidler E. Berechnung des Einflusses einer Zweiphasenlast auf die Strom – und Spannungsunsymmetrie in Energieversorgungsnetzen.-Mitt.Inst.Energ.,1965,Н.70 S.586-596.
8. Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 331 с.
9. Луговой А.В., Черный А.П. Вопросы практического энергосбережения промышленных предприятий.// Вісник КДПУ. – 1998. Випуск1(4). – С. 73-77.
10. Полилов Е.В., Зеленов А.Б. Экспериментальные исследования качества электрической энергии в основных цехах «АМК». Анализ гармонического состава сетевого напряжения. Вісник КДПУ.Випуск 3/2006(39). Частина 1.с.93-97.