

Борисенко Андрей Игоревич, студент, студент ДВФУ,

Россия, Владивосток

КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, НЕЛИНЕЙНАЯ НАГРУЗКА, ВЫСШИЕ ГАРМОНИКИ

Аннотация: Высокий уровень значимости электроэнергетики определяется инфраструктурным характером отрасли и прямой зависимостью между экономическим ростом страны и уровнем эффективности ее развития. Одной из наиболее актуальных проблем современного электроснабжения является проблема обеспечения качества электроэнергии. Основная причина ухудшения качества электроэнергии – широкое распространение нелинейных нагрузок, создающих при своей работе токи несинусоидальной формы. В статье рассматривается снижение напряжения питающих электрических сетей посредством улучшения качества электроэнергии.

Ключевые слова: качество электроэнергии, энергоэффективность, нелинейная нагрузка, высшие гармоники.

Abstract: the High level of importance of the power industry is determined by the infrastructural nature of the industry and the direct relationship between the economic growth of the country and the level of efficiency of its development. One of the most urgent problems of modern power supply is the problem of ensuring the quality of electricity. The main reason for the deterioration of the quality of electricity is the wide spread of nonlinear loads that create non-sinusoidal currents during their operation. The article deals with the reduction of supply voltage of electric networks by improving the quality of electricity.

Key words: power quality, energy efficiency, nonlinear load, higher harmonics.

Высокий уровень значимости электроэнергетики определяется инфраструктурным характером отрасли и прямой зависимостью между экономическим ростом страны и уровнем эффективности ее развития. В РФ сложилась неблагоприятная ситуация с потреблением энергоресурсов: по данным Международного энергетического агентства энергоемкость ВВП (Внутренний валовый продукт) России в 2,5 раза выше среднемирового уровня и в 2,5 - 3,5 раза выше, чем в развитых странах: в целом по стране около 35-40 % всех потребляемых топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) расходуется без отдачи, неэффективно: только прямые потери топливно-энергетических ресурсов достигают 25-30%. Вследствие этого возрастает себестоимость производимой промышленной и сельскохозяйственной продукции, снижается ее конкурентоспособность. Увеличиваются ежегодные затраты на поддержание в работоспособном состоянии и развитие ТЭК (Топливо-энергетический комплекс). Возрастают издержки населения, бюджетной сферы и производственного сектора на потребляемые топливно-энергетические ресурсы. Все это приводит к снижению энергоэффективности экономики в целом [5].

Характеристика качества электроэнергии в электрической сети. Не так давно вопрос качества электроэнергии был проблемой только крупных промышленных потребителей, электрифицированного транспорта, а сейчас эта проблема затрагивает уже всех потребителей, в том числе и коммунальную инфраструктуру, и население, и государственные учреждения. Если ранее источники искажения качества электроэнергии, кроме частоты и отклонения напряжения были присущи только промышленным потребителям, и потребителям, приравненным к ним, то сейчас они активно появляются и у других видов потребителей [7].

Одним из эффективных мероприятий по энергосбережению, позволяющих экономить до 40-50% электроэнергии, является использование частотно-регулируемых приводов в котельных, насосных, в том числе и систем

горячего водоснабжения зданий, строений, сооружений, государственных учреждений, жилищного фонда, в технологических установках предприятий, осуществляющих регулируемые виды деятельности.

Низкое качество электроэнергии - потенциал энергосбережения. Общеизвестно, что низкое качество электроэнергии приводит к увеличению потерь электроэнергии, а, следовательно, к снижению энергетической эффективности электрических сетей. Необходимо определить насколько велика доля потерь электроэнергии от низкого качества электроэнергии и есть ли смысл рассматривать их как потенциал энергосбережения. В [8] показано, что в электрических сетях среднего напряжения с мощными источниками высших гармоник технические потери мощности в силовых трансформаторах связи с энергосистемой существенно увеличиваются. При коэффициенте искажения синусоидальности кривой напряжения равном 5% у коммунально-бытовых потребителей, питающихся от сети 0.4 кВ. они составляют 15% нагрузочных потерь в силовом трансформаторе, а при коэффициенте искажения синусоидальности кривой напряжения 10% эти потери увеличиваются от 20 до 60%.

В качестве примера в таблице 1 показаны значения дополнительных потерь в силовом трансформаторе ТДН-16000/110 при следующих значениях ПКЭ (Показатель качества электрической энергии): $K_{2U} = 4\%$; $K_{U5} = 5\%$; $K_{U7} = 7\%$; $K_{U11} = 3\%$; $K_{U13} = 1\%$. Потери определялись по методике, приведенной в [4]. Здесь указана доля дополнительных потерь (в %) относительно номинальных потерь [6].

Параметр качества электроэнергии	Нагрузочные потери		Потери холостого хода		Суммарные потери	
	%	кВт	%	кВт	%	кВт
Несимметрия напряжения	14,5	12,325	0,16	0,03	11,9	12,355
Несинусоидальность напряжения	8,86	7,53	0,84	0,16	7,39	7,69

Таблица 1. Дополнительные потери при искажении качества электрической энергии в силовом трансформаторе.

В синхронных и асинхронных двигателях-доля таких потерь может достигать 15-20% в зависимости от соотношения показателей качества

электроэнергии. Приведенные примеры свидетельствуют о том, что дополнительные технические потери электроэнергии, вызываемые низким качеством электроэнергии, можно рассматривать в качестве потенциала энергосбережения [7].

Низкое качество электроэнергии приводит и к появлению дополнительных метрологических потерь электроэнергии, которые не учитываются в оценке экономической эффективности при установке приборов учета электроэнергии. Как известно, в зависимости от расположения источника несинусоидальности или несимметрии напряжений и токов в сети возможен как недоучет, так и переучет отпущенной или потребленной электроэнергии. Последовательность решения задачи повышения энергоэффективности электрических сетей путем улучшения качества электроэнергии [10].

Первым этапом ее решения является выявление источников искажения качества электроэнергии и места их расположения. Это возможно следующими путями: энергоаудитом, контролем качества электроэнергии, расчетно-аналитическим путем. Затем по типу источников искажения определяются параметры качества электроэнергии и показатели качества электроэнергии, которые их описывают, либо измерениями, либо расчетом [4].

Производится расчет потенциала энергосбережения, обусловленного низким качеством электроэнергии, в зависимости от его структуры. Далее выбираются узлы сети для реализации мероприятий по улучшению качества электроэнергии. Для выбранных узлов вначале определяется возможность применения организационных мероприятий, как малозатратных, выбираются организационные мероприятия, набор которых зависит от показателей качества электроэнергии, не удовлетворяющих требованиям действующего стандарта на качество электроэнергии, производится оценка их экономической эффективности и определяется доля реализованного потенциала энергосбережения, т.е. процент снижения потерь от низкого качества электроэнергии [10].

Библиотека мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности электрических сетей путем улучшения качества электроэнергии. Для тиражирования мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности сетей с низким качеством электроэнергии, целесообразно разработать типовые мероприятия по аналогии с существующим перечнем типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и создать библиотеку таких мероприятий [2].

Каждое мероприятие рекомендуется описывать в следующем порядке: аннотация, назначение мероприятия, тип мероприятия, область применения, краткая характеристика мероприятия, нормативные документы, методика оценки экономической эффективности, инструкция к применению [6].

Выводы

1. Показана целесообразность использования в качестве типовых мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности электрических сетей, мероприятия по улучшению качества электроэнергии.

2. Разработан порядок реализации потенциала энергосбережения в электрических сетях, обусловленного низким качеством электроэнергии.

3. Предложено создать библиотеку типовых мероприятий по повышению энергоэффективности электрических сетей путем улучшения качества электроэнергии, и показана методика ее реализации [3].

Библиографический список:

1. Ананичева С. С., Мызин А. Л. Схемы замещения и установившиеся режимы электрических сетей: учебное пособие; 6-е изд., испр. Екатеринбург: УрФУ. 2012. 80 с.

2. Вендин С. В., Щербинин И. А. К расчету распространения электромагнитного импульса при СВЧ обработке диэлектрических сред / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2015. № 2. С. 204-206.

3. Виноградов А. А., Соловьев С. В. Математические задачи электроэнергетики / Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов направления 140400 // Электроэнергетика и электротехника, Белгород: БГТУ им Шухова. 2013. 37 с.
4. Латыпов И. С., Сушков В. В. Снижение потерь электроэнергии в распределительной сети напряжением 6-35 кВ в системе электроснабжения потребителей нефтегазовой отрасли // Культура, наука, образование: проблемы и перспективы: материалы 5 Междунар. науч.-практ. конф. Нижневартонск. 2016. Ч. П. С. 107—111.
5. Повышение эффективности воздушных линий электропередачи напряжением 110-220 кВ в гололедных районах: монография / Г. Г. Угаров, Н. Ю. Шевченко, Ю. В. Лебедева, А. Г. Сошинов. – М.: Перо, 2013. – 186 с.
6. Ignotas A. Lithuanian legal and regulatory framework for district heating. Presented at IEA workshop «District heating policy in transition economies». Prague. February 2004. 167 p.
7. Mir V. Ali. Evolution of heating units: from Ingalls to Jinmao // Electronic J. of Structural Engineering. 2001. V. 1. № 1. P. 2-14.
8. M.C. Georgiadis, E.S. Kikkinides, E.N. Pistikopoulo. Energy Systems Engineering// WILEY-VCH, Weinheim-2008. 337 p.
9. McGranagham M., Blevins J., Samotyj M. Оптимальное решение для качества электроэнергии и повышения надёжности // Transmission & Distribution World. 2004. № 2. С. 48-52.
10. Sidea D. Weather-based assessment of the overhead line conductors thermal state // PowerTech. IEEE Eindhoven. 2015. P. 1-6.