УДК 665.63.004.12

Ю.В.ГУЛЬКОВ
Горно-электромеханический факультет,
аспирант кафедры электротехники и электромеханики

ОЦЕНКА ДОПУСТИМОГО ВКЛАДА В УХУДШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКАМИ

Проведены исследования качества электрической энергии электротехнического комплекса нефтеперерабатывающего предприятия ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез». Измерения проводились в условиях действующего оборудования на распределительных подстанциях предприятия и на границе раздела с энергосистемой. На основе существующих методик измерения, контроля и анализа качества электроэнергии была произведена оценка допустимого вклада в ухудшение качества электроэнергии электроприемниками нефтеперерабатывающего предприятия на границе раздела с энергосистемой. Оценка допустимого вклада в ухудшение качества электроэнергии показала, что при увеличении установленной мощности приводов на основе частотных преобразователей свыше 12 % от суммарной установленной мощности электроприемников нефтеперерабатывающего предприятия будут превышены предельно допускаемые значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения на границе раздела с энергосистемой.

A research in the quality of electrical energy and the electro-technical complex of the oil refinery OOO «PO “KINEF”» is carried out. The measurement was carried out in conditions of nonstop operation of the equipment on distributive substations of the enterprise and on the energy system border. Basing on existing measurement techniques, monitoring and analysis of electric power quality an estimation of acceptable levels of power deterioration on energy system border was carried out. The estimation results showed that in more that 12 % increase in rated capacity of the refinery’s power collector, maximum permissible values of harmonicity deterioration coefficient of the voltage curve will be exceeded on the energy system border.

Качество электроэнергии тесно связано с надежностью электроснабжения, поскольку нормальный режим электроснабжения предполагает, что потребители получают электроэнергию бесперебойно в количестве, заранее согласованном с энергоснабжающей организацией, и нормированного качества. В современных условиях реформирования энергетики России, одним из перспективных направлений которого является энергосбережение, качество электроэнергии – основная его составляющая. Приоритетными направлениями развития нефтеперерабатывающих предприятий являются мероприятия по углублению переработки нефти и энергосбережение при производстве нефтепродуктов.

В этой связи, а также вследствие того, что энергетическая составляющая в структуре себестоимости переработки нефти составляет 15 % и имеет тенденции к непрерывному увеличению, были проведены исследования качества электроэнергии электротехнического комплекса НПП «Киришинефтеоргсинтез». Измерения показателей качества электроэнергии проводились в условиях действующего оборудования на распределительных подстанциях нефтеперерабатывающего предприятия и на границе раздела с энергосистемой. Выявлены значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения в сети в спектре гармоник $6k \pm 1$ (5, 7, 11, 13, 17), показывающие, что их источниками являются 6-пульсные частотные преобразователи регулируемого привода.

На основании данных о ремонтах оборудования и протоколов замеров изоляции

определено отрицательное воздействие высших гармоник тока на электроприемники, вызывающие дополнительные потери в электрических машинах, трансформаторах и сетях, старение изоляции, ухудшение условий работы конденсаторных батарей, релейной защиты и автоматики, снижение надежности функционирования электроприемников нефтеперерабатывающего предприятия.

В условиях нефтеперерабатывающих предприятий батареи конденсаторов способствуют созданию условий, близких к резонансу токов на частоте какой-либо из гармоник, что приводит к опасной перегрузке их по току. В ходе исследований установлено, что гармоникой, отвечающей таким требованиям, является 11-я.

На основе действующей нормативной документации и существующих методик измерения, контроля и анализа качества электроэнергии [3, 4] была произведена оценка допустимого вклада в ухудшение качества электроэнергии электроприемниками нефтеперерабатывающего предприятия на границе раздела с энергосистемой. Оценка производилась по уровню несинусоидальности напряжения. Измерение коэффициента n-й гармонической составляющей напряжения $K_{(n)i}$ осуществлялось для линейных напряжений.

Коэффициент n-й гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$ в процентах как результат усреднения N наблюдений $K_{U(n)i}$ в интервале времени T_{vs}, равном 3 с,

$$K_{U(n)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (K_{U(n)i})^2}{N}}.$$

Требования потребителя по допустимому для него уровню эмиссии гармоник в энергосистему в точке общего присоединения определяется из выражения

$$\text{ТДВ}_{(K_U)} = \frac{S_{\text{нл}i} \sqrt{\sum_{n=2}^{40} (nK_{i(n)})^2}}{1000 S_{\text{кз}}},$$

где $S_{\text{нл}i}$ – установленная мощность нелинейной нагрузки, кВА.

Допустимый вклад i-го потребителя [2] определяется выражением

$$\text{ДВ} = \Pi_{\text{р}} d i^{1/a},$$

где $\Pi_{\text{р}} = (\Pi_{\text{ГОСТ}}{}^{a} - \Pi_{\text{НН/ВН}}{}^{a} - \Pi_{\text{нк.п}}{}^{a})^{1/a}$ – показатель качества электроэнергии, распределенной между потребителями на границе раздела с энергосистемой; $\Pi_{\text{ГОСТ}}$ – показатель качества электроэнергии, определенный по ГОСТ 13109-97; $\Pi_{\text{нк.п}}$ – показатель качества электроэнергии, измеренный на шинах нелинейного потребителя; $\Pi_{\text{НН/ВН}} = \Pi_{\text{НН}}{}^{a} - \Pi_{\text{ВН}}{}^{a} / 2$ – показатель качества электроэнергии, учитывающий разные нормированные значения для сети высокого и низкого напряжения; $d = P_{30i} / P_{\text{п/ст}}$ – доля нагрузки потребителя в нагрузке подстанции при полном использовании ее пропускной способности.

Поскольку $S_{\text{п/ст.исп}} \le S_{\text{п/ст}}$,

$$\text{ДВ}_{\text{макс}\,i} = \left(\frac{S_{\text{п/ст.исп}}}{S_{\text{п/ст}}} \frac{S_{\text{уст.нл}\,i}}{\sum_{i=1}^{m} S_{\text{уст.нл}\,i}} \right).$$

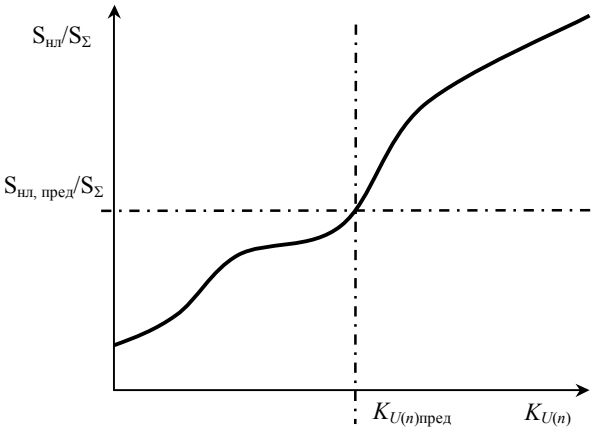
Установленные нормативной документацией [1] нормально допустимые (в числителе) и предельно допустимые (в знаменателе) значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения на границе раздела с энергосистемой, являющейся точками общего присоединения в электрических сетях с различными номинальными напряжениями, следующие:

$U_{\text{ном}}$, кВ	0,38	6-20	35	110-330
$\frac{K_{U(n)\text{нд}}}{K_{U(n)\text{пред}}}$	$\frac{8,0}{12,0}$	$\frac{5,0}{8,0}$	$\frac{4,0}{6,0}$	$\frac{2,0}{3,0}$

Предельно допустимое значение коэффициента n-й гармонической составляющей напряжения вычисляют по формуле

$$K_{U(n)\text{пред}} = 1{,}5 K_{U(n)\text{нд}},$$

где $K_{U(n)\text{нд}}$ – нормально допускаемое значение коэффициента n-й гармонической составляющей напряжения, определяемое по вышеприведенным данным.



Зависимость коэффициента несинусоидальности от отношения установленной мощности нелинейных электроприемников к суммарной установленной мощности электроприемников НПП

В результате исследований получена зависимость, представленная в виде графика (см. рисунок).

Зависимость показывает, что широкое внедрение частотно-регулируемых приводов, являющихся основным источником искажения синусоидальности кривой напряжения, приводит к увеличению допустимого вклада в ухудшение качества электроэнергии электроприемниками нефтеперерабатывающего предприятия на границе раздела с энергосистемой. Так, при увеличении установленной мощности приводов на основе частотных преобразователей свыше 12 % от суммарной установленной мощности электроприемников нефтеперерабатывающего предприятия будут превышены предельно допускаемые значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения на границе раздела с энергосистемой.

Следовательно, наряду с широким внедрением регулируемых приводов как наиболее экономически выгодных при производстве нефтепродуктов для нормализации электромагнитной обстановки и снижения несинусоидальности напряжения в условиях нефтеперерабатывающих предприятий могут быть предложены схемные мероприятия, использование фильтровых устройств, применение специального оборудования, характеризующегося пониженным уровнем генерации высших гармоник в сеть.

Результаты исследований и разработанные в соответствии с ними мероприятия исследуются энергослужбами ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез» в целях внедрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 13109-97 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Изд-во стандартов, 1998.

2. Правила присоединения потребителя к сети общего назначения по условиям влияния на качество электроэнергии / Главгосэнергонадзор. М., 1991.

3. РД 153-34.0-15.501-00. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Ч.1. Контроль качества электрической энергии. М.: Изд-во стандартов, 2000.

4. РД 153-34.0-15.502-02. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Ч.2. Анализ качества электрической энергии. М.: Изд-во стандартов, 2002.

Научный руководитель д.т.н. проф. *Б.Н.Абрамович*