

УДК 621.311

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ
РЕЗКОПЕРЕМЕННОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ НАГРУЗКИ НА КАЧЕСТВО
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ПОДСТАНЦИИ****БАЛАМЕТОВ А.Б., ХАЛИЛОВ Э.Д., *ИСАЕВА Т.М.,
ИЛЯСОВ О. В., ИСАЕВ М.З.

*Азербайджанский Научно-Исследовательский
и Проектно-Изыскательский институт Энергетики,
*Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия,
**АО «Азерэнерджи»*

В настоящее время многие нагрузки являются нелинейными. В статье приведены результаты экспериментальных исследований показателей качества электроэнергии по результатам измерения режимов резкопеременной нелинейной нагрузки в узле электрической сети высокого напряжения 110 кВ. Для измерений был использован измерительно-вычислительный комплекс «SIMEAS Q». Анализирован фактический вклад нагрузки в ухудшении качества электрической энергии.

В настоящее время многие нагрузки: силовые электронные устройства типа источников бесперебойного питания, частотно-управляемый электропривод, управляемые выпрямители, нагрузки управляемые тиристорами, флуоресцентное освещение с электронным балластом и т.д. являются нелинейными.

В случае наиболее крупных потребителей с нелинейными нагрузками (алюминиевые заводы, железные дороги, ЭДСП) присоединенных к ЭС энергосистем с протяженными линиями электропередачи возникли сложности, в связи с определением их фактического вклада в ухудшении показателей качества электрической энергии. Они генерируют высшие гармоники, что приводит к искажению кривых напряжения и тока, изменению характеристик доставляемой энергии и требует увеличения мощности системы на величину, затрачиваемую на эти искажения.

Существующие методики учета отпущенной электроэнергии недостоверно оценивают процессы, происходящие в электрических сетях. Это — одна из причин, по которой предприятия-потребители неохотно проводят или не проводят энергосберегающие мероприятия, связанные с установкой и использованием фильтрокомпенсирующих устройств [1-10]. Существующая система расчета за потребленную электроэнергию делает экономически более выгодной для потребителя работу без проведения таких мероприятий. Несовершенство системы учета отпущенной электроэнергии приводит к тому, что предприятие платит меньше, не осуществляя никаких мер и относя свои потери на счет поставщика.

Учитывая прогрессирующее внедрение силовой электроники на промышленных предприятиях, железнодорожном транспорте, буровых установках и практически у всех категорий потребителей, задача адекватной оценки энергетических процессов, происходящих в электрических сетях с несинусоидальными режимами, становится все более важной.

Высшие гармоники все еще остаются серьезной нерешенной проблемой в области качества электрической энергии, хотя по этой проблеме ведутся широкие исследования. Наиболее изученными можно считать режимы сетей при наличии высших гармоник и способы их нормализации в промышленных сетях [1]. В сетях высокого напряжения

такие режимы менее изучены. В протяженных сетях сложной структуры процессы на высших гармониках носят сложный характер, который определяется конфигурацией сети, составом и параметрами ее элементов, волновыми свойствами сети.

Проведенные расчеты режимов высших гармоник в электрических сетях с нелинейными нагрузками и исследования в реальных сетях показывают целесообразность использовать новый принцип определения ответственности потребителя и системы за качество электрической энергии: потребитель должен отвечать за уровень генерации искажения (например, тока высших гармоник), а система – за уровень напряжений высших гармоник или $K_{нс}$.

В соответствии с ГОСТ 13109-97 "Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения" в Технических условиях (ТУ) на присоединение потребителя к электрической сети и в Договоре электроснабжения (ДЭ) должны быть установлены требования к качеству электрической энергии (КЭЭ) в точке общего присоединения (ТОП) по следующим показателям КЭЭ (ПКЭЭ): отклонение частоты; установившееся отклонение напряжения; коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения; коэффициент n -й гармонической составляющей напряжения; коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности; коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности; размах изменения напряжения и (или) доза фликера; длительность провала напряжения.

Значения коэффициента обратной последовательности, коэффициентов высших гармонических и искажения синусоидальности кривой напряжения, а также дозы фликера формируются электроустановками потребителей, и энергосистема не может отвечать за их уровень в ТК, не установив ограничивающих условий на влияние каждого из участников.

В Азербайджанской энергосистеме в настоящее время не до конца проработано положение об ответственности за качество электрической энергии, поэтому до сих пор не решен и вопрос о статусе "Правил...".

Наиболее сложно определить сторону, виновную в искажении коэффициента несинусоидальности при присоединении к сетям 220, 110 кВ таких потребителей, как электродуговые сталеплавильные печи - ЭДСП. В системах электроснабжения предприятий электродуговыми сталеплавильными печами имеют место как резкопеременные нагрузки, так и генерирование гармоник.

В 2006-ом году Аз НИ и ПИ Институт Энергетики проводил исследования на подстанции «Промузел» 220/110 кВ (рис.1.) для выявления реального вклада резкопеременной нелинейной нагрузки в ухудшении качества электрической энергии.

Для измерения параметров сети высокого напряжения 110-220 кВ был использован измерительно-вычислительный комплекс «SIMEAS Q» фирмы «Siemens», который измеряет среднеквадратическое значение напряжений, частоту, активную, реактивную и полную мощность, коэффициент мощности, симметрию для тока и напряжения, дозу фликера, 1- 40 гармоники напряжения и тока, полное гармоническое искажение, активную энергию - импорт и экспорт, реактивную - индуктивную и емкостную энергию и полную энергию системы. Время усреднения параметров измерения «SIMEAS Q» составляет 1-3600 с. Время измерения отклонений от заданных пределов задаются от 10 мс до 3600 с.

В соответствии с программой измерений было проведено шесть серий опытов. Измерения параметров режима осуществлялись 28.06.2006 с использованием «SIMEAS Q» непосредственно на ВЛ-2 110 кВ со стороны подстанции «Промузел» 220\110\10 кВ и на подводе АТР-2 при разных режимах и времени усреднения параметров режима 10 мс, 1 сек и 10 сек прибора в соответствии с требованиями к интервалам усреднения результатов измерений показателей КЭ.

Подстанция Бакинской Сталелитейной компании 110/35/10 кВ (рис. 1) имеет силовые трансформаторы 2*80 МВА 110/35 кВ, 2*40 МВА 110/10 кВ. ЭДСП питается от шин 35 кВ через последовательный регулируемый реактор 0÷16 Ом от силового печного трансформатора 18 МВА 35/0.4 кВ. На шины 35 кВ подключены батареи конденсаторов - БСК: БСК-1 мощностью 9.8 МВАр с последовательным реактором и БСК-2 мощностью 12.6 МВАр с суммарной мощностью 22.4 МВАр.

Измерения параметров режима с использованием «SIMEAS Q» проводились 28.06.2006 непосредственно на ВЛ-2 110 кВ со стороны подстанции «Промузел» 220\110\10 кВ и на подводе АТР-2 при разных режимах и времени усреднения параметров режима 1 - 10 сек.

На рис.2 приведены графики изменения активной, реактивной и полной мощности ВЛ 110 кВ №2 Бакинской Сталелитейной Компании со стороны подстанции «Промузел».

Цикл работы ЭДСП делится на три характерных периода: энергетический, в течение которого осуществляется нагрев шихты и плавление металла; технологический, состоящий в свою очередь из окислительного и восстановительного периодов; вспомогательный, в течение которого происходит выпуск готового металла, заправка, очистка и загрузка печи. Генерация высших гармоник, в основном, происходит в энергетическом и технологическом периодах. В энергетическом периоде печь потребляет мощность, необходимую для подогрева шихты и для покрытия теплоты ее плавления. Длительность этого периода составляет 50-60% общей длительности процесса плавки, а расход электроэнергии равен 60-80% энергии, потребляемой на всю плавку. Режим горения дуг в период расплавления крайне нестабилен; мощность дуг резко колеблется. Число коротких замыканий за период расплавления достигает 100 и более. Допустимая длительность одного короткого замыкания составляет 2-8 с.

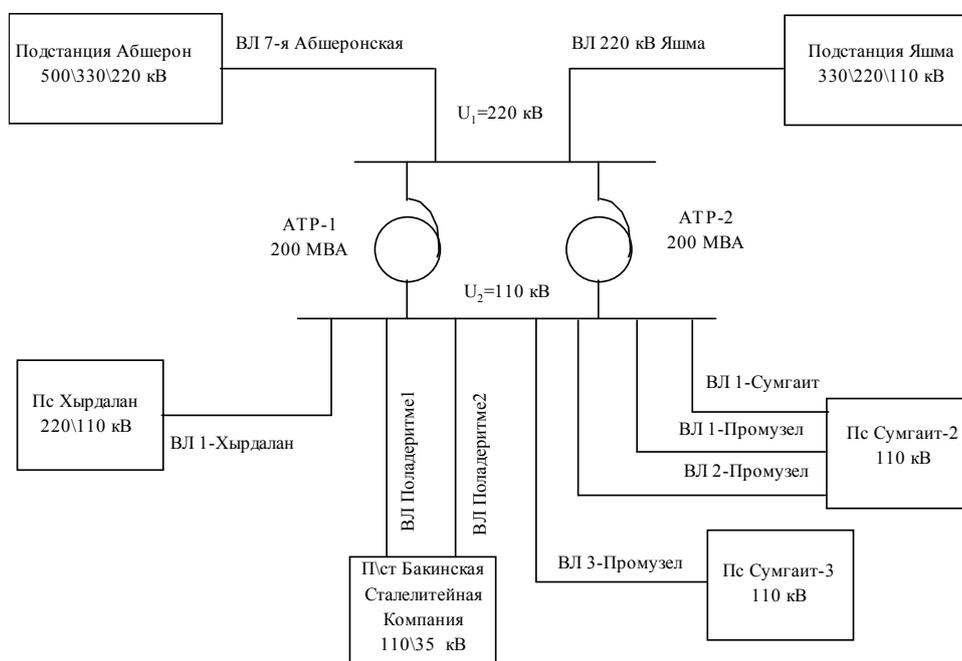
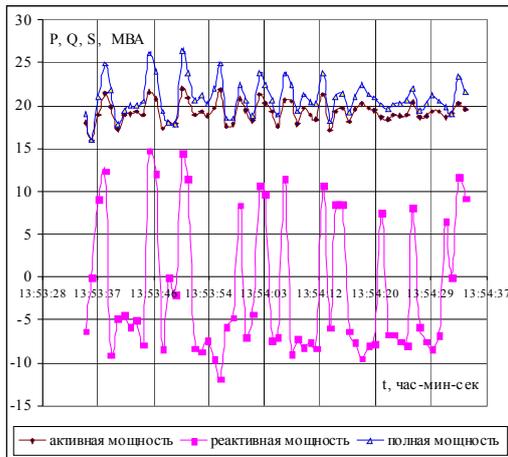


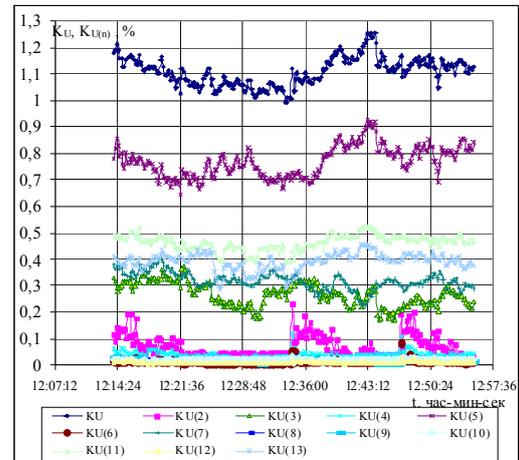
Рис.1. Схема подстанции «Промузел» 220/110 кВ.

В период расплавления высшие гармоники проявляются более интенсивно, чем в другие периоды плавки (окисление, рафинирование). Поэтому для практических целей важно знать уровни гармоник для периода расплавления. В этот период кривые токов и противо-ЭДС дуг значительно искажены.

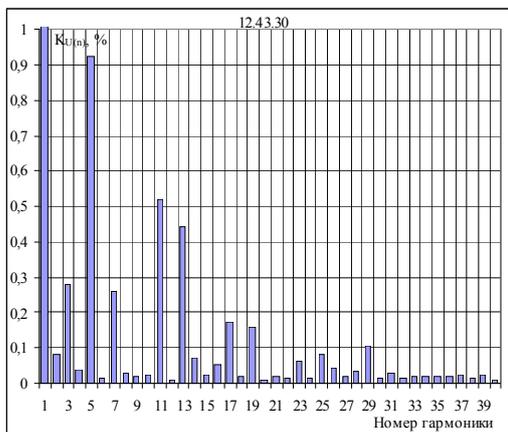
Несинусоидальность напряжения. Несинусоидальность напряжения характеризуется следующими показателями: коэффициентом искажения синусоидальности кривой напряжения; коэффициентом n-ой гармонической составляющей напряжения.



Графики изменения активной, реактивной и полной мощности



Зависимости коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения



Спектр гармоник напряжения

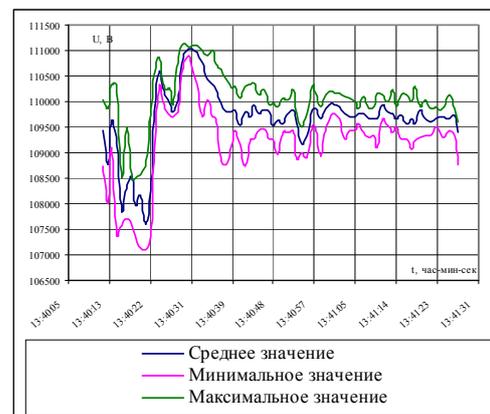
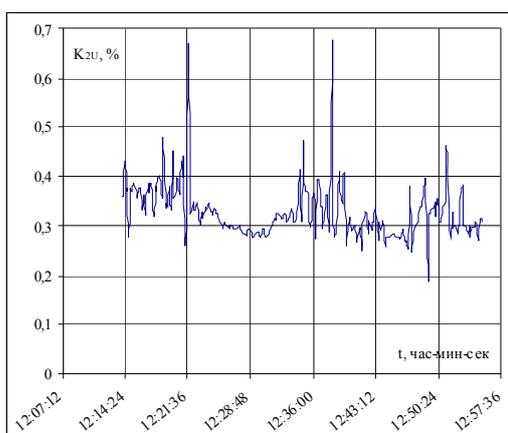
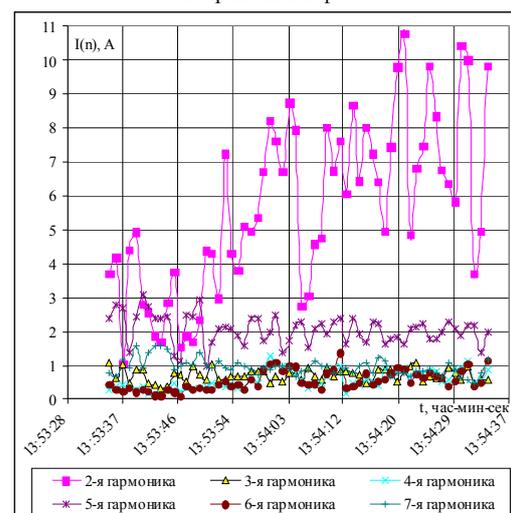


График изменения пределов изменения напряжений в фазе А



Зависимость коэффициента несимметрии напряжений по обратной



Зависимости изменения гармонических составляющих тока ВЛ-2

Рис.2. Результаты измерений параметров режима в зависимости от времени на ВЛ 110 кВ №2 Бакинской Сталелитейной Компании со стороны подстанции «Промузел».

На рис 2. приведены зависимости коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения и коэффициента n-й гармонической составляющей напряжения шин 110 кВ подстанции "Сенайе говшагы". Уровни напряжения высших гармонических на шинах 110 кВ подстанции "Сенайе Говшагы" меняются. Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения для проведенных серий измерений меняется в пределах 0.9 ÷ 1.25 %.

На рис 2. приведены также зависимости изменения гармонических составляющих тока ВЛ 2 со стороны подстанции "Сенайе говшагы" 220\110\10 кВ от времени и спектр гармоник напряжения шин 110 кВ подстанции "Сенайе говшагы" для момента измерения 12.43.30 час-мин-сек. Резкие изменения присущи 2 и 3 гармоникам напряжения.

В таблице 1 приведены зависимости коэффициентов n-ой гармонической составляющей напряжения на шинах 110 кВ подстанции "Сенайе говшагы" 220\110\10 кВ от времени, по измерениям 28.06.2006-года.

Таблица 1. Значения коэффициентов n-ой гармонической составляющей напряжения на шинах 110 кВ подстанции "Сенайе говшагы" 220\110\10 кВ в зависимости от времени.

Время измерения час-мин-сек	Коэффициенты n-ой гармонической составляющей напряжения на шинах 110 кВ, %								
	2	3	5	7	11	13	17	19	29
12:43:30	0.08	0.27	0.92	0.37	0.52	0.44	0.17	0.16	0.11
	0.38	0.08	0.61	0.32	0.46	0.43	0.13	0.12	0.09

Уровни токов высших гармоник. Токи высших гармоник по ВЛ 110 кВ «Поладеритме» для цикла плавления, рафинирования металла во времени меняются.

В таблице 2 приведены зависимости гармонических составляющих токов ВЛ 2 со стороны подстанции "Сенайе говшагы" 220\110\10 кВ от времени по измерениям 28.06.2006-года.

Таблица 2. Значения гармонических составляющих токов ВЛ 2 со стороны подстанции "Сенайе говшагы" 220\110\10 кВ в зависимости от времени.

Время измерения час-мин-сек	Ток гармоники, А/%								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
13:14:50	67.07	11.83	0.74	2.60	1.09	2.90	1.36	0.80	0.48
	100	17.7	1.10	3.87	1.62	4.32	2.03	1.19	0.71
13:54.21	95.23	10.77	0.87	0.92	1.63	0.89	0.77	0.50	0.12
	100	11.31	0.91	0.97	1.71	0.93	0.85	0.52	0.13
13:32:50	66.41	0.10	0.58	0.06	0.62	0.02	0.26	0.02	0.02
	100	0.15	0.87	0.09	0.93	0.03	0.39	0.03	0.03

Резкие изменения присущи четным гармоникам тока. Ток 2-й гармоники по ВЛ-2 110 кВ «Поладеритме» составляет 17.6 % от первой гармоники.

Несимметрия напряжений характеризуется следующими показателями: коэффициентом несимметрии напряжений по обратной последовательности; коэффициентом несимметрии напряжений по нулевой последовательности.

Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности составляет менее чем 0.9%.

Нормально допустимое и предельно допустимое значение коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности в точках общего присоединения к электрическим сетям равны 2,0 и 4,0 % соответственно.

Коэффициенты несимметрии напряжений по обратной последовательности в точке общего присоединения лежат в допустимых пределах.

На рис 2. приведены зависимости коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности на шинах 110 кВ подстанции "Сенайе говшагы".

Несимметрия тока по фазам. Токи по фазам ВЛ 110 кВ Бакинской Сталелитейной компании со стороны подстанции «Промузел» меняются в пределах 50 А.

Генерация искажающей мощности по гармоникам, ВЛ-2 110 кВ питающей Бакинскую Сталелитейную компанию определена по формуле

$$Q_{isk(n)} = \sqrt{3} \cdot U_{(1)} \cdot I_{(n)}$$

В таблице 3. приведены значения генерация искажающей мощности нелинейной нагрузкой БСК по ВЛ-2 со стороны подстанции "Сенайе говшагы" 220\110\10 кВ в зависимости от времени.

Таблица 3. Значения генерация искажающей мощности нелинейной нагрузкой БСК по ВЛ 2 со стороны подстанции "Сенайе говшагы" 220\110\10 кВ в зависимости от времени.

Время измерения час-мин-сек	Генерация искажающей мощности по гармоникам, кВА							
	2	3	4	5	6	7	8	9
13:14:50	2251	141	495	207	552	259	152	91

Показатели переменной нагрузки. Графики изменения активной и реактивной мощности на подстанции «Промузел» приведены на рис. 1. В результате анализа полученных при измерениях данных установлено, что в течение 1-2 секунды нагрузка подстанции резко меняется. Активная мощность меняется в пределах 0÷22 МВт, а реактивная мощность в пределах +15 ÷-12 МВАр. Это наблюдается визуально по показаниям также аналоговых щитовых приборов в виде сильных колебаний стрелок приборов измерения P, Q, I и U.

Качество электрической энергии по установившемуся отклонению напряжения в точке общего присоединения к электрической сети считают соответствующим требованиям стандарта [1], если все измеренные за каждую минуту в течение установленного периода времени (24 ч) значения установившегося отклонения напряжения находятся в интервале, ограниченном предельно допустимыми значениями, и в то же время не менее 95 % измеренных за тот же период времени значений установившегося отклонения напряжения находятся в интервале, ограниченном нормально допустимыми значениями.

Таким образом, суммарная продолжительность времени выхода за нормально допустимые значения составляет не более 5 % от установленного периода времени, т. е. 1 ч 12 мин, а за предельно допустимые значения - 0 % от этого периода времени.

Дополнительно допускается определять соответствие нормам стандарта по суммарной продолжительности времени выхода измеренных значений данного показателя за нормально и предельно допустимые пределы.

Колебания напряжения характеризуются размахом изменения напряжения и дозой фликера. При любой форме периодических и непериодических колебаний напряжения оценка соответствия этих колебаний нормам настоящего стандарта может быть проведена с помощью специализированного средства измерений — фликерметра. При наличии записи огибающей среднеквадратичных значений напряжения на интервале времени измерений с помощью средств измерений, оценка может быть проведена аналитическими методами.

Размах изменения напряжения δU_i в процентах вычисляют по формуле

$$\delta U_i = \frac{|U_i - U_{i+1}|}{U_{\text{ном}}} \cdot 100$$

где U_i, U_{i+1} — значения следующих один за другим экстремумов или экстремума и горизонтального участка огибающей среднеквадратичных значений напряжения основной частоты, определенных на каждом полупериоде основной частоты.

Частоту повторения изменений напряжения $F_{\delta U_t}$ с⁻¹, мин⁻¹, при периодических колебаниях напряжения вычисляют по формуле

$$F_{\delta U_t} = \frac{m}{t}$$

где m — число изменений напряжения за время T ; T — интервал времени измерения.

По результатам измерений число изменений напряжения Бакинской Сталелитейной Компании за время 1 мин составило 22.

Интервал времени между изменениями напряжения $\Delta t_{i,i+1}$ в секундах или минутах вычисляют по формуле

$$\Delta t_{i,i+1} = t_{i+1} - t_i$$

где t_i, t_{i+1} — начальные моменты следующих один за другим изменений напряжения, с.

В зависимости от величины колебания мощности ЭДСП приводят к колебанию напряжения в пределах 1-3 %.

Фликер — субъективное восприятие человеком колебаний светового потока искусственных источников освещения, вызванных колебаниями напряжения в электрической сети, питающей эти источники. Предельно допустимое значение для кратковременной дозы фликера в точках общего присоединения потребителей электрической энергии установлено равным 1,0, а для длительной дозы фликера P_{Lt} в этих же точках равно 0,74. Фактическое значение дозы фликера меняется в пределах 1.4-2.3, что значительно превышает допустимую норму.

Пределы изменения напряжений. Пределы изменения напряжений шин 110 кВ подстанции «Промузел» 220\110\10 кВ при времени усреднения прибора "Simeas Q" 1 сек приведены на рис. 2. При этом максимальные и минимальные значения напряжения узла регистрируются прибором "Simeas Q" по измерениям за промежуток времени 10 мс, и усредняются за промежуток времени 1 сек. Разница между максимальными и минимальными значениями напряжения составляет около 1.5 %. Средний размах напряжения узла в данном эксперименте составляет около 1.5 %.

Пределы изменения токов. Пределы изменения тока в фазе А 110 кВ Бакинской Сталелитейной Компании со стороны подстанции «Промузел» 220\110\10 кВ при времени усреднения прибора "Simeas Q" 1 секунда находятся (рис.2) в диапазонах 50-220 А и 75-150.

При расчете размаха напряжений при приложении ударных нагрузок, можно пользоваться выражениями аналогичными принятым для оценки установившихся значений потерь напряжения в сети:

$$\Delta U = \frac{\Delta P \cdot r + \Delta Q \cdot x}{U}$$

где $\Delta P, \Delta Q$ – размахи изменений активной и реактивной мощностей.

В расчетах колебаний напряжения используется также выражение

$$\Delta U = 100 \cdot \frac{\Delta Q}{S_{K3}}$$

Для Сталелитейной Компании имеет место $S_{K3}=3100$ МВАр. При работе одного АТР $S_{K3}=1550$ МВАр. Размах изменений реактивной мощности $\Delta Q=32$ МВАр. В этом случае расчетное значение колебания напряжения на шинах п/ст «Промузел» меняется в пределах $\Delta U=1-2.5\%$. На шинах 35 кВ Бакинской Сталелитейной Компании колебания напряжения меняются в пределах 10% и более.

Предельно допускаемые размахи изменений напряжения, полученные по экспериментальным данным в зависимости от частоты повторения изменений напряжения за минуту, соответствующие форме меандра при $F=22$ в соответствии с [1] (рис. 1 ГОСТ 13109-97) составляют 1.14%. Таким образом, размахи изменений напряжения значительно больше допускаемых.

Значения дозы фликера полученные измерениями 28.06.2006 года приведены в таблице 4. Определены фактические вклады потребителя в ПКЭЭ. Доза фликера меняется в пределах 1.4-2.3, что значительно превышает допустимую норму.

Бакинская Сталелитейная компания нарушает ДВП по ПКЭЭ, поэтому к ней можно предъявить требование о проведении энергосберегающих мероприятий за ухудшение качества электрической энергии по вине потребителя, либо требовать проведение мероприятия, связанных с установкой и использованием фильтрокомпенсирующих и других устройств, снижающих вклад в искажения ПКЭЭ и улучшающих ПКЭЭ, либо предъявить штрафные санкции при поставке электрической энергии пониженного качества.

Таблица 4 . Значения дозы фликера полученные по измерениям.

Device 1		Flicker short term		
Date	Time	L1	L2	L3
28.06.2006	11:30:00	1.95585	1.998772	2.171604
28.06.2006	11:40:00	1.05553	1.024602	1.063535
28.06.2006	12:30:00	1.134734	1.245012	1.316847
28.06.2006	12:40:00	2.076777	2.248981	1.929558
28.06.2006	12:50:00	1.791921	2.091446	1.990125
28.06.2006	13:30:00	1.645548	1.879187	1.581317

Выводы

1. Проведены натурные физические эксперименты на высоковольтной подстанции для исследования влияния резкопеременной нагрузки на показатели качества электроэнергии.

2. Результаты исследований на высоковольтной подстанции показывают, что фактический вклад резкопеременной нагрузки в ухудшение некоторых показателей КЭ, например, по дозе фликера значительно превышает допустимую норму. Поэтому, для обеспечения требуемого КЭЭ необходима оценка допустимых уровней дозы фликера возникающих при резкопеременной нагрузке на высоковольтной подстанции в стадии проектирования ЭС.

3. В условиях эксплуатации высоковольтной подстанции требуется осуществлять контроль за ПКЭЭ и предъявить проведение энергосберегающих мероприятий за ухудшение качества электрической энергии по вине потребителя, либо требовать проведение мероприятий связанных с установкой и использованием фильтрокомпенсирующих устройств и гибких систем управления реактивной мощностью снижающих вклад в искажения ПКЭЭ и улучшающих ПКЭЭ.

1. *Жежеленко И.В.* Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. — М.: Энергоатомиздат, 1994..

2. *Аррилага Д., Брэдли Д., Боджер П.* Гармоники в электрических системах. — Москва: Энергоатомиздат, 1990.

3. *Головишков В.О., Смирнов. С.С., Лазаренко П.Н.* К вопросу о применении скидок и надбавок к тарифам за качества электроэнергии. Промышленная Энергетика, 1992, № 8-9.

4. *Карташев И.И., Пономаренко И.С., Ярославский В.Н.* Требования к средствам измерения показателей качества электроэнергии. — *Электричество*, 2000, № 4 с. 11-17.
5. *Железко Ю.С.* О присоединении потребителей к электрическим сетям с учетом показателей качества электроэнергии. — *Энергетик*, 2003, № 8 с. 8-12.
6. *Железко Ю. С.* О нормативных документах в области качества электроэнергии и условий потребления реактивной мощности. *Электрические станции*, 2002, № 6. с. 18-24.
7. *Железко Ю. С.* О совершенствовании нормативных документов, определяющих отношения энергоснабжающих организаций и потребителей в части качества электроэнергии и условий потребления реактивной мощности. *Промышленная энергетика*, 2002, № 6. с. 23-47.
8. *Мамедяров О.С.* Качество электроэнергии в правилах пользования электроэнергией. *Проблемы энергетики* 2005, №4, с. 9-15.
9. ГОСТ 13109-97. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Минск -1997.
10. *Balametov Ə.B., Xəlilov E.D., İsayeva T.M.* Elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin pisləşməsində tələbatçının buraxıla bilən payının hesablanması metodikası. *Energetikanın Problemləri*. 2007, № 2, səh. 24- 32.

YÜKSƏK GƏRGİNLİKLİ YARIMSTANSİYADA KƏSKİN DƏYİŞƏN QEYRİ-XƏTTİ YÜKÜN ENERJİNİN KEYFİYYƏT GÖSTƏRİCİLƏRİNƏ TƏSİRİNİN EKSPERİMENTAL TƏDQIQI

BALAMETOV Ə.B., XƏLİLOV E.D., İSAYEVA T.M., İLYASOV O. V., İSAYEV M.Z

Hal-hazırda bir çox yüklər qeyri-xəttidir. Məqalədə 110 kV-luq yüksək gərginlikli elektrik şəbəkəsinin düyünündə kəskin dəyişən qeyri-xətti yükün rejimlərinin ölçüləri əsasında elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin eksperimental tədqiqinin nəticələri verilmişdir. Ölçülərin aparılması üçün «SIMEAS Q» ölçü-hesablama kompleksi istifadə olunmuşdur. Elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin pisləşməsində yükün faktiki payı təhlil olunmuşdur.

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF INFLUENCE CHUGGING NONLINEAR LOADING ON ELECTRIC POWER QUALITY ON THE HIGH-VOLTAGE SUBSTATION

BALAMETOV A.B., HALILOV E.D., ISAEVA T.M., ILYASOV.O., ISAEV M.Z.

Now many loadings are nonlinear. In article results of experimental researches of influence chugging nonlinear loading on electric power quality by results of measurement of modes variable nonlinear loading in unit of an electric network of a high voltage 110 kV are resulted. For measurements the computer complex « SIMEAS Q » has been used. Actual contribution of loading to deterioration of electric energy is analysed.