**Criteria for assessing electricity quality indicators and approaches to their improvement**

**Yadykin Viktor Semenovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Radio Engineering and Communication Systems, Technological Institute of Service (branch) of the Don State Technical University, Stavropol,

**Molochko Vadim Aleksandrovich**, student of group O-IksM-221, Department of Radio Engineering and Communication Systems, Technological Institute of Service (branch) of Don State Technical University, Stavropol, vadimka.molochko@mail.ru

***Keywords:*** *overloads, network, EP, PKE, energy tester, resistance.*

**Ядыкин Виктор Семенович**, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Радиотехника и системы связи», Технологический институт

сервиса (филиал) Донского государственного технического университета, Ставрополь,

**Молочко Вадим Александрович,** студент группы О-ИксМ-221, кафедра «Радиотехника и системы связи», Технологический институт сервиса (филиал) Донского государственного технического университета, Ставрополь, [vadimka.molochko@mail.ru](mailto:vadimka.molochko@mail.ru)

***Ключевые слова:*** *перегрузки, сеть, ЭП, ПКЭ, энерготестер, сопротивление.*

**Критерии оценки показателей качества электроэнергии и подходы к их улучшению**

По оценке европейских специалистов, проблемы качества электрической энергии обходятся промышленности и в целом деловому сообществу Европейского союза в 10 млрд. евро в год.

Одной из проблем является влияние работы приёмников электроэнергии с нелинейной вольтамперной характеристикой на генерацию высших гармоник. Гармоники, протекающие по распределительным сетям, вызывают снижение качества электрической энергии, что может иметь ряд негативных последствий:

* перегрузки в распределительных сетях из-за увеличения действующего значения тока;
* перегрузки в нулевых (нейтральных) проводниках из-за суммирования токов.

Гармоники имеют значительные экономические последствия:

* преждевременное старение оборудования означает необходимость его замены раньше запланированного срока, если в нем с самого начала не был предусмотрен запас мощности;
* перегрузки в распределительной сети могут привести к более высоким уровням потребления энергии и увеличению потерь.

В зависимости от места подключения в распределительной сети и процентного соотношения с линейными нагрузками, подключенными к той же сети, источник питания может искажать форму напряжения сети и оказывать влияние на других потребителей. Предельно допустимые значения гармонических составляющих напряжения в точке общего подключения к электрическим сетям с номинальным напряжением 380 В по требованиям [1] не должны превышать 9% для 5-ой и 5,25% для 11-ой гармоники. Предельно допустимое значение коэффициента искажения синусоидальности напряжения сети 380 В не должно превышать 12%. При этом происходит увеличение действующего значения тока, потребляемого из сети, приводящее к повышенной загрузке оборудования распределительной сети электропитания.

На рисунке показана схема типичной сети с указанием рекомендуемых пунктов контроля ПКЭ.



**2**

**1**

**3**

**5**

**4**



**1**

**Сеть 10 кВ**

**ТП 10/0,4 кВ**

**Потребители**

**Потребители**

**Сети 0,4 кВ**

Рисунок 1 – Типичный участок сети 10/0,4 кВ с указанием рекомендуемых пунктов контроля ПКЭ

Из приведенной схемы видно, что полный контроль ПКЭ представляет собой сложную задачу. В настоящее время он выборочно осуществляется энергоснабжающими организациями на 4-м и 5-м уровнях при сертификации качества электроэнергии и подготовительных мероприятиях. Контроль на других уровнях практически отсутствует, что является главной причиной нарушений.

Предлагается оценить ПКЭ для электрической сети учебного заведения, основными потребителями которого являются:

* компьютеры и оргтехника;
* светильники различного типа, преимущественно газоразрядные и светодиодные;
* лабораторное оборудование с большим количеством инверторов электрической энергии.

Для этого проводились измерения показателей качества электрической энергии в точке присоединения сети учебного заведения к городской электрической сети. Для измерений использовался «Энерготестер ПКЭ – 06», измерения проводились для двух режимов работы сети, отличающихся потребляемой мощностью. Измерялись следующие параметры электрической сети:

* напряжения, токи и частота токов в трехфазной электрической сети;
* мощности по фазам электрической сети (активная, реактивная и полная), а также коэффициенты мощности;
* коэффициенты гармонических составляющих напряжений и токов в фазах электрической сети, а также суммарные значения коэффициентов гармоник;
* углы между векторами линейных и фазных напряжений и токов;
* формы кривых напряжений и токов в фазах электрической сети.

На рисунке 2 представлен внешний вид экранов «Энерготестер ПКЭ – 06» в режиме измерения напряжений и токов и режиме измерения активной мощности. Кроме активной мощности на экране отображаются значения фазных напряжений и токов и коэффициента мощности KP.

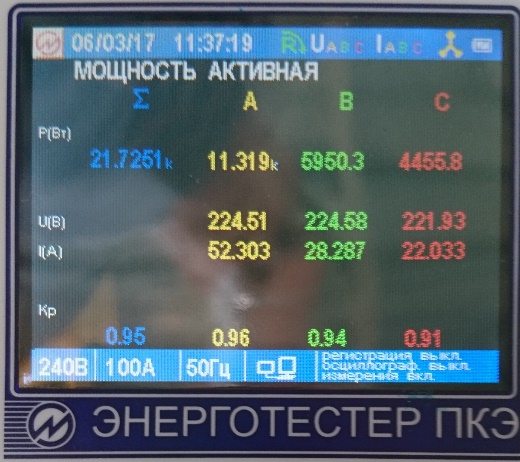


Рисунок 2 – Внешний вид экранов в режиме измерения тока и напряжения и в режиме измерения активной мощности

На рисунке 3 представлен внешний вид экранов «Энерготестер

ПКЭ – 06» в режиме измерения полной мощности и углов между векторами линейных и фазных напряжений и токов в электрической сети. Кроме полной мощности на экране измерителя отображаются активная и реактивная составляющие полной мощности и значения коэффициентов мощности KP.

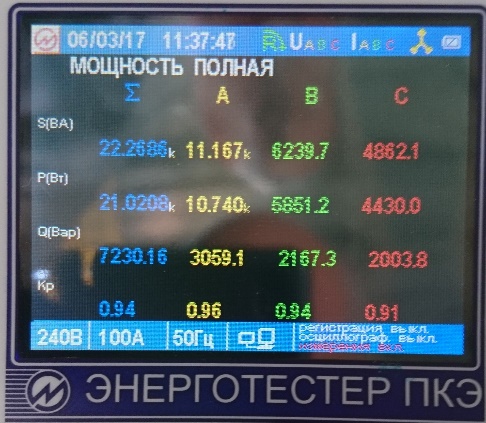


Рисунок 3 - Внешний вид экранов в режиме измерения полной мощности и в режиме измерения углов между векторами токов и напряжений

На рисунке 4 представлен внешний вид экранов «Энерготестер ПКЭ – 06» в режиме измерения коэффициентов гармоник в фазе А и формы кривых напряжения и тока в этой фазе. Кроме коэффициентов гармоник на экране отображаются действующее значение напряжения первой гармоники фазы А, значение частоты переменного тока в фазе А и значение суммарного коэффициента гармоник в фазе А.

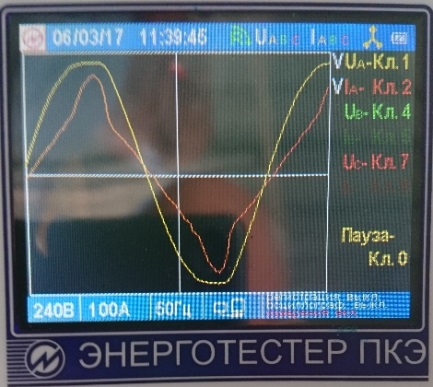


Рисунок 4 - Внешний вид экранов в режиме измерения коэффициентов гармоник и в режиме измерения формы кривых тока и напряжения

В результате натурных экспериментов и анализа данных можно сделать следующие выводы:

* параметры электрической энергии в сети учебного заведения по напряжению и частоте переменного тока соответствуют ГОСТ 32144-2013;
* коэффициенты мощности, характеризующие соотношение активной составляющей и полной мощности, с ростом нагрузки увеличиваются и их суммарное (среднее) значение приближается к 0,96 (рисунок 5);

Рисунок 5 – Коэффициенты мощности при различных (по мощности) режимах работы электрической сети

* суммарные коэффициенты гармонических составляющих напряжения в фазах сети находятся в пределах требований ГОСТ. С ростом потребляемой мощности они увеличиваются (рисунок 6) и превышают 5%. При дальнейшем росте мощности нагрузки суммарный коэффициент мощности может превысить значение 8%, регламентированное ГОСТ;

Рисунок 6 – Коэффициенты гармоник по напряжению при различных (по мощности) режимах работы электрической сети

* суммарные коэффициенты гармонических составляющих токов в фазах сети имеют значительную величину, растут с увеличением мощности нагрузки, что влияет на форму кривой тока. Указанная зависимость представлена на рисунке 7.

Рисунок 7 - Коэффициенты гармоник по току при различных (по мощности) режимах работы электрической сети

По результатам обследования электрической сети учебного заведения могут быть рекомендованы следующие мероприятия:

* выделение нелинейных нагрузок на отдельную систему шин (разделение линейных и нелинейных нагрузок);
* снижение полного сопротивления распределительной сети за счёт использование параллельно соединенных кабелей (проводов).

**Список литературы:**

1. ГОСТ 32144-2021 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».
2. Киселёв, Б. Ю. Сравнительный анализ стандартов качества электрической энергии ГОСТ 13109–97 и ГОСТ 32144–2013 // Молодой ученый. — 2023. — №20. — С. 155-157.
3. Энергосбережение и энергоэффективность в организациях: факторы, методическое обеспечение анализа: коллективная монография/ Д.Е. Давыдянц, В.Е. Жидков и др. – М.: МИРАКЛЬ; Ставрополь: Ставролит, 2022. – 40 с.