УДК 621.311

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЮЖНОМ КАМПУСЕ МУРМАНСКОГО АРКТИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

♦♦♦♦♦

STUDY OF THE QUALITY OF ELECTRICAL ENERGY IN THE SOUTHERN CAMPUS OF THE MURMANSK ARCTIC UNIVERSITY

Петрова Екатерина Павловна
студентка,
Мурманский арктический университет
eket06@gmail.com

Аннотация. Проведена оценка качества электрической энергии в распределительной сети южного кампуса МАУ. Определены отклонения напряжения и частоты, коэффициент гармонических искажений, размах изменения напряжения и ток нейтрали. Установлено соответствие всех измеренных показателей требованиям ГОСТ 32144-2013.

Ключевые слова: качество электрической энергии, южный кампус МАУ, отклонение напряжения, несинусоидальность, гармонические искажения.

Petrova Ekaterina Pavlovna
Student,
Murmansk Arctic University
eket06@gmail.com

Annotation. An assessment of the electrical power quality in the distribution network of the MAU southern campus was conducted. Voltage and frequency deviations, harmonic distortion coefficient, voltage fluctuation range, and neutral current were determined. All measured parameters were found to comply with the requirements of GOST 32144-2013.

Keywords: power quality, MAU South Campus, voltage fluctuations, non-sinusoidality, harmonic distortion.

Оценка качества электрической энергии на объектах — важная задача, от которой зависит бесперебойная работа чувствительного оборудования. Даже небольшие отклонения параметров сети (например, напряжения или частоты) способны вызывать сбои, ускорять износ устройств и приводить к их повреждению. Регулярный контроль качества также помогает обнаруживать источники помех и потерь, рациональнее использовать электроэнергию и сокращать эксплуатационные расходы. Кроме того, соблюдение установленных норм качества обеспечивает безопасность персонала и снижает риск аварийных ситуаций.

Методика оценки качества электрической энергии.

Согласно ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» [1] для оценивания качества электроэнергии необходимо провести измерение следующих параметров с соблюдением описанной в стандарте методики:

Отклонение частоты Δf, измеренное в интервале времени 10 с, не должно превышать ± 0,2 Гц в течение 95 % времени интервала в одну неделю и ±0,4 Гц в течение 100 % времени интервала в одну неделю;

Отклонение напряжения δU не должны превышать 5 % (нормально допустимое) и 10 % (предельно допустимое) номинального или согласованного значения напряжения в течение 100 % времени интервала в одну неделю.

$$\delta U = \frac{U_t - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} * 100\ \%. \quad (1.1)$$

Колебания напряжения: размах изменения напряжения δU_t вычисляется по формуле:

$$\delta U_t = \frac{U_i - U_{i+1}}{U_{\text{ном}}} * 100\ \%, \quad (1.2),$$

где U_i и U_{i+1} – следующие друг за другом экстремумы напряжения, среднеквадратичное значение которых имеет форму меандра.

Несинусоидальность напряжения: значения коэффициентов гармонических составляющих напряжения $K_{U(n)}$ и значения суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжения K_U,, усредненные в интервале времени 10 мин, не должны превышать значений, установленных в таблицах ГОСТ 32144-2013.

Норматив: $K_{U(n)} \leq 5\ \%U_{\text{ном}}$, $K_U \leq 8\ \%$

$$K_U = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{m} U_n^2}}{U_{\text{ном}}} * 100\ \%,\ K_{U(n)} = \frac{U_m}{U_n} * 100\ \%. \quad (1.3)$$

Методика проведения исследования качества электрической энергии.

Исследование проводилось в соответствии с ГОСТ 32144-2013 и ГОСТ 30804.4.30-2013 [2]. Для регистрации параметров сети применялся анализатор качества электрической энергии AR5-L (CIRCUTOR, Испания) [3] (рис. 1). Для оценки продолжительных изменений параметров задавался интервал усреднения (период записи) продолжительностью 10 секунд (а также 5 минут для суточного мониторинга параметров сети). В меню прибора устанавливался перечень сохраняемых величин: действующие значения фазных напряжений и токов, частота, активная мощность, коэффициенты гармоник напряжения и тока до 40-го порядка, а также ток нейтрали, коэффициент мощности.

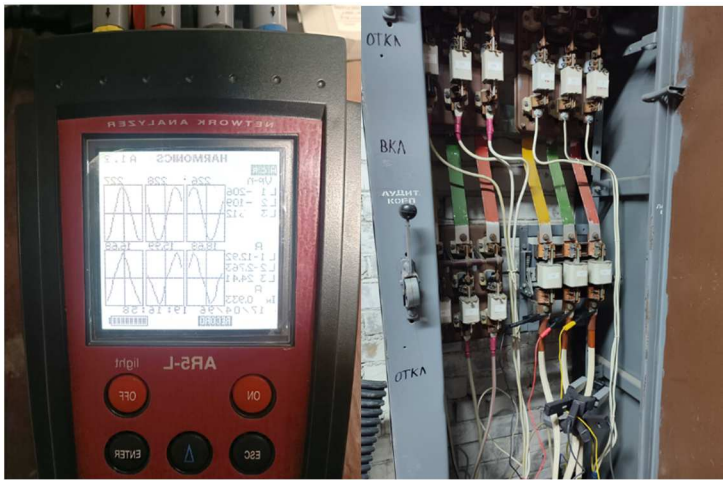

Рисунок 1 – анализатор качества электрической энергии AR5-L, подключенный к ячейке ТП

Измерения проводились на ТП-89 на территории южного кампуса МАУ, к которой подключены столовая и несколько учебный корпусов. ТП-89 питается от ПС-57 ПАО «Россети Северо-Запад».

Полученные в ходе измерений значения сравнивались с нормативными пределами. По результатам сравнения формулировалось заключение о соответствии (или несоответствии) качества электрической энергии в каждой из контролируемых точек требованиям действующих нормативных документов.

Результаты исследования

1. Отклонение частоты Δf

На протяжении 100 % времени измерения частота переменного тока в сети составляла 50 Гц (рис. 2). Отклонение частоты $\Delta f = 0$.

✓ Соответствует нормативам

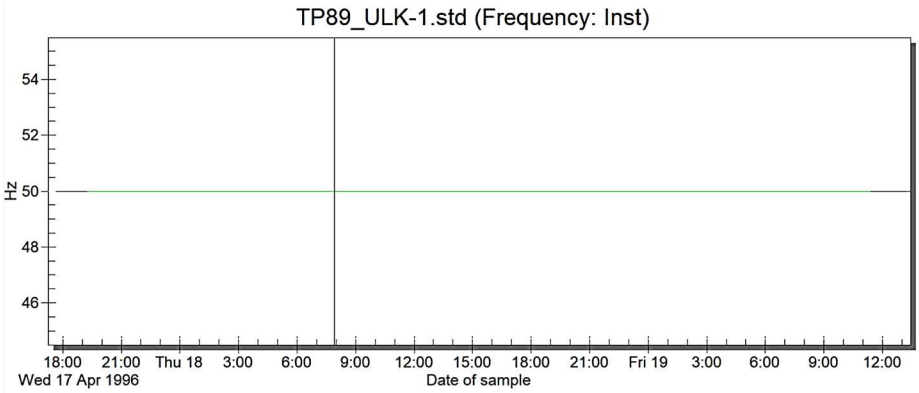

Рисунок 2 – График значений частоты переменного тока в сети

2. Отклонение напряжения

Максимальное зафиксированное напряжение $U_{max} = 232\ B$ (рисунок 3). Пользуясь формулой (1.1) $\delta U = \frac{232-220}{220} * 100\% = 5{,}45\ \%$

Минимальное зафиксированное напряжение $U_{min} = 219\ B$ (рисунок 4). Пользуясь формулой (1.1) $\delta U = \frac{220-219}{220} * 100\% = 0{,}45\ \%$

✓ Соответствует нормативам

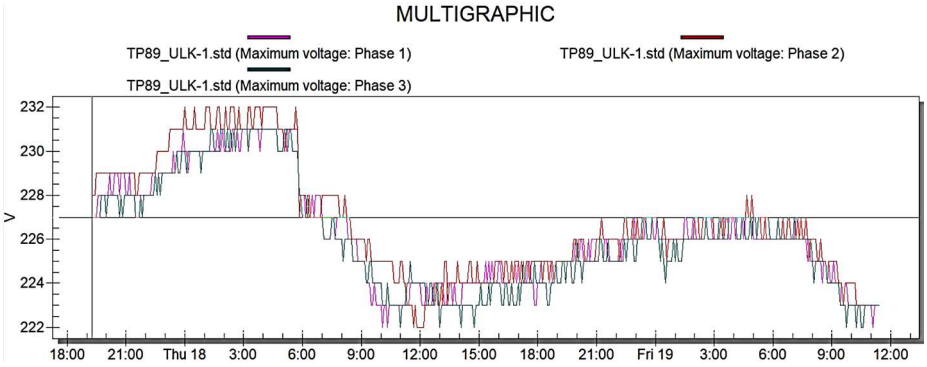

Рисунок 3 – Графики максимальных значений напряжения по 3 фазам

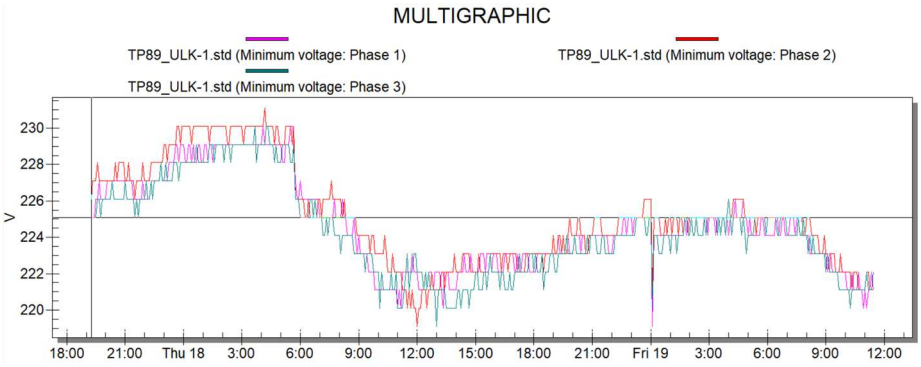

Рисунок 4 – Графики минимальных значений напряжения по 3 фазам

3. Размах изменения напряжения $\delta U = \frac{(223-222)*100\%}{220} = 0{,}45\ \%$ (по (1.2)).

4. Несинусоидальность напряжения проанализируем по формулам (1.3). Например, для фазы L1:

$$\boldsymbol{K_U} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{m} \boldsymbol{U_n^2}}}{\boldsymbol{U_{ном}}} * \mathbf{100}\ \% = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{m} (\boldsymbol{p_n}^2\%) \boldsymbol{U_{ном}^2}}}{\boldsymbol{U_{ном}}} * \mathbf{100}\ \% = \sqrt{\sum_{n=2}^{m} (\boldsymbol{p_n}\%)^2} * \mathbf{100}\ \% = \mathbf{2{,}75}\ \%.$$

(Норма до $\mathbf{8}\%$), где m = 40, т.е. до 40-й гармоники.

$\boldsymbol{K_{U(n)}} = \mathbf{2{,}175}\%$ (Норма до $\mathbf{5}\%$) (рис. 5)

✓ Соответствует нормативам

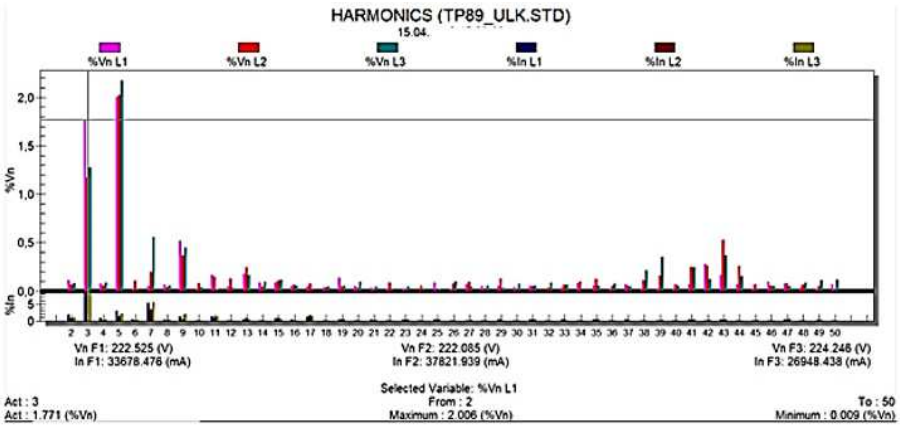

Рисунок 6 – Диаграмма гармоник (до 40-й)

Общие данные:

– Прерывания напряжения, провалы напряжения и перенапряжения, импульсные напряжения в период записи данных не наблюдались.

– Максимальный фазный ток достигал 42 А.

– Максимальный ток нейтрали достигал 2,4 А.

– В среднем коэффициент мощности составлял – 0,99.

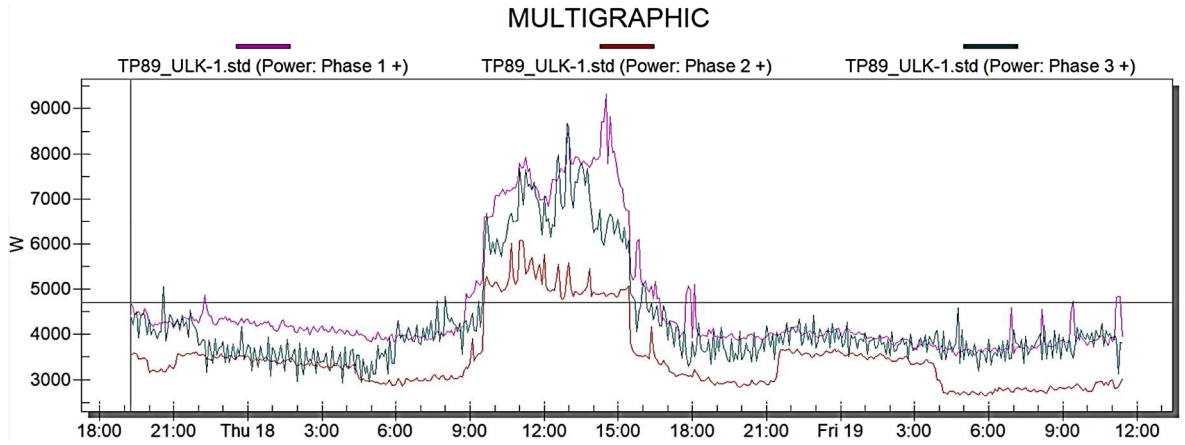

Рисунок 7 – График потребляемой мощности

Выводы по результатам работы

1. Качество электрической энергии в южном кампусе МАУ соответствует требованиям ГОСТ 32144-2013.

2. Эксплуатация техники в южном кампусе МАУ является безопасной, надёжной и не требует принятия дополнительных мер по нормализации качества электроэнергии.

Литература

1. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Введ. 2014-07-01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 19 с.
2. ГОСТ 30804.4.30-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии. Введ. 2014-08-01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 58 с.
3. Circutor S.A. Анализатор электропотребления AR5 и AR5-L : руководство пользователя (M98151101-03-05A). – Viladecavalls (Spain). – 53 с.

References

1. GOST 32144-2013 Electric energy. Electromagnetic compatibility of technical equipment. Power quality limits in public power supply systems. – Introduced 2014-07-01. – M. : Standartinform, 2014. – 19 p.
2. GOST 30804.4.30-2013 Electric energy. Electromagnetic compatibility of technical equipment. Methods of power quality measurements. Introduced 2014-08-01. – M. : Standartinform, 2014. – 58 p.
3. Circutor S.A. AR5 and AR5-L Power Analyzer: User manual (M98151101-03-05A). – Viladecavalls (Spain). – 53 p.