

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ПРЕДПРИЯТИЯ ПРУП «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БАЗА ИМЕНИ Г.И. КОТОВСКОГО»

В.А. Коротинский,

зав. каф. энергетики БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

В.М. Збродыга,

зав. каф. электроснабжения БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

А.И. Зеленкевич,

ст. преподаватель каф. электроснабжения БГАТУ

В статье исследовано потребление электрической энергии и показатели качества напряжения в электрических сетях 0,4 кВ предприятия. Предложены мероприятия по повышению экономичности и надежности функционирования системы электроснабжения.

Ключевые слова: электрическая энергия, несимметрия напряжения, несинусоидальность напряжения, надежность электроснабжения.

The article investigates the consumption of electrical energy and the quality indicators of voltage in electrical networks of 0.4 kV of the enterprise. Measures to improve the efficiency and reliability of the power supply system are proposed.

Keywords: electrical energy, voltage asymmetry, voltage non-sinusoidal, power supply reliability.

Введение

Приемники электрической энергии переменного тока, широко применяемые на предприятиях (электродвигатели, трансформаторы, преобразовательные устройства, газоразрядные лампы и др.) вместе с активной энергией потребляют из сети и реактивную энергию. Потоки реактивной мощности в электрических сетях приводят к дополнительным, не вызванным потребностями производства, потерям активной энергии в линиях и трансформаторах, и в ряде случаев могут вызывать недопустимые отклонения напряжения у потребителей [1].

Из-за некачественного напряжения снижается производительность и срок службы силового электрооборудования, электротермических, электротехнологических и осветительных установок, нарушаются режимы работы систем управления технологическими процессами, релейной защиты, автоматики.

При выборе способов и средств повышения качества электроэнергии в электроустановках сельскохозяйственного назначения авторы считают целесообразным применение относительно недорогих, простых и надежных по конструктивному исполнению устройств, которые не требуют особых условий эксплуатации и не предъявляют высоких требований к квалификации обслуживающего персонала [2, 3]. При этом необходимо обладать сведениями о показателях качества электроэнергии в характерных точках системы электроснабжения предприятия, которые могут быть получены путем приборных измерений.

Целью работы является исследование электропотребления и качества электроэнергии в электрических сетях.

Основная часть

На основании отчетных статистических данных о потребленной электроэнергии проведен анализ структуры потребления в разрезе потребителей, времени года.

Электрическая энергия, потребляемая ПРУП «ЭБ им. Г.И. Котовского», расходуется на промышленные и непромышленные нужды. К первым относится расход электроэнергии на основные и вспомогательные производственные процессы, освещение, вентиляцию, хозяйственно-бытовые нужды, служебных и складских помещений, а также потери электроэнергии в электрических сетях напряжением до 1 кВт и выше.

Как видно из графиков (рис.1), общее потребление электроэнергии в разрезе года достаточно равномерное, а увеличение потребления в августе обусловлено работой сезонных потребителей (зерносушилки).

Структура электропотребления, представленная на диаграмме (рис. 2) показывает, что наиболее электроемкими потребителями являются молочно-товарные фермы (МТФ) на 524 головы: «Озеро-1», «Озеро-2», «Володьки», «Басмановка», «Марковцы», «Дешенка», «Зерноток».

Потребления электроэнергии на МТФ в разрезе года (рис. 3) достаточно равномерное (отношение максимального потребления к минимальному не превышает 2).

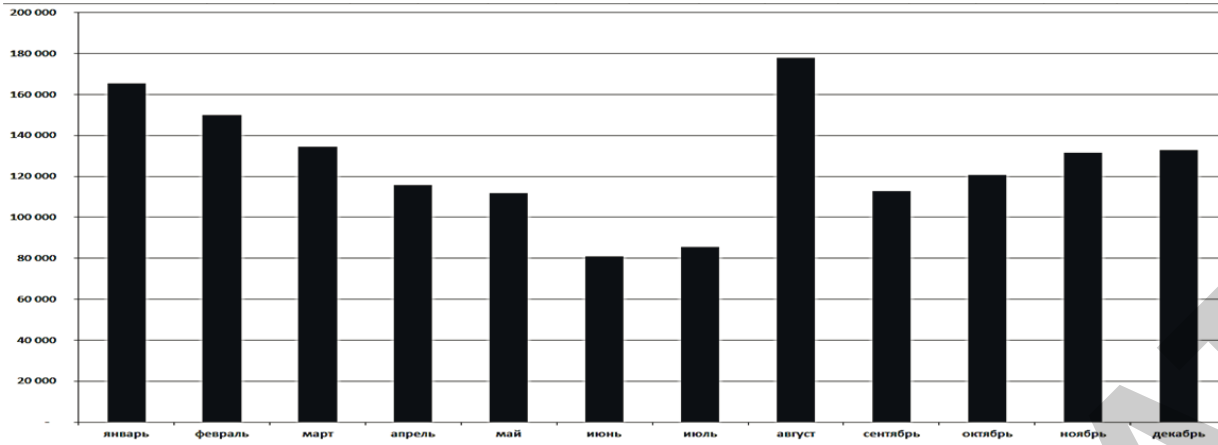


Рис. 1. Общее потребление электрической энергии (кВт·ч) по предприятию

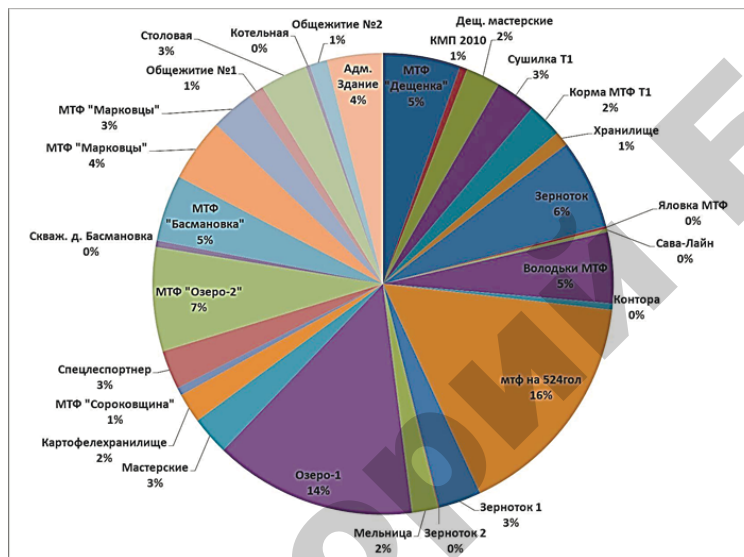


Рис. 2. Структура потребления электрической энергии

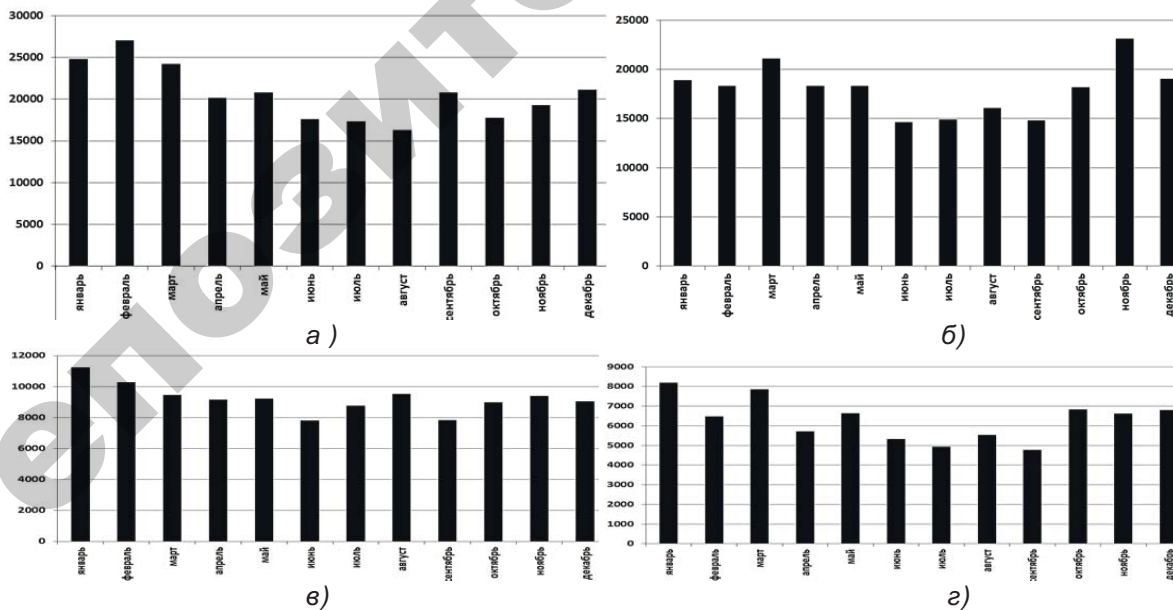


Рис. 3. Потребление электрической энергии (кВт·ч) на молочно-товарных фермах:
а – ферма на 524 головы; б – МТФ «Озеро-1»; в – МТФ «Озеро-2»; г – МТФ «Володьки»

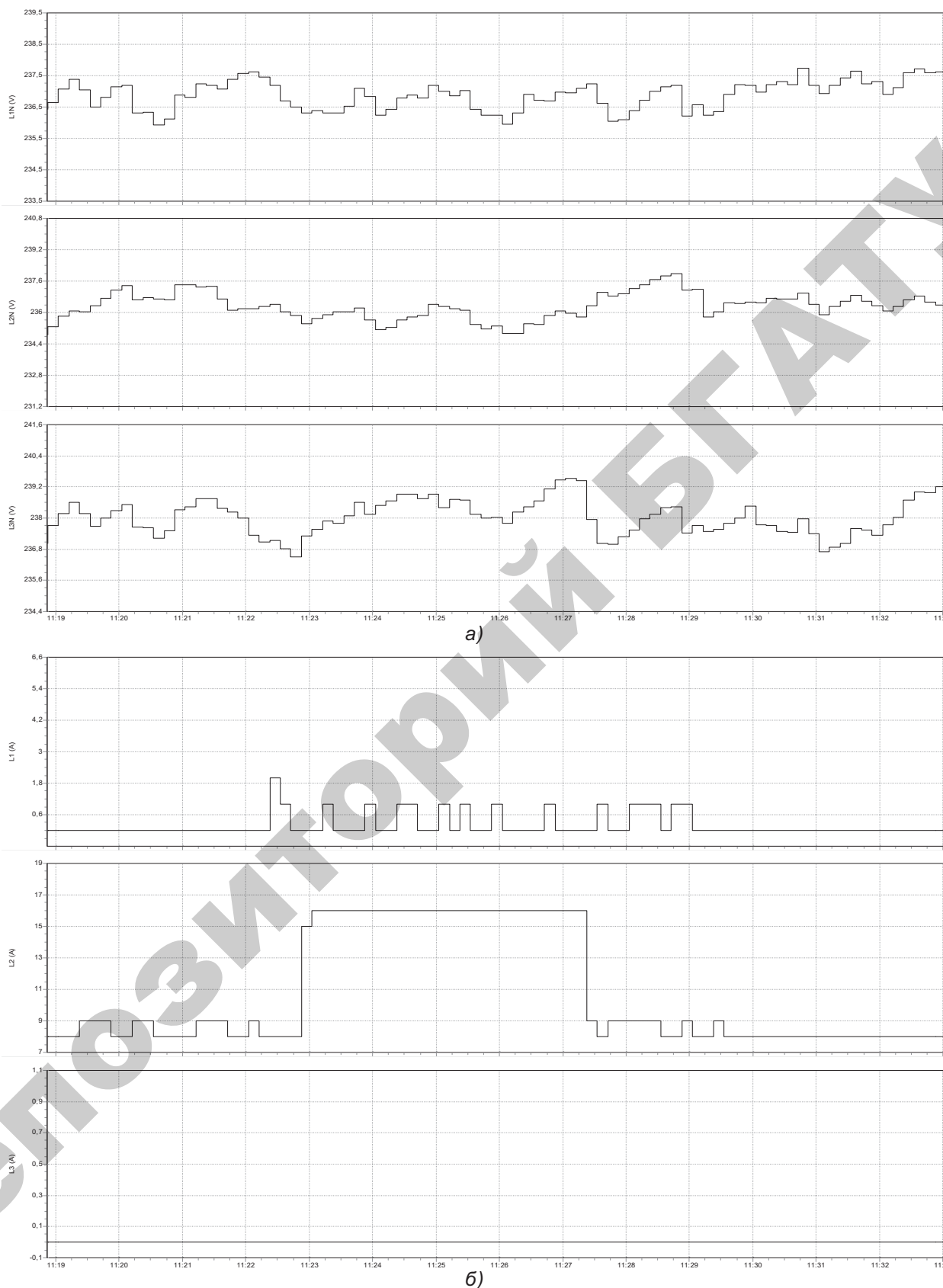
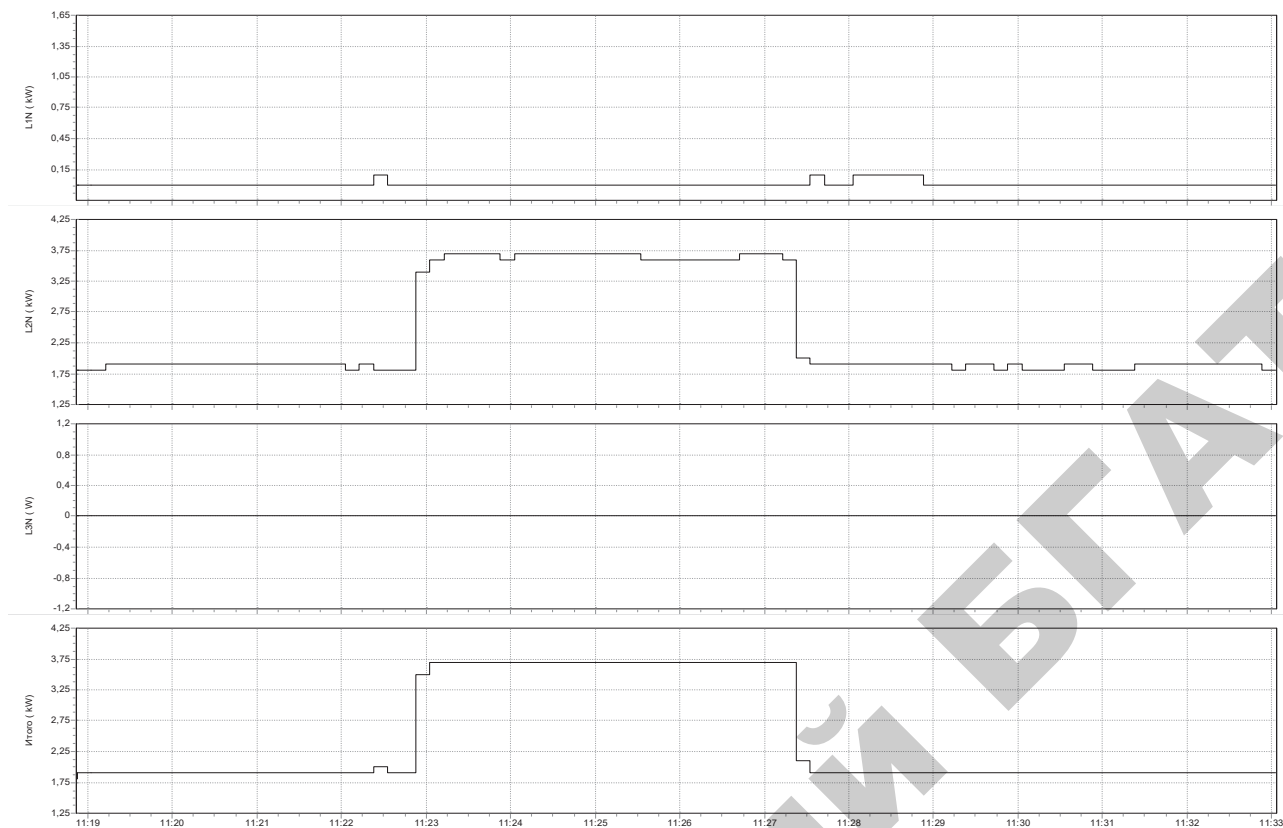


Рис. 4. График изменения напряжений (а) и токов (б) по фазам А, В, С, соответственно



а)



б)

Рис. 5. График изменения активной (а) и реактивной мощности (б) по фазам А, В, С, соответственно

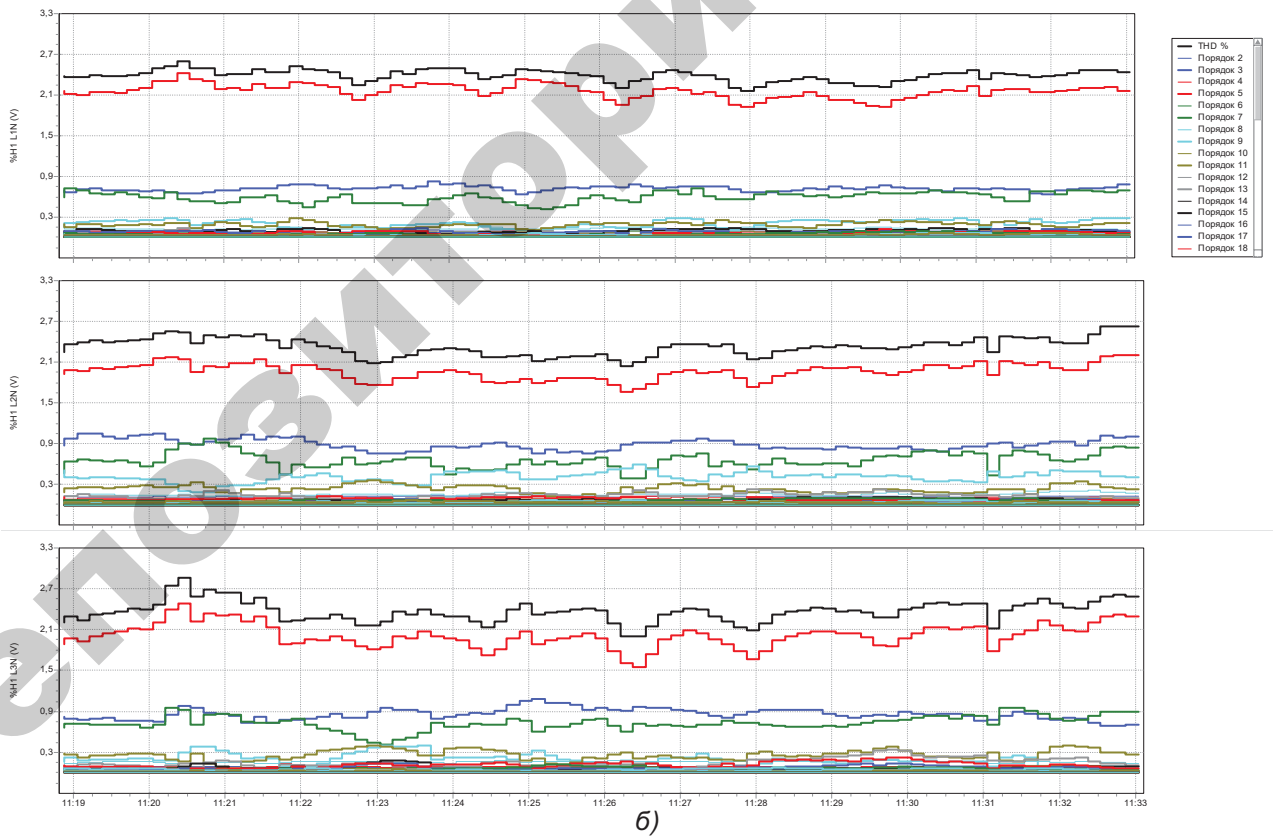
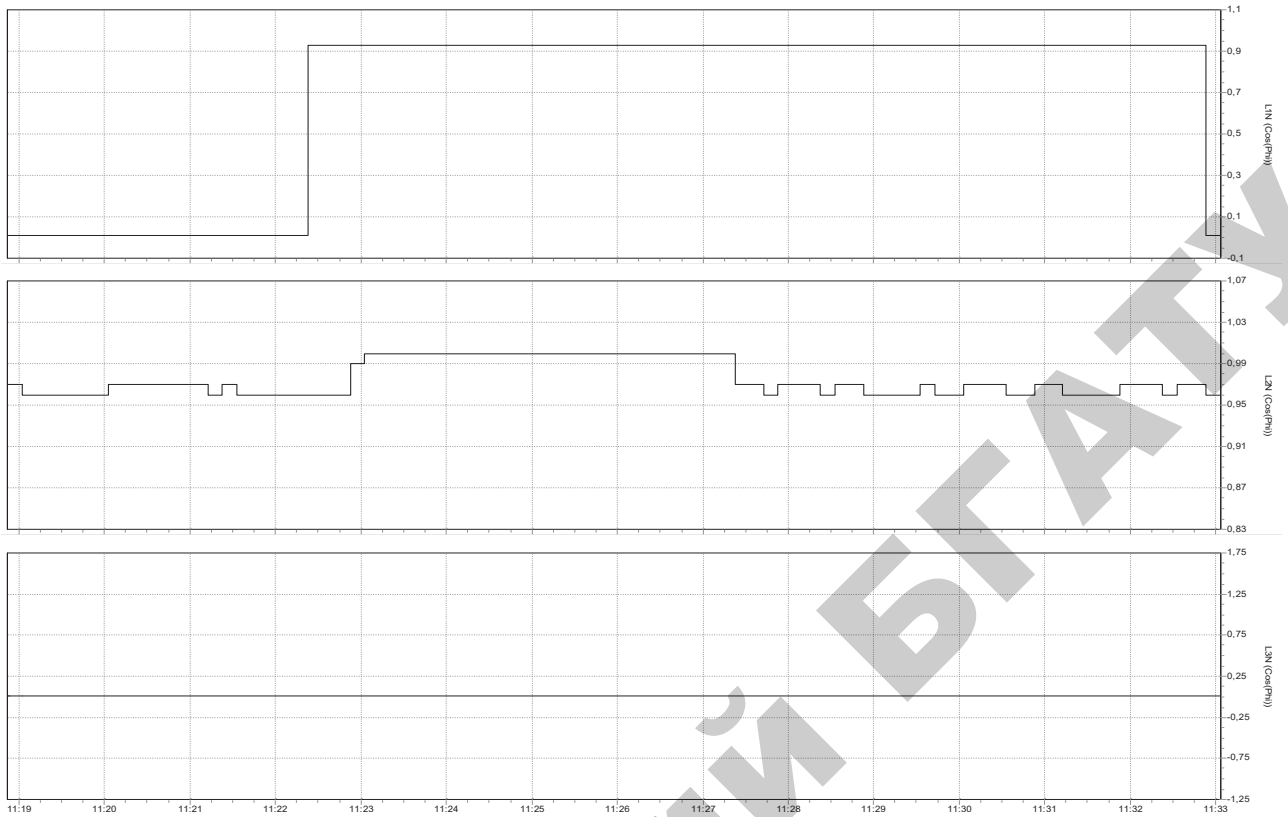


Рис. 6. График изменения коэффициента мощности $\cos\varphi$ (а) и высших гармонических составляющих напряжения (б) по фазам А, В, С, соответственно

Анализ качества напряжения в электрической сети предприятия проводился для определения отклонения напряжения в электрической сети от номинального значения и соответствия качества напряжения установленным требованиям [1].

Измерения электрических параметров проводились с использованием цифрового трехфазного анализатора «Fluke 435» в сетях, напряжением 0,4 кВ, который подключался к первичным цепям: цепи измерения напряжения – непосредственно; цепи измерения тока – с применением комплектных датчиков тока (разъемных гибких трансформаторов тока) с диапазоном измерения тока $0 \div 3000\text{А}$.

Анализатор обеспечивает измерение в контролируемой сети следующих величин: фазных и междуфазных напряжений; токов в фазах сети; активной, реактивной и полной мощностей; фазовых углов; коэффициентов мощности; суммарных гармонических искажений кривых напряжений; суммарных гармонических искажений кривых токов; уровней отдельных гармоник напряжения (нечетных и четных); уровней отдельных гармоник токов (нечетных и четных).

Измерения проведены в следующих точках электрической сети:

1. ТП 654 «н.п. Дещенка, линия Л4 на МТФ».
2. ТП 648 «н.п. Дещенка, ВРУ молочно-товарного комплекса (ввод 1)».
3. ТП 648 «н.п. Дещенка, ВРУ молочно-товарного комплекса (ввод 2)».
4. ТП 389 «н.п. Озеро, линия Л2 на МТФ».

Графики изменения напряжений, токов, нагрузок (активной, реактивной и полной), коэффициента мощности, на ТП 648 «н.п. Дещенка ВРУ молочно-товарного комплекса (ввод 1)» приведены на рис. 4-6.

Результаты измерений искажения синусоидальности напряжений в электрических сетях предприятия приведены в табл. 1.

Значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения и коэффициентов n -й гармонической составляющей напряжения находятся в пределах, нормируемых ГОСТ 32144-2013.

Определены значения отклонения напряжения для основной частоты (табл. 2-4).

Как видно из результатов расчета, максимальная величина отклонения напряжения от номинального значения на шинах 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ и ВРУ не превышает 7%. Так как распределительные линии электропередачи 0,4 кВ от ТП до электрических приемников имеют небольшую длину, то потери напряжения в них малы, а отклонение напряжения на выводах электроприемников не должно выходить за пределы $+10\%$, нормируемых стандартом [1].

Результаты расчета коэффициентов несимметрии напряжения по обратной и нулевой последовательностям приведены в табл. 5.

Величины коэффициентов несимметрии напряжения по обратной и нулевой последовательности на ТП 654 «н.п. Дещенка, линия Л4 на МТФ» и ТП 389 «н.п. Озеро, линия Л2 на МТФ» превышают установленные ГОСТ 32144-2013 нормы – 2 %.

Заключение

1. При разработке мероприятий по энергосбережению в ПРУП «ЭБ им. Г.И. Котовского» особое внимание следует уделить молочно-товарным фермам, как наиболее электроемким потребителям.

2. По результатам исследований выявлено, что отклонение напряжения от номинального значения, значения коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения и коэффициентов n -й гармонической составляющей напряжения находятся в пределах, нормируемых ГОСТ 32144-2013.

Таблица 1. Значения показателей искажения синусоидальности напряжения на шинах 0,4 кВ

Наименование ввода	Значения коэффициента искажения K_U , %		Значения коэффициента n -ой гармонической составляющей $K_{U(n)}$, %	
	Измеренное значение	Норма	Номер гармоники / Измеренное значение	Номер гармоники / Норма по ГОСТ
ТП 654 «н.п. Дещенка, линия Л4 на МТФ»	2,75	8,0	3 / 1,15 5 / 2,36 7 / 0,81 9 / 0,44 11 / 0,46	3 / 5,0 5 / 6,0 7 / 5,0 9 / 1,5 11 / 3,5
ТП 648 «н.п. Дещенка, ВРУ молочно-товарного комплекса (ввод1)»	2,9	8,0	3 / 1,06 5 / 2,49 7 / 0,96 9 / 0,61 11 / 0,41	3 / 5,0 5 / 6,0 7 / 5,0 9 / 1,5 11 / 3,5
ТП 648 «н.п. Дещенка, ВРУ молочно-товарного комплекса (ввод2)»	2,82	8,0	3 / 1,1 5 / 2,42 7 / 1,13 9 / 0,73 11 / 0,45	3 / 5,0 5 / 6,0 7 / 5,0 9 / 1,5 11 / 3,5
ТП 389 «н.п. Озеро, линия Л2 на МТФ»	3,2	8,0	3 / 0,99 5 / 2,80 7 / 0,69 9 / 0,16 11 / 0,51	3 / 5,0 5 / 6,0 7 / 5,0 9 / 1,5 11 / 3,5

**Таблица 2. Результаты расчета отклонений напряжения ТП 654
«н.п. Дещенка линия Л4 на МТФ»**

Показатель	фаза А	фаза В	фаза С
Измеренное значение напряжения наибольшее, В	242,6	237,8	240,9
Величина отклонения напряжения наибольшая, %	5,48	3,39	4,74
Измеренное значение напряжения наименьшее, В	240,4	233,6	237,1
Величина отклонения напряжения наименьшая, %	4,52	1,57	3,09

**Таблица 3. Результаты расчета отклонений напряжения ТП 648
«н.п. Дещенка ВРУ молочно-товарного комплекса»**

Показатель	Ввод № 1			Ввод № 2		
	фаза А	фаза В	фаза С	фаза А	фаза В	фаза С
Измеренное значение напряжения наибольшее, В	237,7	238	239,5	237,6	236,9	239,9
Величина отклонения напряжения наибольшая, %	3,35	3,48	4,13	3,30	3,00	4,30
Измеренное значение напряжения наименьшее, В	235,9	236,3	238	236,1	235,3	236,9
Величина отклонения напряжения наименьшая, %	2,57	2,74	3,48	2,65	2,30	3,00

**Таблица 4. Результаты расчета отклонений напряжения ТП 389
«н.п. Озеро линия Л2 на МТФ»**

Показатель	фаза А	фаза В	фаза С
Измеренное значение напряжения наибольшее, В	244,4	238,9	246
Величина отклонения напряжения наибольшая, %	6,26	3,87	6,96
Измеренное значение напряжения наименьшее, В	240,5	235	241,4
Величина отклонения напряжения наименьшая, %	4,57	2,17	4,96

**Таблица 5. Значения коэффициентов несимметрии напряжения по обратной
и нулевой последовательностям**

Наименование ввода	Показатель	Значение
ТП 654 «н.п. Дещенка, линия Л4 на МТФ»	Коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности, %	0,54
	Коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности, %	<u>2,04</u>
ТП 648 «н.п. Дещенка, ВРУ молочно-товарного комплекса (ввод1)»	Коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности, %	1,22
	Коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности, %	1,77
ТП 648 «н.п. Дещенка, ВРУ молочно-товарного комплекса (ввод2)»	Коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности, %	1,28
	Коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности, %	1,79
ТП 389 «н.п. Озеро, линия Л2 на МТФ»	Коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности, %	0,43
	Коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности, %	<u>2,45</u>

3. Максимальные значения коэффициента несимметрии напряжения по нулевой последовательности составляют 2,45 % при норме 2 %, поэтому необходимы мероприятия по симметрированию нагрузки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: ГОСТ 32144-2013 (EN 50160:2010, NEQ); введ. 01.02.2016. – Минск: БелГИСС, 2015. – 16 с.

2. Прищепов, М.А. Работа трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при нелинейном характере нагрузки / М.А. Прищепов, В.М. Збродыга, А.И. Зеленкевич // Агропанорама. – 2018. – № 1. – С. 9-19.

3. Прищепов, М.А. Работа трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при несимметричной нагрузке / М.А. Прищепов, В.М. Збродыга, А.И. Зеленкевич // Агропанорама. – 2018. – № 6. – С. 25-31.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 26.03.2019