

Источник: [http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/31987/1/eskie\\_2015\\_14.pdf](http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/31987/1/eskie_2015_14.pdf)

**В. В. Куцин,**

**ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента**

**России Б. Н. Ельцина» (г. Екатеринбург, Россия)**

**В. С. Копырин,**

**ООО «НПП «Энергия и экология» (г. Екатеринбург, Россия)**

## **ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ**

Основным видом энергии, потребляемой медицинскими учреждениями (МУ), является электрическая. Поэтому к МУ предъявляются высокие требования в связи с надежностью электроснабжения [1, 2] и к эффективности распределения и использования электроэнергии (ЭЭ). Для анализа этих показателей необходимо проведение энергетического обследования [3–5]. В качестве объектов энергоаудита были определены два МУ г. Екатеринбурга: областная клиническая больница (ОКБ) № 1, Уральский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии (УрНИИТО) – и три МУ Свердловской области: городская больница (ГБ) № 1 г. Краснотурьинска, городская больница г. Карпинска и санаторий «Обуховский» Камышловского района.

С учетом требований к электроэнергетической безопасности МУ их электроснабжение должно осуществляться от двух независимых источников электроэнергии переменного напряжения. Некоторые сведения, характеризующие системы электроснабжения (СЭС) МУ, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики систем электроснабжения МУ

Медицинское учреждение	Количество			
	ТП	трансформаторов	дизель-генераторов	независимых вводов
ОКБ № 1 (г. Екатеринбург)	4 (10/0,4 кВ)	8	1 (200 кВт)	2
УрНИИТО (г. Екатеринбург)	0,4 кВ	–	1	1
ГБ № 1 (г. Краснотурьинск)	1 ТП (6/0,4 кВ) 1 ТП (10/0,4 кВ)	1 (630 кВА) 2 (по 400 кВА)	1 (350 кВт)	2 (дополнит. 0,4 и 0,22 кВ)
ГБ (г. Карпинск)	1	2	–	2
Санаторий «Обуховский»	2 (10/0,4 кВ)	4 (по 400 кВА)	3 (200 кВт 2 × 250 кВт)	2

Из табл. 1 следует, что для повышения энергетической безопасности необходимо:

- УрНИИТО – еще один независимый источник переменного напряжения и дизель-генераторная установка;
- ГБ г. Карпинска – дизель-генераторная установка.

Кроме этого, следует рекомендовать для всех МУ внедрение автоматического управления СЭС, обеспечивающего бесперебойное питание приемников электроэнергии (ПЭ) (операционные, дорогостоящие медицинские установки и аппараты, пожарное оборудование, сигнализация, связь) в нормальных и аварийных режимах.

За потребляемую МУ электроэнергию производится плата только за ее активную составляющую. Коммерческий учет потребленной ЭЭ осуществляется счетчи-

ками активной энергии. Поскольку учет реактивной энергии не производится, то нельзя оценить коэффициенты мощности в узлах подключения систем электроснабжения МУ. Кроме того, во всех МУ отсутствует технический учет электроэнергии в узлах подключения наиболее мощных приемников электроэнергии, например, томографов, или группы ПЭ (пищевые блоки, групповое внутреннее и наружное освещение и другие).

Инструментальное исследование силовых трансформаторов СЭС медучреждений показало их загрузку в пределах от 50 % до 70 %. При такой нагрузке у трансформаторов их коэффициент загрузки ( $k_{3T}$ ) несколько меньше рационального значения. В санатории «Обуховский»  $k_{3T}$  еще меньше. Это объясняется перспективой развития санатория и увеличения присоединенной мощности ПЭ.

Анализ ПЭ медучреждений показал, что потребителей электроэнергии условно можно разделить на четыре основные группы: медицинское оборудование, пищевой блок, освещение и вспомогательное оборудование (бытовое, офисное и другое). Их присоединенная мощность относительно общей для группы обследованных МУ приведена в табл. 2.

Таблица 2

Присоединенная мощность основных потребителей электроэнергии в МУ

Медицинское учреждение	Присоединенная мощность, %			
	медицинское оборудование	пищевые блоки	освещение	вспомогательное оборудование
УрНИИТО (г. Екатеринбург)	25	19,2	13	42,8
ГБ № 1 (г. Краснотурьинск)	35,5	10	31,5	23
ГБ (г. Карпинск)	24	36,5	25,5	14
Санаторий «Обуховский»	17,5	14	8,8	59,7

Данные табл. 2 демонстрируют, что доля одной группы ПЭ для различных МУ существенно отличается. Это обусловлено характером МУ, а также наличием специфических для конкретного учреждения ПЭ. Например, в УрНИИТО большую долю во вспомогательном оборудовании составляет электрический нагрев ряда помещений, а в санатории – бытовое оборудование спальных корпусов. Имеет место также ПЭ с низкой энергетической эффективностью.

Электрическое освещение МУ характеризуется относительно большой величиной потребляемой активной энергии (20 %–30%), а также наличием ламп накаливания (ЛН) и люминесцентных ламп (ЛЛ). Сведения о мощности осветительных приборов МУ приведены в табл. 3.

Таблица 3

Мощность осветительных приборов в МУ

Медицинское учреждение	Мощность осветительных приборов				суммарная кВт
	лампы накаливания		люминесцентные лампы		
	кВт	%	кВт	%	
ОКБ № 1 (г. Екатеринбург)	210	33	424	67	635
УрНИИТО (г. Екатеринбург)	44	42	60	58	104
ГБ № 1 (г. Краснотурьинск)	88	48	96	52	184
ГБ (г. Карпинск)	72	58	52	42	124
Санаторий «Обуховский»	6	8	69,5	92	75,5

Согласно табл. 3, кроме санатория, во всех МУ значительна доля ламп накаливания. Следовательно, имеется резерв экономии электроэнергии. Кроме этого, отсутствует автоматическое управление освещения как внутри зданий, так и снаружи. Внедрение автоматики также позволит снизить электропотребление освещением.

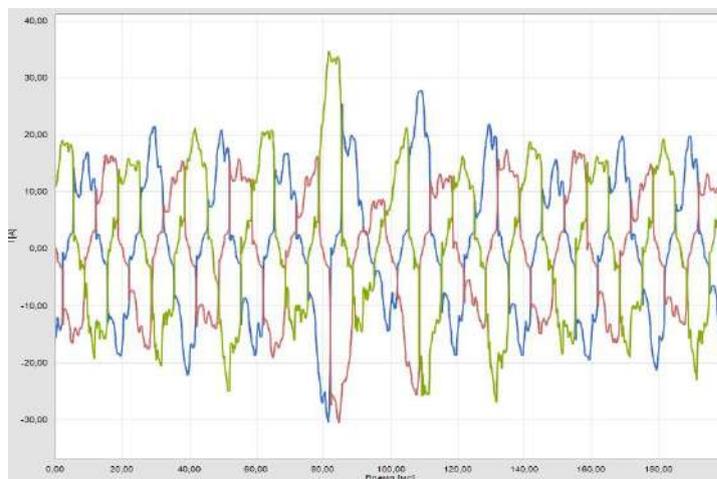
Следует отметить использование дроссельных ПРА для управления люминесцентными лампами. Их применение приводит не только к повышенному потреблению активной энергии по сравнению с электронными ПРА, но и к существенно низкому коэффициенту мощности. Например, на двух вводах ОКБ № 1 коэффициенты мощности при инструментальном исследовании режимов электропотребления составили:  $\cos\varphi_1 = 0,67$  ( $\operatorname{tg}\varphi_1 = 1,1$ ) и  $\cos\varphi_2 = 0,74$  ( $\operatorname{tg}\varphi_2 = 0,91$ ). Это существенно хуже нормативных значений: вызывает повышенные потери и большую загрузку элементов системы электроснабжения по току и мощности. Следовательно, в СЭС МУ необходима компенсация реактивной мощности.

В рамках инструментального исследования МУ с использованием трехфазного анализатора качества электроэнергии типа METREL выполнены измерения электрических параметров, энергетических показателей и показателей качества электроэнергии ПЭ.

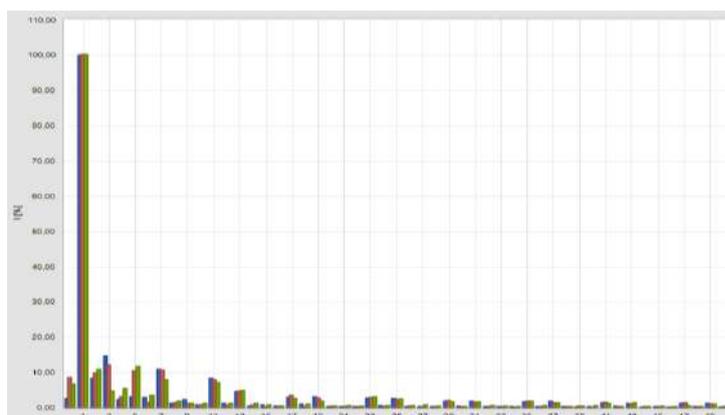
Из электрических параметров наиболее неблагоприятна несимметрия токов по фазам в узлах подключения групп ПЭ и на выводах вторичных обмоток силовых трансформаторов. Несимметрия токов приводит к значительной величине тока нулевой последовательности (в нулевом проводе). Это вызывает дополнительные потери ЭЭ в элементах СЭС. При этом несимметрия напряжений по фазам незначительна, поскольку нагрузка питающих трансформаторов небольшая.

Так как доля нелинейных ПЭ сравнительно большая из-за использования полупроводниковых преобразователей в медицинском оборудовании, бытовой и офисной технике, было обнаружено снижение качества электроэнергии в СЭС МУ. Отклонение синусоидальности напряжения в сети – небольшое, а наличие высших гармоник тока – существенное.

Исследование режимов работы относительно мощного ПЭ, к которому относится магнито-резонансный томограф (МРТ), показало несинусоидальную форму сетевых фазных токов, их колебания (рис. а) и превышение 3й, 5й и 7й гармоник относительно 1й гармоники более чем на 10% (рис. б). Также сравнительно большие 11я, 13я, 17я, 19я, 23я и 25я высшие гармоники тока (см. рис. б). Результаты исследования показали плохую электромагнитную совместимость МРТ с питающей сетью.



а)



б)

Рис. Исследование режимов работы мощного ПЭ: а) колебания фазных токов; б) гармонический состав фазных токов в питающей сети магнито-резонансного томографа

Энергетическое обследование МУ позволило сделать следующие выводы:

- имеется резерв повышения эффективности использования ЭЭ;
- необходимо совершенствование системы электроснабжения с учетом дополнительных источников электроэнергии для некоторых МУ;
- целесообразно внедрение системы технического учета активной и реактивной энергии;
- необходима модернизация системы внутреннего и наружного освещения;
- требуется компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии в СЭС;
- целесообразно повышение электроэнергетической безопасности потребителей электроэнергии;
- необходимо периодическое повышение квалификации обслуживающего электротехнического персонала, постоянное внедрение нового медицинского и другого оборудования и экономическую целесообразность уменьшения энергетических затрат за счет повышения эффективности использования электроэнергии.

#### Список использованных источников

1. Копырин В. С., Копырина Н. В., Куцин В. В. Концепция оценки матрицы энергетической безопасности предприятия // Проблемы и достижения в промышленной энергетике: сб. докл. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, УрФУ 2008 г.). Екатеринбург: Уральские выставки, 2008. С. 117–122.
2. Копырин В. С. Энергетическая безопасность предприятия // Промышленная энергетика. 2010. № 5. С. 45–49.
3. Копырин В. С., Копырина Н. В. Энергоаудит // Наука и новые технологии в энергетике: материалы междунар. науч.-технич. конф. (Павлодар, ПГУ 2002г.). Павлодар: ПГУ, 2002.
4. Копырин В. С., Куцин В. В. Методические аспекты энергоаудита электроприборов // Электротехнические системы и комплексы: межвуз. сб. науч. тр. Вып. 15. Магнитогорск: МГТУ им. Г. И. Носова, 2008. С. 213–217.
5. Копырин В. С., Копырина Н. В., Куцин В. В. Энергетическое обследование электроприводов // Проблемы и достижения в промышленной энергетике: сб. докл. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, УрФУ 2008 г.). Екатеринбург: Уральские выставки, 2008. С. 136–139.