

**Забелло Е.П., д.т.н., профессор,
Равинский Н.А., ст. преподаватель
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», Минск, Республика Беларусь**

ВОЗМОЖНОСТИ УПЛОТНЕНИЯ СУТОЧНЫХ ГРАФИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Ключевые слова: электроэнергия, автоматизированный энергоучет, график нагрузок, плотность нагрузки, неравномерность нагрузки, потребитель-регулятор.

Аннотация. Проанализированы формы суточных графиков нагрузок группы предприятий. Представлена динамика коэффициентов, характеризующих плотность и неравномерность нагрузки в Белорусской энергосистеме. Показан положительный эффект АСКУЭ с применением двухставочного тарифа.

В статье [1], в которой были рассмотрены причины, сдерживающие широкое внедрение автоматизированных систем контроля, учета и управления генерацией, передачей, распределением и потреблением энергии (АСКУЭ), изложены результаты анализа суточных графиков нагрузки в энергосистеме республики за 2004..2006 годы на основании использования показателей β_{cp} и α_n , определяемых выражениями:

$$\beta_{cp} = \frac{P_{cp}}{P_{max}}, \quad \alpha_n = \frac{P_{min}}{P_{max}} \quad (1)$$

где P_{cp} , P_{max} , P_{min} – соответственно среднее, максимальное и минимальное значение нагрузки на соответствующем интервале суток;

β_{cp} и α_n – соответственно коэффициенты, характеризующие плотность графика нагрузок и неравномерность нагрузки.

Аналогичные показатели, рассчитанные по итогам 2015 года (см. [2]), свидетельствуют о том, что как значение β_{cp} , так и значение α_n за последние 10 лет оставались стабильными (см. рисунок 1), хотя некоторая часть потребителей снизила нагрузки в пиковых зонах графика, другая их часть, наоборот, повысила, в результате чего форма суточного графика нагрузок (ФГН) энергосистемы практически не изменилась. В таблице 1 приведены данные по группе потребителей (гормолзаводы, мясокомбинаты, комбинаты

хлебопродуктов), свидетельствующие о том, что в результате проведения ряда режимных мероприятий некоторые из предприятий существенно повысили значение $\beta_{\text{ср}}$, приблизив его к единице, т.е. график нагрузок (ГН) предприятия стал практически ровным. Наоборот, часть предприятий увеличила неравномерность нагрузки, снизив значение α_n до величины 0,17..0,31. Полученный результат неоднозначен, так как подобные значения α_n имеют и потребители-регуляторы, снижающие пиковые нагрузки и наоборот, повышающие нагрузки в ночные и полупиковые часы. По данным приведенной таблицы можно судить, что таким потребителем-регулятором является комбинат хлебопродуктов №1, хотя и имеющий низкое значение α_n ($\alpha_n = 0,17$), однако на данном комбинате средняя нагрузка на часовых интервалах ночной зоны в 5,22 : 0,92 = 5,67 раза выше, чем в часы пиковых нагрузок. Причина такой ситуации объясняется просто: на комбинате внедрена АСКУЭ, реализующая не просто автоматизированный учет потребления энергии, но и использование двухставочного тарифа, стимулирующего снижение нагрузки на пиковых интервалах.

Таблица 1 Распределение нагрузок по часам суток различных зон группой предприятий

№	Предприятие	Распределение по зонам, %			$\beta_{\text{ср}}$	α_n
		н	п	пп		
1	Условное с ровным ГН	4,17	4,17	4,17	1	1
2	Комбинат хлебопродуктов №1	5,22	0,92	5,26	0,79	0,17
3	Комбинат хлебопродуктов №2	4,7	1,62	5,2	0,8	0,31
4	Комбинат хлебопродуктов №3	3,94	4,27	4,25	0,98	0,92
5	Гормолзавод №1	3,37	1,74	6,00	0,69	0,29
6	Гормолзавод №2	2,56	4,98	4,75	0,84	0,51
7	Мясокомбинат №1	3,36	2,31	5,7	0,73	0,4
8	Мясокомбинат №2	3,04	4,65	4,62	0,9	0,65

Приемлемым для энергосистемы является и другой ГН – ГН комбината хлебопродуктов №3, так как на данном комбинате значения $\beta_{\text{ср}}$ и α_n близки по величине и почти равны 1, т.е. ГН предприятия практически ровный.

Если сравнивать между собой ФГН двух гормолзаводов, то по данным таблицы видно, что они существенно отличаются как по степени неравномерности нагрузки ($\alpha_{n1} = 0,29$, $\alpha_{n2} = 0,51$), так и

средними нагрузками в ночных зонах ($\bar{P}_{n1} = 3,37\%$, $\bar{P}_{n2} = 2,56\%$) и пиковых зонах ($\bar{P}_{n1} = 1,74\%$, $\bar{P}_{n2} = 4,48\%$). Из приведенных данных следует, что у первого горномолзавода ФГН «лучше», чем ровный ФГН, т.к. $\bar{P}_{сут} = 4,17\% > \bar{P}_{n1} = 1,74\%$, а второй завод имеет значение $\bar{P}_{n2} = 4,48\%$, т.е. более высокое, чем значение \bar{P} для ровного графика нагрузок.

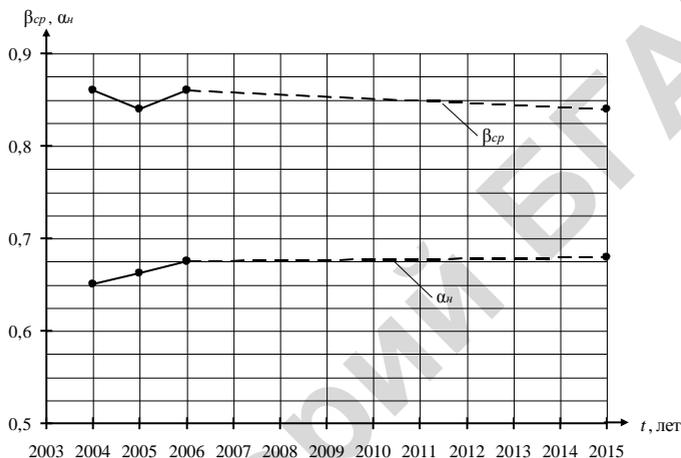


Рисунок 1 - Динамика коэффициентов, характеризующих плотность (β_{cp}) и неравномерность нагрузки (α_n) в Белорусской энергосистеме по годам в зимнее время

Из проведенного анализа фактических данных по ФГН ряда предприятий АГП следует, что при внедрении в отрасли полномасштабных АСКУЭ с одновременной модернизации тарифной системы можно получить существенное снижение платы за электропотребление на данных предприятиях, обеспечив одновременно и снижение величины генерирующей мощности, цена единицы которой составляет на сегодняшний день величину до 4000 дол/кВт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Забелло Е.П. АСКУЭ: что сдерживает ее внедрение? // Энергетика и ТЭК. – 2007. – №2.
2. Забелло Е.П. Проблемы стимулирования процессов управления электрическими нагрузками на суточных интервалах / Е.П. Забелло, А.А. Ажгиревич, Е.М. Прищепова // Энергетика и ТЭК. – 2015. – №6.

**Збродыга В.М, к.т.н., доцент,
Зеленькевич А.И., ст. преподаватель,
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», Минск, Республика Беларусь**

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПАРКА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ 10/0,4 кВ В ГЛУБОКСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Ключевые слова: силовой трансформатор, срок службы, группа соединений обмоток, сопротивление короткого замыкания.

Аннотация. В статье рассмотрено состояние парка силовых трансформаторов 10/0,4 кВ в Глубокских электрических сетях, обозначены некоторые проблемы при их замене.

В электрических сетях Республики Беларусь ведется работа по замене трансформаторов 10/0,4 кВ, выработавших свой ресурс, на новые более современные. Рассмотрим на примере Глубокских электрических сетей (Глубокских ЭС) существующее состояние парка трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ.

На рисунке 1 приведены данные по количеству трансформаторов различной мощности установленных в Глубокских ЭС.

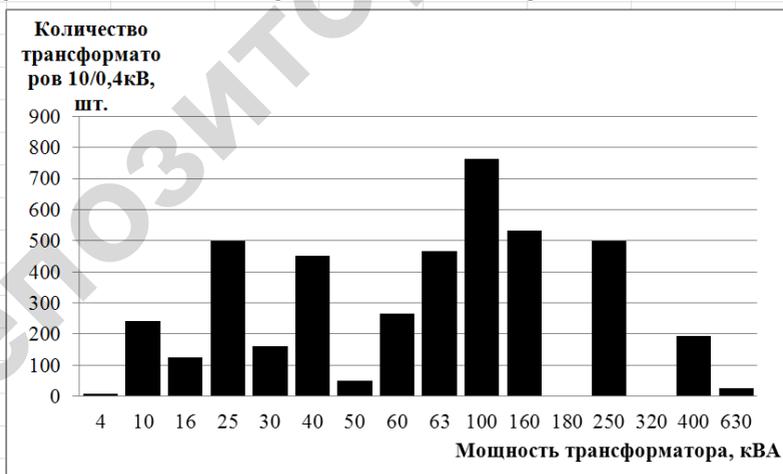


Рисунок 1. Количество трансформаторов различной мощности установленных в Глубокских ЭС

Как видно, в сетях преобладают трансформаторы мощностью 100, 160, 250 и 25 кВ·А.

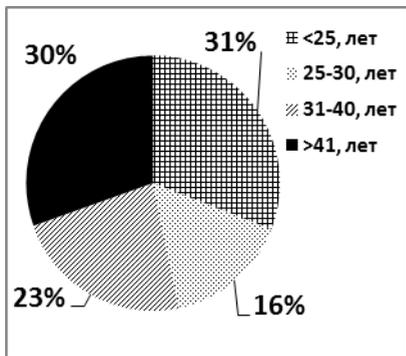


Рисунок 2. Диаграмма распределения трансформаторов 10/0,4 кВ с различными сроками службы

В Глубокских электрических сетях проводится работа по обновлению трансформаторов (рисунок 2).

Количество трансформаторов со сроком службы не превышающим нормативный (30 лет) составляет 46%. В тоже время 30% (1308 шт.) трансформаторов имеют срок службы более 41 года и требуют замены.

На рисунке 3 представлено распределение трансформаторов различной мощности по срокам службы.

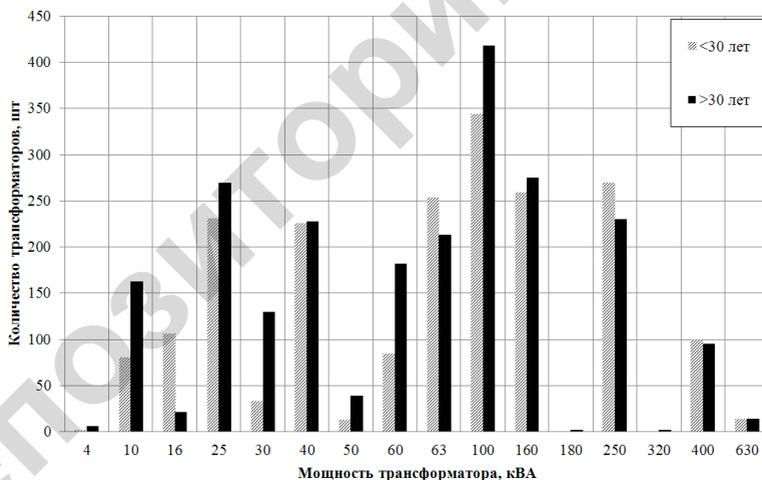


Рисунок 3. Распределение трансформаторов различной мощности по срокам службы в Глубокских ЭС

Из рисунка 4 видно, что преобладает замена трансформаторов с установленной мощностью 250, 160, 400 и 100 кВ·А.

При замене используются, в основном, трансформаторы производства Минского электротехнического завода имени В.И. Козлова серий ТМГ12, ТМГ21 и ТМГСУ со схемой соединения обмоток «звезда-звезда с нулем».

Как указывается в [1], в ряде случаев применение трансформаторов с такой схемой соединения обмоток не оправдано, а иногда недопустимо.

Одним из отличий технических характеристик трансформаторов с разными схемами соединения обмоток является разная реакция на протекающие несимметричные токи, содержащие составляющую нулевой последовательности (токи однофазного короткого замыкания, несимметричные по фазам токи нагрузки и др.).

У трансформаторов со схемой соединения обмоток «звезда-звезда с нулем» величина сопротивлений нулевой последовательности значительно больше, чем прямой последовательности.

При этих условиях ток однофазного короткого замыкания на выводах 0,4 кВ трансформатора оказывается значительно меньше тока трехфазного короткого замыкания.

На ТП с трансформаторами со схемой соединения обмоток «звезда-звезда с нулем» защищаемыми предохранителями типа ПКТ со стороны высокого напряжения при однофазном КЗ защита оказывается нечувствительной. При протекании тока КЗ ниже минимально отключаемого, предохранитель не защищает оборудование, разрушается и может вызвать аварию.

Одним из путей недопущения таких ситуаций, является применение разработанного авторами трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» с четной группой соединений [2], что позволяет его использовать в сетях с уже установленными трансформаторами «звезда-звезда с нулем». Магнитные потоки, создаваемые полуобмотками разных фаз в каждом стержне сердечника трансформатора направлены встречно и компенсируют друг друга. Магнитные потоки нулевой последовательности такого трансформатора минимальны, а сопротивления нулевой последовательности меньше, чем при схеме соединения обмоток «звезда-звезда с нулем», что обеспечивает большую величину тока однофазного короткого замыкания и позволяет выполнять более надежную защиту от КЗ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Силовые трансформаторы 6(10)/0,4 кВ. Особенности применения различных схем соединения обмоток. [Электронный ресурс] / Федоровская А.И., Фишман В.С. – Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru/arh/2009/60/07.php>. – Дата доступа: 04.10.2017.

2. Патент №16008 Трехфазный симметрирующий трансформатор с четной группой соединения обмоток: / А.И. Зеленкевич, В.М. Збродыга; заявитель Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» - № а 20100121; заявл. 2010.02.01; опубл. 30.06.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 3. – С. 180-181.

**Збродыга В.М., к.т.н., доцент,
Зеленкевич А.И., ст. преподаватель
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», Минск, Республика Беларусь**

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ МДС И МАГНИТНЫХ ПОТОКОВ В ТРАНСФОРМАТОРЕ «ЗВЕЗДА-ДВОЙНОЙ ЗИГЗАГ С НУЛЕВЫМ ПРОВОДОМ»

Ключевые слова: трансформатор, магнитное поле, магнито-движущая сила, магнитный поток.

Аннотация. В работе рассмотрены особенности намагничивания трансформатора со специальной схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом», распределение МДС и магнитных потоков в его магнитной системе.

1. Введение.

Для снижения несимметрии и несинусоидальности напряжений в сельских электрических сетях напряжением 0,4 кВ авторы рассматривают возможность использования на подстанциях 10/0,4 кВ трансформаторов со специальной схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» [1]. Ее особенность в том, что вторичные фазные обмотки состоят из трех частей с соотношением количества витков $0,5W_2:0,25W_2:0,25W_2$, размещенных на разных стержнях магнитопровода и соединенных последовательно.