

УДК 621.314.212

М.Х. КОБИЛОВ докторант (ФерПИ)
 А.А. АБДУЛЛАЕВ, докторант (ФерПИ)
 З.З. ТУЙЧИЕВ, Ph.D. (ФерПИ)
 Т.К. ЖАББОРОВ доцент (ФерПИ)
 город Фергана, Узбекистан

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Одним из параметров показателя качества электрической энергии является заданное отклонение напряжения. Под отклонением напряжения понимают отклонение напряжения от номинального значения при нормальной эксплуатации электрических сетей. Следующая формула используется для расчета значения отклонения напряжения [1]:

$$\delta U_y = \frac{U_y - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} 100\% \quad (1)$$

Где: U_y – мгновенное значение напряжения, $U_{\text{ном}}$ – номинальное значение напряжения.

Согласно значениям, указанным в нормативных документах ГОСТ 32144–2013, отклонение напряжения в номинальном рабочем состоянии в электрических сетях допускается отклоняться $\pm 5 \div 10\%$ и его значения должны находиться в следующих диапазонах: [2] (Рис.1).

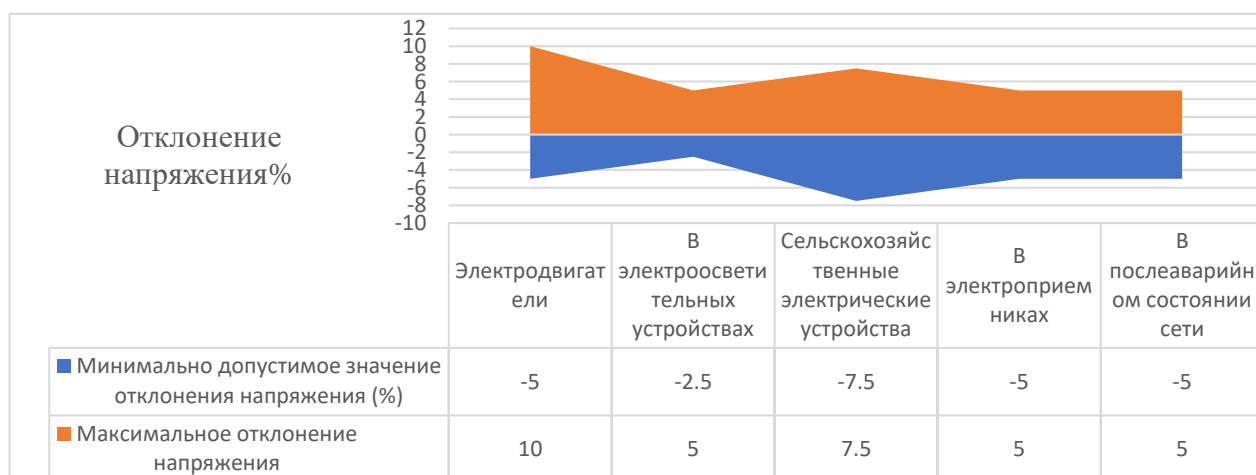


Рис.1. Допустимые значения отклонения напряжения в электротехнических устройствах

Отклонение напряжения возникает в следующих случаях:

- ✓ Отклонение напряжения возникает из-за неправильного подключения электропотребителей к линиям электропередачи;

- ✓ Из-за отсутствия компенсирующих устройств в электрических сетях напряжение и частота снижаются от заданного значения в пиковые моменты суточного потребления;
- ✓ Увеличение нагрузки потребителей электроэнергии;
- ✓ Из-за недостаточного использования выпрямительных устройств напряжения [3].

Традиционные способы регулировки напряжения можно представить следующим рисунком (рис.2):

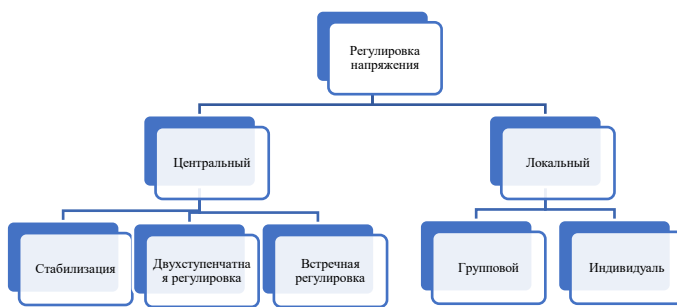


Рис.2. Традиционные методы регулировки напряжения

Из приведенной выше информации видно, что в энергетических системах и устройствах широко используются традиционные способы регулирования напряжения. Несколько ученых провели научные исследования по способам регулирования напряжения в электросети по параметрам, указанным в нормативных документах ГОСТ 32144–2013, а также схемам и

принципам работы устройств регулирования напряжения:

Е.И. Ратомский на приборе РПН проводились научные исследования по регулированию напряжения в электрических сетях с использованием существующих силовых трансформаторов. В данной научной работе в научно-аналитическом методе рассмотрены проблемы повышения эффективности механической технологии устройства РПН, получения его общих характеристик и применения устройств выпрямления напряжения при современной нагрузке в электрических сетях. [4].

А.А. Асабин проводил научные исследования по тиристорным методам регулирования напряжения в трансформаторах. В данной научной работе предложен метод, обеспечивающий возможность непрерывного регулирования напряжения путем последовательного применения методов увеличения угла коммутации и коррекции противоположного напряжения в зонах отклонения напряжения линии электропередачи. В результате применения этого метода можно расширить диапазон регулирования напряжения силовых трансформаторов с активно-индуктивными, активно-емкостными и рекуперативными нагрузочными и силовыми трансформаторами. [5].

А.А. Карлов в своей научной работе провел исследование устройства регулирования однофазного напряжения и разработал рабочую схему, позволяющую регулировать напряжение, не влияя на режим работы силового

трансформатора, с помощью устройства регулирования однофазного напряжения, установленного на высоковольтная обмотка напряжения силового трансформатора [6].

В научной деятельности А.Г. Лавров изучал способы регулировки напряжения в автотрансформаторах и анализировал способы регулировки напряжения в трехполюсных понижающих автотрансформаторах с устройством РПН, разработал способ регулировки напряжения автотрансформатора путем изменения коэффициента магнитного потока в постоянный и переменный магнитные токи. [7].

Отклонение напряжения в электрической сети от заданного значения в течение длительного времени вызывает дополнительные потери мощности в силовых трансформаторах [8].

В выбранных для экспериментальных исследований силовых трансформаторах мощность и потери энергии электрических нагрузок прямо пропорциональны квадрату тока и обратно пропорциональны квадрату напряжения. А мощность в прямом режиме прямо пропорциональна квадрату напряжения. В результате отклонения напряжения общие потери электрической энергии рассчитываются следующим образом:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{наг.ном}} \left(\frac{100}{100+\delta U}\right)^2 + \Delta P_{\text{х.х.ном}} \left(\frac{100+\delta U}{100}\right)^2 \quad (2)$$

Где: $\Delta P_{\text{наг.ном}}$, $\Delta P_{\text{х.х.ном}}$ – потери в режиме нагрузки и в холостом ходе при номинальных значениях напряжения, δU – отклонения напряжения, % [9].

Увеличение (уменьшение) дополнительной потребляемой мощности по сравнению с номинальным значением определяется следующим выражением:

$$\Delta \delta P = \frac{\delta U}{50} (\Delta P_{\text{х.х.ном}} - \Delta P_{\text{наг.ном}}) \quad (3)$$

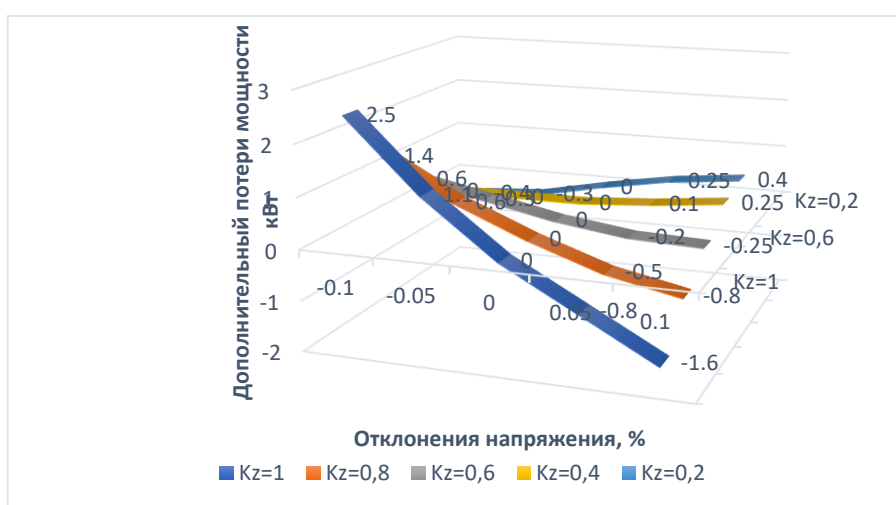


Рис.3. Образование дополнительной потери из-за отклонения напряжения в силовом трансформаторе ТМ-100 кВА.

Дополнительный потери мощности, где δP – изменение потери, кВт. Если, $\Delta P_{x.x.ном} > \Delta P_{наг.ном}$ ($K_{наг} < 0.4$), то рекомендуется снизить напряжение, так как потери мощности уменьшаются при $\Delta U < 0$.

Дополнительный потери мощности, возникающий вследствие отклонения напряжения в силовых трансформаторах ТМ–100 кВА, работающих в различных режимах нагрузки, образует кривую в графическом виде (рис.3).

Если $\Delta P_{x.x.ном} < \Delta P_{наг.ном}$ ($K_{наг} < 0.5$), в результате увеличения напряжения от номинального уменьшаются дополнительные потери мощности трансформатора [8].

Когда коэффициент нагрузки находится в диапазоне $0,4 < k_{наг} < 0,5$, дополнительные потери мощности, создаваемые силовым трансформатором в режимах нагрузки и соли, составляют $\Delta P_{x.x.ном} = \Delta P_{наг.ном}$.



Рис.4. Дополнительный потер из–за отклонения напряжения в силовых трансформаторах

$$\delta P_{\delta U} = \Delta P_{\delta U} - \Delta P_{ном} \quad (4)$$

где, $\Delta P_{\delta U}, \Delta P_{ном}$ – потери мощности электрического устройства при номинальном напряжении и потери мощности из–за отклонения напряжения, кВт.

Дополнительные потери генерируемой мощности можно выразить в процентах от активной мощности следующим образом [7]:

$$\delta P_{доп.\delta U} = \frac{\delta P_{\delta U}}{P_{ном}} 100\% \quad (5)$$

$P_{ном}$ – Общая мощность силового трансформатора, кВт.

В результате отклонения напряжения снижается КПД трансформаторов и появляются дополнительные потери мощности (рис.4).

В заключение можно сказать, что в результате проведения опытов в Ферганском предприятий электрических сетей отклонения напряжения в системах электроснабжения снижается КПД электрических устройств и приводит к дополнительному расходу электроэнергии. На основании выше изложенное информации, в результате отклонения напряжения в некоторых типах электрических устройств предприятий могут возникнуть следующие ситуации:

- Петля гистерезиса, образующаяся в сердечнике силового трансформатора, резко увеличивается из-за повышения напряжения от номинального значения, в результате чего увеличиваются и магнитные потери в сердечнике трансформатора. Магнитные потери изменяются прямо пропорционально квадрату текущего значения напряжения. Поэтому в стальном сердечнике наблюдаются случаи нарушения изоляции, снижается надежность силового трансформатора.
- В силовых трансформаторах при нагрузке выше 50% увеличиваются дополнительные потери мощности за счет снижения номинального напряжения, а при недогрузке трансформаторов (до 30%)—уменьшаются дополнительные потери мощности в электрической сети. из-за снижения напряжения.
- При повышении напряжения на 5% потери в магнитопроводе увеличиваются на 10%.
- Увеличение напряжения на 1% вызывает увеличение рассеиваемой реактивной мощности на 3–7%.

Для снижения дополнительных потерь мощности, вызванных отклонением напряжения, необходимо поддерживать напряжение в линии электропередачи в диапазоне (1÷1,1). Поэтому необходимо обеспечить допустимое отклонение напряжения электрооборудования в оптимальном диапазоне по техник-экономическим критериям и это приводит народно-хозяйственному значению.

Литературы:

1. ГОСТ Р. 54149–2010. Нормы качества электрической энергии //М.: Стандартиформ.–2014.
2. Ананичева С.С. Качество электроэнергии. Регулирование напряжения и частоты в энергосистемах: учебное пособие //3–е изд., испр. Екатеринбург: УрФУ. 2012. с.93
3. Волков Н.Г. Качество электроэнергии в электроснабжения: Учебное пособие//Томск: изд-во Томского политехнического университета Энергоатомиздат, 2010, с.3–152
4. Ратомский Е.И., Сивцов Н.А.; Регулирование напряжения в электрической сети с помощью устройства РПН трансформатора / Актуальные проблемы энергетики СНТК–76; 2010–131–137 с.

5. Асабин А.А., Кралин А.А. Энергетические показатели тиристорного регулятора переменного напряжения с вольтодобавочным трансформатором при поочередном двухзонном управлении// Интеллектуальная электротехника № 2–2018; С 92–103.
6. Карлов А.А. Устройство регулирования напряжения однофазного трансформатора//RU 170742 U1 МПК H02M 5/12 H02H 7/04–2006 г 1–6 с.
7. Лавров А. Г., Попов Е. Н., Шляпников А. С. Анализ способов регулирования напряжения автотрансформаторов//Известия СПбГЭТУ “ЛЭТИ” №10/2018–75–81 с.
8. В.В. Горицкий Влияние качества электроэнергии на работу асинхронных электродвигателей//1 January 2018 ГГТУ им. П. О. Сухого Материалы XVIII Междунар. науч.–техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 26–27 апр. 2018 г
9. Сафонов Д. Г. Влияние отклонения напряжения на потери мощности в электрооборудовании электрических сетей и потребителей//Омский научный вестник №2.2013 с.203–206.

Информация об авторах:

Кобиллов Миродил Хамиджон угли, докторант Ферганского политехнического института, 150100, г. Фергана, ул. Фергана, 86, malaka.energetika@mail.ru

Абдуллаев Абдувохид Абдуғаффор угли, докторант Ферганского политехнического института, 150100, г. Фергана, ул. Фергана, 86, abdullaevabduvokhid@gmail.com

Туйчиев Зафаржон Зокирович, PhD, зам. декан Энергетического факультета, Ферганского политехнического института, 150100, г. Фергана, ул. Фергана, 86, tuychiev7055@gmail.com

Жабборов Тулкин Камолович, доцент кафедры “Электроэнергетики”, Ферганского политехнического института, 150100, г. Фергана, ул. Фергана, 86, tulkin_jabborov@mail.ru