

Литература

1. Бессонный А. Н. Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения : справочник / А. Н. Бессонный, Г. А. Дрейцер, В. Б. Кунтыш ; под общ. ред. В. Б. Кунтыша, А. Н. Бессоного. – СПб. : Недра, 1996. – 512 с.
2. Дзюбенко, Б. В. Интенсификация тепло- и массообмена на макро-, микро- и наномасштабах / Б. В. Дзюбенко, Ю. А. Кузма-Китча, А. И. Леонтьев – М. : ФГУП «ЦНИИАТОМИНФОРМ», 2008. – 539 с.
3. Chen, T. An Experimental Investigation of Nucleate Boiling Heat Transfer from an Enhanced Cylindrical Surface / T. Chen // Appl. Therm. Eng. – 2013. – Vol. 59, iss. 1–2. – P. 355.
4. Chien, L. H. An Experimental Study of Pool Boiling and Falling Film Vaporization on Horizontal Tubes in R-245fa / L. H. Chien, Y. L. Tsai // Appl. Therm. Eng. – 2011. – Vol. 31, iss. 17–18. – P. 4044.
5. Dąbek, L. Ethyl Alcohol Boiling Heat Transfer on Multilayer Meshed Surfaces AIP Conference Proceedings / L. Dąbek, A. Kapjor, J. Orman // AIP Publ. LLC. – 2016. – Vol. 1745, iss. 1. – P. 020005.
6. Extraordinary Boiling Enhancement through Micro-Chimney Effects in Gradient Porous Micro-meshes for High-Power Applications / S. Zhang [et al.] // Energy Convers. Manage. – 2020. – Vol. 209. – P. 112665.
7. Nucleate Pool Boiling of R-134a on Plain and Micro-Finned Tubes / S. P. Rocha [et al.] // Int. J. Refrigeration. – 2013. – Vol. 36, № 2. – P. 456.
8. Khovalyg, D. M. Two phase flow dynamics during boiling of R134a refrigerant in minichannels / D. M. Khovalyg, A. V. Baranenko // Technical Physics. – 2015. – Vol. 85, № 3. – P. 34–41.
9. Niño, V. G. Characterization of Two-Phase Flow in Microchannels / V. G. Niño, P. S. Hrnjak, T. A. Newell // ACRC TR-202. – 2002. – October.
10. Кузнецов, В. В. Режимы течения и теплообмена при кипении движущегося хладагента R318с в кольцевом миниканале / В. В. Кузнецов, А. С. Шамирзаев // Теплофизика и аэромеханика. – 2007. – Т. 4, № 1. – С. 57–65.
11. Исследование теплообмена и гидродинамики при кипении недогретой воды в канале малого диаметра / Сузуки К. [и др.] // Тепловые процессы в технике. – 2012. – № 7. – С. 307–311.
12. Ховалыг, Д. М. Неустойчивости двухфазного течения веществ при кипении в микроканалах / Д. М. Ховалыг, А. В. Бараненко // Холодильная техника. – 2013. – № 10. – С. 45–47.
13. Малышев, А. А. Новые методы прогнозирования режимов течения кипящих хладагентов в макро- и миниканалах / А. А. Малышев, К. В. Киссер, А. С. Филатов // Вестн. Междунар. акад. холода. – 2016. – № 2. – С. 67–70.
14. Экспериментальное исследование пародинамического термосифона с кольцевыми каналами в испарителе и конденсаторе / Л. Л. Васильев [и др.] // Тепло- и массоперенос 2015 : сб. науч. тр. / ИТМО им. А. В. Лыкова НАН Беларуси. – Минск, 2016. – С. 18–23.
15. Экспериментальное исследование работы термосифонов, заправленных хладагентами R404A, R407C, R410A / А. В. Шаповалов [и др.] // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2020. – № 3/4. – С. 87–93.

**ВЫБОР МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ
ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ ОБЪЕКТОВ В СВЯЗИ С ЛИКВИДАЦИЕЙ
НАПРЯЖЕНИЯ 220 КВ**

А. А. Новиков

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель канд. техн. наук, доц. П. В. Лычѐв

На сегодняшний день системообразующая сеть объединенной энергетической системы (ОЭС) Беларуси сформирована на напряжении 220–750 кВ. Основными целями развития системообразующей сети ОЭС Беларуси являются:

– организация выдачи мощности существующих электростанций при их реконструкции, вводе новых блоков;

- повышение надежности электроснабжения отдельных крупных энергоузлов;
- формирование системообразующей сети 330–750 кВ в соответствии с поставленными актуальными задачами;
- поэтапный вывод из эксплуатации сети напряжением 220 кВ с переводом на напряжение 110 кВ и 330 кВ.

С целью повышения надежности и эффективности электроснабжения потребителей Концепцией развития сетей на период до 2030 г. [1] предусмотрено: напряжение 220 кВ является неперспективным, происходит отказ от класса напряжения 220 кВ. В связи с этим были рассмотрены основные мероприятия по реконструкции электросетевых объектов данного класса напряжения на примере подстанции (ПС) 220 кВ «Центролит» и примыкающих сетей.

Существующая ПС 220 кВ «Центролит» введена в эксплуатацию в 1964 г. и служит для электроснабжения потребителей г. Гомеля. В настоящее время ПС 220 кВ «Центролит» включает в себя распределительные устройства (ОРУ-220 кВ, ОРУ-110 кВ, РУ-6 кВ), два автотрансформатора напряжением 220/110/6 кВ мощностью по 63 МВА каждый, устройства управления и другие вспомогательные устройства, необходимые для нормальной работы подстанции.

Подстанция 220 кВ «Центролит» связана с энергосистемой по ВЛ 220 кВ «Светлогорск – Центролит». По сети 110 кВ ПС 220 кВ «Центролит» связана с сетью г. Гомеля по ВЛ 110 кВ «Центролит – Гомель-330» и отпайкой от ВЛ 110 кВ «Гомсельмаш – Бобовичи».

По результатам обследования электрической части подстанции «Центролит» и примыкающих сетей необходимо отметить следующее:

- силовые автотрансформаторы АТДЦТН-63000/220/110/6 находятся в эксплуатации более 30 лет, исходя из сроков их полезного использования, требуется их замена;
- состояние измерительных трансформаторов тока, измерительных трансформаторов напряжения является морально и физически устаревшим;
- требуется замена морально устаревших масляных выключателей.

Выполнено исследование загрузки трансформаторов за 2021 г. (рис. 1), на основе которого сделан вывод, что автотрансформаторы подстанции работают в недогруженном режиме (максимальная загрузка каждого АТ в зимний и летний периоды не превышает 23,5 %).

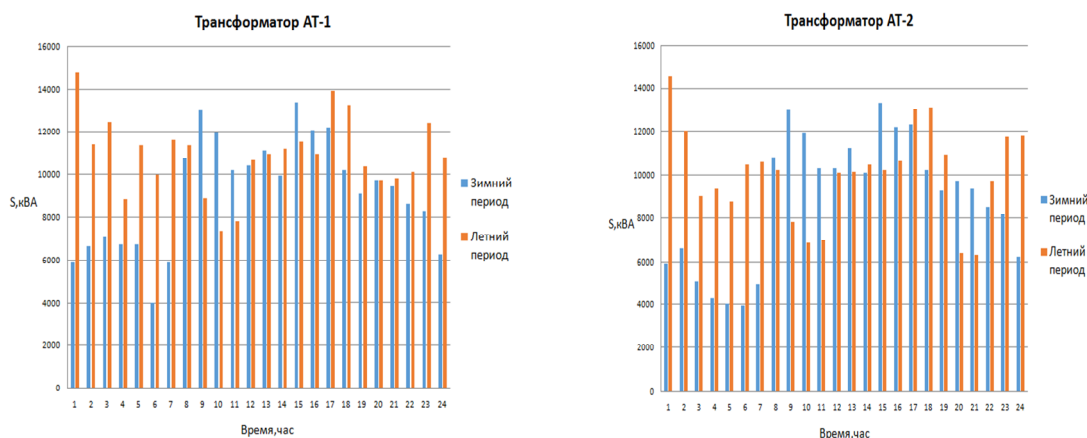


Рис. 1. Графики изменения нагрузок автотрансформаторов АТ-1 и АТ-2 в зимнее и летнее время

Таким образом, с целью повышения надежности электроснабжения существующих потребителей принято решение выполнить реконструкцию ПС 220 кВ «Центролит» с заменой существующих автотрансформаторов на силовые трансформаторы меньшей мощности, а также выполнить перевод ВЛ 220 кВ «Центролит – Светлогорск» на напряжение 110 кВ.

Для анализа влияния перевода ВЛ-220 кВ «Центролит – Светлогорск» на напряжение 110 кВ был выбран участок сети: замкнутый контур «ТЭЦ-7 – Светлогорск 220 – Центролит 220 – Гомель 330 – Гомсельмаш – Жлобин 330 – Жлобин 110 – Заводская – ТЭЦ-7» (рис. 2).

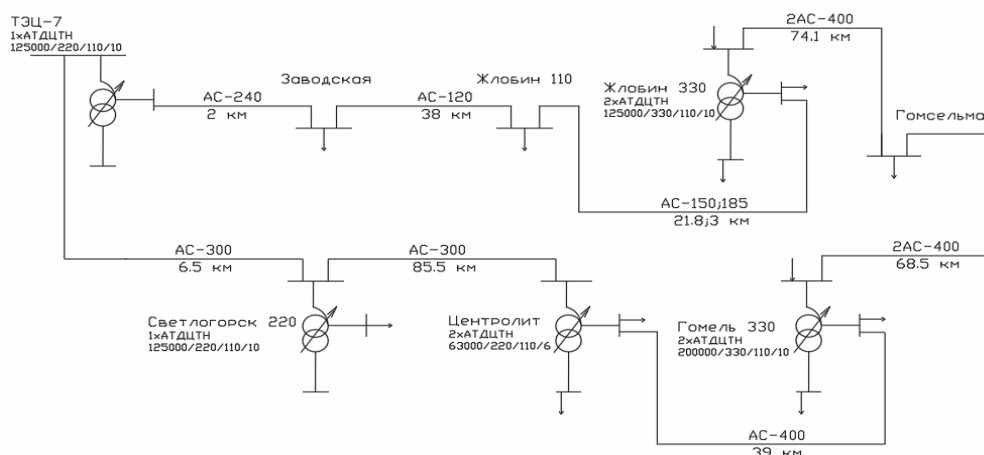


Рис. 2. Фрагмент существующей сети

На выбранном участке сети выполнены расчеты режимов с изменением напряжения на ВЛ 220 кВ «Центролит – Светлогорск» с 220 кВ на напряжение 110 кВ и поэтапной заменой на ПС «Центролит» существующих автотрансформаторов на силовые трансформаторы ТДТН-25000/110/10/6. Выполнено сравнение полученных результатов расчета сети, а также оценка потерь активной и реактивной мощностей на подстанциях и линиях, которые были получены до замены трансформаторов и изменения напряжения на ВЛ 220 кВ «Центролит – Светлогорск» с 220 кВ на 110 кВ и после.

Основные мероприятия по реконструкции электрической части ПС «Центролит» предполагают следующее:

- Демонтаж существующих автотрансформаторов АТ-1 и АТ-2 с последующей их заменой на силовые трансформаторы меньшей мощности, а так как в настоящее время для питания новых потребителей преимущественно применяется напряжение 10 кВ, существующая сеть напряжением 6 кВ постепенно переводится на напряжение 10 кВ. В данном районе большинство потребителей питается от напряжения 6 кВ, поэтому необходима установка силовых трансформаторов Т-1 и Т-2 напряжением 110/10/6 кВ.

- Выбор силовых трансформаторов ТДТН-25000/110/10/6 [2] (по нагрузке проектируемой подстанции, по расчетной мощности трансформатора). Определен коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном и послеаварийном режимах, при этом коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном и послеаварийном режимах не выходит за пределы допустимых значений.

- С учетом перспективного роста нагрузки потребителей, питающихся от напряжения 10 кВ, с целью продольного регулирования напряжения на стороне 10 кВ

необходима установка двух вольтодобавочных трансформаторов ВДТ-1 и ВДТ-2 на напряжением 10 кВ номинальной мощностью по 16 МВА каждый [2] (ТМНЛ-16000/10).

- Замена старых масляных выключателей на стороне высокого напряжения на элегазовые выключатели [3] (LWA36 BEL-126) на стороне 10 кВ на вакуумные выключатели [3] (ВВ/РТН-10).

- Выбор соответствующих трансформаторов тока [2] и напряжения [4] на стороне 110 кВ на отходящих линиях и в цепи трансформатора.

- Выбор сечений жил и экранов кабельных вставок 110 кВ [5]:

- Т1-КРУЭ-110кВ и Т2-КРУЭ-110кВ: АПвПу2г нг(А)-LS-3х(1х150/95);

- КРУЭ-110 кВ – Гомель-330: АПвПу2г нг(А)-LS-3х(1х240/95);

- КРУЭ-110 кВ – Гомсельмаш: АПвПу2г нг(А)-LS-3х(1х630/95);

- КРУЭ-110 кВ – Светлогорск-220: АПвПу2г нг(А)-LS-3х(1х400/95);

- КРУЭ-110 кВ – Бобовичи: АПвПу2г нг(А)-LS-3х(1х150/95).

- Перевод ВЛ 220 кВ «Центролит – Светлогорск» на напряжение 110 кВ и подключение в новое КРУЭ-110 кВ ПС 110 кВ «Центролит» путем сооружения кабельной вставки 110 кВ.

- Сооружение захода-выхода существующей ВЛ 110 кВ «Гомсельмаш – Бобовичи» на ПС «Центролит». Работы по реконструкции предусматривают реконструкцию ВЛ 110 кВ «Гомсельмаш – Бобовичи» с отпайкой на ПС «Центролит» длиной 0,875 км, в том числе:

- демонтаж участка ВЛ 110 кВ опоры № 2/22 – портал ПС длиной 0,1 км. Провод АС 240/32, трос ТК-50;

- монтаж участка ВЛ 110 кВ опоры № 2/22 – проектируемый портал длиной 0,115 км. Провод 2хАС 240/32, трос ГТК20-0/50-9.1;

- реконструкция участка ВЛ 110 кВ опоры № 20 – опоры № 2/22 – опоры № 23 длиной 0,66 км. Провод АС 120/19, трос ТК-50.

На реконструируемой ВЛ 110 кВ «Гомсельмаш – Бобовичи» с отпайкой на «Центролит» в качестве фазных проводов приняты сталеалюминевые провода марки АС 240/32 и АС 120/19 по аналогии с существующими по ГОСТ 839–2019.

Для предотвращения разрушения проводов от возникающей вибрации предусмотрена установка гасителей вибрации.

Транспозиции проводов на подходах к ПС «Центролит» не требуется.

В соответствии с «Нормами технологического проектирования воздушных линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше», а также данными о проектировании и строительстве ВЛ 110 кВ в аналогичных условиях на реконструируемом участке ВЛ 110 кВ «Гомсельмаш – Бобовичи» с отпайкой на «Центролит» для подвески проводов АС 120/19, АС 240/32 и троса ГТК 20-0/50-9.1, ТК-50 приняты следующие типы опор:

- двухцепная стальная анкерно-угловая опора для перехода на горизонтальное расположение проводов У110-2В+14;

- двухцепная стальная анкерно-угловая опора У110-2+14.

Типы используемых фундаментов – сваи С35-10-8-Н по серии 3.407-115, выпуск 4.

Существующие опоры № 1 и № 22 а также их фундаменты подлежат демонтажу.

Таким образом, с целью повышения надежности электроснабжения существующих потребителей, а также в связи с ликвидацией напряжения 220 кВ были выбраны основные мероприятия по реконструкции электросетевых объектов на примере реконструкции ПС 220 кВ «Центролит» с заменой существующих

автотрансформаторов на силовые трансформаторы меньшей мощности, а также переводом ВЛ 220 кВ «Центролит – Светлогорск» на напряжение 110 кВ.

Л и т е р а т у р а

1. Концепция развития электрогенерирующих мощностей и электрических сетей на период до 2030 года. – 2020. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.by/law/kontseptsii-programmy-i-kompleksnye-plany/>. – Дата доступа: 10.01.2022.
2. Рожкова, Л. Д. Электрооборудование станций и подстанций : учеб. для техникумов / Л. Д. Рожкова, В. С. Козулин. – 2-е изд., перераб. – М. : Энергия, 1980. – 600 с.
3. Электротехническое оборудование. – Режим доступа: <https://www.aes.by>. – Дата доступа: 15.04.2022.
4. Евминов, Л. И. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения : учеб. пособие к практ. занятиям для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение по отраслям» / Л. И. Евминов, А. О. Добродей. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – Дата доступа: 16.04.2022.
5. Правила устройства электроустановок / 6-е изд., перераб. и доп. // М-во энергетики Рос. Федерации, 2000. – Режим доступа: <https://gosthelp.ru/text/-PUEPravilaustrojstvaelekt3.html>. – Дата доступа: 10.04.2022.

СТЕПЕНЬ ВЛИЯНИЯ СВЕТОДИОДНОЙ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ НА ФОРМУ КРИВОЙ ПОТРЕБЛЯЕМОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

А. С. Мазурова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научные руководители: канд. техн. наук, доц. О. Г. Широков,
канд. техн. наук, доц. Т. В. Алфёрова

Пятая часть производимой в мире электрической энергии расходуется на освещение улиц населенных пунктов, промышленных предприятий, предприятий торговли и т. д. Такие большие затраты электроэнергии связаны в основном с применением устаревших источников света. Однако прогресс в создании новых высокоэффективных источников света дает возможность кардинального решения проблемы расхода электроэнергии на освещение.

В настоящее время стала популярной тема светодиодных светильников. Именно это направление в освещении считается наиболее перспективным [1].

Светодиодные лампы или, как их еще обозначают, LED-лампы – это современный этап в развитии осветительной техники. Еще несколько лет назад они были редкостью, а в настоящее время приобрести их можно в любом объекте торговли, продающем светотехнику [2].

Целью данной работы является определение степени влияния светодиодной осветительной нагрузки на форму кривой потребляемого электрического тока и напряжения.

В работе использовались светодиодные лампы таких фирм, как Feron, Smartbuy, ETR и Philips.

На кафедре «Электроснабжение» ГГТУ им. П. О. Сухого разработан «Комплекс регистрации параметров электрических сигналов» (КРПЭС). КРПЭС представляет собой виртуальный измерительный прибор, построенный на основе персонального компьютера по модульному принципу, и предназначен для регистрации мгновенных значений напряжений и токов в распределительных устройствах в нормальных и аварийных режимах работы электрических сетей. На основе КРПЭС составлена схе-