

УДК 621.311

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ КУЗБАССА

Лазебный С.А., студент гр. ЭАмоз-181, II курс,
Биятто Е.В., специалист службы РЗА и АСУТП Кузбасского ПМЭС
Научный руководитель: Каширских В.Г., д.т.н., профессор
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

С принятием в 2009 году ФЗ №261 «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности», который определяет требования к энергетической эффективности предприятий и организаций, энергосбережение отнесено к стратегическим задачам государства, являясь одновременно и основным методом обеспечения энергетической безопасности.

В соответствии с Годовым отчетом Кузбасского предприятия магистральных электрических сетей (ПМЭС) за 2018г. суммарная величина технических потерь электроэнергии в сетях ЕНЭС в зоне обслуживания Кузбасского ПМЭС по Кемеровской области составила 549800,648 тыс.кВтч (80% приходится на ЛЭП и 20% на оборудование ПС).

Величина технических потерь зависит от конфигурации сети, ее элементов, а также схемных и режимных параметров системы электропередачи. Поэтому безотказная работа отдельных элементов системы напрямую определяет не только качество и надежность электроснабжения потребителей, но и минимальный уровень потерь электроэнергии. Снижение потерь электроэнергии позволяет увеличить пропускную способность электрических сетей, разгрузить основное электрооборудование и выявить резервы мощности для подключения новых потребителей.

Объекты напряжением 500, 220 кВ на территории Кемеровской области являются основополагающими электросетевыми объектами, на которых базируется построение надежной схемы электроснабжения г. Кемерово и Кемеровской области. Важнейшей проблемой электросетевого комплекса Кузбасского ПМЭС является прогрессирующий моральный и физический износ основных фондов, опережающий темпы реконструкции и технического перевооружения электросетевого оборудования. Изношенное оборудование обладает низкой энергетической и экономической эффективностью и требует комплексной реконструкции, часто с демонтажом и строительством новых электросетевых объектов.

Учитывая наличие на территории области крупных угольных предприятий, вопросы реконструкции и развития сетевой инфраструктуры в целях повышения надежности и качества электроснабжения потребителей приобретают особую значимость для социально-экономической стабильности и развития региона. В соответствии с этим в нашем исследовании произведем разра-

ботку технических решений, направленных на повышение надежности и эффективности функционирования электрических сетей Кузбасского ПМЭС.

В качестве объекта для оценки целесообразности реализации энерго-сберегающих мероприятий, рассмотрим участок электрической сети 500-200 кВ Кузбасского ПМЭС. Исследуемая энергосистема состоит из протяженных линий электропередачи напряжением 500-220 кВ. Электроснабжение потребителей электрической энергии осуществляется от основного центра питания, за который принята Беловская ГРЭС, Назаровской ГРЭС, а также объектов малой генерации – Кемеровской ГРЭС и Ново-Кемеровской ТЭЦ. К наиболее крупной подстанции можно отнести ПС 500/220/110 кВ Ново-Анжерская. Электрическая связь между Беловской ГРЭС и Назаровской ГРЭС обеспечивается посредством магистральных ЛЭП 500-220 кВ, соединяющих ПС 500 кВ Ново-Анжерская и ряда подстанций 220 кВ, которые осуществляют передачу электроэнергии на подстанции распределительной сети 110 кВ.

Проведя анализ нормального и аварийных режимов на основе цифровой модели исследуемой энергосистемы и оценив ее статическую устойчивость, рассмотрим мероприятия, способствующие снижению потерь электроэнергии и повышению эффективности ее использования в рассматриваемой электрической сети. Режим работы ЛЭП системообразующей сети 220-500кВ определяется характером работы электростанций.

Перетоки мощности по ЛЭП определяются условиями совместных балансов мощности ОЭС и резервирования агрегатов электростанций. Эти перетоки мощности отличаются неравномерностью и отсутствием стационарности, что приводит к необходимости расчётов технологических потерь электроэнергии в этих ЛЭП отдельно от потерь в распределительных сетях. Для расчета потерь электроэнергии в магистральных ЛЭП и автотрансформаторах будем использовать метод оперативных расчетов. Согласно данному методу, токовые нагрузки элементов сети и напряжения узлов определяются на основе данных диспетчерских ведомостей, оперативных измерительных комплексов (ОИК) и автоматизированных систем учёта электрической энергии (АС-КУЭ).

Исходя из результатов расчета, величина активных потерь электроэнергии для автотрансформаторов 220-500 кВ составила 10827637,22 кВтч, активных потерь электроэнергии в рассматриваемых ЛЭП 220-500 кВ – 11011842 кВтч. В качестве мероприятий, направленных на снижение потерь электроэнергии и повышение эффективности функционирования исследуемого участка электрической сети Кузбасского ПМЭС рассмотрим, как низкозатратные мероприятия (оптимизация режимов работы установленных автотрансформаторов), так и высокозатратные (имеющие необходимость в инвестировании значительных средств по замене устаревшего оборудования).

1. Оптимизация режимов работы автотрансформаторов.

При проектировании и эксплуатации трансформаторных подстанций следует предусматривать экономически целесообразный режим работы автотрансформаторов. Суть этого режима состоит в том, что при наличии на под-

станции нескольких автотрансформаторов, которые могут работать на общие шины, число включенных автотрансформаторов определяется условием, обеспечивающим минимум потерь мощности в этих автотрансформаторах. В этом случае учитывают не только потери активной мощности в самих автотрансформаторах, но и потери активной мощности, возникающие по всей цепочке питания от генераторов электростанции до рассматриваемых автотрансформаторов из-за потребления ими реактивной емкостной мощности. Эти потери называют приведенными в отличие от потерь в самих автотрансформаторах.

Число одновременно работающих автотрансформаторов влияет на экономичность их использования и стоимость потерь энергии в них. Очевидно, что по мере снижения нагрузки часть автотрансформаторов можно отключить и тем самым сократить потери энергии. Исходя из этого, определили условия выбора оптимального варианта включения двух автотрансформаторов на параллельную работу при изменении их нагрузки на подстанциях исследуемой части энергосистемы Кузбасского ПМЭС. При этом учли распределение нагрузки между двумя автотрансформаторами с учетом условий параллельной работы.

В результате анализа применимости данного мероприятия были получены функции изменения потерь мощности в зависимости от нагрузки АТ для разных режимов работы, которые позволили экстраполировать значения dP для широкого диапазона изменения нагрузки АТ. Также была выполнена оценка достоверности аппроксимации функций изменения потерь, получены значения $R^2 \approx 1$, следовательно, они входят в допустимый предел и можно считать, что расчетные значения нагрузок, при которых целесообразно изменение режима работы АТ определены с достаточной точностью. Результаты расчетов для одной из ПС исследуемой электрической сети представлен на рис. 1 (результаты для остальных рассматриваемых ПС аналогичны).

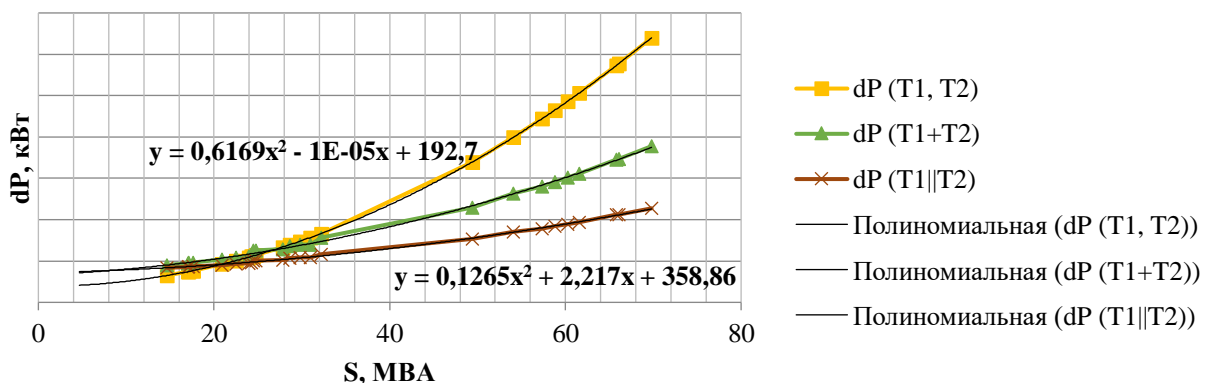


Рис. 1. Приведенные потери активной мощности в АТ ПС 220 кВ Крохалевская

На основании проведенных расчетов можно сделать вывод, что реализация данного энергосберегающего мероприятия на подстанциях Кузбасского

ПМЭС нецелесообразна, ввиду того, что нагрузка в нормальном режиме не может быть снижена до значений, необходимых для перевода автотрансформаторов из режима параллельной работы в режим работы одного АТ (загрузка одного АТ в таком режиме не будет превышать 18%).

2. *Оценка потенциала энергосбережения за счет использования энергоэффективных автотрансформаторов.*

Из анализа возрастной структуры автотрансформаторов Кузбасского ПМЭС можно сделать вывод, что большинство из них выпущены в 60х-70х годах прошлого века. Срок эксплуатации намного превышает установленный, в связи с чем, можно говорить об их физическом и моральном износе. Существует необходимость замены данных автотрансформаторов на современные со сниженными потерями электроэнергии.

Для оценки эффективности внедрения энергосберегающих АТ на рассматриваемых подстанциях Кузбасского ПМЭС, из ряда производителей энергоэффективного силового оборудования были выбраны автотрансформаторы ООО «Тольяттинский трансформатор».

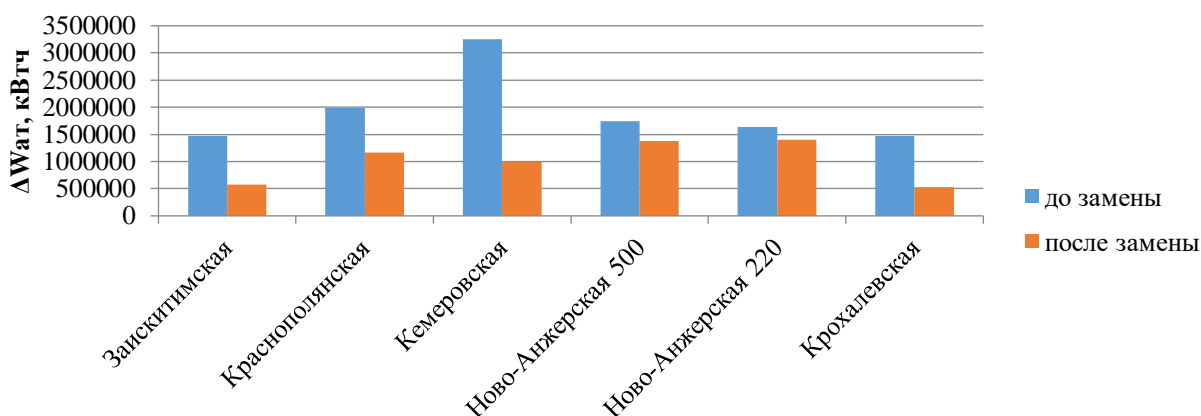


Рис. 2. Результаты ориентировочного расчета потерь электроэнергии в АТ подстанций рассматриваемой электрической сети Кузбасского ПМЭС до/после замены

Сниженные потери АТ данного производителя достигаются за счет следующих решений:

- применение систем автоматического программирования позволяет проводить комплексный анализ конструкции и оптимизировать модели;
- для создания магнитных систем трансформаторов (один из ключевых узлов) используются лучшие марки электротехнической стали и полный ко-сой стык пластин по схеме Step-Lap. Это обеспечивает снижение потерь холостого хода на 30%;
- для обмоточного производства используются сложные и транспонированные провода, применяется жесткий малоусадочный картон фирм Weidmann и Pukaro;
- совершенствуется конструкция главной и продольной изоляции, что дает возможность оптимальной компоновки модели, а, следовательно, сни-

жения потерь холостого хода и короткого замыкания, повышения надежности, уменьшения массы и габаритов.

Произвели ориентировочный расчет эффективности на основе имеющихся паспортных данных. Исходя из расчетов сделали вывод, что комплексная замена устаревших автотрансформаторов на энергоэффективные даст эффект снижения потерь электроэнергии на 47,67% (рисунок 2).

3. Оценка потенциала энергосбережения за счет использования энергоэффективных проводов.

Помимо подстанционного оборудования стремительно стареет электросетевое хозяйство. Большая часть потерь электроэнергии при ее передаче приходится именно на провода ЛЭП.

Одним из основных направлений улучшения ситуации – проведение модернизации ЛЭП с использованием проводов из инновационных энергоэффективных материалов.

В соответствии с Технологическим реестром по основным направлениям инновационного развития ПАО «Россети» (утв. Распоряжением ПАО «Россети» от 24.12.2018 №568р) предусматривается в составе направления инновационного развития применение технологий, обеспечивающих повышение пропускной способности электрических сетей без изменения ее конфигурации (в том числе новые типы проводов, провода с композитным сердечником, покрытия проводов).

Одним из инновационных решений в этом направлении является внедрение неизолированных проводов нового типа для воздушных линий электропередачи.

Произведя сравнение современных типов проводов в соответствии с Реестром первичного оборудования, материалов и систем, допущенных к применению на объектах ПАО «Россети» от 04.09.2019г со стандартным проводом марки АС, для реализации энергосберегающего мероприятия был выбран провод марки АССС. Обладая самым меньшим удельным сопротивлением, он является одновременно и самым легким. Также имеет оптимальное соотношение максимальной рабочей температуры и величины длительно допустимого тока.

Рассчитав параметры предлагаемых к замене проводов, смоделировали потери мощности в ПК Rastr Win 3, используя схему нормального режима рассматриваемого участка электрической сети Кузбасского ПМЭС. Результаты расчета представлены на рисунке 3.

Таким образом, замена устаревших проводов марки АС на энергоэффективные провода марки АССС даст эффект снижения потерь электроэнергии на 20,93%. Анализ различных мероприятий по снижению потерь электроэнергии в исследуемой электрической сети Кузбасского ПМЭС показал, что необходимо производить замену устаревшего электрооборудования на энергоэффективное.

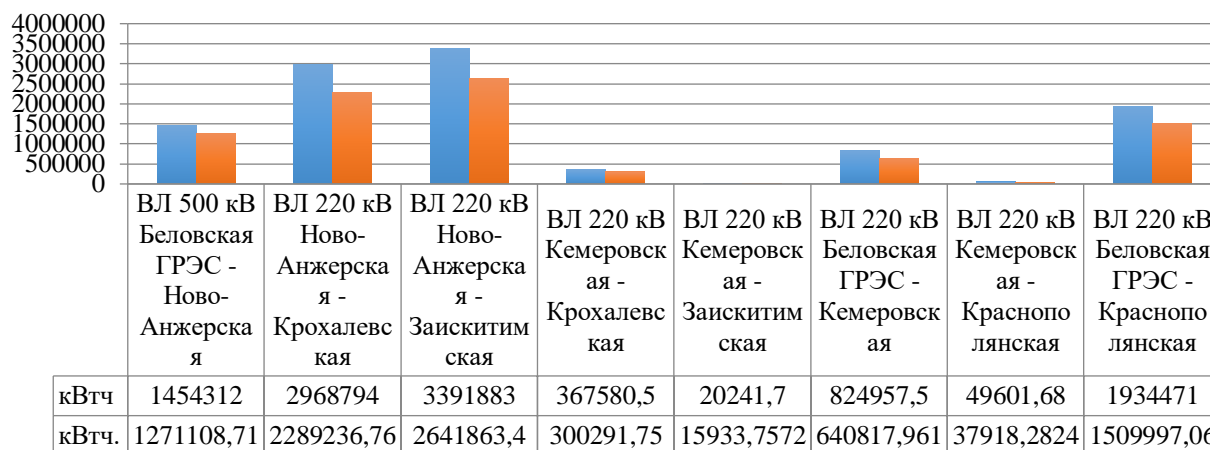


Рис. 3. Результаты расчета потерь электроэнергии в ЛЭП рассматриваемой электрической сети Кузбасского ПМЭС до/после замены проводов

Комплексное применение рассматриваемых мероприятий приведет к снижению потерь, значительно сократит число штрафов за сверхнормативные потери. Применение современного электрооборудования, помимо существенного снижения потерь электроэнергии, также повысит надежность электропитания потребителей, снизит недоотпуск электроэнергии и выпадающие доходы сетевых компаний. Данные мероприятия рекомендуются к применению не только в ПАО «ФСК ЕЭС», но и во всех сетевых компаниях, которые имеют проблему значительного износа основных средств и высокий уровень потерь электроэнергии.

Список литературы:

1. Ушаков В.Я. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности. Часть 1. Основы энергосбережения: социально-экономические и правовые аспекты: учебное пособие.- Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011.;
2. Схема и программа развития Единой энергетической системы России на период 2017-2023гг. – М.: АО «Институт «Энергосетьпроект», 2017г.
3. Комплексная программа развития электрических сетей Кемеровской области напряжением 35 кВ и выше на период 2017-2021 гг. – Кемерово, 2016. – 189с.
4. Железко, Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: руководство для практических расчетов – М.: НЦ Энас, 2009г. – 456 с.;
5. Железко, Ю.С. Расчет и анализ потерь электроэнергии в электрических сетях: руководство для практических расчетов/ Ю.С. Железко, А.В. Артемьев, О.В. Савченко – М.: НЦ Энас, 2004г. – 272с.