

Снижение расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций 500–750 кВ.

Обзор существующих технологий

В статье рассматриваются вопросы существенного снижения потребления электроэнергии собственных нужд ПС ПАО «ФСК ЕЭС», описывается ряд новых технологий, позволяющих снизить потребление электроэнергии на собственные нужды как на существующих объектах, так и на вновь строящихся. По результатам опытного внедрения и отработки ряда технологий, показавших свою эффективность, проведены и представлены описания технических решений и величины получаемых эффектов, разработаны конкретные шаги для ПАО «ФСК ЕЭС» в перспективе ближайших 5 лет, которые позволят существенно снизить затраты на собственные нужды как по существующим объектам, так и при новом строительстве.



Дмитрий ВОДЕННИКОВ,
заместитель Председа-
теля Правления —
главный инженер
ПАО «ФСК ЕЭС»

ПАО «ФСК ЕЭС» является крупнейшей в мире электросетевой компанией (ЭСК). Под ее управлением находится 933 подстанции, охватывающие 77 регионов России. Несмотря на относительно небольшую долю собственных нужд (СН) ПС 4,56% от суммарных технологических потерь электроэнергии ПАО «ФСК ЕЭС», в денежном выражении они составляют порядка 1 млрд рублей в год.

Неуклонный рост тарифов на энергоресурсы на фоне общей оптимизации операционных затрат, вызванных экономической ситуацией последних лет, мотивирует руководителей энергетических компаний кардинально менять подходы и искать зачастую скрытый потенциал снижения потребления энергоресурсов.

Появление новых видов оборудования и новых энергоэффективных технологий однозначно способствуют повышению энергоэффективности экономики страны, но

в то же время существует ряд барьеров, ограничивающих их внедрение. В основном это связано с действующими нормативными документами, стандартами организаций, действующими требованиями к проектированию, а также консервативным подходом при принятии решений о внедрении инновационных технологий.

НОМЕНКЛАТУРА СОБСТВЕННЫХ НУЖД ПОДСТАНЦИЙ

К категории собственных нужд подстанций относится потребление электроэнергии токоприемниками, обеспечивающими необходимые условия функционирования оборудования подстанций в технологическом процессе преобразования и распределения электрической энергии.

В номенклатуру собственных нужд подстанций входит потребление электроэнергии на следующие цели:

- охлаждение трансформаторов и автотрансформаторов;
- обогрев, освещение и вентиляция помещений (ОПУ, ЗРУ, ОВБ, аккумуляторной, компрессорной, насосной пожаротушения, здания вспомогательных устройств синхронных компенсаторов, проходной);
- освещение территории;
- зарядно-подзарядные устройства аккумуляторных батарей;
- оперативные цепи и цепи управления (на подстанциях с переменным оперативным током);
- обогрев ячеек КРУН (с аппаратурой РЗ и автоматики, счетчиками или выключателями) и релейных шкафов наружной установки;
- обогрев приводов и баков масляных выключателей;
- обогрев приводов отделителей и короткозамыкателей;
- обогрев приводов и маслобаков переключающих устройств РПН;
- обогрев электродвигательных приводов разъединителей;
- обогрев электросчетчиков в неотапливаемых помещениях;
- обогрев агрегатных шкафов и шкафов управления воздушных выключателей;
- электродвигатели компрессоров;
- обогрев воздухохранилищ;
- вспомогательные устройства синхронных компенсаторов (маслонасосы, циркуляционные насосы, дренажные насосы, задвижки, автоматика);
- электропитание аппаратуры связи и телемеханики;
- небольшие по объему ремонтные работы, выполняемые в процессе эксплуатации;
- прочие: дренажные насосы, устройства РПН, дистилляторы, мелкие станки и приспособления и т.п. [1].

К собственным нуждам подстанций относятся также электроприемники, наличие которых обусловлено спецификой эксплуатации оборудования подстанций: кондиционирование помещения щита управления (жаркая климатическая зона), обогрев дорожек к оборудованию на открытой части подстанции (в районах с обильными снегопадами) и т.п.

Расход электроэнергии на собственные нужды подстанций, необходимый для обеспечения работы технологического оборудования подстанций и жизнедеятельности обслуживающего персонала. Расход электроэнергии на собственные нужды подстанций регистрируется счетчиками, установленными на трансформаторах собственных нужд, и регламентируется утвержденными нормами. Соблюдение данных норм обеспечивает соблюдение норматива потерь.

Расход электроэнергии на собственные нужды подстанций рассчитывается на основе сопоставления фак-

тического расхода с нормативами, определяемыми в соответствии с «Инструкцией по нормированию расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций 35–500 кВ».

Питание потребителей СН электроустановок может быть индивидуальным, групповым и смешанным. При индивидуальном питании каждый потребитель получает электроэнергию от шин СН по индивидуальному кабелю, что обеспечивает высокую надежность электроснабжения, но это приводит к значительному расходу кабелей. При групповом питании потребители получают энергию от групповых щитков и сборок, расположенных вблизи группы потребителей и подключенных одним кабелем к шинам СН. При этом снижается расход кабеля, но возникают дополнительные расходы на групповые щитки и сборки, снижается надежность электроснабжения, так как повреждение кабеля приводит к отключению всех потребителей данной группы. Наиболее рациональным является смешанное питание, при котором ответственные потребители питаются по индивидуальным кабелям непосредственно от шин СН, а остальные — от групповых щитков и сборок.

К шинам СН (кроме постоянных потребителей) могут подключаться также различные передвижные устройства (подстанции, испытательные станции, установки масляного хозяйства).

СНИЖЕНИЕ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА «СОБСТВЕННЫЕ НУЖДЫ» ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Применение для электрообогрева зданий и сооружений подстанций, распределительных пунктов трансформаторных подстанций и т.д. нагревательных элементов с аккумуляторами тепла, позволяющих использовать электроэнергию на обогрев в ночной непиковый период графика нагрузок, позволит частично сократить потребление на собственные нужды на электросетевых объектах.

На сегодняшний день нормы потерь электроэнергии на собственные нужды подстанций регулируются РД 34.09.208 «Инструкция по расходу электроэнергии на собственные нужды подстанций 35–500 кВ».

Рассматриваемая в данной работе оценка потенциала энергоэффективности одной из наиболее крупных электросетевых компаний мира — ПАО «ФСК ЕЭС», а также практический эффект от внедрения разработанных новых технологий по снижению потребления электрической энергии на обеспечение собственных нужд подстанций (СН ПС), являются ярким примером комплексного подхода к повышению эффективности деятельности крупной госкорпорации.

ПАО «ФСК ЕЭС» в настоящее время — это более 900 подстанций напряжением 35–1150 кВ и свыше 134 тыс. км ЛЭП 0,4–1150 кВ. Уровень потерь в ПАО

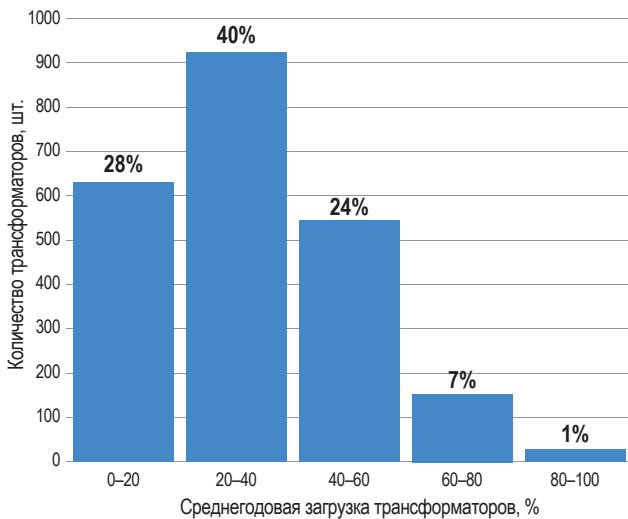


Рис. 1. Анализ загрузки силовых трансформаторов ПАО «ФСК ЕЭС»

«ФСК ЕЭС» в 2016 году составил около 25 млрд кВт·ч при отпуске электроэнергии потребителям услуг 540 млрд кВт·ч [2].

Особенностью электросетевого комплекса ПАО «ФСК ЕЭС» помимо большой протяженности является низкая загрузка основного оборудования (рисунок 1). Так, например, более 68% трансформаторов с принудительным охлаждением имеют среднегодовую за-

грузку ниже 40%, из них около 28% загружены ниже 20% (около 70 ГВА установленной мощности).

Несмотря на то, что потребление СН ПС ПАО «ФСК ЕЭС» не превышает 5% от общей величины технологических потерь (рисунок 2), эта величина составляет порядка 1000 млн кВт·ч или около 1 млрд руб. в денежном выражении в год. Такие цифры даже на фоне масштабов ПАО «ФСК ЕЭС» однозначно заслуживают внимания, особенно учитывая, что комплекс оборудования СН ПС, как будет показано далее, обладает значительным потенциалом повышения эффективности.

Отдельно следует отметить, что в настоящее время нормативный уровень расхода на СН ПС рассчитывается по устаревшей методике, которая не учитывает фактические режимы работы оборудования подстанций, при этом значительная часть современного оборудования в методике отсутствует. Данный факт не позволяет в полной мере использовать действующие нормативы для оценки эффективности работы оборудования собственных нужд.

Проведенный подробный анализ работы основного оборудования подстанций и токоприемников СН ПС позволил сформировать уточненную структуру собственных нужд подстанций ПАО «ФСК ЕЭС» (рисунок 2).

Одной из особенностей ПАО «ФСК ЕЭС», которая была выявлена при анализе потенциала снижения расхода на СН ПС, является тот факт, что 25% крупнейших подстанций потребляют более 60% общего расхода электроэнергии СН ПС. Подстанции с наибольшим фактическим расходом имеют значительно больший потенциал сокращения расхода. Кроме того, значительное сокращение СН ПС на этих подстанциях позволит добиться значительного снижения потребления СН ПС для ПАО «ФСК ЕЭС» в целом. Именно эти крупные подстанции рассматриваются как приоритетные при реализации комплексных проектов повышения эффективности СН ПС [2].

Значительное сокращение (до 2-х раз) общего расхода ПАО «ФСК ЕЭС» на собственные нужды является реализуемой задачей, однако требует разработки и апробирования технологий, адаптированных для применения на подстанциях ПАО «ФСК ЕЭС». Как показано выше наибольшим потенциалом для снижения обладают следующие составляющие структуры собственных нужд: расход на охлаждение трансформаторов и реакторов, на обогрев оборудования и обогрев помещений. Для определения конкретных технических решений по сокращению расхода вышеуказанными составляющими СН ПС на подстанциях ПАО «ФСК ЕЭС» с 2011 года реализуется программа пилотных проектов, позволяющая оценить применимость и эффективность различных инновационных технологических решений.



Рис. 2. Структура расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций ПАО «ФСК ЕЭС»

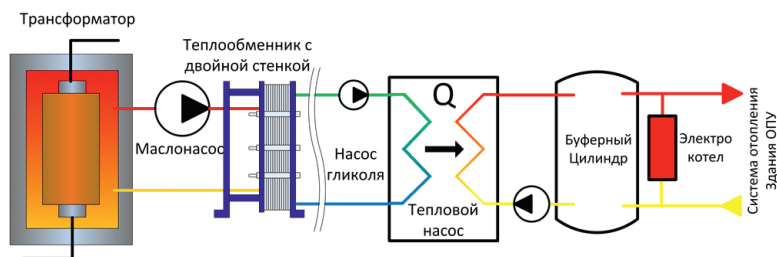


Рис. 3. Структурная схема работы установки утилизации тепла на ПС 500 кВ «Нижегородская»

ПИЛОТНЫЕ ПРОЕКТЫ

В рамках реализации концепции «Энергоэффективная ПС» в 2011–2017 годах был разработан и апробирован на ПС ПАО «ФСК ЕЭС» ряд инновационных технологий, позволяющих добиться значительного снижения расхода электрической энергии на СН ПС.

Первые инновационные решения по утилизации тепла трансформатора были применены на подстанции 500 кВ «Нижегородская» МЭС Волги. В 2011–2014 годах был реализован пилотный проект по внедрению первой в России установки утилизации тепла трансформатора для отопления здания ОПУ.

Система утилизации тепла масла автотрансформатора функционирует посредством отбора тепла, выделяемого при работе автотрансформатора, передачи его в здание ОПУ и применения теплового насоса этиленгликоль/вода для повышения параметров теплоносителя. Структурная схема работы установки приведена на рисунке 3.

Расчетная температура окружающего воздуха, до которой тепловой насос обеспечивает обогрев здания, составляет -30°C . В случае более низких температур в течение

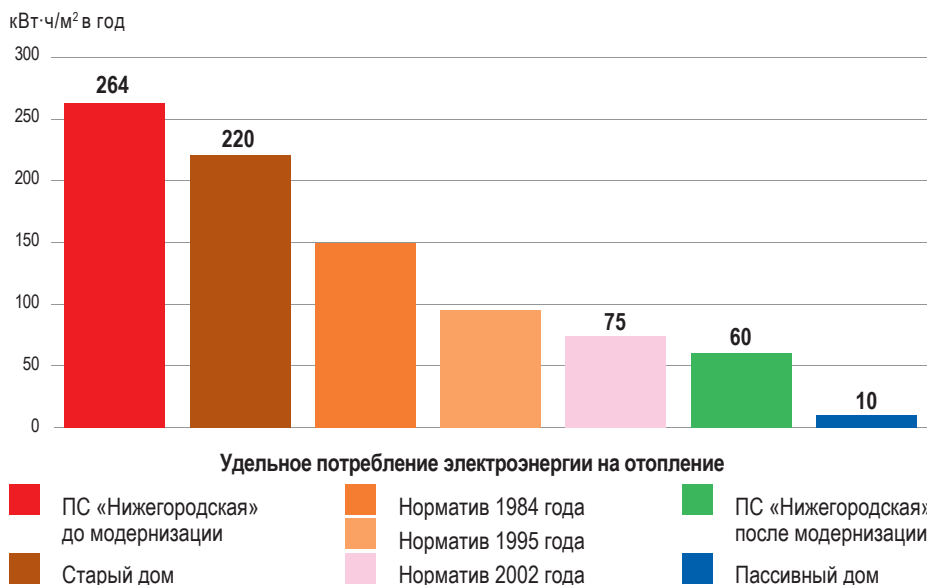


Рис. 4. Сравнение удельного потребления зданием ОПУ ПС 500 кВ «Нижегородская» на этапах реализации проекта

трех и более дней, а также при отключении автотрансформатора, для отопления здания в системе предусмотрено включение резервного электрокотла.

Дополнительно с целью снижения потребления тепловой энергии зданием ОПУ были реализованы следующие мероприятия:

- автоматизированное зонирование помещений по температурному режиму исходя из требований расположенного в этих помещениях оборудования и персонала;
- реконструкция системы отопления здания ОПУ с использованием современных низкотемпературных радиаторов отопления, термостатических датчиков температуры на радиаторах отопления и переход от однотрубной системы отопления к двухтрубной;
- интеграция системы управления установкой утилизации тепла трансформатора с АСУ ТП подстанции.

Использование установки утилизации тепла совместно с мероприятиями по повышению эффективности ограждающих конструкций здания ОПУ позволило значительно сократить потребление электроэнергии на отопление здания ОПУ. В настоящее время средняя мощность отопления здания ОПУ площадью 1500 м^2 с учетом вспомогательного оборудования (насосы и система автоматики) не превышает 20 кВт (ранее были установлены электрокотлы общей мощностью 360 кВт). Таким образом, удельная мощность отопления после применения установки утилизации тепла составляет 14 Вт/м^2 при средней норме 100 Вт/м^2 (рисунок 4).

Дополнительным эффектом от внедрения является то, что в отопительный период установка утилизации тепла выступает дополнительным охлаждающим блоком, что снижает потребление электроэнергии системой охлаждения автотрансформатора.

В распоряжении Кузбасского ПМЭС находятся 15 подстанций (с высшим напряжением: 500 кВ — 4 подстанции, 220 кВ — 10 подстанций и 110 кВ — 1 подстанция).

В качестве примера по оценке реализации мероприятий по снижению потерь на СН была выбрана ПС 500 кВ «Новокузнецкая». Используя Инструкцию по расходу электроэнергии на собственные нужды подстанций, и с учетом оборудо-



Рис. 5. Нормы расхода электроэнергии на СН ПС 500 кВ «Новокузнецкая»

дования, находящегося на балансе данной подстанции, были рассчитаны нормы потерь электроэнергии на собственные нужды, значения которых приведены на рисунке 5.

Из представленной диаграммы можно видеть, что больше всего энергии затрачивается на обдув, охлаждение и обогрев оборудования.

Реальные затраты электроэнергии превышают приведенные нормы, в связи с чем необходимо проведение мероприятий, снижающих потери электроэнергии на собственные нужды. Предлагается заменить обогреватели на конвективные регулируемые, а также использовать индукционные электрокотлы, которые позволят сократить потери электроэнергии на обогрев оборудования и производственных помещений. Также снизить потери на собственные нужды ПС позволит замена старых светильников на новые светодиодные.


Срок окупаемости от реализации данных мероприятий составит 4,68 лет. Таким образом, в результате проведения Программы энергосбережения и повышения энергоэффективности на подстанциях ФСК систематически реализуются следующие мероприятия: оптимизация продолжительности работы и числа включенных вентиляторов охлаждения трансформаторов и автотрансформаторов; оптимизация работы средств отопления и освещения зданий управления подстанций; частичное отключение освещения ОРУ-500, 220, 110 кВ в ночное время, когда не выполняются работы и переключения; повышение энергоэффективности зданий; установка энергосберегающих ламп и светильников освещения ОРУ; замена обогревателей ПЭТ на конвекторы и др.

В результате проведения мероприятий по снижению потерь на СН ПС «Новокузнецкая» расход электроэнер-

гии на собственные нужды сократится с 4009,584 МВт·ч до 4006,477 МВт·ч, т.е. на 0,7%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С целью совершенствования системы нормирования расхода электроэнергии на собственные нужды в 2018 году начал реализовываться проект по разработке новых нормативов расхода, отражающих фактические режимы работы оборудования ПС ПАО «ФСК ЕЭС» и стимулирующих дальнейшее сокращение потребления электроэнергии на подстанции. Внедрение разрабатываемой автоматизированной системы технического учета электроэнергии на ПС и расчета нормативного расхода позволит проводить мониторинг расхода электроэнергии по каждому токоприемнику собственных нужд подстанции и гарантированно поддерживать высокий уровень энергетической эффективности подстанций, а также проводить более качественную оценку эффекта от энергосберегающих мероприятий.

Реализация полного комплекса мер по повышению энергетической эффективности, как ожидается, позволит к 2020 году достичь сокращения расхода электроэнергии на собственные нужды строящихся подстанций до 80% к текущему уровню. 

ЛИТЕРАТУРА

1. РД 34.09.208. Инструкция по нормированию расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций 35–500 кВ. М., 1981.
2. Рябин Т.В., Давыдов Е.Ю., Паринов И.А. Возможности снижения расхода энергии на собственные нужды подстанций // Энергосбережение, 2016, № 6. С. 36–42.