



# ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ЭНЕРГИИ НА СОБСТВЕННЫЕ НУЖДЫ ПОДСТАНЦИЙ

## ОПЫТ ПАО «ФСК ЕЭС»

**Т. В. Рябин**, заместитель директора АО «НТЦ ФСК ЕЭС»

**Е. Ю. Давыдов**, начальник Департамента энергоэффективных технологий АО «НТЦ ФСК ЕЭС»

**И. А. Паринов**, заместитель начальника Департамента энергоэффективных технологий  
АО «НТЦ ФСК ЕЭС»

**Ключевые слова:** энергосбережение, энергоэффективность, собственные нужды подстанций, частотное регулирование, система охлаждения трансформаторов, тепловой насос

Использование частотного управления двигателями системы охлаждения трансформаторов и реакторов, применение жидкостных систем охлаждения и систем утилизации тепловых потерь трансформаторов и реакторов на нужды отопления зданий с применением тепловых насосов позволит добиться значительного сокращения расхода на собственные нужды подстанций.

**В**опрос энергетической эффективности работы оборудования для обеспечения собственных нужд подстанций (далее – СН ПС) исторически рассматривался в нашей стране как второстепенный.

Такое отношение было обусловлено тем, что расход на собственные нужды включается в технологические потери электросетевых компаний по фактическим значениям; нормативные расходы на СН ПС, как правило, значительно выше фактических значений, а доля СН ПС в общей структуре потерь электросетевой компании обычно не превышает 5%.

Такая ситуация была характерна и для ПАО «ФСК ЕЭС» (далее – ФСК) до 2011 года, когда в рамках энергетического исследования был проведен подробный анализ потенциала энергосбережения в области СН ПС.

Результаты анализа подвигли к переосмыслению значения мероприятий, направленных на снижение технологического расхода электроэнергии при ее передаче на СН ПС, в программе энергосбережения и общем уровне энергетической эффективности ФСК. Оценка потенциала и показателей эффективности различных мероприятий по сокращению расхода на СН ПС позволила говорить об имеющихся возможностях сокращения расхода на СН ПС: по существующим подстанциям на 15–30%, по новым и проектируемым подстанциям на 40–50% от удельного потребления электроэнергии.

Следует отметить, что проводимые в ФСК работы по повышению эффективности работы оборудования для обеспечения собственных нужд перекликаются с подобными разработками в зарубежных электроэнергетических компаниях.

## Потенциал снижения расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций

Комплекс оборудования СН ПС обеспечивает бесперебойную работу основного и вспомогательного оборудования подстанции. Многообразие видов токоприемников собственных нужд дает обширное поле деятельности для задач энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

С одной стороны, объединение «взаимоисключающих» процессов способно дать значительный синергетический эффект – например, объединение технологических процессов охлаждения оборудования и обогрева зданий. С другой – использование современных технологий, таких как частотное регулирование двигателей системы охлаждения трансформаторов и реакторов, современных технологий в области отопления зданий, новых типов энергоэффективных светильников, позволяет вывести эффективность работы оборудования на совершенно новый уровень. Все это изменяет существующий консервативный подход к эксплуатации, проектированию

собственных нужд подстанции, а самое важное – ожидаемый уровень расхода электроэнергии на собственные нужды.

### Динамика расхода энергии

Динамика расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций ФСК в период с 2011 по 2014 годы имеет тенденцию к снижению. В указанный период в рамках программ энергосбережения ФСК на подстанциях преимущественно реализовывались организационные мероприятия и мероприятия, связанные со снижением расхода на обогрев зданий подстанций (утепление стен и замена окон). График динамики расхода электроэнергии на СН ПС (рис. 1) показывает, что потенциал энергосбережения, связанный с такими мероприятиями, к настоящему моменту практически выбран. Значит, для дальнейшего повышения эффективности требуется качественно новый подход.

### Структура расхода энергии

Ответить на вопрос, за счет чего возможно дальше снижать расходы на СН ПС, помогает анализ структуры потребления собственных нужд.

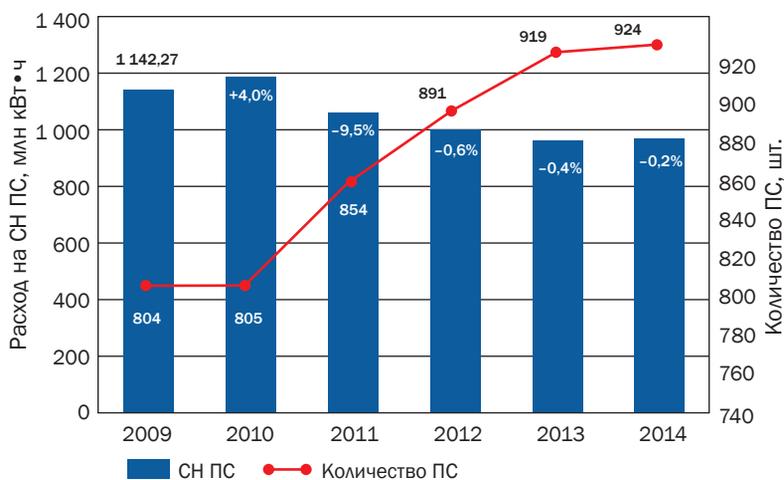


Рис. 1. Динамика расхода электроэнергии на СН ПС и количество подстанций

На сегодняшний день точная информация о структуре фактического расхода на собственные нужды ФСК отсутствует, так как нормы проектирования подстанций предусматривают только учет электроэнергии на трансформаторах, используемых для обеспечения собственных нужд.

При планировании мероприятий и анализе эффективности работы оборудования СН ПС приходится ориентироваться на структуру нормативного расхода, корректируя ее в соответствии с величиной фактического расхода по каждой подстанции. Такой подход вносит определенную погрешность, но в целом позволяет оценить структуру расхода электроэнергии на собственные нужды по каждой подстанции. Результаты оценки структуры расхода для всех подстанций ФСК приведены на рис. 2.

Важным при выборе мероприятий по энергосбережению является определение уровня потребления энергии оборудованием, ниже которого повышение эффективности работы данного оборудования влечет за собой несопоставимый с эффектом уровень затрат.

В качестве критерия эффективности в ФСК используется критерий экономической эффективности: реализуемое мероприятие должно окупаться за заданный при планировании мероприятий срок.

### Составляющие сокращения расхода электроэнергии

Анализ результатов энергетического обследования и проведенных АО «НТЦ ФСК ЕЭС» обследований подстанций показал, что потенциал сокращения расхода электроэнергии целесообразно разделять на две составляющие:

■ технологический потенциал – сокращение расхода за счет внедрения всех возможных технологий энергосбережения без учета экономических показателей проекта;

■ экономический потенциал – сокращение расхода за счет внедрения технологий с заданными показателями экономической эффективности.

Такое разделение позволяет, с одной стороны, оценить предельно возможное сокращение расхода на собственные нужды в целом, с другой – тот уровень расхода, ниже которого опускаться нет смысла с экономической точки зрения (см. табл.).

Знание структуры потенциала по составляющим позволяет системно подходить к вопросу планирования мероприятий на подстанциях. Важно отметить, что разрыв между технологическим и экономическим потенциалами сокращается по мере удешевления технологий и в зависимости от объемов внедрения.

Важным результатом, полученным при анализе потенциала снижения расхода электроэнергии на СН ПС, является то, что более 60 % расхода электроэнергии на них потребляется пятой частью от общего числа подстанций ФСК. Подстанции с наибольшим фактическим расходом имеют значительно больший экономический потенциал. Кроме того, сокращение расхода на СН ПС на этих подстанциях даст в процентном отношении сопоставимое снижение расхода на собственные нужды подстанций ФСК в целом.

Именно крупные подстанции должны рассматриваться как приоритетные объекты при реализации комплексных проектов повышения их энергоэффективности.

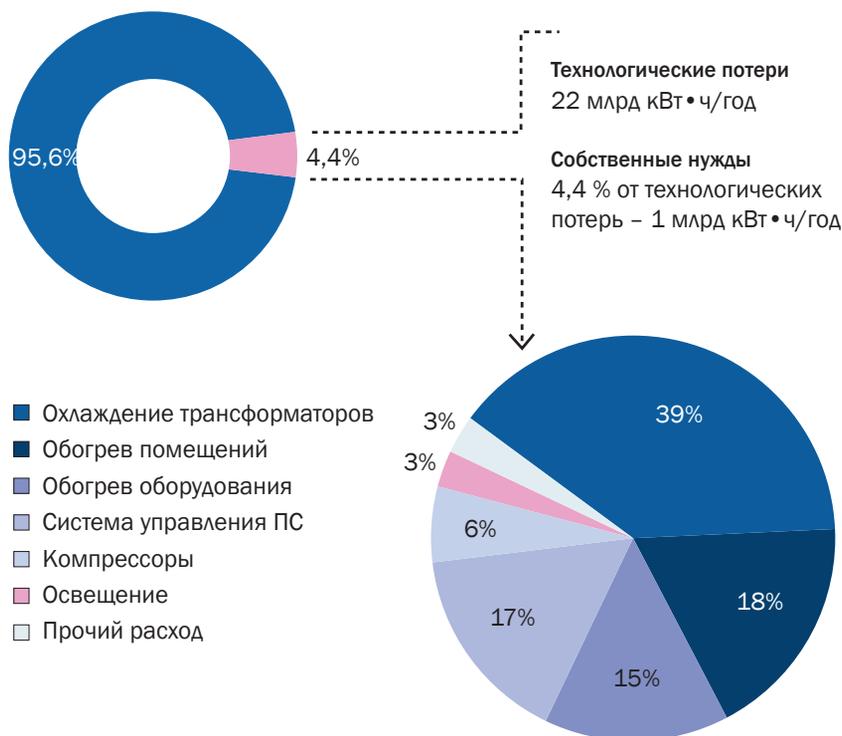


Рис. 2. Структура расхода электроэнергии на СН ПС ПАО «ФСК ЕЭС» по результатам энергетического обследования

**Таблица** Граничные уровни сокращения расхода электроэнергии на СН ПС

Показатель	Технологический потенциал*, %	Эффект, окупаемый мероприятиями**			Затраты, млн руб.
		снижение*, %	снижение млн кВт·ч	эффект, млн руб.	
Расход на охлаждение трансформаторов и реакторов	75	18	68	58,62	590
Расход на обогрев оборудования	50	10	14	12,53	125
Расход на электродвигатели компрессоров воздушных выключателей	5	2	1	1,00	10
Обогрев помещений	70	15	26	22,55	220
Внутреннее и наружное освещение	50	7	2	1,75	18
Итого	51,15	11,55	111	96,45	963

\* Доля сокращения от составляющей расхода на СН ПС.  
 \*\* Окупаемый эффект – сокращение расхода, достигаемое только за счет окупаемых мероприятий.

Реализация существующего потенциала по сокращению расхода электроэнергии на СН ПС требует разработки и внедрения технологий, специально разработанных и адаптированных для применения на подстанциях ФСК. Максимальным потенциалом для экономии обладают расход на охлаждение трансформаторов и реакторов, на обогрев оборудования и обогрев помещений. На некоторых подстанциях ФСК были реализованы пилотные проекты, позволившие оценить применимость и эффективность различных подходов.

### Пилотный проект

В 2012 году была утверждена программа реализации инновационных мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности ФСК (далее – Программа). В рамках реализации Программы на подстанции 500 кВ «Нижегородская» МЭС Волги были реализованы внедрение первой в России установки утилизации тепла трансформатора для отопления здания общеподстанционного пункта управления (далее – ОПУ) подстан-

ции и замена шкафов управления охлаждением АТ-1.

#### Утилизация теплоты трансформатора для отопления здания

До реализации проектов структура расхода электроэнергии на собственные нужды подстанции была следующей: обогрев помещений и оборудования – соответственно 41 и 7 %, охлаждение трансформаторов – 30 %, освещение – 6 %, прочее потребление – 16 %.

Отопление здания ОПУ подстанции «Нижегородская» осуществлялось двумя электродными котлами общей мощностью 540 кВт. Котлы не имели автоматизированной регулировки режимов работы и контролировались только по температуре подачи воды в контур отопления здания. Система отопления здания ОПУ однотрубная. Для системы отопления использовалась вода из артезианской скважины. Плохое состояние системы отопления приводило к значительным утечкам воды и необходимости постоянного добавления ее в систему.

При реализации проекта для отопления здания ОПУ была внедрена

система утилизации тепла масла автотрансформатора посредством применения теплового насоса «этиленгликоль – вода» (рис. 3).

Расчетная температура окружающего воздуха, до которой тепловой насос обеспечивает обогрев здания, составляет –30 °С. В случае более низких температур в течение трех и более дней и при отключении автотрансформатора для отопления здания в системе предусмотрено включение резервного электрокотла.

Проблема безопасности установки по отношению к работе автотрансформатора являлась приоритетной, и для ее решения были применены следующие устройства:

- двухстеночный теплообменник «масло – этиленгликоль», практически исключая своей конструкцией смешение сред и вероятность попадания этиленгликоля в бак автотрансформатора;
- автоматический затвор, отсекающий возврат масла при остановке маслонасоса.

В настоящее время проводятся работы по повышению эффективности действующей системы утилизации

тепла и разработке типовых решений для их последующего внедрения на подстанциях ФСК. Основными дополнениями к существующей системе являются:

- 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 теплоты трансформатора с АСУ ТП подстанции.

Использование установки утилизации тепла совместно с мероприятиями по повышению эффективности ограждающих конструкций здания ОПУ позволило сократить потребление электроэнергии на ото-

пление здания ОПУ с 320 до 95 тыс. кВт•ч в год. Средняя мощность отопления здания ОПУ площадью 1500 м<sup>2</sup> с учетом вспомогательного оборудования (насосов и системы автоматики) не превышает 20 кВт. Таким образом, удельная мощность отопления после применения установки утилизации тепла составляет 14 Вт/м<sup>2</sup> при средней норме 100 Вт/м<sup>2</sup>.

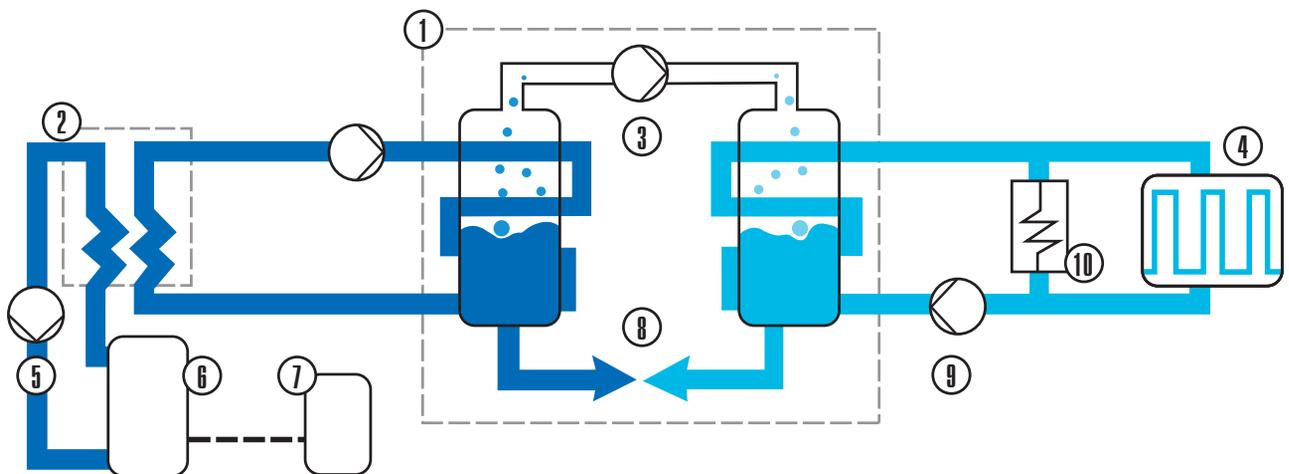
### Управление охлаждением трансформаторов

Параллельно с внедрением установки утилизации тепла были внедрены модернизированные шкафы управления охлаждением автотрансформаторов (далее – ШАОТ) АТ-1500 кВ, позволяющие осуществлять плавный пуск масляных насосов и вентиляторов охладителей и передавать информацию о режимах работы системы охлаждения на диспетчерский пульт путем интеграции ее с АСУ ТП подстанции. Это позволило увеличить совокупный эффект

от внедрения установки утилизации тепла за счет согласования режимов работы системы охлаждения и установки утилизации тепла.

В зимний период установка утилизации тепла выступает дополнительным охладительным блоком, что приводит к снижению потребления электроэнергии системой охлаждения. Несмотря на неоптимальность примененного технического решения, опыт повышения эффективности работы ШАОТ лег в основу комплексного проекта повышения работы системы охлаждения автотрансформатора на ПС 750 кВ «Владимирская» МЭС Центра<sup>1</sup>, реализуемого в настоящее время.

Реализованные в 2013–2014 годах пилотные проекты по системе охлаждения трансформаторов и системе отопления зданий позволили перейти к комплексному модульному проекту повышения эффективности работы системы охлаждения трансформатора, имеющему следующие особенности:



- |                             |   |                                |
|-----------------------------|---|--------------------------------|
| 1. Тепловой насос           | 5. Циркуляционный насос масляного контура         | 8. Дроссель                    |
| 2. Теплообменник            | 6. Автотрансформатор                              | 9. Циркуляционный насос        |
| 3. Компрессор               | 7. Шкаф управления охлаждением автотрансформатора | 10. Резервные электродвигатели |
| 4. Система отопления здания |   |                                |

**Рис. 3.** Принципиальная схема установки утилизации тепла трансформатора

<sup>1</sup> О проекте читайте в полной версии статьи на [www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=6476](http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6476).



- система регулирования производительности существующих охладителей автотрансформаторов за счет внедрения системы частотного регулирования;

- система жидкостного охлаждения автотрансформаторов;

- система утилизации тепла от систем жидкостного охлаждения для отопления зданий ПС;

- система мониторинга расхода отдельными токоприемниками (группами токоприемников) для собственных нужд.

## Выводы

Обобщая опыт АО «НТЦ ФСК ЕЭС» в области проведения энергетических обследований, разработки и реализации проектов повышения энергетической эффективности объектов ФСК, важно отметить:

- Подстанция как объект внедрения энергосберегающих мероприятий обладает значительным потенциалом сокращения расхода электроэнергии. В отличие от мероприятий по сокращению потерь электроэнергии, мероприятия по повышению эффективности работы собственных нужд подстанций

имеют высокие экономические показатели эффективности.

- Технически достижимым потенциалом снижения расхода электроэнергии на СН ПС является величина 40–50%. Однако при внедрении должны в обязательном порядке учитываться экономические показатели мероприятий и получаемый фактический эффект от мероприятий. Для решения этой задачи необходима разработка, апробация и массовое внедрение инновационных комплексных проектов в области повышения эффективности работы СН ПС, первыми этапами которых являются описанные в статье пилотные проекты и НИОКР.

- Пилотное внедрение энергосберегающих технологий должно обеспечивать возможность массового внедрения положительного опыта на подстанциях ФСК.

- Формат пилотных проектов является оптимальным инструментом отработки перспективных технологий перед принятием решения об их массовом тиражировании.

- Основными направлениями повышения эффективности работы СН ПС ФСК являются:

- оптимизация работы систем охлаждения трансформаторов и реакторов, повышение эффективности работы систем отопления зданий и использование в качестве источников тепла тепловых потерь трансформаторов и реакторов;
- внедрение автоматизированных систем мониторинга расхода на СН ПС;
- уточнение и постоянная актуализация норм расхода на СН ПС, позволяющих адекватно оценивать эффективность работы СН ПС.

- Пилотные проекты апробации энергоэффективных технологий могут финансироваться следующими способами: целевые программы; индивидуальные проекты.

Вне зависимости от способа финансирования пилотное внедрение должно обеспечивать решение основной задачи.

- Немаловажную роль при планировании мероприятий и оценке их эффективности играет система мониторинга фактического расхода и система нормирования расхода на собственные нужды. Использование действующей методики нормирования собственных нужд не позволяет корректно оценивать эффективность работы по обеспечению СН ПС. Необходимо провести работу по актуализации существующих норм расхода на СН ПС. В дальнейшем работа по пересмотру норм расхода на собственные нужды должна проводиться с периодичностью 5–7 лет. Это позволит учитывать изменения в составе оборудования и актуальный уровень эффективности работы оборудования СН ПС.

## Литература

1. РД 34.09.208. Инструкция по нормированию расхода электроэнергии на собственные нужды подстанций 35–500 кВ. М., 1981. ■