

Повышение энергоэффективности систем охлаждения трансформаторов распределительного комплекса. Дискретное и частотное управление охлаждением силовых трансформаторов

Кривецкий Игорь Владимирович

К.т.н., начальник отдела по реализации инновационных проектов

АО «НТЦ ФСК ЕЭС»

2023 / 5–6 июля

Москва / Конгресс-центр ЦМТ



VIII Международная
научно-техническая конференция

«Развитие и повышение надежности
распределительных электрических сетей»

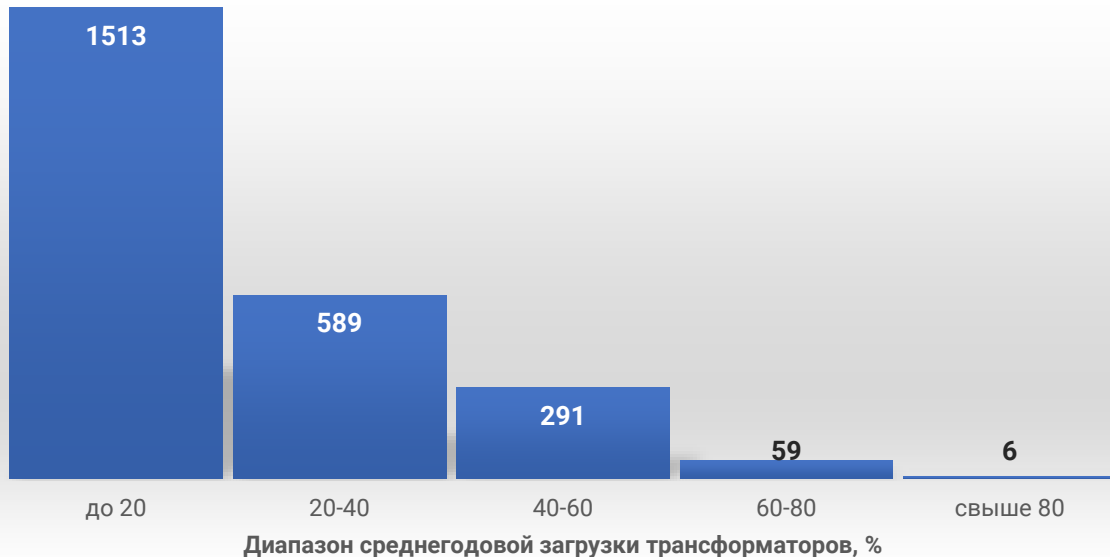
ОРГАНИЗАТОРЫ



Загрузка силовых трансформаторов

Магистральный комплекс

Около 60% всех силовых трансформаторов имеют среднегодовую загрузку **до 20%**, **85%** всех трансформаторов – **до 40%**.



Распределительный комплекс

Количество трансформаторов 110 кВ и выше распределительного комплекса оценивается в более чем 10 000 единиц, при этом принудительное охлаждение имеют около 70% из них.

Загрузка силовых трансформаторов 110 кВ и выше распределительного комплекса в среднем выше чем в магистральном с преобладающей среднегодовой загрузкой 40-60%. Однако, график нагрузки неравномерный, что повышает эффект от применения систем плавного управления охлаждением трансформатора

Показатели эксплуатируемых систем охлаждения



Для подстанций магистрального комплекса

Общая мощность системы охлаждения одного трансформатора может превышать 100 кВт.

Суммарная мощность двигателей систем охлаждения ФСК ЕЭС превышает 65 МВт.

Преобладающая на ПС магистрального комплекса мощность системы охлаждения находится в диапазоне от 22 до 45 кВт.

Для подстанций распределительного комплекса характерна установленная мощность системы охлаждения от 2-4 кВт для системы «Д» и от 12 кВт для системы «ДЦ».

Охладители силовых трансформаторов

И на трансформаторах распределительного комплекса, и на трансформаторах распределительного комплекса основной парк составляют охладители типа ДЦ-180 и ДЦ-160.



Мощность одного вентилятора: 2-6 кВт

Мощность маслонасоса: 3-11 кВт

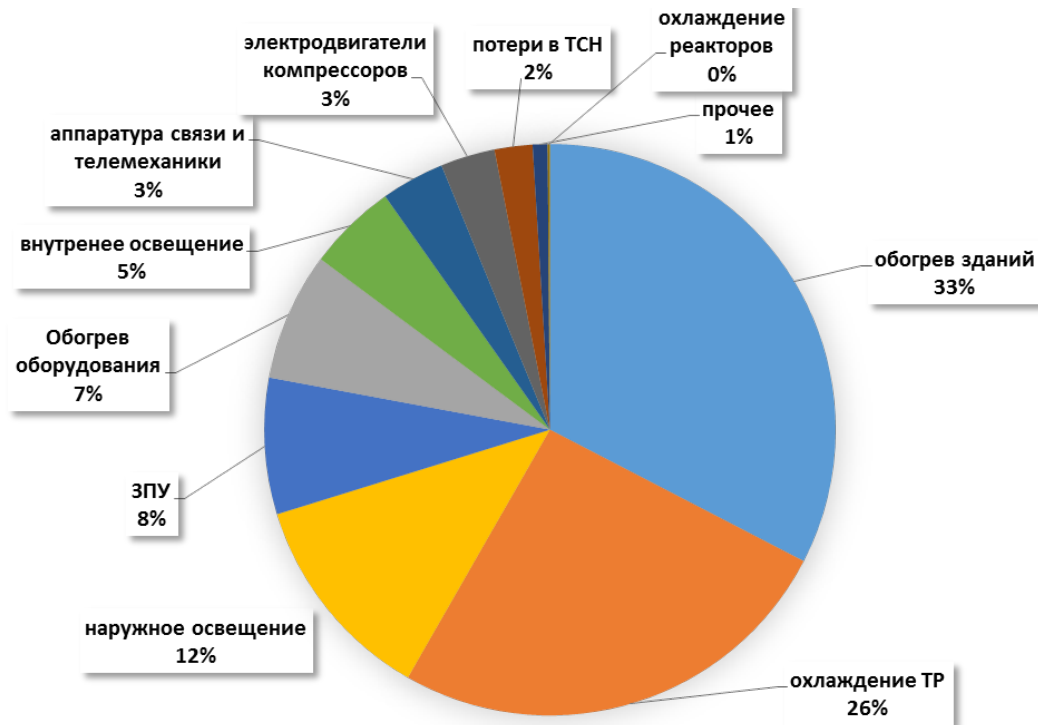
Типовой ШАОТ имеет как правило 2-3 ступени охлаждения.

Как минимум один охладитель находится в работе постоянно, вне зависимости от режима работы трансформатора.

Первая уставка включения дополнительных охладителей: температура масла 40-50°C.

Опыт повышения эффективности систем охлаждения на подстанциях магистрального комплекса

Расход электроэнергии на охлаждение трансформаторов магистрального комплекса оценивается в 26% от суммарного расхода на собственные нужды подстанций.



Характерная для подстанций магистрального комплекса 220 кВ и выше низкая загрузка трансформаторов приводит к тому, что для систем охлаждения типа «ДЦ» существует значительный потенциал сокращения расхода электроэнергии за счет внедрения систем управления двигателями вентиляторов и маслонасосов.

Опыт повышения эффективности систем охлаждения на подстанциях магистрального комплекса (продолжение)

Плавное регулирование

Оптимальной с точки зрения энергоэффективности системой управления является применение частотных преобразователей (ЧРП) на двигателях вентиляторов и маслонасосов. Сокращение потребления электроэнергии при применении ЧРП достигает 80%.



- Минимальное потребление электроэнергии
- Продление срока службы электродвигателей
- Гибкая настройка режима работы охлаждения



- Сложная и габаритная конструкция
- Расход электроэнергии на поддержание микроклимата
- Высокая стоимость

Дискретное регулирование

Управление включением электродвигателей вентиляторов и маслонасосов с учетом фактического режима работы трансформатора и его паспортных характеристик позволяет сократить потребление электроэнергии на охлаждение до 65%.



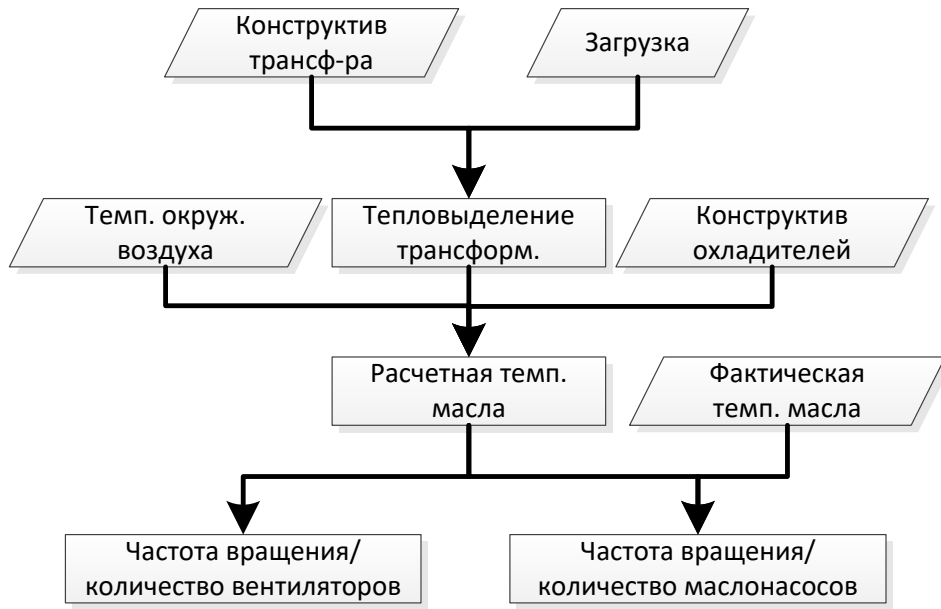
- «Шкафное» исполнение
- Простота конструкции
- Сопоставимая с ШАОТ стоимость



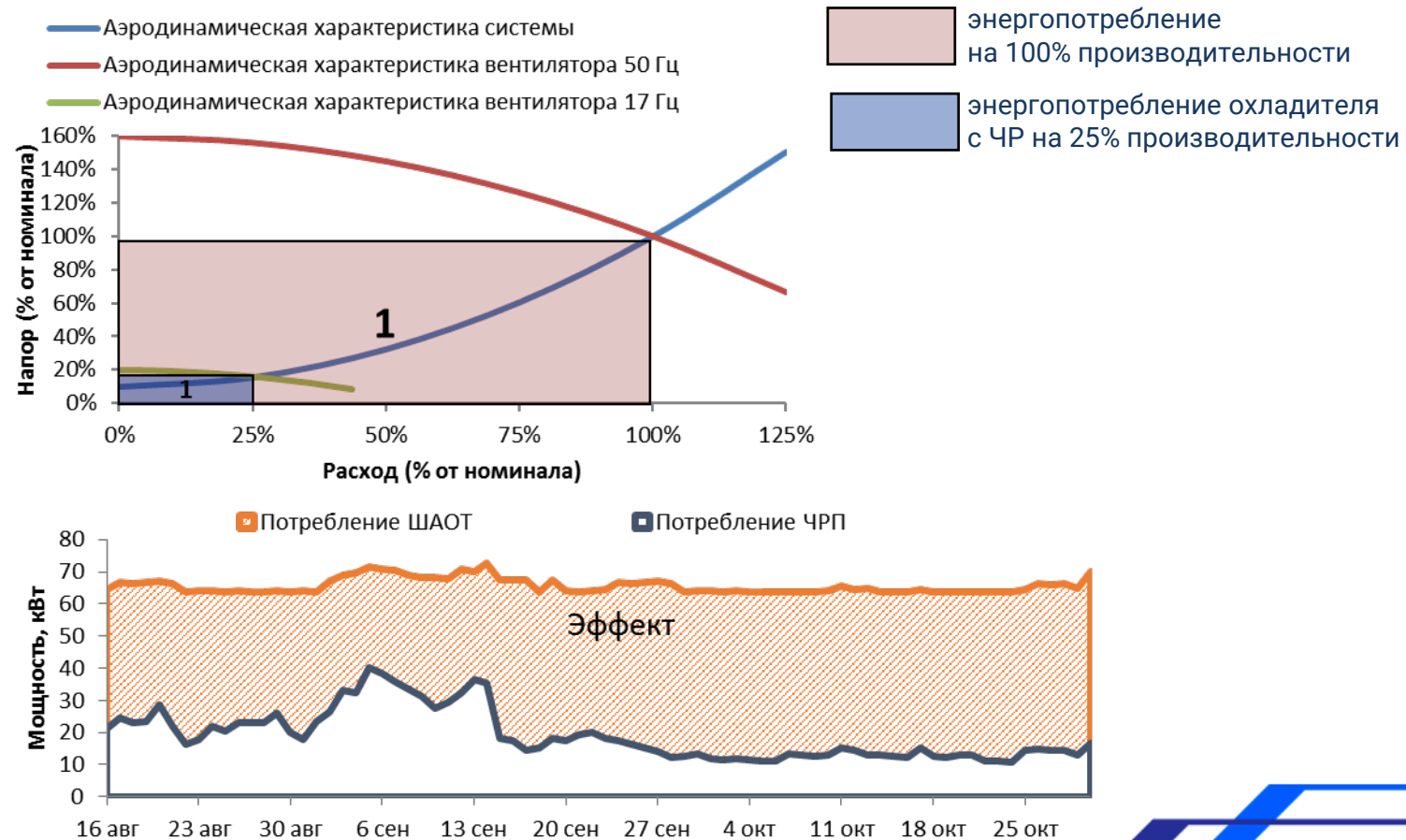
- «Дискретность» регулирования

Опыт повышения эффективности систем охлаждения на подстанциях магистрального комплекса (продолжение)

Алгоритм управления



Частотное регулирование



Решения по повышению эффективности для подстанций распределительного комплекса

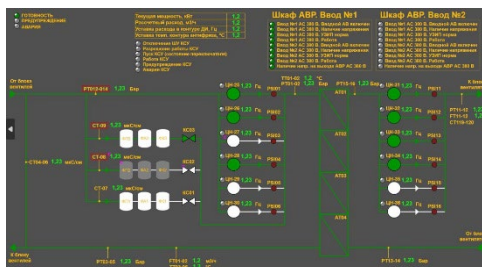


Для применения в условиях подстанций 110 кВ система управления охлаждением должна обладать:

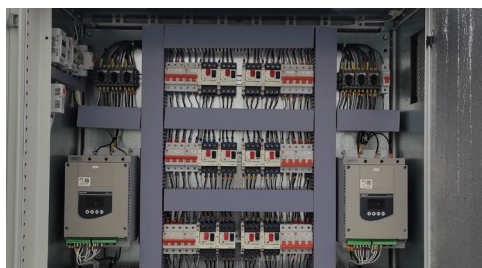
- Универсальной конструкцией, комбинирующей дискретное и частотное регулирование
- Простотой введения в эксплуатацию взамен ШАОТ
- Обеспечивать среднегодовой эффект не ниже 50% от традиционного ШАОТ
- Стоимостью решения до 3 млн. руб.
- Возможностью как автономной работы, так и интеграции с АСУ ТП подстанции
- Интеграцией в РЗА подстанции

Технические решения

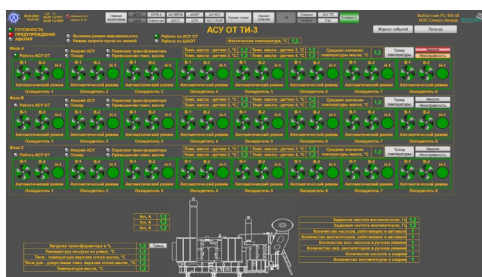
Шкаф управления системой охлаждения трансформаторов 110-220 кВ объединит в себе опыт АО «НТЦ ФСК ЕЭС» по повышению энергоэффективности трансформаторов 500-220 кВ и специфику работы подстанций распределительного комплекса.



система управления



исполнительные устройства



вспомогательные системы

Система управления использует модель нагрева трансформатора, тепловые характеристики охладителей и фактические показатели режима работы для оптимального выбора состава и производительности устройств охлаждения. В режиме реального времени проводится расчет соответствия режима охлаждения заданной уставке температуры наиболее нагретой точки обмотки и формируется задание на исполнительные устройства.

В качестве исполнительных устройств могут использоваться как частотные преобразователи, так и реле включения/отключения электродвигателей и их комбинация. Состав исполнительных устройств определяется на этапе технико-экономической оценки реализации проекта.

Обеспечивается возможность получения данных о нагрузке трансформатора и температуре масла как непосредственно с измерительных устройств на самом трансформаторе, так и от АСУ ТП подстанции по промышленным протоколам связи.

Минимизация потребления системами кондиционирования.

Журналирование режимов работы и учет потребляемой электроэнергии.

Дополнительные эффекты

Применение современных систем управления охлаждения трансформаторов дает дополнительные положительные эффекты в эксплуатации силовых трансформаторов.

- Возможность гибкого управления температурными режимами оборудования в зависимости от технического состояния
- Продление срока службы трансформаторного оборудования и электродвигателей систем охлаждения
- Повышение наблюдаемости трансформаторов, включая анализ эффективности работы охладителей, оценку наработки электродвигателей, мониторинг наиболее нагретой точки обмотки и потребления энергии системой охлаждения
- Реализация на отечественной компонентной базе и программном обеспечении
- Возможность использования одного шкафа для управления несколькими системами охлаждения трансформаторов (при расстоянии до шкафа менее 100 м).

Альтернативные решения

Электронно-коммутируемые двигатели объединяют в себе гибкость управления частотного преобразователя с компактностью и простотой монтажа традиционных асинхронных двигателей



Преимущества электронно-коммутируемых двигателей:

- Возможность монтажа взамен асинхронных двигателей путем замены крышки вентиляторов с сохранением теплообменника;
- Возможность автономного управления производительностью по сигналу с датчика температуры масла;
- Возможность плавного регулирования при наличии внешней системы управления;
- Блок управления частотой вращения совмещен с двигателем;
- к.п.д. выше асинхронных двигателей более чем на 10%.

Спасибо за внимание!

