



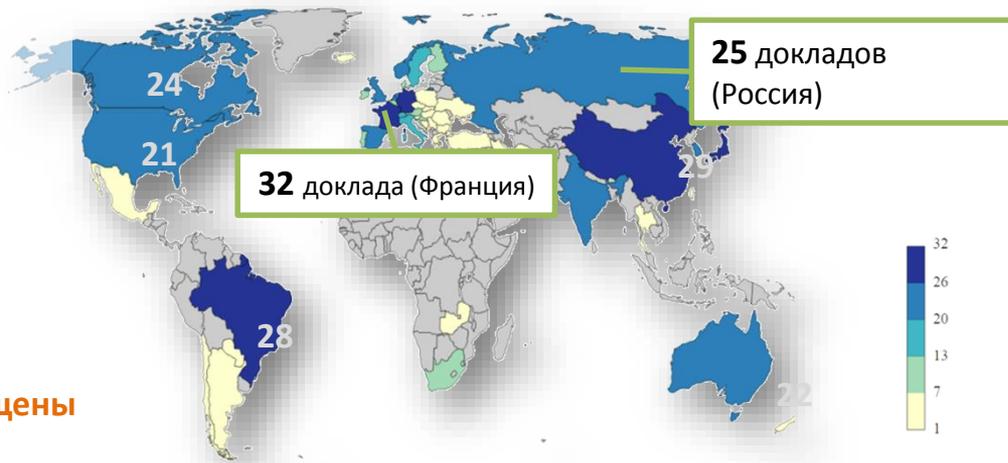
Поддержание
существующей
инфраструктуры и
придание ей
новых качеств с
помощью
цифровых
технологий

Цифровизация. Статистика докладов на CIGRE'18

578 докладов из **57** стран



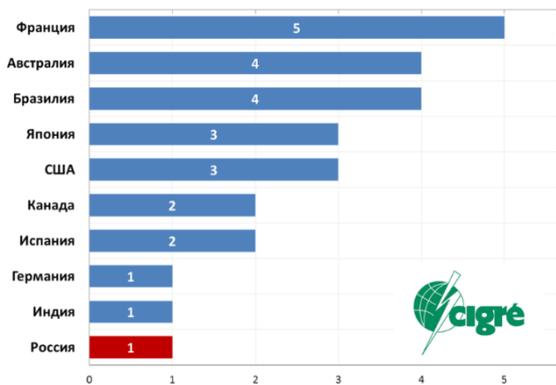
10-м месте



155 докладов посвящены цифровизации

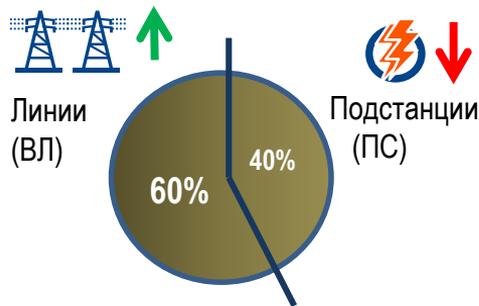


Управление активами и цифровизация



- Надежность
- Техническое состояние
- ТОиР
- Риск-ориентированные модели
- Программные продукты

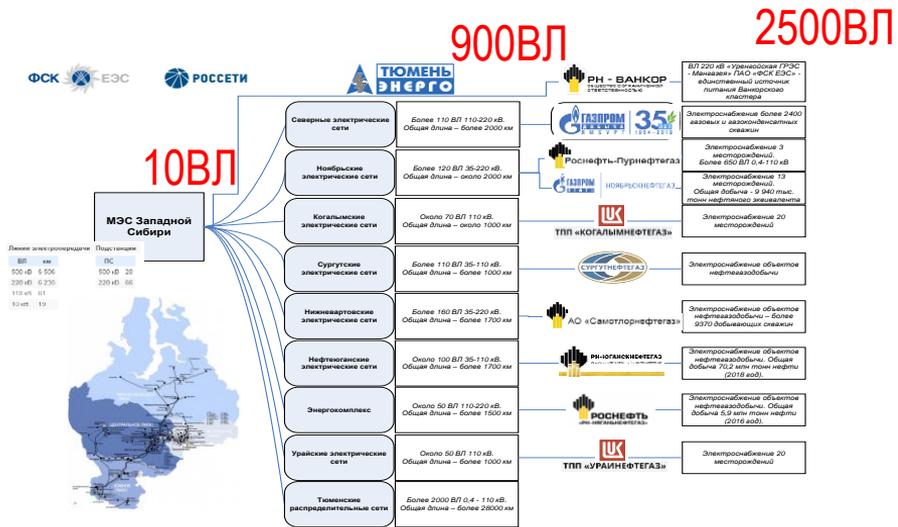
Активы ПАО «ФСК ЕЭС»



Статистика

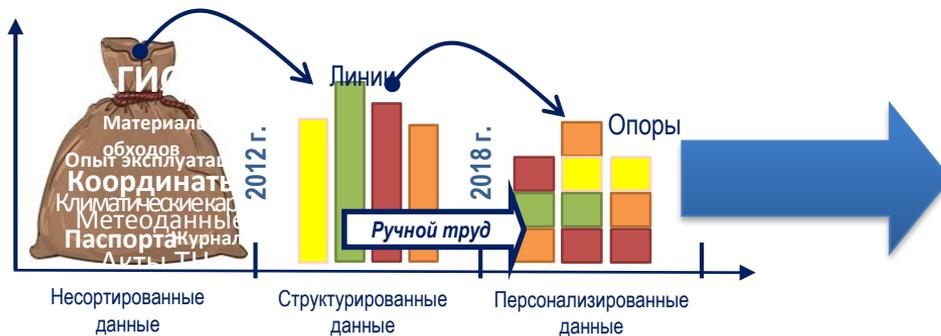


А что есть для цифровизации?



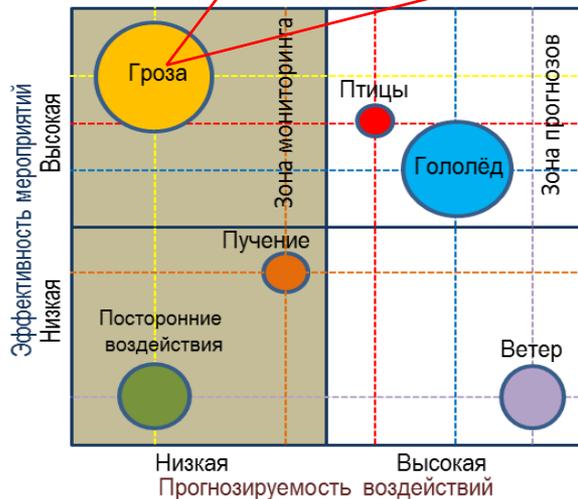
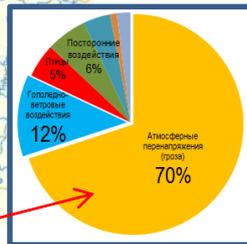
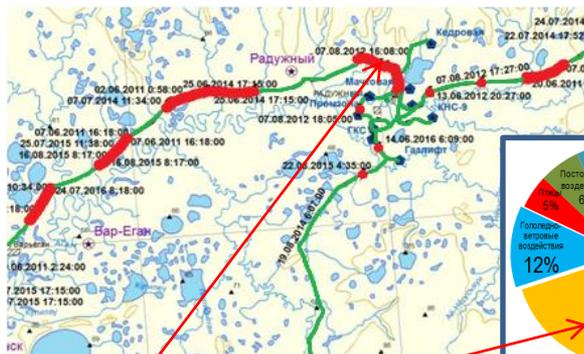
Совместная работа НТЦ ФСК ЕЭС с ПАО «ФСК ЕЭС», ПАО «Россети» и ПАО «Роснефть» по повышению надежности энергоснабжения.

Проанализировано более **10000** актов расследований ТН.



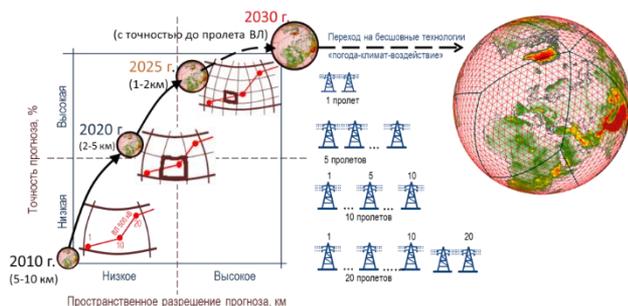
ВЛ уже обладает **высоким** уровнем цифровизации.

Что может дать цифровизация уже сейчас?



- Выявление участков повышенной аварийности (по типу воздействия и годам)
 - Выявление участков линий не соответствующих климатическим нагрузкам
 - Формирование перечня мероприятий по снижению аварийности (в автомат.реж)
 - Ранжирование мероприятий в соответствии с ЦП по отключениям и размером инвестиций
 - Постинвестиционный мониторинг реализованных мероприятий
- Повышение надежности энергоснабжения , снижение CAPEX, оптимизация ТОиР**

Цифровизация это основа для проактивной эксплуатации ВЛ



- Повышение точности прогнозов
- Мониторинг
- Математический аппарат

Новые возможности

- Переход на решение прогнозных задач
- Использование в расчетах новых типов возмущений
- Решение задач оптимизации при эксплуатации ВЛ
- Верификация и донастройка используемых методик
- On-line индикация состояния ВЛ и выдача оповещений



Существующее ядро ПТК «Надежность» позволяет существенно расширить круг задач для оптимизации CAPEX и OPEX

Формирование новых сервисов для ЭСК



Выводы



- Россия занимает одну из наиболее активных позиций в вопросах цифровизации ЭСК
- ВЛ ПАО «ФСК ЕЭС» являются крупным активом компании, наиболее подверженным внешним воздействиям;
- Существующие ВЛ ПАО «ФСК ЕЭС» уже имеют достаточный уровень цифровизации;
- Нарботки АО «НТЦ ФСК ЕЭС» создают предпосылки для нового взгляда на цифровизацию;
- Разработанный математический аппарат позволяет решать целый спектр новых задач по управлению активами (оптимизация OPEX, CAPEX, снижение аварийности, оценка эффективности мероприятий);
- Переход к решению прогнозных задач – новая страница в сфере управления активами ПАО «ФСК ЕЭС».
- Цифровизация ВЛ должна стать неотъемлемой частью Цифровой трансформации ПАО «ФСК ЕЭС»;

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Эффекты цифровизации ВЛ



Надежность	CAPEX	OPEX
<ul style="list-style-type: none">• Снижение аварийности;• Своевременное выполнение мероприятий по модернизации и ремонту:<ul style="list-style-type: none">– на участках с повышенной аварийностью;– на участках с не соответствующими климатическими нагрузками;• Выполнение превентивных мероприятий на основе прогнозных расчетов.	<ul style="list-style-type: none">• Дифференцированный подход к реализации мероприятий по снижению аварий.• Оптимальный выбор схемы развития;• Оптимизация коммутационных схем ПС;	<ul style="list-style-type: none">• Формирование альтернативных планов ТОиР;• Повышение производительности труда;• Снижение транспортных затрат;• Снижение затрат на аварийно-восстановительные работы

...а также снижение ущерба у потребителей.

Что мы можем подсчитать и как?



АППАРАТНАЯ НАДЕЖНОСТЬ

вероятность отказа выключателя, разъединителя и проч.

ОБЪЕКТОВАЯ НАДЕЖНОСТЬ

вероятность отключения линии из-за отказа оборудования ПС

СИСТЕМНАЯ НАДЕЖНОСТЬ

вероятность ограничения выдачи мощности для отдельной электростанции или ограничения отдельного потребителя вследствие отключения на ПС или ЛЭП

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

- математическое ожидание недоотпуска электроэнергии в энергосистеме в целом
- математическое ожидание ущерба
- среднее количество отключений в год и др.

Что мы можем подсчитать и как?



Ядро системы

- **Автоматический расчет показателей надежности** ПС на основе показателей надежности аппаратов и схемы их соединений
- **Автоматическое формирование сценариев отказов** по критерию «N-k»
- **Автоматический расчет вероятности ограничений** передачи электроэнергии для электростанций, сетей и потребителей
- **Автоматический расчет недоотпуска** электроэнергии и ущербов
- **Расчет интегральных показателей надежности** энергосистем
- **Определение оптимальных схем** развития электрических сетей

Что мы можем подсчитать и как?

Главная схема ПС

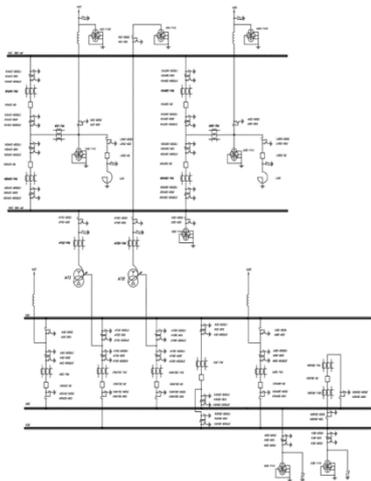
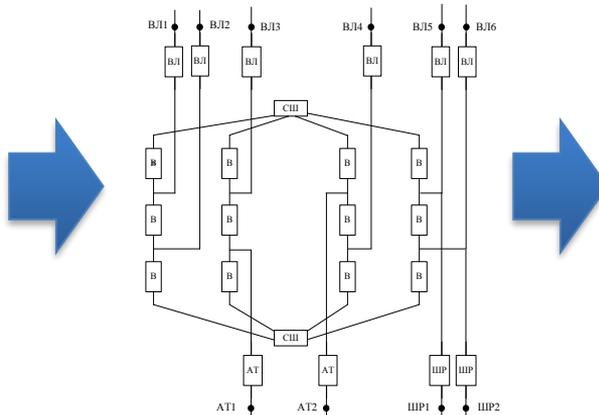


Диаграмма надежности (ДН)



Матричная запись ДН

$$\begin{matrix} H_0 \\ H_1 \\ \dots \\ H_N \\ H_{\alpha, \beta} \\ H_{1, 2, \dots, N} \end{matrix} \left| \begin{matrix} x_1 x_2 \dots x_\alpha \dots x_N \\ x_1 x_2 \dots x_\alpha \dots x_N \\ \dots \\ x_1 x_2 \dots x_\alpha \dots x_N \\ \dots \\ x_1 x_2 \dots x_\alpha \dots x_\beta \dots x_N \\ x_1 x_2 \dots x_\alpha \dots x_\beta \dots x_N \end{matrix} \right.$$

*Программная реализация
расчета показателей
надежности в общем виде
матричным методом*

В рамках ПТК «Надежность» создан математический аппарат, который в автоматическом однозначно описывает и моделирует электрические схемы любого масштаба

Оптимизация ИП (САРЕХ)

Оптимальный выбор схемы развития сети и схем ПС

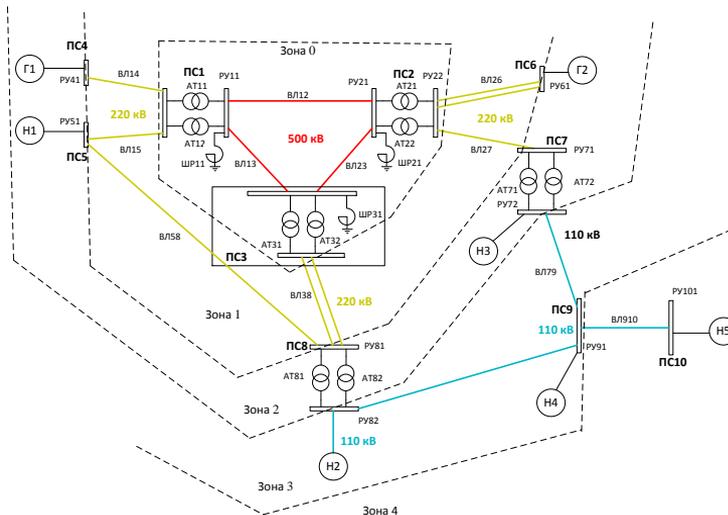
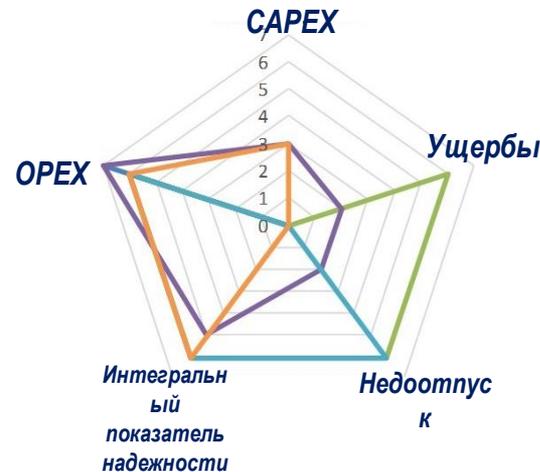


Диаграмма сравнения вариантов расчетов



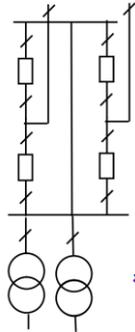
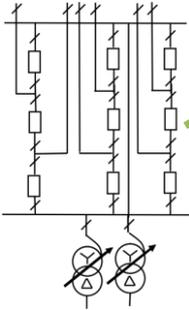
Вариант	CAPEX, млн. руб.	OPEX, млн. руб.	L, млн. руб.	Интегральные показатели		
				ΔP_{max} , МВт	МГ(ΔP)	τ , час/отк
№1 (500-7, 220-12)	6 673, 3405	274, 6689	54,483	80	100,9399	8,3994
№2 (500-16, 220-13Н)	11 937, 5276	303, 1643	59,467	80	110,1726	8,3919
№3 (500-7, 220-9)	6 647, 3014	265, 4562	54,483	80	100,9399	8,3994

Оптимизация ИП (САРЕХ)

Оптимальный выбор схемы развития сети и схем ПС.

Схемы 220 кВ:

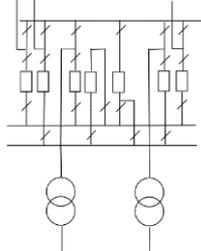
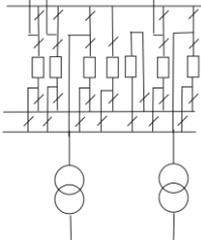
Схемы 500 кВ:

Наименование схемы	Условное изображение
500-7 Четырехугольник	
500-16 Трансформатор-шины с полупорным присоединением линий	

1 вариант

2 вариант

3 вариант

Наименование схемы	Условное изображение
220-12 Одна рабочая секционированная выключателем и обходная системы шин	
220-13Н Две рабочие и обходная системы шин	
220-9 Одна рабочая секционирования система шин	