

Оценка допустимых значений частоты отключения оборудования распределительных электрических сетей на примере Московского региона

Ванин Артем Сергеевич

К.т.н., доцент кафедр ЭЭС и ТОЭ ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

2023 / 5–6 июля

Москва / Конгресс-центр ЦМТ



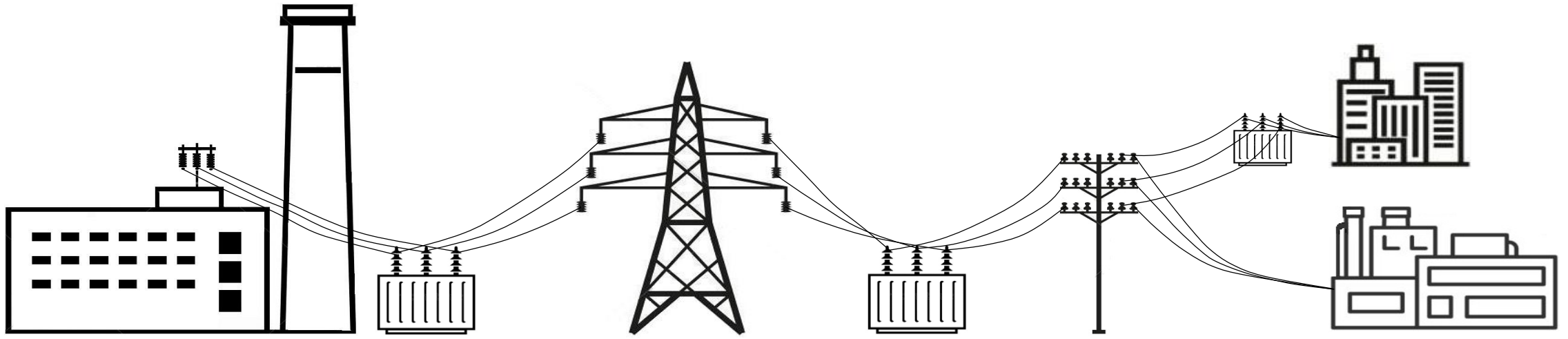
VIII Международная
научно-техническая конференция

«Развитие и повышение надежности
распределительных электрических сетей»

ОРГАНИЗАТОРЫ



Классификация надежности



Системная надежность

Интегральная вероятность бездефицитной работы энергосистемы ($J \geq 0,996$)

Надежность распределительных сетей

Средняя продолжительность прекращения передачи электрической энергии на точку поставки ($\Pi_{\text{saidi}} \leq 1,3 - 9,6$ час/год) (базовое значение)

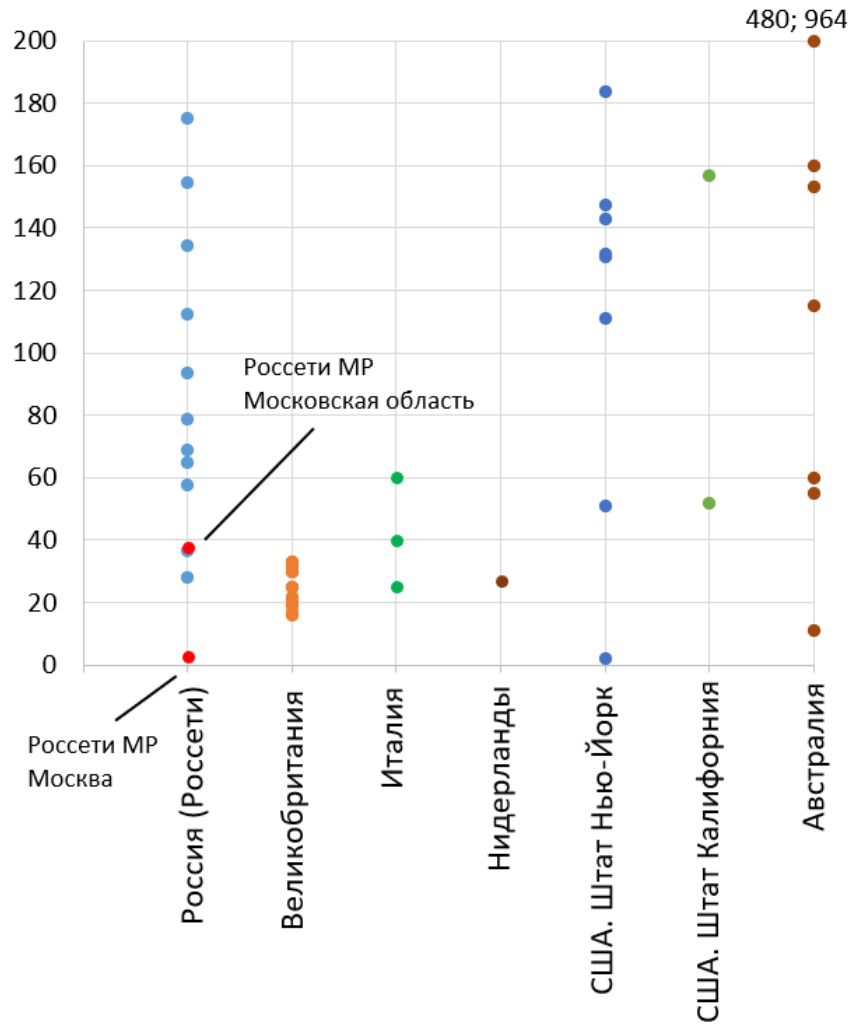
Средняя частота прекращения передачи электрической энергии на точку поставки ($\Pi_{\text{saifi}} \leq 0,56 - 1,97$ 1/год) (базовое значение)

Надежность электроснабжения

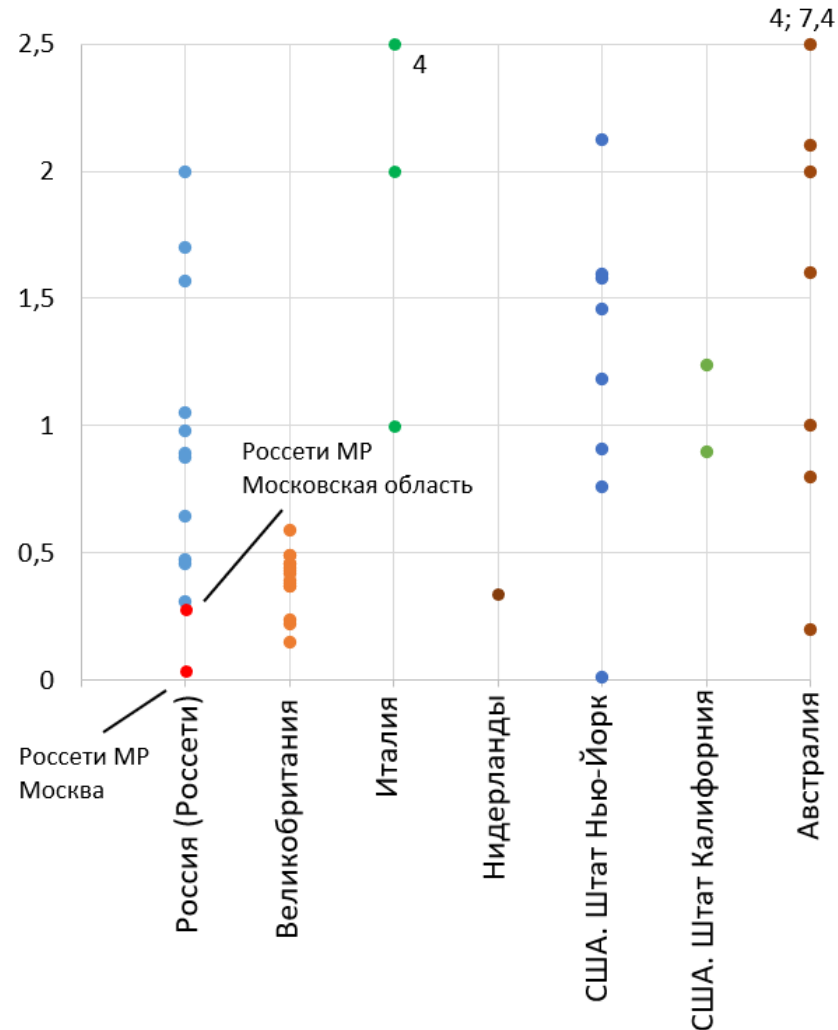
Время восстановления электроснабжения t_B
I категория: $t_B \leq t_{\text{авр}}$
II категория: $t_B \leq t_{\text{оп}}$
III категория: $t_B \leq 24$ ч

Плановые значения показателей надежности различных распределительных электрических сетей

Плановые значения SAIDI, мин/год



Плановые значения SAIFI, 1/год



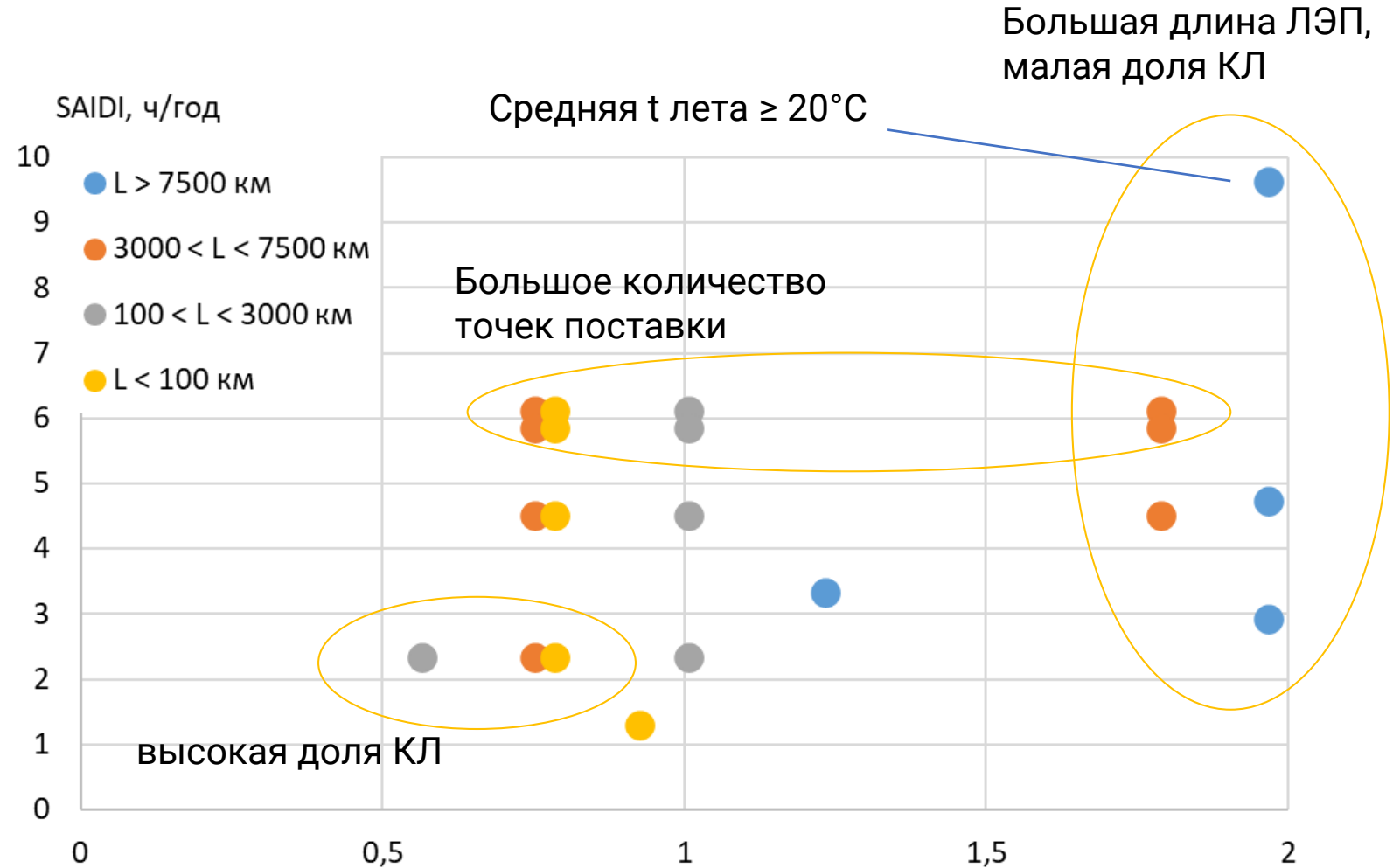
Плановые значения показателей надежности устанавливаются отдельно для различных распределительных электрических сетей и распределены в большом диапазоне.

Базовые значения показателей надежности распределительных сетей

Группирование сетей по критериям:

- Длина ЛЭП;
- Доля КЛ;
- Средняя t лета;
- Число разъединителей и выключателей;
- Плотность, количество точек поставки/км ЛЭП
- Количество точек поставки

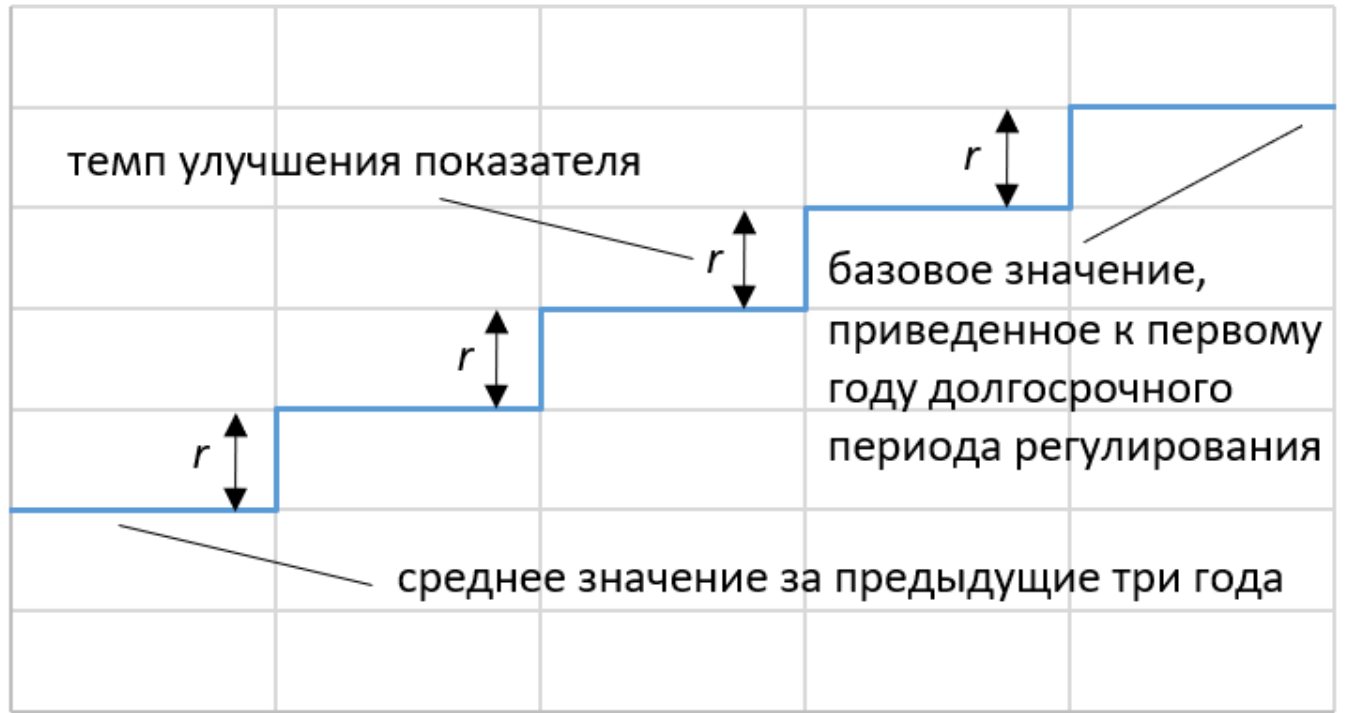
Разделение на группы для показателей $Psaidi$ и $Psaifi$ различается



Приказ Минэнерго России от 18.10.2017 N 976 «Об утверждении базовых значений показателей надежности...»

Плановые показатели надежности распределительных сетей

$$\Pi_{t, saidi}^{nl}, \Pi_{t, saifi}^{nl}$$



0 1 2 3 4 5
 Расчетный период долгосрочного периода регулирования

$$\Pi_{t+1, saidi}^{nl} = \Pi_{t, saidi}^{nl} \times (1 - r), \quad r \geq 0,015$$

Плановый показатель SAIDI



Плановый показатель SAIFI



$$K = K1 = 0,3$$

Показатели надежности Москвы и Московской области

Минимальный темп улучшения показателей надежности составляет 1,5% в год.

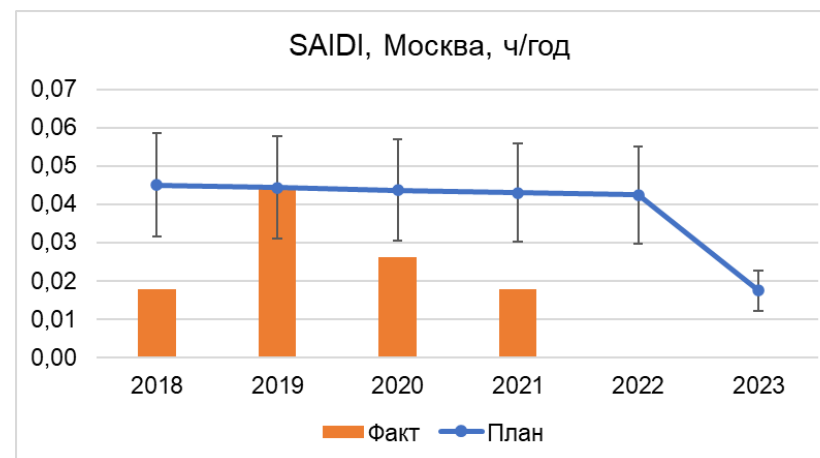
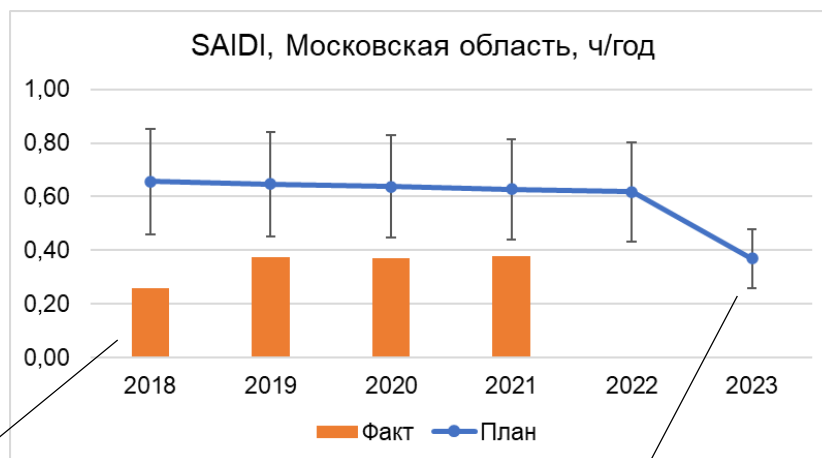
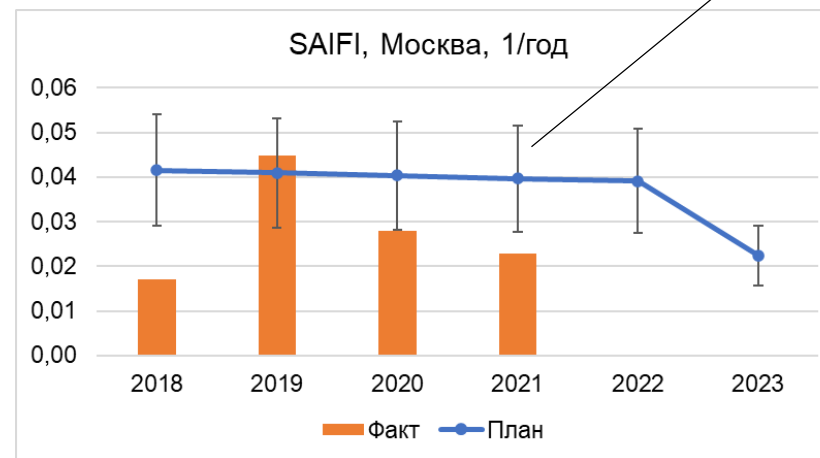
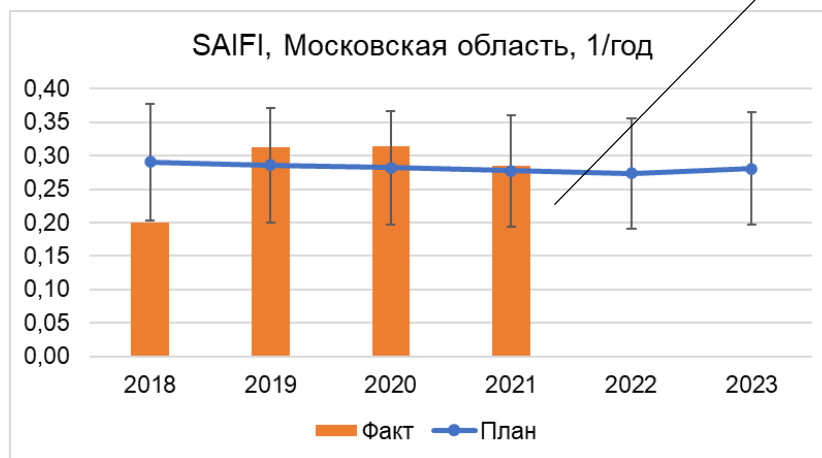
Отсутствуют критерии достижения достаточного уровня надежности, который должен поддерживаться на постоянном уровне без требований к улучшению

Плановые показатели достигнуты со значительным улучшением

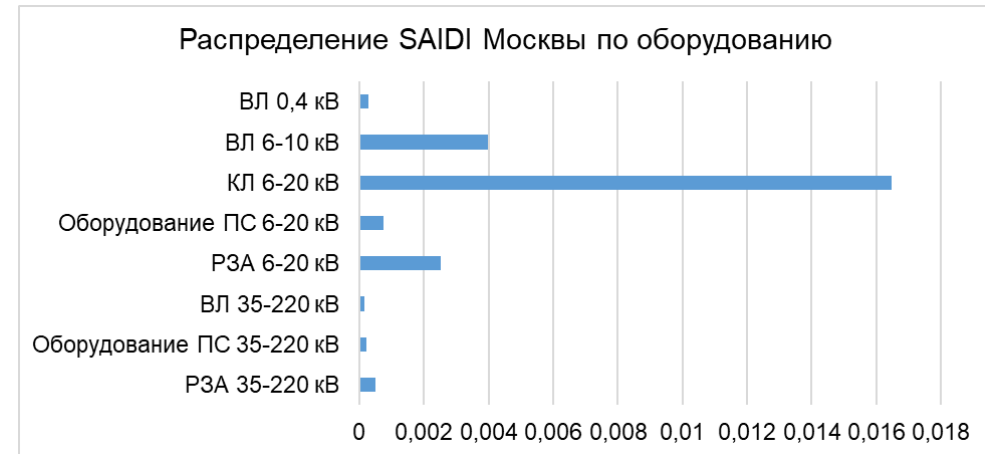
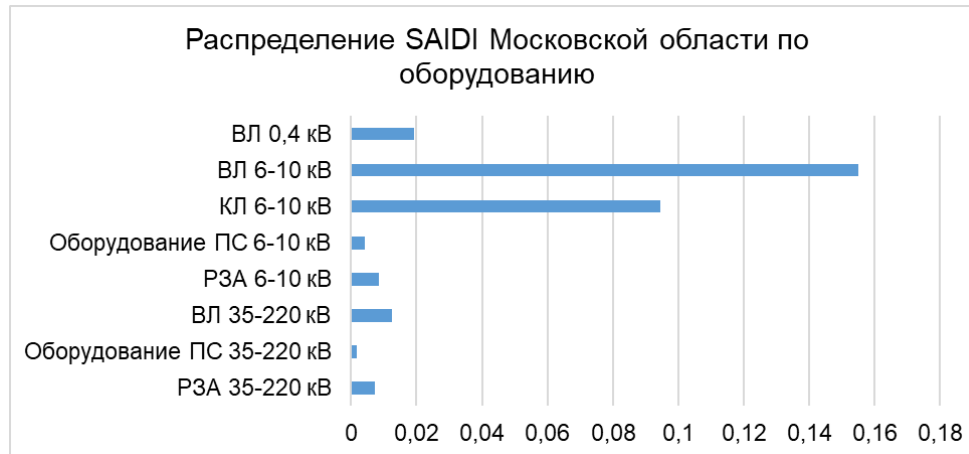
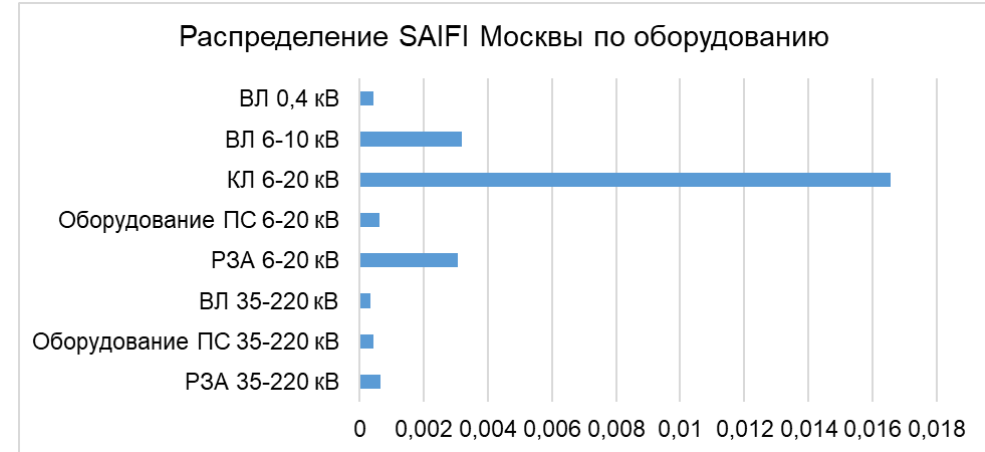
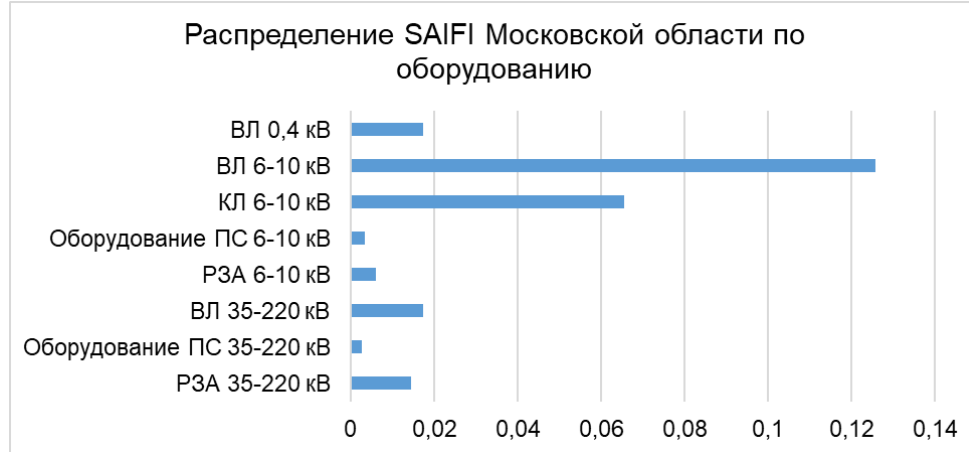
Новый долгосрочный период регулирования

Плановые показатели достигнуты

Диапазон достижения плановых показателей

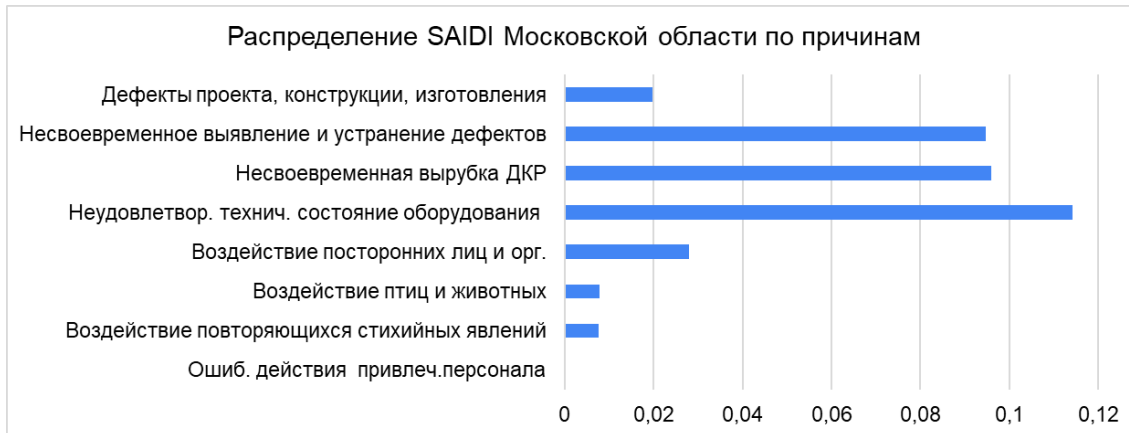
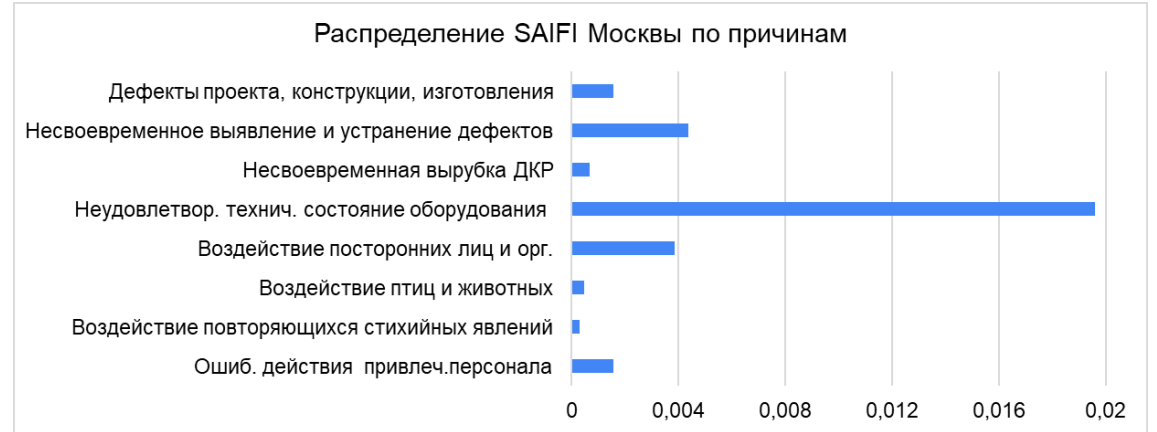
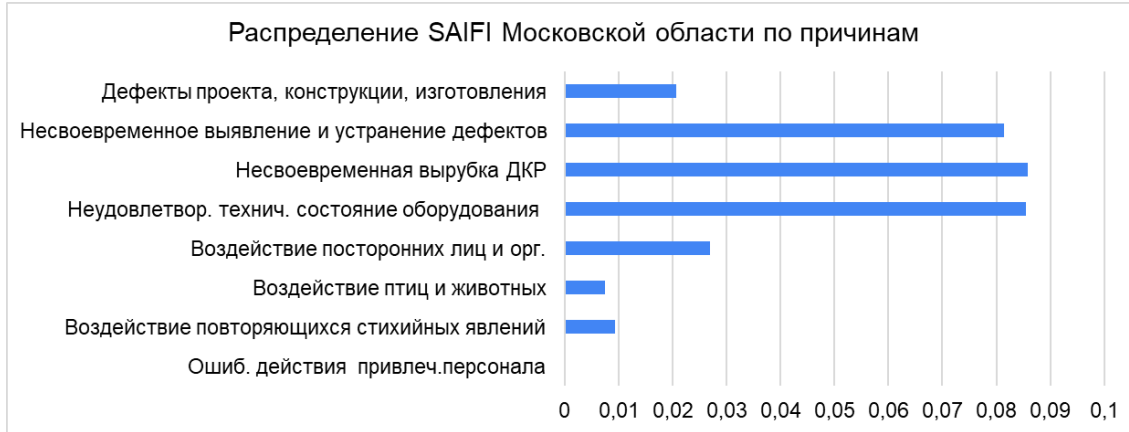


Распределение средних показателей надежности по оборудованию



Основной вклад в показатели SAIFI и SAIDI Москвы и Московской области вносят воздушные и кабельные ЛЭП 6-10 кВ

Распределение средних показателей надежности по причинам



Основной вклад в показатели SAIFI и SAIDI вносят отказы из раздела «Несоблюдение технического обслуживания»: Несвоевременное выявление и устранение дефектов, Несвоевременная вырубка ДКР, Неудовлетворительное техническое состояние оборудования.

Выбор допустимого количества отключений

Причина отключения	Критерий выбора допустимых отключений
Дефекты проекта, конструкции, изготовления (3.4.13)	Эксплуатация после ввода в эксплуатацию или ремонта более гарантийного срока
Несоблюдение сроков и объемов технического обслуживания и ремонта оборудования, устройств (3.4.7.1, 3.4.7.2)	-
Несвоевременное выявление и устранение дефектов (3.4.7.3.1, 3.4.7.3.2)	Соблюдение периодичности осмотров и эксплуатационных испытаний
Несвоевременная вырубка ДКР, деревьев (веток), угрожающих падением на провода (3.4.7.3.3, 3.4.7.3.4)	Соблюдение периодичности осмотров и расчистки просеки
Неудовлетворительное техническое состояние оборудования (старение изоляции, потеря механической прочности провода, изменение свойств материалов и т.д.) (3.4.7.3.5)	Соблюдение периодичности эксплуатационных испытаний ИТС не менее 70 Нормативная средняя или установленная наработка на отказ Отсутствие систематических отключений
Воздействия посторонних лиц и организаций (3.4.8)	Среднее значение
Воздействия птиц и животных (3.4.10)	Среднее значение
Воздействие повторяющихся стихийных явлений (3.4.12)	Отсутствие систематических отключений

Определение допустимой частоты отключений

Расчет допустимого количества отключений выполняется на основе выборки технологических нарушений, за которые сетевая организация несет ответственность без учета случаев успешного АПВ.

Частота отключений оборудования определяется как сумма составляющих для отдельных причин:

$$\omega_{\Sigma} = \omega_{3.4.13} + \omega_{\substack{3.4.7.1 \\ 3.4.7.2}} + \omega_{\substack{3.4.7.3.1 \\ 3.4.7.3.2}} + \omega_{\substack{3.4.7.3.3 \\ 3.4.7.3.4}} + \omega_{3.4.7.3.5} + \omega_{3.4.8} + \omega_{3.4.10} + \omega_{3.4.12},$$

Допустимая частота отключений оборудования определяется с учетом применения описанных ранее критериев:

$$\omega_{\Sigma \text{ доп}} = k_{T \text{ п.р.}} \omega_{3.4.13} + k_{T \text{ п.ТО.1}} \omega_{\substack{3.4.7.3.1 \\ 3.4.7.3.2}} + k_{T \text{ п.ТО.2}} \omega_{\substack{3.4.7.3.3 \\ 3.4.7.3.4}} + \omega_{\substack{3.4.7.3.5 \\ T_y}} + \omega_{3.4.8} + \omega_{3.4.10} + \omega_{3.4.12},$$

где

$k_{T \text{ п.р.}}$ – доля отключений по причине 3.4.13, для которых срок эксплуатации после ремонта или ввода в эксплуатацию более гарантийного;

$k_{T \text{ п.ТО.1}}$ – доля отключений по причинам 3.4.7.3.1, 3.4.7.3.2, для которых срок эксплуатации после осмотра или эксплуатационного испытания меньше нормативного значения;

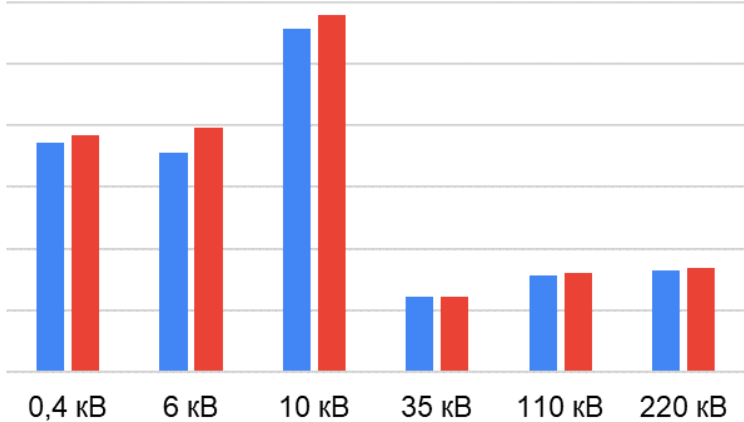
$k_{T \text{ п.ТО.2}}$ – доля отключений по причинам 3.4.7.3.3, 3.4.7.3.4, для которых срок эксплуатации после осмотра, расчистки просеки или опиловки деревьев меньше нормативного значения;

$\omega_{\substack{3.4.7.3.5 \\ T_y}}$ – частота отключений, полученная из установленной наработки на отказ, либо фактической частоты с учетом скорректированной выборки

Определение допустимой частоты отключений ЛЭП

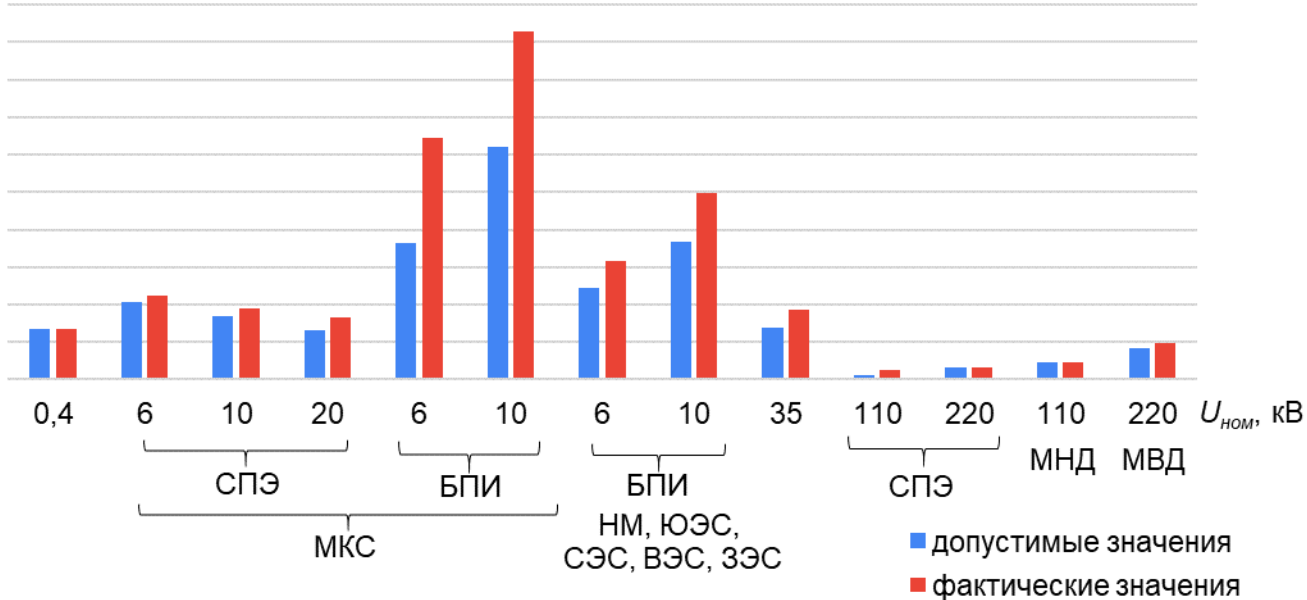
Частота отключений ВЛ

Частота отключений 1/(год·км)



Частота отключений КЛ

Частота отключений 1/(год·км)



Определение допустимых значений показателей надежности

Показатели надежности распределительной сети (Π_{saifi} , Π_{saidi}) определяются как сумма отключенных точек поставки (Π_{saifi}) или общей продолжительности прекращения поставки электроэнергии (Π_{saidi}), отнесенные к общему количеству точек поставки:

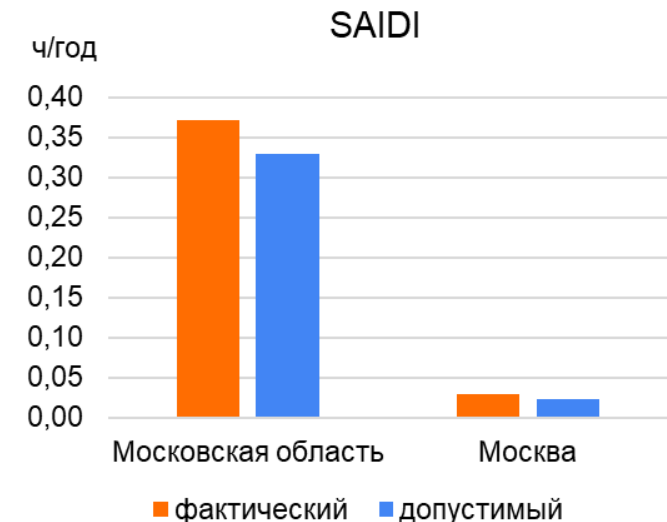
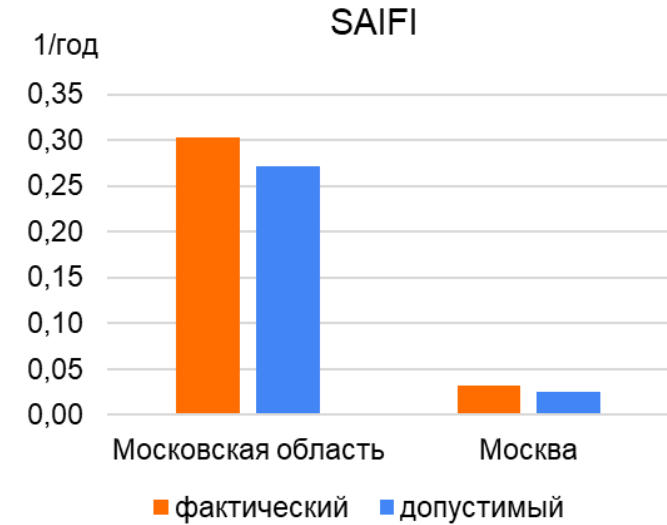
$$\Pi_{saifi} = \frac{\sum_{j=1}^J N_j}{N_t} \quad \Pi_{saidi} = \frac{\sum_{j=1}^J T_j \cdot N_j}{N_t}$$

Поскольку показатели надежности Π_{saifi} , Π_{saidi} имеют аддитивный характер, их можно представить в виде суммы составляющих от технологических нарушений различных групп оборудования:

$$\Pi_{saifi} = \sum_{i=1}^I \Pi_{saifi\ i} \quad \Pi_{saidi} = \sum_{i=1}^I \Pi_{saidi\ i}$$

Показатели Π_{saifi} , Π_{saidi} для каждой группы оборудования пропорциональны частоте отключений этой группы оборудования. Тогда допустимые показатели надежности $\Pi_{saifi\ доп}$, $\Pi_{saidi\ доп}$ можно определить через отношение допустимой и фактической частоты отключения для каждой группы оборудования

$$\Pi_{saifi\ доп} = \sum_{i=1}^I \frac{\omega_{доп\ i}}{\omega_i} \Pi_{saifi\ i} \quad \Pi_{saidi\ доп} = \sum_{i=1}^I \frac{\omega_{доп\ i}}{\omega_i} \Pi_{saidi\ i}$$



Спасибо за внимание!

