

Ю.М. МАЛЫШЕВА, студент гр. ЭПмз-241 (КузГТУ)

О.В. ПОПОВА, к.т.н., доцент (КузГТУ)

И.В. ПОПОВ, старший преподаватель (КузГТУ)

г. Кемерово

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Основная задача энергетической системы – это обеспечение непрерывного электроснабжения потребителей, что характеризуется надежностью электроснабжения критично для любых групп потребителей и общества в целом. Надежность, как свойство системы электроснабжения выполнять заданные функции, объективно характеризует всю совокупность оборудования и системы управления им, а ее количественная оценка может рассматриваться как важнейший показатель ее эффективности. Однако современные факторы, такие как: внезапные изменения потребления, повсеместное внедрение возобновляемых источников энергии (ВИЭ), природные катаклизмы и киберугрозы, повышают вероятность аварий и масштабных отключений, приводящих к серьезным экономическим и социальным последствиям.

Таким образом управление надежностью переходит в стратегическую сферу, требуя системных мер для роста устойчивости и отказоустойчивости сетей на всех уровнях.

Это включает внедрение современных технологий, организационных решений и профилактических мероприятий. Результативность таких мер воспринимается по ключевым показателям SAIDI, SAIFI и ENS, что позволяет своевременно выявлять слабые места и минимизировать последствия аварий, обеспечивая стабильную работу электроэнергетической системы в условиях растущих вызовов.

Целью данной работы является рассмотрение основных направлений и конкретных шагов по повышению надежности систем электроснабжения потребителей.

Повышение надежности СЭС достигается системным подходом, охватывающим все стадии жизненного цикла объектов и сети, а также. Основные направления включают:

а) повышение устойчивости за счет:

1) резервирования элементов по принципу N-1 и выше, внедрения кольцевых схем для целей повышения живучести;

2) оптимизации коммутационных схем и распределение нагрузки, там, где это возможно, для уменьшения зон отключения;

3) управление потоками мощности возможно, как с помощью устройств FACTS (компенсаторов, фазоповоротных трансформаторов), позволяющих снизить потери и предотвратить перегрузки, так и посредством Систем мониторинга запаса устойчивости (СМЗУ);

б) совершенствование оборудования:

1) модернизация и замена силового оборудования (трансформаторы, выключатели, разъединители), а также устройств релейной защиты и автоматики на более надежные и функциональные;

2) внедрение диагностических систем для постоянного мониторинга состояния оборудования, что позволяет перейти к ремонту по техническому состоянию и сократить время нахождения оборудования в ремонте;

3) усиление безопасности от внешних воздействий, таких как грозы и климатические условия, с помощью современных защитных устройств.

в) автоматизацию и интеллектуализацию:

1) установку автоматического включения резерва (АВР) для быстрого восстановления питания;

2) внедрение систем АЧР и АОН для автоматического предотвращения аварийных ситуаций;

3) переход на цифровые подстанции и развитие концепции Smart Grid, что обеспечивает высокоскоростной обмен данными, расширенные функции защиты и удаленное управление;

4) усовершенствование систем оперативно-диспетчерского управления (ОДУ), позволяющих: моделировать режимы работы сети в реальном времени (с учётом имеющейся телеметрии) и оптимизировать загрузку оборудования в штатных условиях. При этом следует учитывать, что полное прогнозирование аварийных ситуаций принципиально невозможно — системы ОДУ направлены на их упреждение и минимизацию последствий, но не исключают риски полностью;

г) организационно-эксплуатационные меры:

1) совершенствование систем ТОиР с помощью современных систем управления активами (ЕАМ/CMMS);

2) развитие телемеханики и безопасных каналов связи для передачи сигналов и информации;

Эффективность мер по снижению показателя SAIDI и повышению надёжности сети напрямую зависит от текущего состояния инфраструктуры и конкретных условий эксплуатации. Чтобы реализовать эти меры на практике, для начала необходимо сформировать поэтапный план финансирования – с упором на мероприятия, которые обеспечат быстрый и ощутимый результат. В числе первоочередных шагов: регулярный мониторинг критически важных участков сети, профилактическое обслуживание наиболее уязвимого оборудования и точечная автоматизация ключевых узлов. По мере высвобождения ресурсов следует постепенно мас-

штабировать решения – внедрять системы предиктивного анализа на базе искусственного интеллекта и модернизировать второстепенные участки сети. Такой способ поможет избежать крупных единовременных затрат, продемонстрировать результат на ранних этапах и планомерно повышать устойчивость сети без перегрузки бюджета, обеспечивая баланс между амбициозностью целей и экономической целесообразностью. В итоге каждая инвестиция будет давать ощутимый эффект, что поспособствует долгосрочной прибыльности и росту удовлетворённости потребителей.

Представим сравнение указанных комплексов мероприятий в таблице 1. Проценты приблизительны и зависят от состояния сети и мер.

Таблица 1

Сравнительный анализ эффективности основных групп мероприятий

Группа мероприятий	Основное воздействие на надежность	Сроки реализации	Капитальные затраты	Операционные затраты	Примерное снижение SAIDI
1. Усиление схемно-режимной устойчивости	Повышение живучести, снижение длит. перерывов при одиночных отказах (N-1)	Среднесрочные	Высокие	Низкие	Значительное (15-30%)
2. Совершенствование оборудования	Снижение частоты отказов оборудования, предотвращение тяжелых последствий	Долгосрочные	Очень высокие	Средние (диагностика)	Существенное (10-25%)
3. Автоматизация и интеллектуализация	Сокращение времени перерыва, предотвращение каскадного развития аварий	Кратко- и среднесрочные	Средние/Высокие	Средние (обслуживание)	Очень значительное (20-40%)
4. Организационно-эксплуатационные меры	Повышение эффективности эксплуатации, снижение "человеческого фактора"	Постоянный процесс	Низкие	Высокие (персонал)	Умеренное (5-15%)

Повышение надежности электроснабжения – проблема, требующая комплексного подхода. Максимальный эффект обеспечивается сочетанием мероприятий: усилением схемной избыточности, применением инновационных устройств, модернизацией оборудования на основе диагностики, введением интеллектуальных систем автоматики и цифровых технологий управления, а также организационных идей. Инвестиции оправданны, так как окупаются за счет предотвращения ущербов от перерывов. Развитие цифровизации (Smart Grid, Цифровые Подстанции) открывает возможности для создания высокоадаптивных, самовосстанавливающихся систем. Устойчивое развитие экономики и рост уровня жизни граждан России за-

висят от успешного решения этой задачи.

В заключении, отмечу: надёжное электроснабжение осуществимо лишь при подходе, связывающем все важнейшие направления – от развития генерации и сети до цифровизации (в разумных пределах). Цифровые технологии становятся основой для разработки современных адаптивных систем, и востребованы на современном этапе развития экономики и общества.

Список литературы:

1. Об утверждении требований к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок «Методические указания по устойчивости энергосистем» [Электронный ресурс]: приказ Минэнерго РФ от 3 августа 2018 г. №630. – URL: Система «Консультант плюс» (дата обращения: 17.10.2025).

2. Концепция SAIDI и SAIFI в энергетике. [Электронный ресурс] – URL: <https://mksegment.ru/d/poznakomtes-s-koncepciyami-saidi-i-saifi-v-ehnergeticheskoy-sfere> (дата обращения: 17.10.2025).

3. Переходные процессы в система электроснабжения: Учебник для вузов. 3-изд., перераб. и доп. / Г.Г. Пивняк, В.Н. Винославский, А.Я. Рыбалка, Л.И. Несен; под ред. акад. НАН Украины Г.Г. Пивняка. – Москва: Энергоатомиздат; Днепропетровск, Национальный горный университет, 2003. – 548 с.

Информация об авторах:

Малышева Юлия Максимовна, студент гр. ЭПмз-241, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, juliamalys22@yandex.ru.

Попова Ольга Владимировна, доцент, к.н., КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, vip-ole@ya.ru.

Попов Игорь Викторович, ст. преподаватель, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28.