

Научная статья / Research Article

УДК 621.3.072

**Марина Петровна Баранова**

*Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия*  
marina60@mail.ru

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 0,4–10 КВ**

**Аннотация.** Показана возможность повышения надежности работы распределительной сети (0,4–10 кВ). Рассмотрена возможность внедрения автоматического пункта секционирования (реклоузера). Разработана эффективная и надежная система, способствующая быстрому реагированию на аварийные ситуации в электрических сетях. Определены методики и методология по проектированию систем автоматизации, выполняющих функции контроля, регулирования и цифрового управления распределительными сетями и подстанциями, разработаны технические решения по повышению эффективности работы воздушных линий среднего класса напряжения с применением автоматизированных систем управления и проведено технико-экономическое обоснование разработанной схемы автоматизации.

**Ключевые слова:** линии электропередач, реклоузер, фидер, показатели надежности

**Marina Petrovna Baranova**

*Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia*  
marina60@mail.ru

## **IMPROVING RELIABILITY OF 0.4-10 KV DISTRIBUTION NETWORK OPERATION**

**Abstract.** The possibility of increasing the reliability of the distribution network (0.4–10 kV). The possibility of introducing an automatic sectionalization point (recloser) was considered. An effective and reliable system has been developed to facilitate rapid response to emergency situations in electrical networks. Methods and methodology for designing automation systems performing the functions of control, regulation and digital control of distribution networks and substations were determined, technical solutions were developed to increase the efficien-

*cy of medium-class voltage overhead lines using automated control systems, and a feasibility study of the developed automation scheme was carried out.*

**Keywords:** *power lines, recloser, feeder, reliable indicators*

**Введение.** Современное общество невозможно представить без высококоразвитой инфраструктуры электроснабжения, которая обеспечивает функционирование всех сфер жизнедеятельности. Однако, несмотря на достижения в области технологий и инженерии, аварии в этих системах продолжают происходить, что приводит к значительным экономическим потерям, а также негативно сказывается на жизни и благосостоянии людей. В связи с этим необходимость в автоматизации процессов ликвидации аварий становится все более актуальной.

Аварийные ситуации могут возникать по самым различным причинам: от природных катастроф и технических неисправностей до человеческого фактора. В результате таких происшествий возникает необходимость в оперативном реагировании, что требует от служб, занимающихся ликвидацией последствий, высокой степени координации и быстроты действий. Для эффективного управления процессами ликвидации аварий необходимо применение современных технологий, которые позволят не только ускорить процесс реагирования, но и повысить его качество. В этом контексте системы автоматизации становятся важнейшим инструментом, способствующим повышению эффективности работы служб, отвечающих за ликвидацию аварий [1-3].

Актуальность исследования системы автоматизации процессов ликвидации аварий воздушных и кабельных сетей обусловлена возрастающей сложностью и масштабами инфраструктурных объектов, а также необходимостью повышения надежности и безопасности электроснабжения. В условиях частых аварий и непредвиденных ситуаций эффективное управление процессами ликвидации аварий становится критически важным для минимизации времени простоя и экономических потерь.

**Цель исследования** – разработка эффективной и надежной системы, способствующей быстрому реагированию на аварийные ситуации в электрических сетях.

Предметом исследования является разработка и внедрение системы автоматизации на основе автоматического пункта секционирования (реклоузера), направленной на оптимизацию этих процессов, что включает в себя анализ существующих решений, проектирование новой системы, ее реализацию и оценку эффективности. Работы сосредоточены на повышении скорости реагирования на аварии, снижении затрат и улучшении качества обслуживания, что, в свою очередь, способствует повышению надежности и безопасности электрических сетей.

**Характеристики распределительных ЛЭП 6(10) кВ.** Линии электропередач 6–10 кВ являются ключевым элементом системы распределения электроэнергии между высоковольтными сетями и конечными пользовате-

лями. Они требуют высокой надежности и минимизации потерь энергии, особенно учитывая удаленность потребителей от источников питания.

Роль распределительных линий 6–10 кВ крайне важна для стабильного функционирования электроэнергетической системы страны. Современные тенденции направлены на повышение уровня автоматизации и внедрение интеллектуальных решений, что позволяет значительно снизить количество аварийных ситуаций и сократить продолжительность перерывов в энергообеспечении. Тем не менее регулярное техническое обслуживание и обновление оборудования также играют ключевую роль в обеспечении бесперебойной подачи электричества населению и промышленности [4].

Таким образом, современные распределительные сети 6(10) кВ нуждаются в постоянном внимании и совершенствовании. Повышение уровня автоматизации и использование инновационных технологий позволят обеспечить надежное и бесперебойное энергообеспечение потребителей, минимизировать риски аварий и повысить общий уровень эффективности эксплуатации электроэнергетической инфраструктуры [5].

**Техническая характеристика объекта исследований ф. 25-26.** Воздушная линия электропередачи 6 кВ находится в Ленинском районе г. Красноярска. Диспетчерское наименование «КВЛ 6 кВ ф.25-26-ТП590», опорная схема которой представлена на рисунке 1 и основные паспортные данные в таблице 1, получает питание от подстанции 110/6 кВ «РТИ».

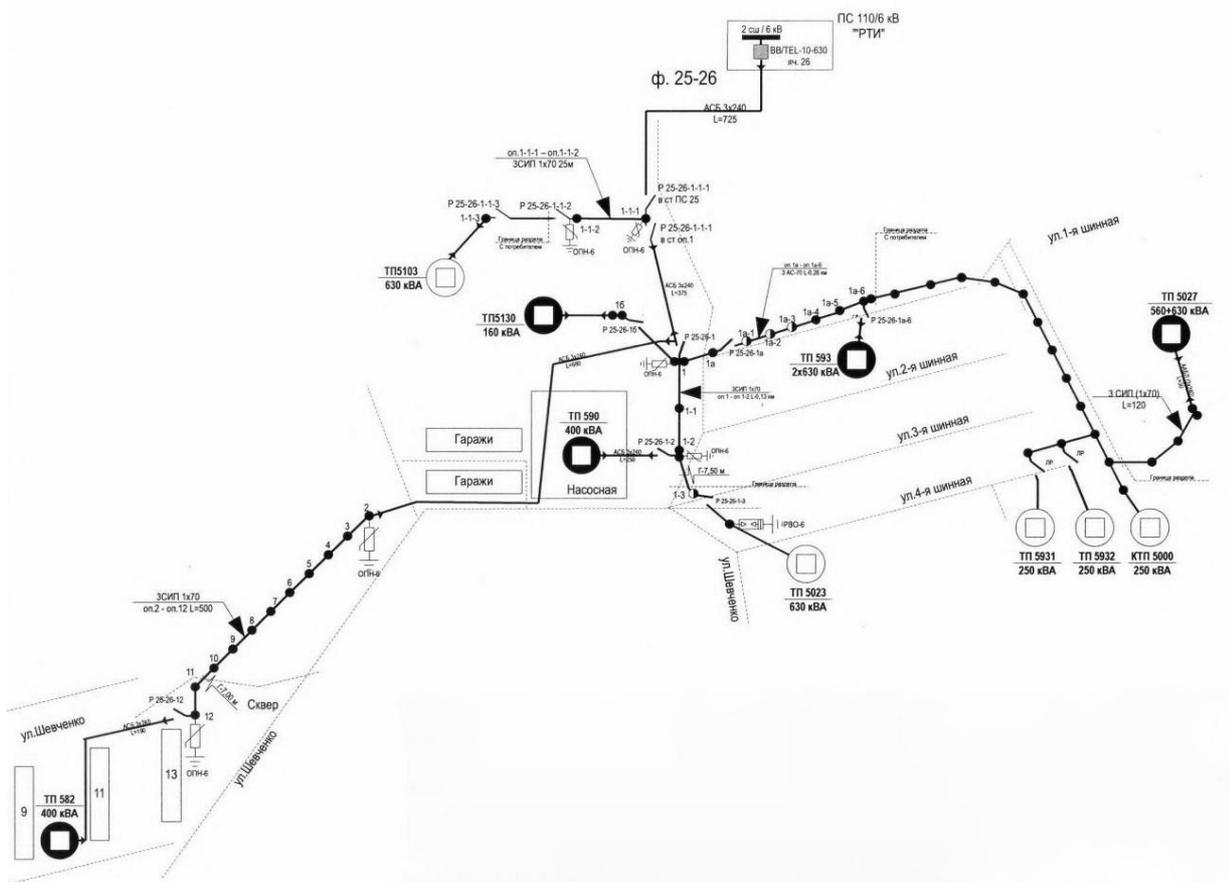


Рис. 1. Поопорная схема КВЛ 6 кВ ф. 25-26

ЛЭП протяженностью 3,028 км обеспечивает электроэнергией мкр-н Шинников с населением более 330 человек, насосную станцию, часть мкр-на Н. Черемушки с населением более 5500 человек, 2 школы и детский сад. Помимо этого, от данного фидера электроснабжение получают предприятия среднего и малого бизнеса. От фидера запитано 14 ТП 6/0,4 кВ. Используются железобетонные опоры и деревянные опоры на железобетонных приставках. Деревянные опоры: промежуточные тип П10-9ДБ-3 шт. Железобетонные опоры: промежуточные тип П10-4-17шт, угловые тип УП10-2-1шт, анкерные тип А10-2-2шт. На некоторых опорах есть защита от перенапряжения ОПН-П-6/7,6/10/550. Кабельные вставки и подходы к ТП и РП общей длиной 2,098 км выполнены марками кабеля АСБ 3х240, АВБбШв 3х150, ААБл 3х240. Предусмотрено неавтоматическое резервирование фидера 25-26 от фидера 14-18 через проходную ТП-579 с использованием выключателя нагрузки ВН и от фидера 154-02 через проходную ТП-5027. Проблемный участок воздушной линии начинается от опоры № 1А в сторону ТП коммерческих предприятий, длиной более 1,2 км. Это отрезок трассы линии, где возникают систематические нарушения режима эксплуатации или аварии, снижающие надежность электроснабжения потребителей. Проблемность участка определяется различными факторами, включая особенности расположения, состояние оборудования и внешние условия. Для повышения надежности и сокращения перерывов электроснабжения потребителей фидера 25-26 в схеме предложен вариант установки реклоузера для секционирования проблемного участка и сокращения зоны распространения аварии.

### Основные паспортные данные ф. 25-26

Показатель	Значение
Диспетчерское наименование	КВЛ 6 кВ ф.25-26-ТП 590
Год постройки	1971
Дата ввода в эксплуатацию	01.01.1971
Индекс технического состояния	29
Последствия отказа	5171.254
Количество условных единиц	5.998
Длина линии по трассе	3.028 км
Всего опор	23
Количество цепей	1
Марка проводов	СИП-3 1х70, А 50
Длина провода	СИП-3 1х70- 1980м., А 50 - 810м
Район климатических условий	II / II

### *Определение места установки реклоузера на ЛЭП 6(10) кВ ф. 25-26*

При выборе мест установки реклоузеров необходимо учитывать следующие общие рекомендации:

➤ Реклоузеры лучше всего устанавливать там, где сеть испытывает наибольшие перегрузки или частые короткие замыкания. Это позволяет минимизировать влияние аварийных ситуаций на потребителей электроэнергии [6].

➤ Установка реклоузера должна осуществляться таким образом, чтобы потери напряжения в сети были минимальны даже при отключении отдельных участков линии.

➤ Необходимо учитывать рельеф местности, наличие водоемов, лесов и другие природные условия, влияющие на надежность электроснабжения.

➤ Выбор места установки зависит от климатических условий региона – температуры воздуха, влажности, уровня загрязнения атмосферы и осадков.

➤ Характеристики почвы также влияют на выбор места установки. Например, грунтовые воды и агрессивная среда могут потребовать специальных мер защиты оборудования. Место должно обеспечивать легкий доступ обслуживающего персонала для ремонта и технического обслуживания.

➤ Параметры выбранного реклоузера должны соответствовать номинальному напряжению и току линии электропередачи.

Современные реклоузеры оснащены системами автоматического управления, позволяющими оперативно реагировать на изменения режима работы сети. Важно убедиться, что выбранный реклоузер совместим с имеющейся системой защиты и автоматики энергосистемы.

Таким образом, выбор мест установки реклоузеров требует комплексного подхода, учитывающего технические характеристики оборудования, особенности эксплуатации и требования надежности электроснабжения. Правильный подбор местоположений обеспечит стабильную работу системы и повысит эффективность распределения энергии.

На рисунке 2 изображен оптимальный вариант установки реклоузера в схему ф. 25-26.

При проведении реконструкции предлагается использование пункта секционирования с односторонним питанием РВА/TEL TER\_Recl5 отечественного производителя ООО «Таврида Электрик», так как соответствует техническим требованиям ПАО «Россети» и рекомендован для применения на объектах ДЗО ПАО «Россети» в качестве автоматического пункта секционирования, пункта коммерческого учета и подстанционного выключателя в распределительной сети 6 (10) кВ.

*Ключевые преимущества.* Установка реклоузера позволяет повысить надежность электроснабжения потребителей, сократить показатели SAIFI и SAIDI. Повышение надежности достигается за счет деления сети на

участки с автоматическим восстановлением питания от неповрежденного источника и применения двукратного АПВ для устранения неустойчивых повреждений. Формализованная методика выбора мест установки реклоузеров позволяет определить минимальное количество аппаратов, необходимое для получения требуемых прогнозных показателей SAIFI, SAIDI, и тем самым сократить капитальные затраты.

Реклоузер не требует обслуживания. Шкаф управления имеет систему самодиагностики и передает во внешнюю SCADA информацию о неисправностях, режимах работы сети, аварийных событиях [7, 8].

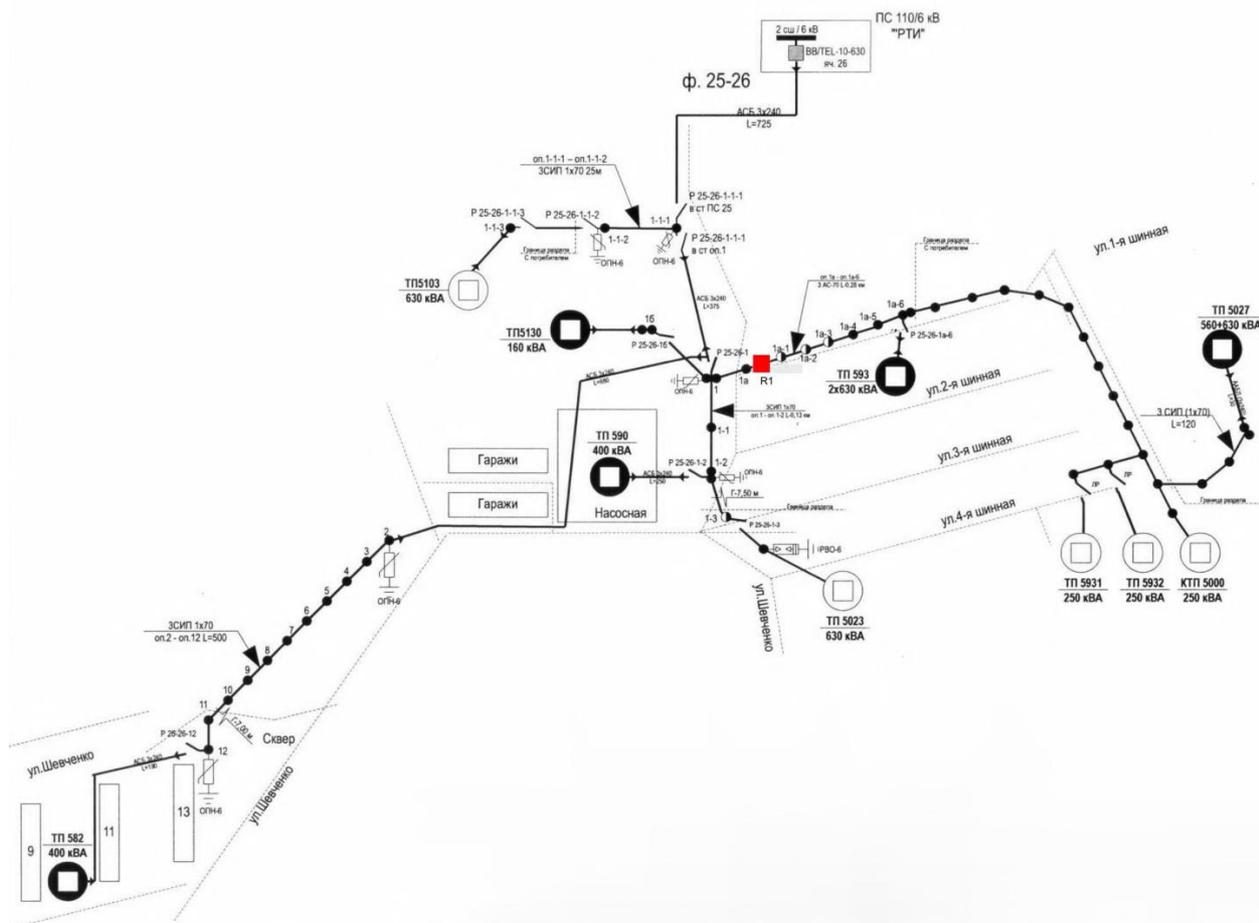


Рис. 2. Вариант установки реклоузера

Согласно требованиям защиты, централизованная автоматизация требует обязательного наличия каналов телемеханики для управления распределительными сетями и защиты подстанционного оборудования. Управление осуществляется из центрального пункта управления, как правило, это диспетчерское управление района. Используется ПК КОТМИ 14.

**Заключение.** В работе были установлены и описаны основные проблемные места существующих распределительных сетей 6(10) кВ, доказана целесообразность и актуальность внедрения средств автоматизации и цифрового управления воздушных линий напряжением 6(10) кВ.

Для установления влияния степени автоматизации на показатели надежности работы сети был проведен анализ после установки реклоузера на фидере 25-26 Ленинского РЭС г. Красноярск. Для исходной схемы сети фидера разработана схема с установкой оборудования.

Было предложено установить в качестве секционирующего устройства реклоузер REC\_15 компании «Таврида Электрик». Данный реклоузер соответствует всем основным требованиям, которые предъявляют электросетевые компании, а также имеет возможность цифрового управления согласно стандарту МЭК 61850.

Расчетным путем установлено, что значения индексов SAIFI и SAIDI на фидере снижаются. Это говорит о том, что установка реклоузера приводит к повышению надежности сети.

### Список источников

1. Кадыков Ю.М. Будущее сельских распределительных сетей. Преобразование и цифровизация. Направления развития // Новости ЭлектроТехники. 2019. № 2 (116).
2. Гаврилова А.А., Кузнецова С.Ю. Повышение энергоэффективности в России: внедрение интеллектуальной сети электроснабжения smart grid // Молодежный вестник ИрГТУ. 2018. Т. 8, № 3. С. 118–121.
3. Смирнов И.В., Смирнов И.А., Баранова М.П. Повышение надежности электроснабжения сельских электрических сетей // Инновационные тенденции развития российской науки. Ч. 1: мат-лы XIV междунар. науч.-практ. конф. / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2021. С. 213–216.
4. Глыбина Ю.Н., Беликов Р.П., Фомин И.Н. Анализ видов и количества повреждений в электрических сетях класса напряжения 6-10кВ // Агротехника и энергообеспечение. 2017. № 3 (16). С. 43–49.
5. Воротницкий В., Бузин С. Реклоузер – новый уровень автоматизации и управления ВЛ 6(10) кВ // Новости ЭлектроТехники. 2005. № 3(33).
6. Васильева Т.Н., Мишина Е.С. Выбор места установки реклоузера // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). С. 172–179.
7. Папков Б.В., Илюшин П.В., Куликов А.Л. Надежность и эффективность современного электроснабжения. Нижний Новгород: XXI век, 2021. 160 с.
8. Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Вып. 72. Надежность систем энергетики в условиях их цифровой трансформации. В 2 кн. Кн. 1 / отв. ред. Н.И. Воропай. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2021. 440 с.

## References

1. Kadykov Yu.M. Budushchee sel'skih raspredelitel'nyh setej. Preobrazovanie i cifrovizaciya. Napravleniya razvitiya // Novosti ElektroTekhniki. 2019. № 2 (116).
2. Gavrilova A.A., Kuznecova S.Yu. Povyshenie energoeffektivnosti v Rossii: vnedrenie intellektual'noj seti elektrosnabzheniya smart grid // Molodezhnyj vestnik IrGTU. 2018. T. 8, № 3. S. 118–121.
3. Smirnov I.V., Smirnov I.A., Baranova M.P. Povyshenie nadezhnosti elektrosnabzheniya sel'skih elektricheskikh setej // Innovacionnye tendencii razvitiya rossijskoj nauki. Ch. 1: mat-ly XIV mezhdunar. nauch.-prakt. konf./ Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2021. S. 213–216.
4. Glybina Yu.N., Belikov R.P., Fomin I.N. Analiz vidov i kolichestva povrezhdenij v elektricheskikh setyah klassa napryazheniya 6-10kv // Agrotekhnika i energoobespechenie. 2017. № 3 (16). S. 43–49.
5. Vorotnickij V., Buzin S. Reklouzer – novyj uroven' avtomatizacii i upravleniya VL 6(10) kV // Novosti ElektroTekhniki. 2005. № 3(33).
6. Vasil'eva T.N., Mishina E.S. Vybor mesta ustanovki reklouzera // Molodoj uchenyj. 2015. № 9 (89). S. 172–179.
7. Papkov B.V., Ilyushin P.V., Kulikov A.L. Nadezhnost' i effektivnost' sovremenogo elektrosnabzheniya. Nizhnij Novgorod: XXI vek, 2021. 160 s.
8. Metodicheskie voprosy issledovaniya nadezhnosti bol'shih sistem energetiki. Vyp. 72. Nadezhnost' sistem energetiki v usloviyah ih cifrovoj transformacii. V 2 kn. Kn. 1 / otv. red. N.I. Voropaj. Ir-kutsk: ISEM SO RAN, 2021. 440 s.

### **Сведения об авторах:**

**Марина Петровна Баранова** – заведующая кафедрой системозенергетики, профессор кафедры системозенергетики, доктор технических наук, доцент

### **Information about the authors:**

**Marina Petrovna Baranova** – Head of the Department of System Power Engineering, Professor of the Department of System Power Engineering, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor