

УДК 621.3

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКИХ СИСТЕМ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И
ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ**

Науменко В.И.

Научный руководитель – старший преподаватель Попкова Н.А.

Системы электроснабжения (СЭС) сельскохозяйственного назначения обладают рядом конструктивных и эксплуатационных особенностей, заключающихся в том, что в их состав входят в основном радиальные распределительные электрические сети (РЭС), основу которых составляют преимущественно воздушные линии (ВЛ) напряжением 6-10 кВ, получающие электроэнергию от районных подстанций (ПС) 35-110/6-10 кВ. ПС распределены по большой территории и находятся далеко друг от друга и от диспетчерских пунктов (по сравнению с городскими и промышленными подстанциями). РЭС и отходящие воздушные линии в отличие от городских и промышленных (которые – преимущественно кабельные) в большей степени подвержены атмосферным воздействиям и повреждениям. В сельскохозяйственных районах РЭС нет возможности содержать крупные ремонтные подразделения. В этих условиях небольшая оперативная бригада электриков периодически обслуживает имеющееся сетевое и подстанционное электрооборудование СЭС. Высокий износ электрооборудования (свыше 70%), прогрессирующее сокращение квалифицированного технически грамотного оперативного и ремонтного электротехнического персонала также играют немаловажную роль. В большинстве случаев причинами отказов электрооборудования СЭС являются неправильные режимы эксплуатации (15–35%), недостатки эксплуатации (35–50%) и низкое качество проводимых ремонтов [1]. Низкая степень автоматизации СЭС утяжеляет аномальные и аварийные режимы, затягивает продолжительность послеаварийных режимов, снижая надежность электроснабжения, приводит к увеличению времени простоя электроустановок потребителей и существенному недоотпуску электроэнергии.

Учитывая рассмотренные особенности сельскохозяйственных СЭС, особое внимание следует обратить на оптимизацию нормальных, аварийных и послеаварийных режимов их работы на основе технического, технологического и экономического анализа подсистем СЭС, условий их проектирования и функционирования. Оптимизация режимов СЭС обеспечивает минимум приведенных затрат и достигается, в основном, выбором схемной конфигурации системы и выбором состава включенного в работу электрооборудования, а также совершенствованием и автоматизацией управления работы всей системы.

Оптимизация нормальных режимов СЭС на стадии проектирования конфигурации линий электропередачи (ЛЭП) РЭС 6-10 кВ по критерию минимума затрат на передачу и распределение электроэнергии осуществляется симплекс-методом линейного программирования [2]: на первом этапе ищется допустимое решение; на втором этапе это решение улучшается до оптимального.

При определении конфигурации РЭС используется математическая модель «транспортной задачи» [2]. При этом матрица системы ограничений транспортной задачи получается такой, что для ее решения требуются специальные методы: 1) получения схемы сети, отвечающей допустимому решению по критерию минимальной удельной стоимости; 2) оптимизации полученного допустимого схемного решения с помощью распределительного метода за счет перевода одной из базисных переменных в разряд свободных и одной из свободных переменных в разряд базисных. Для получения оптимальной схемы РЭС используется модификация распределительного метода – метод потенциалов, который освобождает проектировщика от необходимости создавать циклы и определять изменение целевой функции в каждом допустимом решении для каждой свободной переменной. Одним из действенных мероприятий по повышению эффективности и надежности СЭС является секционирование сетей. При этом возможна оптимизация вариантов технической реализации и управления секционированием РЭС.

Децентрализованное управление секционированием сетей [1] обеспечивает полную независимость работы коммутационных сетевых аппаратов от внешнего управления в послеаварийном режиме РЭС. Важным фактором для РЭС становится замена ручных и телемеханизированных линейных разъединителей коммутационными аппаратами со встроенной релейной защитой и сетевой автоматикой – реклоузерами [3].

Оптимизация выбора мест установки реклоузеров состоит из следующих этапов: определение назначения установки реклоузеров; выбор варианта применения (функции назначения); выбор критерия оптимизации установки; оптимизация мест установки [4]. Критерием является минимизация показателей, влияющих на надежность: суммарного годового недоотпуска электроэнергии; количества и длительности отключений потребителей.

Обеспечение эффективности и надежности режимов оптимального варианта РЭС связано с оптимизацией параметров секционирования.

При последовательном секционировании линии с односторонним питанием надежность потребителей отдельных участков не одинакова и тем выше, чем ближе секционированный участок, на котором находится потребитель, к центру питания (шинам 6-10 кВ ПС).

В схемах последовательного секционирования реклоузерами линии с двухсторонним питанием появление короткого замыкания (КЗ) на одном участке не влияет на надежность электроснабжения потребителей смежных участков.

Результаты расчета показателей надежности РЭС [1, 4] показывают, что при различных вариантах автоматического секционирования надежность электроснабжения конкретных потребителей изменяется не пропорционально изменению суммарного годового недоотпуска электрической энергии. В зависимости от выбранного критерия оптимизации следует придерживаться следующих подходов к выбору мест установки реклоузеров в сети:

а) для критерия суммарного годового недоотпуска электроэнергии в целях повышения надежности электроснабжения потребителей фидера в целом целесообразно разделить линию на отдельные участки путем установки

реклоузеров таким образом, чтобы произведения моментов (длины и нагрузки каждого участка) были примерно равны между собой (при минимизации протяженности линии и/или при увеличении числа секционированных участков РЭС);

б) для критерия количества и длительности отключений конкретного потребителя и адресного повышения надежности целесообразно устанавливать реклоузеры максимально приближенно к данному потребителю.

Проанализировав полученные результаты по определению оптимального места установки реклоузера [5], получены результаты, которые можно использовать в качестве практических рекомендаций:

- место установки реклоузера в РЭС существенно влияет на недоотпуск электроэнергии при перерывах электроснабжения, связанных с поиском и ликвидацией повреждения;
- при установке реклоузера перед точкой ответвления значение недоотпуска электроэнергии получается минимальным (в расчетах на 10,3% меньше), чем за ней. Следовательно, это и есть точка оптимальной установки реклоузера в равномерно загруженной радиальной линии;
- в радиальных сетях с неравномерной нагрузкой оптимальная точка установки реклоузера смещается к центру электрических нагрузок;
- годовое количество отключений в сети не зависит от места установки реклоузера;
- годовая длительность отключений потребителей (расчетная) при установке реклоузера в оптимальной точке минимальна и практически в 2 раза меньше, чем без использования реклоузера.

РЭС 6–10 кВ характеризуются существенным износом и высокой повреждаемостью, которая достигает десятков технических нарушений на 100 км в год, вызывая необходимость модернизации конструкции фидеров и их сетей, совершенствования средств регистрации, поиска и устранения аварийных режимов.

Наибольшее время для устранения аварийных режимов РЭС затрачивается на определение места (ОМП) и вида повреждения (ОВП). Многообразие видов и характеристик повреждений, сложность структуры и условий работы РЭС привело к разнообразию дистанционных и топологических методов ОМП [6].

Для выполнения требований по скорости и точности ОМП очевидно целесообразно применение двух методов ОМП – дистанционного и топографического. Сначала с помощью дистанционного метода ОМП определяется зона повреждения, а затем, используя топографический метод, устанавливается точное место повреждения.

Несмотря на большое количество существующих технических средств и приборов задача дистанционного ОМП при однофазных замыканиях на землю в ВЛ 6–10 кВ остается весьма актуальной. В сельских сетях 6–10 кВ с изолированной или компенсированной нейтралью распространены радиальные сети с односторонним питанием, поэтому определить место междуфазного КЗ, обрыва фазы или замыкания на землю точным методом двухстороннего замера

как в ЛЭП 110 кВ и выше с заземленной нейтралью, не представляется возможным.

Для повышения точности дистанционных методов и средств необходимы специальные подходы: использование данных от указателей, устанавливаемых на опорах ВЛ; передача данных от установленных указателей, фиксирующих параметры аварийных режимов, через передатчик (модем) по каналу связи с приемником диспетчерского пункта; использование бесконтактных локальных датчиков для установки в нескольких точках ЛЭП с целью повышения точности ОМП и ОВП; применение сигнализаторов и GSM-передатчиков, которые устанавливаются непосредственно на опорах ВЛ и служат для контроля режима и целостности провода [7]; создание системы комплексного управления нормальными, аварийными и послеаварийными режимами, включая средства мониторинга и диагностики по типу «Smart Grids» – «умных сетей».

Литература

1. Сазыкин В.Г., Кудряков А.Г. Децентрализованное управление распределительными электрическими сетями 6-10 кВ АПК. Актуальные вопросы технических наук: теоретический и практический аспекты. Коллективная монография / под ред. И.В. Мирошниченко. УФА: АЭТЕРНА. 2017. С. 64-87.
2. Юдин Д.Б., Гольштейн Е.Г. Линейное программирование. Теория, методы и приложения. М.: Наука, 2001.
3. Максимов Б.К., Воротницкий В.В. Оценка эффективности автоматического секционирования воздушных распределительных сетей 6(10) кВ с применением реклоузеров с целью повышения надежности электроснабжения потребителей // Электротехника. 2005. №10. С. 7-22.
4. Сазыкин В.Г., Кудряков А.Г. Показатели надежности электрической сети 6-10 кВ с реклоузерным секционированием. Научно-практические проблемы и направления их решения в области высоких технологий: сборник статей международной научно-практической конференции. АЭТЕРНА, 2017. С. 129-135.
5. Шалыт Г.М. Определение мест повреждения в электрических сетях. М.: Энергоиздат. 1982. 312 с.
6. Шилин А.А., Артюшенко Н.С., Дементьев С.С. «Умные» опоры воздушных линии электропередачи // III Российская молодежная научная школа-конференция «Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи». Нац. исслед. Томский политехн. ун-т. Томск. 2015. С. 235-239.
7. Чичёв С.И., Глинкин Е.И. Технология «Smart Power Grid» («Умные электрические сети») // Энергобезопасность и энергоснабжение, 2010. № 6 (36). 2010. С. 27-31.