УДК 621.311

ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 10 КВ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ АВТОМАТИЗАЦИИ И КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Гуйжов В.Г. *Преподаватель, Политехническая средняя профессиональная школа Министерства Связи Туркменистана, г. Ашхабад*

Аннотация: В статье исследованы пути повышения надёжности и снижения технологических потерь в распределительных электрических сетях напряжением 10 кВ. Предложена структурная схема модернизации магистрального фидера с применением реклоузеров, пунктов автоматического включения резерва (АВР) и автоматических конденсаторных установок (АКУ). Выполнен расчёт режимов работы воздушной линии СИП-3 до и после внедрения технических мероприятий. Доказано, что установка АКУ позволяет снизить потери активной мощности на 34,0%, а секционирование линии уменьшает индекс средней продолжительности перерывов в электроснабжении (SAIDI) на 66,3%.

Ключевые слова: система электроснабжения, распределительные сети 10 кВ, реклоузер, компенсация реактивной мощности, потери электроэнергии, надёжность, SAIDI.

INCREASING THE RELIABILITY AND ENERGY EFFICIENCY OF 10 KV DISTRIBUTION NETWORKS BASED ON AUTOMATION AND REACTIVE POWER COMPENSATION TECHNOLOGIES

Guyzhov V. G. Lecturer, Polytechnic Secondary Vocational School of the Ministry of Communications of Turkmenistan, Ashgabat

Abstract: The article investigates ways to increase reliability and reduce technological losses in 10 kV electrical distribution networks. A structural diagram for modernizing a main feeder using reclosers, automatic transfer switches (ATS), and automatic capacitor banks (ACB) is proposed. Calculations of operating modes for an aerial bundled cable line (SIP-3) before and after implementing technical measures are performed. It is proven that installing an ACB reduces active power losses by 34.0%, while line sectioning decreases the System Average Interruption Duration Index (SAIDI) by 66.3%.

Keywords: power supply system, 10 kV distribution networks, recloser, reactive power compensation, power losses, reliability, SAIDI.

Введение

Современные распределительные электрические сети напряжением 6–10 кВ характеризуются значительной протяжённостью воздушных линий, высокой степенью износа электрооборудования и преобладанием радиальных схем электроснабжения. В таких сетях при возникновении однофазного замыкания на землю или междуфазного короткого замыкания происходит отключение всего фидера на питающей подстанции (ПС), что приводит к массовому недоотпуску электроэнергии потребителям. Кроме того, передача значительных объёмов реактивной мощности обусловливает повышенные потери активной мощности и недопустимые отклонения напряжения у удалённых потребителей.

Целью работы является разработка структурной схемы модернизации распределительного фидера 10 кВ и количественная оценка эффективности внедрения средств автоматического секционирования и компенсации реактивной мощности.

Архитектура модернизированного фидера 10 кВ

Для повышения наблюдаемости, управляемости и энергоэффективности участка распределительной сети предлагается переход от несекционированной радиальной линии к активно-адаптивной схеме с двухсторонним питанием и децентрализованной автоматикой (рис. 1).

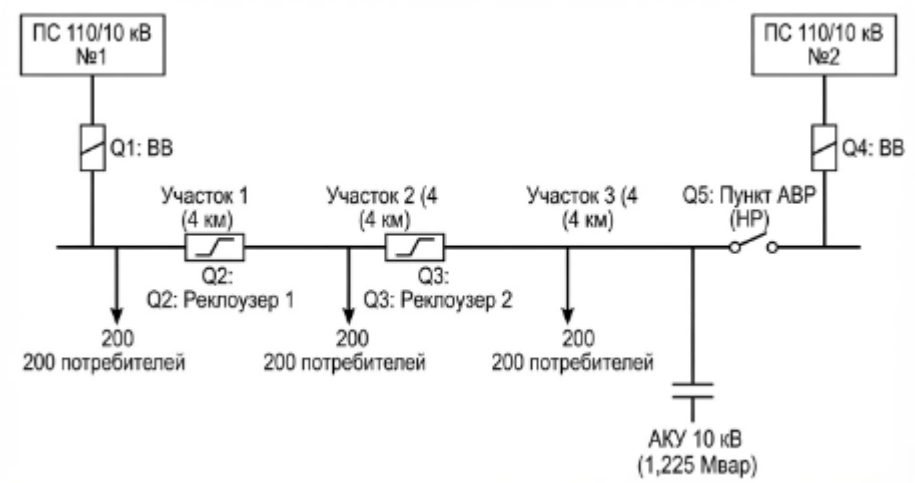

Рис. 1. Структурная схема секционированного фидера 10 кВ с автоматической конденсаторной установкой (НР — нормально разомкнутый коммутационный аппарат).

Функциональные элементы предложенной схемы:

1. **Вакуумные реклоузеры (Q2, Q3)** — выполняют функции автоматического повторного включения (АПВ) для устранения неустойчивых повреждений и локализуют устойчивые короткие замыкания, отключая только повреждённый участок.

2. **Пункт сетевого АВР (Q5)** — в нормальном режиме разомкнут; при потере питания со стороны ПС №1 автоматически включается и восстанавливает электроснабжение неповреждённых участков от резервной ПС №2.
3. **Автоматическая конденсаторная установка (АКУ)** — устанавливается на шинах удалённого распределительного пункта для ступенчатого регулирования коэффициента мощности cos φ и поддержания уровня напряжения в пределах норм ГОСТ 32144-2013.

Результаты расчёта режимов работы сети

В качестве объекта исследования принят магистральный воздушный фидер напряжением $U_{ном}$ = 10 кВ, выполненный самонесущим изолированным проводом марки СИП-3 3 х 95 мм^2 общей протяжённостью L = 12 км (три равных участка по 4 км. Удельные параметры провода: r_0 = 0,306 Ом/км, x_0 = 0,112 Ом/км. Суммарная активная нагрузка фидера составляет P_{max} = 2,4 МВт при исходном коэффициенте мощности cos = 0,78 tg φ_1 = 0,802). Количество подключённых потребителей – N = 600 абонентов (по 200 на каждом участке), удельная частота устойчивых отказов – λ = 1,2 отк.год.

Сводные результаты расчёта сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Сравнительные технико-экономические и режимные показатели фидера 10 кВ.

Показатель	Обозначение	Базовый вариант	Модернизированный вариант	Изменение
Коэффициент мощности	cos φ	0,78	0,96	+0,18
Реактивная мощность в линии, Мвар	Q	1,925	0,700	−63,6%
Полная мощность, МВА	S	3,077	2,500	−18,8%
Ток в головном участке, А	I	177,6	144,3	−18,8%
Потери активной мощности, кВт	ΔP	347,64	229,50	−34,0%
Потеря напряжения в линии, %	ΔU	11,40	9,75	−1,65%
Индекс продолжительности отключений, ч/год	SAIDI	4,20	1,42	−66,3%

Заключение

Проведённое исследование подтверждает высокую техническую эффективность комплексной модернизации распределительных сетей 10 кВ. Внедрение автоматических конденсаторных установок позволяет разгрузить линию по току на 18,8%, уменьшить нагрузочные потери активной мощности на 118,14 кВт (34,0%) и снизить падение напряжения в конце магистрали, что при совместной работе с регуляторами под нагрузкой (РПН) силовых трансформаторов обеспечивает соблюдение требований ГОСТ 32144-2013. Одновременное секционирование магистрали вакуумными реклоузерами с организацией сетевого АВР сокращает среднюю продолжительность перерывов в электроснабжении потребителей в 2,96 раза (на 66,3%).

Список использованных источников

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – М.: Стандартинформ, 2014. – 19 с.
2. Железко Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчётов. – М.: ЭНАС, 2009. – 456 с.
3. Воротницкий В. Э., Бузин С. В. Снижение потерь электроэнергии в электрических сетях. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2016. – 112 с.
4. Папков Б. В., Куликов А. Л. Основы теории систем для электроэнергетиков. – Н. Новгород: НИУ РАНХиГС, 2019. – 412 с.
5. Кобец Б. Б., Волкова И. О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid. – М.: ИАЦ Энергия, 2010. – 208 с.