

УДК 621.316

ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ СХЕМ СІЛЬСЬКИХ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ 6-10 КВ З РЕКЛЮУЗЕРАМИ

Мірошник О.В., к.т.н.

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка

Тел. (057)-712-34-32

Анотація – запропоновано модель вибору оптимальної структурної будови сільських розподільних електромереж 6–10 кВ з пунктами автоматичного секціонування та автоматичного вводу резерву на базі реклоузерів.

Ключові слова – розподільна повітряна лінія, пункт автоматичного секціонування, пункт автоматичного вводу резерву, реклоузер.

Постановка проблеми. Розподільні повітряні лінії за своєю структурою в більшості випадків складаються із магістралі та відгалужень (рис. 1), причому і в певних точках магістралі, і на деяких відгалуженнях встановлюються секціонувальні роз'єднувачі [1].

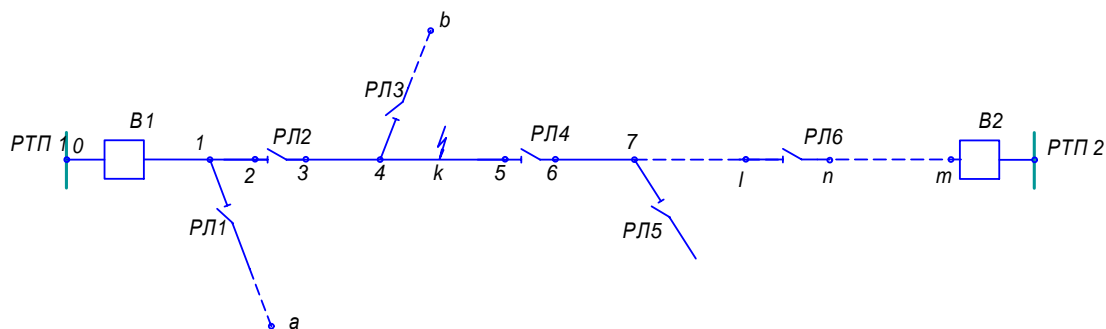


Рис. 1. Радіальна розгалужена ПЛ 10 кВ з секціонувальними роз'єднувачами.

У разі зближення на місцевості двох повітряних ліній (чи навіть відгалужень однієї лінії) їх з'єднували, добудувавши перемичку, за допомогою роз'єднувача (РЛ6), який в нормальному режимі роботи мережі перебував у вимкненому стані, а у разі потреби персонал РРЕМ міг шляхом його комутації змінити схему мережі, забезпечуючи резервне живлення для частини споживачів після локалізації секціонувальними роз'єднувачами пошкодженої ділянки.

Виникнення аварійних режимів в лініях 6-10 кВ призводить до недовідпуску електричної енергії, а відповідно і до значних матеріальних збитків. Тому аварійне вимкнення розподільної повітряної лінії 6-10 кВ з неуспішним АПВ вимагає якнайшвидшого початку процесу відновлення електропостачання споживачів, який формується діями оперативно-виїзної бригади (ОВБ) та, за потреби, залученого ремонтного персоналу. Для визначення ушкодженої ділянки мережі діагностичні дії виконуються за переданими радіозв'язком командами диспетчера РРЕМ. Диспетчер віддає команди, керуючись наявною на диспетчерському пункті інформацією про схему мережі, її параметри, навантаження, а також отриманою інформацією про зникнення напруги [1].

Аналіз останніх досліджень. Ефективним методом підвищення надійності електропостачання споживачів стає секціонування сільських розподільних електромереж 6-10 кВ з використанням реклоузерів, що підтверджується матеріалами наукових досліджень та даними експлуатації [2, 3]. Можливості організації локалізаційної та селективної роботи новітніх систем релейного захисту з передачею інформації на диспетчерський пункт (збереження її в пам'яті блока керування реклоузера) не тільки про факт спрацювання комутаційного апарату, але і про передаварійні та аварійні параметри режиму мережі створюють передумови для використання діагностувальної функції реклоузерів у разі виникнення пошкоджень в лінії.

Формулювання мети статті. Аналіз ефективності впровадження мережної автоматики в розподільних мережах 6-10 кВ.

Основна частина. Вакуумні реклоузери РВА/TEL здатні виконувати оперативні перемикання в розподільній мережі, автоматичне відключення пошкодженої ділянки, автоматичне повторне вмикання лінії, автоматичне відновлення живлення на непошкоджених ділянках мережі, автоматичний збір інформації про параметри режимів роботи розподільної мережі.

Секціонування мережі реклоузерами надає можливість автоматичної локалізації частини електромережі з пошкодженою ділянкою, не позбавляючи живлення споживачів, які приєднанні до неушкодженої частини секціонованої мережі. При цьому знижуються як обсяг недовідпуску електроенергії, а, отже, і збитки від аварійних вимикань, так і час пошуку пошкодження, оскільки суттєво скорочується довжина локалізованої аварійно вимкненої ділянки лінії, яка підлягає огляду з метою пошуку місця пошкодження.

Для оцінки ефективності обладнання розподільних електромереж засобами мережної автоматики слід розглянути основні варіанти структурної побудови мереж та їхні техніко-економічні характеристики за умов різних варіантів аварійних пошкоджень в лініях.

Найпростіший варіант – розподільна повітряна лінія (рис. 2) з пунктом автоматичного секціонування лінії (ПАС) на базі реклоузера,

що встановлюється в магістралі лінії та ділить лінію на дві зони захисту, причому селективність спрацювання РЗ комутаційних апаратів забезпечується тим, що уставка витримки часу вимикача В1 в голові лінії на один ступінь вище, ніж уставка витримки часу РЗ вимикача реклоузера ПАС1

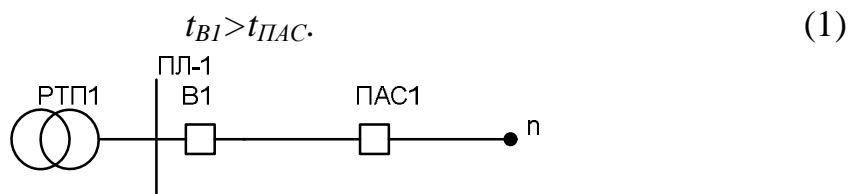


Рис.2. Секціонована розподільна повітряна лінія з ПАС на базі реклоузера.

Оскільки у разі пошкодження на ділянці В1-ПАС1 лінії знеструмлюються усі споживачі, то з метою підвищення надійності електропостачання будують умовно замкнену мережу, для чого в кінці лінії ПЛ1 (в точці n на схемі рис. 2) встановлено пункт автоматичного вводу резерву (ПАВР) на базі реклоузера, який у разі втрати лінією ПЛ-1 живлення автоматично з витримкою часу (для надання можливості відновлення живлення у разі успішного АПВ) підключає живлення від резервної лінії ПЛ-2, як зображено на рис. 3. В нормальному режимі вимикач реклоузера ПАВР знаходиться у розімкненому стані.

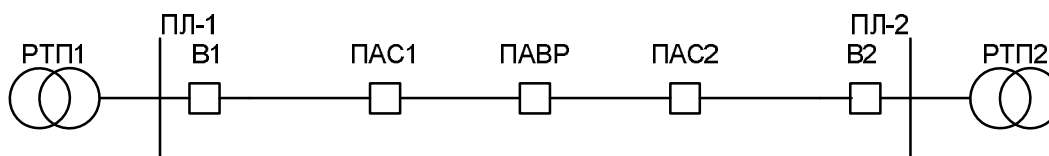


Рис. 3. Умовно замкнена розподільна мережа з ПАС та ПАВР на базі реклоузерів.

В цій резервній лінії в нормальному режимі роботи уставка витримки часу РЗ вимикача В2 в голові лінії теж на один ступінь вище, ніж уставка витримки часу РЗ вимикача реклоузера ПАС2

$$t_{B2} > t_{ПАС2}, \quad (2)$$

але, крім того, для врахування аварійного режиму роботи, коли, наприклад, лінія ПЛ-1 втрачає живлення, спрацьовує АВР, і живлення на ПЛ-1 подається від ПЛ-2, уставки витримки часу направлено РЗ комутаційних апаратів мають відрізнятися на один ступінь за умови

$$t_{B2}^{ПЛ-2} > t_{ПАС2}^{ПЛ-2} > t_{ПАВР}^{ПЛ-2} > t_{ПАС1}^{ПЛ-2} > t_{B1}^{ПЛ-2}. \quad (3)$$

Найбільший ефект від автоматизації мереж слід очікувати в розгалужених розподільних мережах з відгалуженнями від магістралі, прикладом яких можуть бути схемні рішення, наведені на рис. 4-6.

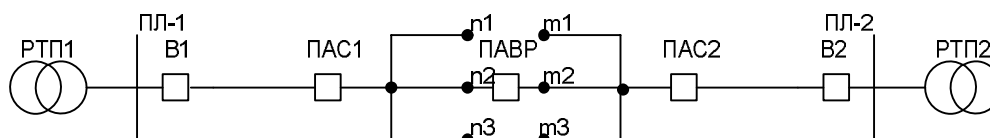


Рис. 4. Розгалужена умовно замкнена розподільна мережа з одним ПАВР та одним ПАС в кожній ПЛ.

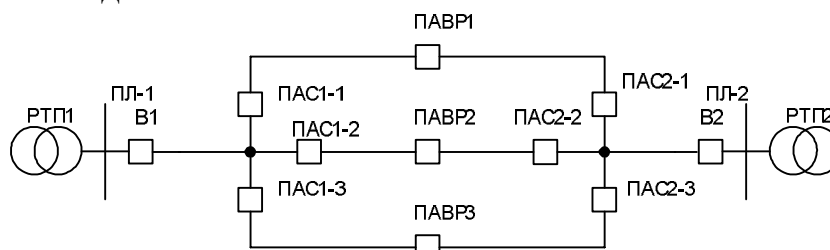


Рис. 5. Розгалужена умовно замкнена розподільна мережа з трьома ПАВР та ПАС на відгалуженнях в кожній ПЛ.

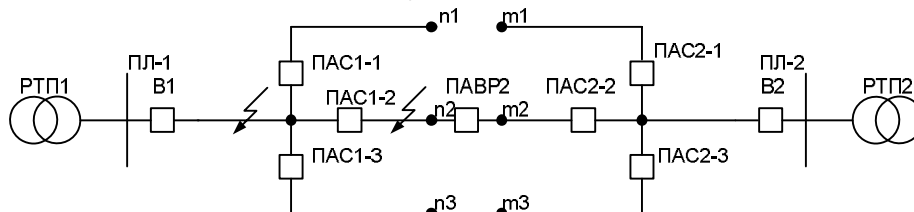


Рис. 6. Розгалужена умовно замкнена розподільна мережа з одним ПАВР та трьома ПАС на відгалуженнях в кожній ПЛ. Аварійний режим: к.з. на ділянках В1–ПАС та ПАС1-2–ПАВР2 в ПЛ1.

Реконструкція розподільної ПЛ з метою установки пунктів автоматичного секціонування (ПАС) та пунктів автоматичного вводу резерву (ПАВР) на базі реклоузерів потребує значних інвестицій, тому постає задача визначення оптимальної кількості реклоузерів в кожній конкретній лінії. Скористаємось положеннями задачі розподілу ресурсів на мережних графіках за наявності невизначених факторів [4]. В математичній моделі вибору оптимальної кількості реклоузерів для розподільної мережі невизначеними факторами в першу чергу будуть місця можливих пошкоджень в лінії, які призведуть до спрацювання вимикача на вимикання за командою від релейного захисту. Вважаючи, що невизначені фактори приймають кінцеве число значень, необхідно знайти гарантований розподіл ресурсів, який дозволить отримати найкращий результат за умов найгіршого набору невизначених факторів.

Таким чином, модель пошуку оптимальної кількості реклоузерів повинна враховувати в розподілі ресурсів $x \in X$:

- додаткові інвестиції в систему електропостачання у разі монтажу взятої до розрахунку кількості реклоузерів і необхідні у цьому випадку експлуатаційні витрати на транспорт та вартість витраченого палива під час пошуку місця аварійного пошкодження для усіх значень невизначених факторів $k = 1, \dots, r$;

- кількість умовних одиниць експлуатації на проведення бригадою робіт $l_j, j=1, \dots, m$;

- збитки споживачів від перерв в електропостачанні;
- ресурси часу на виконання діагностичних заходів для пошуку місця пошкодження на лінії.

Приведені затрати, під якими в даній задачі розуміємо розподіл ресурсів $x \in X$, на розподільну мережу з установкою ПАС та ПАВР на базі реклоузерів, можна визначити за виразом

$$Z = E(K_1 + n K_2) + B_n + Y_n, \quad (4)$$

де E – норматив ефективності;

K_1 – інвестиції в існуючу електромережу;

K_2 – інвестиції в запланований до установки реклоузер;

n – планована кількість реклоузерів в мережі;

B_n – експлуатаційні витрати на діагностування пошкоджень в розподільній мережі з n реклоузерами;

Y_n – збитки від перерв в електропостачанні внаслідок аварійних вимикань в розподільній мережі з n реклоузерами.

Вибір оптимальної кількості реклоузерів за запропонованою моделлю передбачає перебір можливих варіантів: вибираючи певний розподіл ресурсів $x \in X$, треба задатись одним із можливих значень невизначених факторів $k = 1, \dots, r$ і розрахувати тривалість виконання діагностувальних робіт $t(x, k)$ для кожної із k можливих ділянок мережі з пошкодженням. Тоді гарантований розподіл ресурсів, який дозволяє отримати найкращий результат за умов найгіршого набору невизначених факторів, знаходимо в результаті розв'язку задачі:

$$\omega = \underbrace{\min}_{x \in X} \underbrace{\max}_{1 \leq k \leq r} \underbrace{\min}_{t^{(k)}} (t_{\eta}^{(k)} - t_1^{(k)});$$

$$t_{js}^{(k)} - t_{is}^{(k)} \geq \varphi_s(x, k), \quad s = 1, \dots, m; (5)$$

$$k = 1, \dots, r; \quad t^{(k)} = (t_1^{(k)}, \dots, t_{\eta}^{(k)}); \quad x \in X.$$

За умови, що споживачі рівномірно розташовані по всіх її ділянках, можна отримати імовірнісну оцінку надійності електропостачання для кожної із розглянутих схем. Результати розрахунку наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Оцінка надійності електропостачання схем мережі з реклоузерами

Показник	Схема умовно замкненої розподільної мережі		
	Рис. 4	Рис. 5	Рис. 6
Імовірність безвідмовної роботи ділянок розподільної лінії	0,76	0,60	0,55

Висновки. За умови однакових технічних характеристик взятих до розгляду ділянок лінії, обмежених вимикачами, найнижчу надійність електропостачання має схема (рис.6) розгалуженої умовно за-

мкненої розподільної мережі з одним ПАВР та ПАС в кожній ПЛ, а найвищу – схема (рис.4) розгалуженої умовно замкненої розподільної мережі з трьома ПАВР та ПАС на відгалуженнях в кожній ПЛ. Вибір оптимальної схеми та кількості реклоузерів має передбачати врахування як збитків від недовідпуску електроенергії, так і витрат на пошук місця пошкодження.

Література

1. Прусс В.Л. Повышение надежности сельских электрических сетей / В.Л. Прусс, В.В. Тисленко. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 208 с.
2. Шкура В.П. Применение реклоузеров в распределительных сетях 6-10кВ / В.П. Шкура // Электрические сети и системы. – 2008. – №1. – С.40-46.
3. Особенности оптимизации надежности воздушных распределительных сетей в условиях применения SMARTGRID-технологий / [В.А. Попов, А.А. Петров, В.В. Ткаченко, Ю.Д. Манойло] // Зб. наук. праць ін-ту електродинаміки НАН України. Ч.2.–2011. – С.22-30.
4. Давыдов Э.Г. Исследование операций / Э.Г. Давыдов. – М.: Высш. шк., 1990. – 383с.

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ СХЕМ СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ 6-10 КВ С РЕКЛОУЗЕРАМИ

Мирошник А.В.

Аннотация

Предложена модель выбора оптимального структурного построения сельских распределительных электросетей 6-10 кВ с пунктами автоматического секционирования и автоматического ввода резерва на базе реклоузеров.

STRUCTURE OPTIMIZATION OF DISTRIBUTION OF RURAL ELECTRIC CIRCUITS 6-10 kV RECLOSERS

A. Miroschnyk

Summary

A model of selecting the optimal structural construction of rural electricity distribution networks 6-10 kV with paragraphs automatic partitioning and automatic load transfer on the basis of reclosers.