

УДК 621.311

АВТОМАТИЧНЕ СЕКЦІОНУВАННЯ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ НАПРУГОЮ 6–10 КВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ РОЗ'ЄДНУВАЧІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

Р.О.Буйний¹, канд.техн.наук, І.В.Діхтярук¹, В.В.Зорін², докт.техн.наук

¹ Чернігівський національний технологічний університет,

вул. Шевченка, 95, Чернігів, 14027, Україна,

e-mail: dihtyaruk_igor@mail.ru, buiniyroman@rambler.ru,

² Інститут енергозбереження та енергоменеджменту НТУУ «КПІ»,

пр. Перемоги, 37, Київ, 03056, Україна.

Запропоновано підхід до секціонування розподільних електричних мереж напругою 6-10 кВ з використанням комутаційних апаратів нового покоління. Показано можливість використання роз'єднувачів РЛК-10, оснащених автоматичним приводом, та реклоузерів РВА/TEL для виділення ділянки розподільної мережі, на якій виникло пошкодження. Встановлено ефективність використання такого комутаційного апарату як роз'єднувач РЛК-10 з приводом для автоматичного виділення пошкодженої ділянки. Запропонований у роботі підхід щодо автоматизації розподільних електричних мереж напругою 6-10 кВ дозволяє значно знизити витрати на пошук та локалізацію пошкоджень в розподільних мережах та зменшити час, необхідний для відновлення електропостачання. Бібл. 7, рис. 5.

Ключові слова: секціонування, роз'єднувачі, реклоузер, безструмова пауза, надійність електропостачання.

Вступ. Одним з ефективних засобів підвищення надійності електропостачання споживачів в розподільних електричних мережах напругою 6–10 кВ є їхнє секціонування за допомогою комутаційних апаратів (КА). У 70–80-х роках ХХ століття як секціонуючі КА почали використовувати роз'єднувачі, які дозволяли оперативно-виїзній бригаді (ОВБ) виокремити пошкоджену ділянку електричної мережі [4]. Це давало змогу зменшити час знеструмлення частини споживачів, «звузити» зону пошуку пошкодження, що, в свою чергу, призводило до економії матеріальних ресурсів та робочого часу персоналу. У той же час мало місце секціонування мережі за допомогою переобладнаних для цієї мети комірок КРПН-10. Але у зв'язку із недостатнім рівнем надійності та складністю їхньої експлуатації такий спосіб не знайшов поширення. Зараз такі комірочки здебільшого використовуються як роз'єднувачі або і зовсім демонтовані.

На початку ХХІ століття розвиток вакуумної комутаційної техніки дозволив створити такі досконалі КА як вакуумні реклоузери. Це призвело до можливості створення повністю автоматизованих розподільних електричних мереж. Проте через суттєву вартість реклоузерів область їхнього використання в даний час обмежена застосуванням у електричних мережах з особливо відповідальними споживачами, у яких спостерігається суттєвий збиток від недовідпуску електричної енергії [2,3]. Оскільки основна маса розподільних електричних мереж напругою 10 кВ живить побутових споживачів з електроприймачами 2-ї і 3-ї категорії за надійністю, для яких згідно з [5] у разі перерви в електропостачанні з вини постачальника електричної енергії останній несе економічну відповідальність у розмірі 2-кратної вартості недовідпущеної споживачам електричної енергії, то використання реклоузерів є обмеженим пунктами автоматичного ввімкнення резерву (АВР) [6].

Поява на ринку України та держав СНД роз'єднувачів нового покоління типу РЛК-10, які мають порівняно з реклоузерами невелику вартість, дозволяє змінити підхід до принципів автоматизації розподільних електричних мереж 6–10 кВ.

Мета статті. Запропонувати підхід щодо секціонування розподільних електричних мереж напругою 6–10 кВ з використанням роз'єднувачів нового покоління типу РЛК-10.

Основні матеріали дослідження. Роз'єднувачі типу РЛК-10 мають більш досконалу, у порівнянні з роз'єднувачами РЛНД-10, кінематику та орієнтовані на роботу як з ручним, так і двигунним приводом типу ПДЖ-1 [7], що, після завершення робіт по модернізації приводу, який буде мати накопичувач енергії, дозволить використовувати їх для комплексної автоматизації як нерезервованих, так і резервованих розподільних електричних мереж.

В [4] розглянуто можливі способи секціонування розподільних електричних мереж за допомогою роз'єднувачів РЛК-10: послідовне секціонування мережі, змішане (послідовно-паралельне) секціонування.

Розглянемо найбільш ефективні способи секціонування електричних мереж за допомогою роз'єднувачів РЛК-10.

Підхід щодо секціонування розподільної електричної мережі за допомогою роз'єднувача з приводом полягає у виділенні окремих ділянок електричної мережі під час безструмової паузи (по аналогії з роботою відокремлювачів у мережах напругою 35–110 кВ). Причому виділення ділянок повинне починатися після другого циклу автоматичного повторного ввімкнення (АПВ), оскільки перший цикл АПВ дозволяє усунути основну масу нестійких пошкоджень.

Для всіх типів розподільних електричних мереж напругою 6–10 кВ секціонування із застосуванням роз'єднувачів РЛК-10 можна реалізувати за рахунок двох циклів АПВ і одного циклу ручного повторного ввімкнення (РПВ).

У разі встановлення одного автоматичного секціонуючого роз'єднувача в нерезервованій розподільній електричній мережі (рис. 1, а) споживачі, що знаходяться в зоні, яка межує з джерелом живлення при пошкодженні в тупиковій зоні, будуть знеструмлені на час, поки пошкоджена зона не буде відділена від мережі у другу безструмову паузу (після першого циклу АПВ) та здійснений другий цикл АПВ або РПВ (рис. 1, б). У разі пошкодження в зоні, яка межує з джерелом живлення, всі споживачі, які живляться від мережі, будуть знеструмлені на час пошуку та ліквідації пошкодження (рис. 1, в).

Слід зазначити, що схеми з одним секціонуючим роз'єднувачем ручного керування на даний час є найбільш поширеними у розподільних мережах 10 кВ. При відчутному зменшенні збитків від знеструмлення споживачів та витрат на пошук і ліквідацію пошкодження вони є досить простими у виконанні та оперативному керуванні.

В [1] показано, що ефект від встановлення кожного наступного секціонуючого роз'єднувача зменшується приблизно в два рази. Отже більше двох секціонуючих роз'єднувачів встановлювати на магістралі недоцільно.

На рис. 2, а зображена схема розподільної електричної мережі, секціонованої двома роз'єднувачами. На основі запропонованого вище підходу щодо секціонування роз'єднувач, який встановлений ближче до кінця лінії, відділятиме останню ділянку від мережі у другу безструмову паузу (після першого циклу АПВ), і встановлений ближче до джерела живлення спрацюватиме у третю безструмову паузу (після другого циклу АПВ).

Споживачі, що знаходяться в зоні, яка межує з джерелом живлення, при пошкодженні в інших зонах будуть знеструмлені на час, поки пошкоджена зона не буде відділена від мережі у другу (роз'єднувач ЛР2) або третю (роз'єднувач ЛР1) безструмову паузу та здійснене 2АПВ (рис. 2, б) або РПВ (рис. 2, в) відповідно. Споживачі тупикової (третьої) зони у разі пошкодження у будь-якій точці мережі будуть знеструмлені на час пошуку та ліквідації пошкодження (рис. 2, з). Споживачі середньої (другої) зони у разі пошкодження у тупиковій зоні будуть знеструмлені на час, поки вона не буде відділена від мережі роз'єднувачем ЛР2 у другу безструмову паузу та здійснене 2АПВ (рис. 2, б). В усіх інших випадках споживачі будуть знеструмлені на час пошуку та ліквідації пошкодження (рис. 2, з).

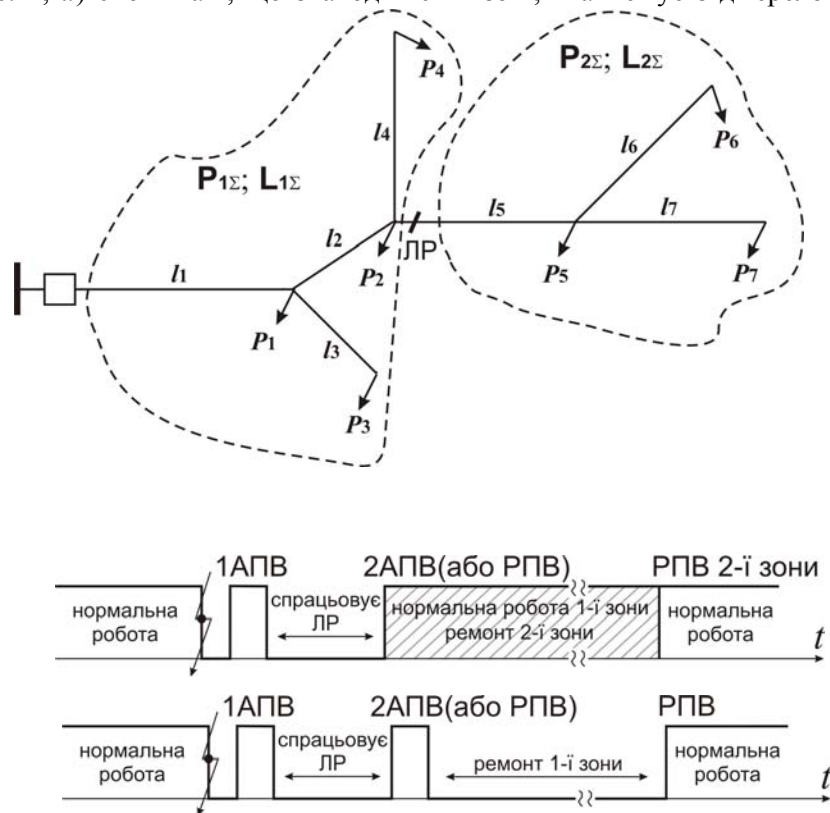


Рис. 1, а, б, в

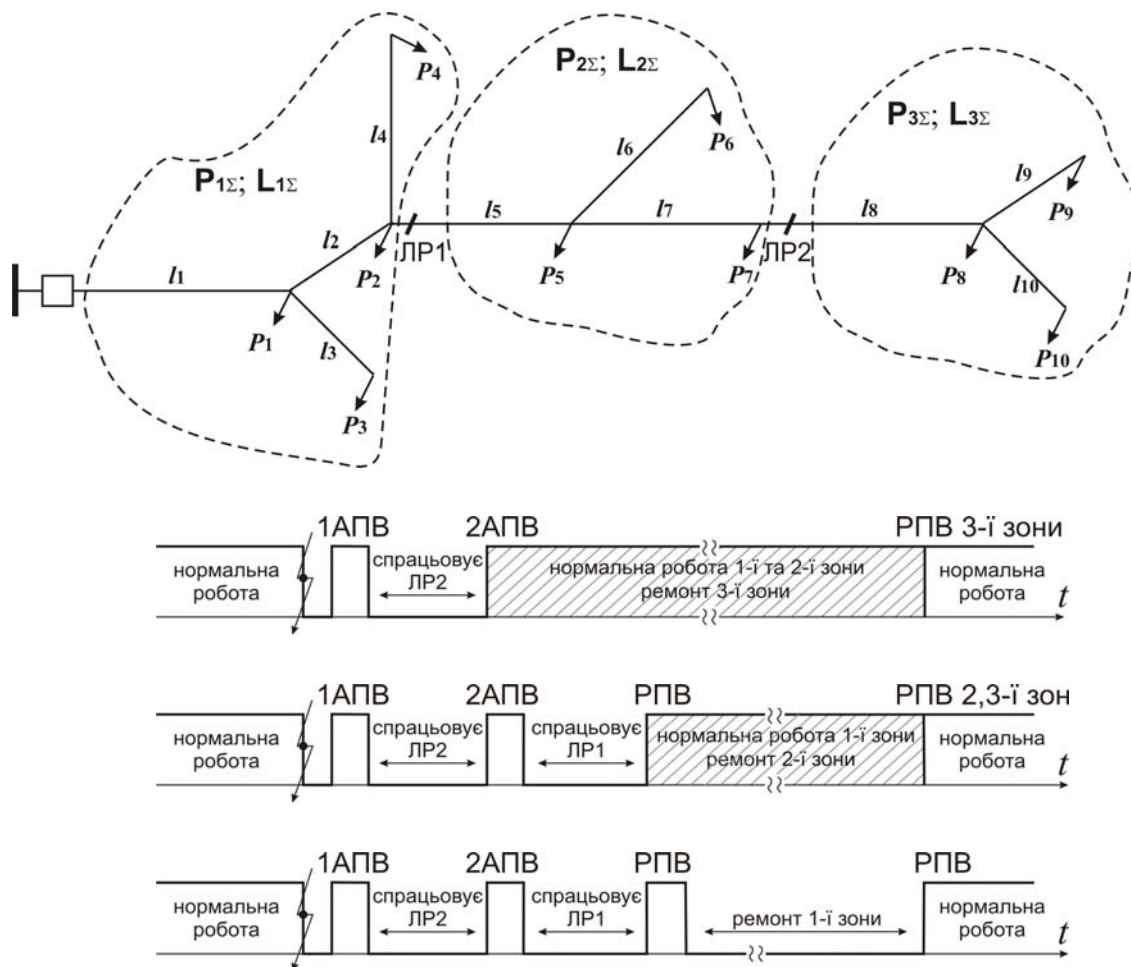


Рис. 2, а, б, в, г

Аналогічно можна реалізувати змішане (послідовно-паралельне) секціонування електричної мережі. У відповідності до запропонованого підходу роз'єднувачі на відгалуженнях від магістралі будуть відділяти їх у другу безструмову паузу (після першого циклу АПВ), а роз'єднувач на магістралі буде спрацьовувати у третю безструмову паузу (після другого циклу АПВ). Найбільшого ефекту від такого секціонування електричної мережі можна досягти, якщо кожне відгалуження обладнати показником пошкодженої ділянки з дистанційним передаванням інформації про пошкоджене відгалуження.

У разі можливості ручного ввімкнення резерву для однієї або декількох відключених зон секціонованої електричної мережі підхід до секціонування буде аналогічний вищезазначеному.

При цьому споживачі, що знаходяться в зоні, яка межує з джерелом живлення (рис. 3, а), при пошкодженні в іншій зоні будуть знеструмлені на час, поки пошкоджена зона не буде відділена від мережі у другу безструмову паузу (після першого циклу АПВ) та здійснений другий цикл АПВ (рис. 3, б), а у разі пошкодження у своїй зоні – на час його пошуку та ліквідації (рис. 3, в). Споживачі другої зони, яка має резерв, у разі пошкодження у головній зоні будуть знеструмлені на час, необхідний для виконання оперативних перемикачів по переходу на живлення від резервного джерела (РДЖ) (рис. 3, в), а у разі пошкодження у своїй зоні – на час пошуку та ліквідації пошкодження (рис. 3, б). Резервним джерелом живлення можуть бути: повітряна лінія, яка живиться від сусідньої ПС; повітряна лінія, яка живиться від іншої секції шин ПС, яка живить лінію, що резервується; незалежне джерело живлення (дизель-генератор).

Аналогічно можна секціонувати більш складні електричні мережі (рисунки 3, 5) у разі наявності ручного ввімкнення резерву для однієї або декількох зон секціонованої електричної мережі.

У разі наявності автоматичного джерела резервного живлення (рис. 4, а) споживачі, що знаходяться в зоні, яка межує з джерелом живлення, при пошкодженні в іншій зоні будуть знеструмлені на час, поки пошкоджена зона не буде відділена від мережі у другу безструмову паузу роз'єднувачем (після першого циклу АПВ) та здійснений другий цикл АПВ (рис. 4, б), а при пошкодженні в своїй зоні – на час пошуку та ліквідації пошкодження (рис. 4, в). Споживачі зони, яка має автоматичний резерв, у разі пошкодження у зоні, яка межує з джерелом живлення, будуть знеструмлені на час, поки пошкоджена зона не буде відділена від мережі у другу безструмову паузу (після другого циклу АПВ) та поки не спрацює реклоузер у пункті АВР (рис. 4, в), а при пошкодженні в своїй зоні – на час пошуку та ліквідації пошкодження (рис. 4, б).

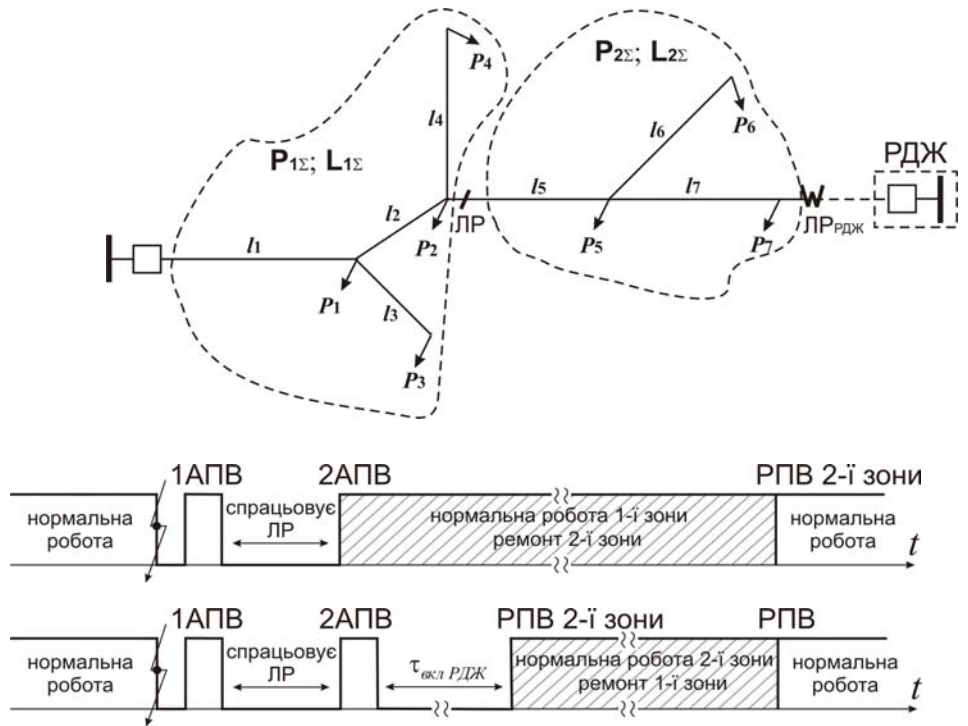


Рис. 3, а, б, в

У разі секціонування магістралі електричної мережі двома роз'єднувачами та наявності АВР тупикової зони (рис. 5, а) споживачі, що знаходяться в зоні, яка межує з джерелом живлення, при пошкодженні в середній зоні будуть знеструмлені на час, поки пошкоджена зона не буде відділена від мережі у третю безструмову паузу та лінія не буде включена під напругу дією РПВ (рис. 5, в), а при пошкодженні третьої зони вони будуть знеструмлені на час, поки пошкоджена ділянка не буде відділена від мережі у другу безструмову паузу та здійснене 2АПВ (рис. 5, б).

Споживачі середньої зони при пошкодженні останньої будуть знеструмлені на час, поки вона не відділиться у другу безструмову паузу та не буде ввімкнена дією 2АПВ (рис. 5, б).

Споживачі останньої зони, яка межує з РДЖ, у разі пошкодження у першій та другій зонах будуть знеструмлені на час, поки пошкоджена зо-

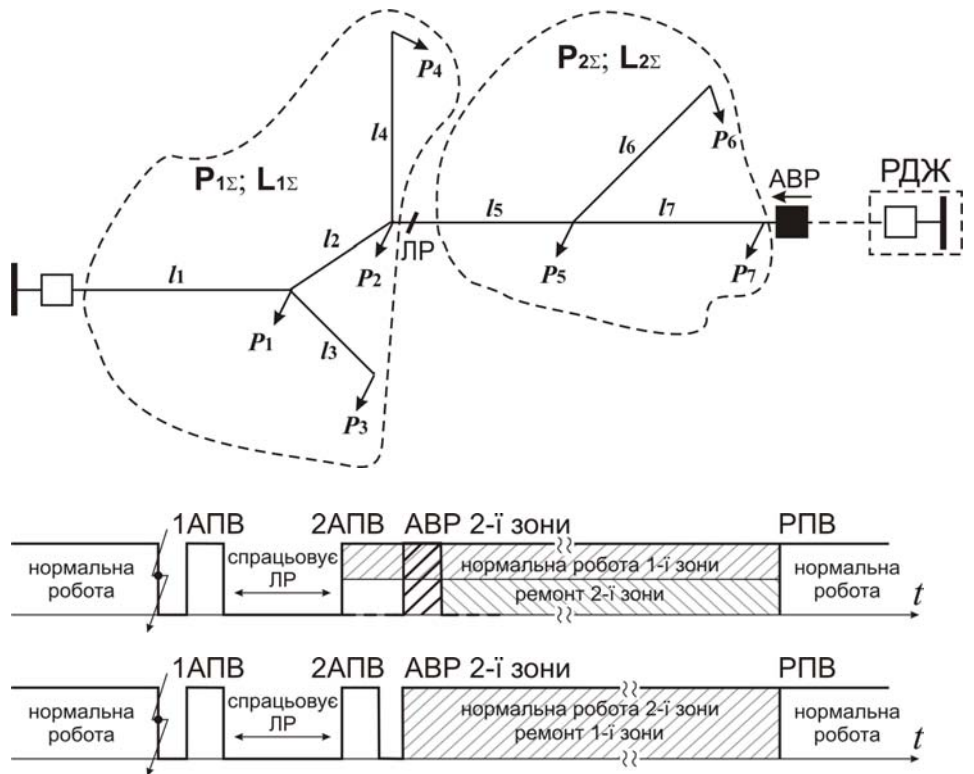


Рис. 4, а, б, в

на не відділиться у третю безструмову паузу (рис. 5, в, з) та не буде подана напруга від резервного джерела живлення АВР.

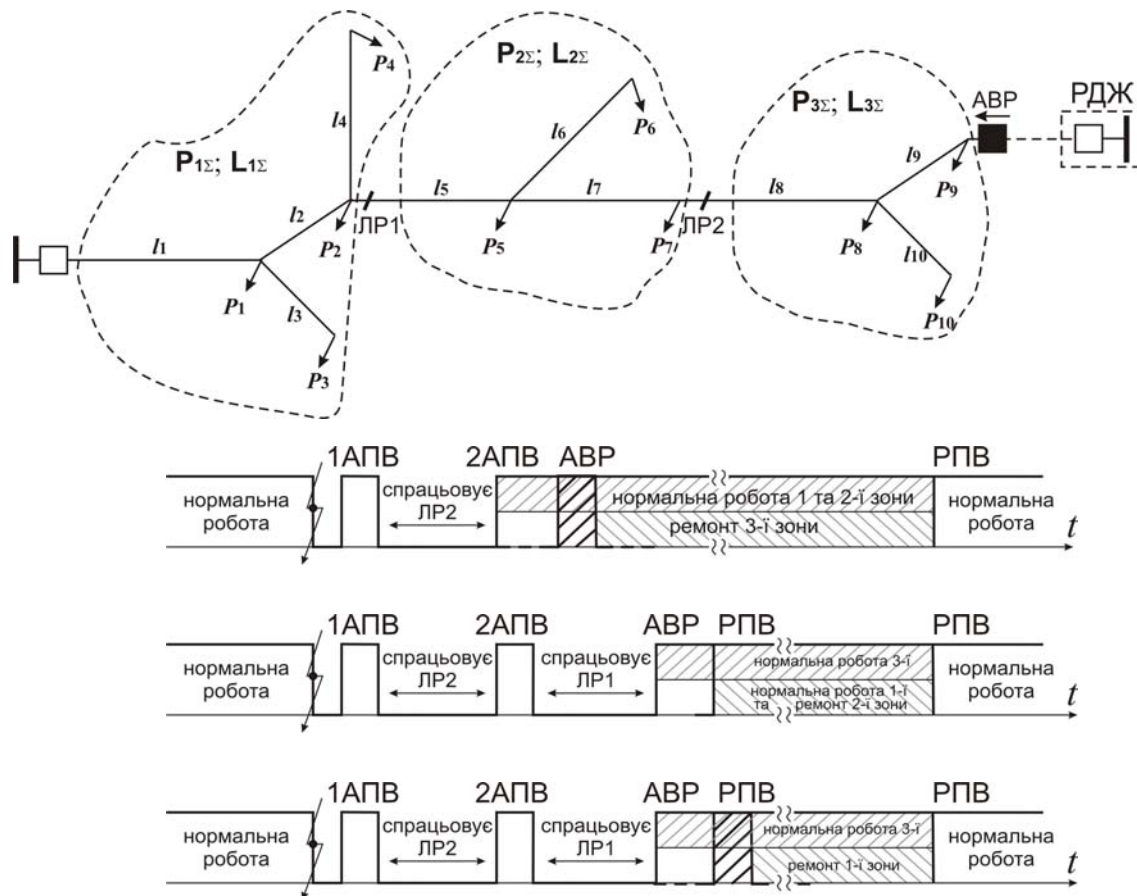


Рис. 5, а, б, в, з

Висновки.

1. Запропоновано підхід щодо секціонування розподільних електричних мереж напругою 6–10 кВ з використанням роз'єднувачів нового покоління, який дозволяє суттєво підвищити надійність електропостачання споживачів та знизити експлуатаційні витрати при несуттєвих капітальних вкладеннях в електричну мережу у порівнянні з використанням для цієї мети вакуумних реклоузерів.

2. Очевидною перевагою запропонованого підходу є більш конкретна оперативна інформація щодо визначення зони знеструмлення, скорочення витрат на переїзди ОВБ та зменшення часу, необхідного для відновлення електропостачання споживачам. Простота конструкції та технічних рішень не потребує залучення спеціалізованого персоналу служб та лабораторій електропостачальних компаній.

3. Запропонований підхід щодо секціонування стане можливим після модернізації роз'єднувачів типу РЛК-10 з оснащенням приводу накопичувачем енергії. Подібне технічне рішення не потребує улаштування каналів зв'язку між живлячою ПС і секціонуючими КА.

4. Оцінка ефективності кожного із запропонованих варіантів секціонування розподільних електричних мереж та підходи до визначення місця встановлення комутаційних апаратів потребують окремого дослідження.

1. Буйный Р.А. Модели и методы оптимизации надежности воздушных распределительных электрических сетей: Дис. ... канд.техн.наук: 05.14.02. – Чернігів, 2004. – 165 с.

2. Воротицкий В., Бузин С. Реклоузер – новый уровень автоматизации и управления ВЛ 6(10) кВ // Новости электротехники. – 2005. – №3(33). – С. 28–31.

3. Козырский В.В., Петров П.В., Гай А.В. Методы и технические средства повышения надёжности и эффективности электроснабжения потребителей с использованием вакуумных реклоузеров. – К.: Гнозис, 2012. – 248 с.

4. Прусс В.Л., Тисленко В.В. Повышение надежности сельских электрических сетей. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 209 с.

5. *Правила користування* електричною енергією. – К.: ДП “НТУКЦ”, 2005. – 120 с.

6. *Принципи побудови* розподільної електричної мережі напругою 10 кВ із застосуванням новітньої комутаційної апаратури. Рекомендації: звіт про НДР / Р.О.Буйний, І.В.Діхтярук та ін. – К.: НТЦЕ НЕК «Укр-енерго», 2012. – 180 с.

7. *Разъединители* наружной установки на 10 кВ: каталог / Завод электротехнического оборудования. – Великие Луки, 2010. – 18 с.

УДК 621.311

АВТОМАТИЧЕСКОЕ СЕКЦИОНИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6–10 КВ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЪЕДИНИТЕЛЕЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Р.А.Буйный¹, канд.техн.наук, И.В.Дихтярук¹, В.В.Зорин², докт.техн.наук

¹Черниговский национальный технологический университет,

ул. Шевченко, 95, Чернигов, 14027, Украина,

e-mail: dihtyaruk_igor@mail.ru , buiniyroman@rambler.ru

²Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт",

пр. Победы, 37, Киев, 03056, Украина.

Предложен подход к секционированию распределительных электрических сетей напряжением 6–10 кВ с использованием коммутационных аппаратов нового поколения. Проанализирована возможность использования разъединителей РЛК-10, оснащенных автоматическим приводом, и реклоузеров РВА/TEL для выделения участка распределительной сети, на котором возникло повреждение, и включение резервного источника питания. Установлена эффективность использования такого коммутационного аппарата как разъединитель РЛК-10 с приводом для автоматического выделения поврежденного участка. Предложенный в работе подход к автоматизации распределительных электрических сетей напряжением 6–10 кВ позволит значительно снизить затраты на поиск и локализацию повреждений в распределительных сетях, снизить эксплуатационные затраты и свести время, необходимое для восстановления электроснабжения потребителей, к минимуму. Библи. 7, рис. 5.

Ключевые слова: секционирование, разъединитель, реклоузер, бестоковая пауза, надежность, электроснабжение.

THE AUTOMATIC SECTIONALIZATION OF THE DISTRIBUTING NETWORKS WITH HIGH VOLTAGE OF 6–10 KV WITH APPLICATION THE DISCONNECTORS OF NEW GENERATION

R.Buinyi¹, I.Dikhtiaruk¹, V.Zorin²

¹Chernihiv National University of Technology, str. Shevchenka, 95, Chernihiv, 14027, Ukraine,

²National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”,

pr. Peremohy, 37, Kyiv, 03056, Ukraine,

e-mail: dihtyaruk_igor@mail.ru , buiniyroman@rambler.ru

Approach to the sectionalization of the distributing electrical networks with high voltage of 6–10 kV with the using new generation has been proposed. The amenity of the disconnectors RLK-10 equipped with automatic drive and reclosers PBA/TEL has been analysed for the disconnection of the section of the distribution network where a damage emerged and switching on the reserve source. The effectiveness of using such switching device as disconnector RLK-10 with a drive for the automatic disconnection of the damage section. Approach to the automation of the distribution networks wich has been proposed in this work will significantly reduce the cost of finding and fault location in distribution systems, lower operating costs and reduce the time required for recovery of power supply to a minimum. References 7, figures 5.

Key words: sectionalization, disconnector, recloser, dead time, reliability, power supply.

1. Buinyi R.A. Models and methods for electrical distributive network reliability optimization: Dissertation of Ph.D: 05.14.02. – Chernihiv, 2004. – 165 p. (Rus)

2. Vorotnitskii V., Buzin S. Recloser – the new level of automation and control of VL 6(10)kV // *Novosti energetiki*. – 2005. – №3(33). – Pp. 28–31. (Rus)

3. Kozyrskii V.V., Petrov P.V., Gai A.V. Methods and technical means to improve the reliability and efficiency of power supply to consumers using vacuum reclosers. – Kyiv: Gnozis, 2012. – 248 p. (Rus)

4. Pruss V.L., Tislenko V.V. Increase of reliability of rural electric networks. – Leningrad: Energoatomizdat, 1989. – 209 p. (Rus)

5. *Rules of use of electric energy*. – Kyiv: DP “NTUKTS”, 2005. – 120 p. (Ukr)

6. *Principles of the construction of the distribution of electrical networks with a voltage of 10 kV with application of the modern switching equipment. The recommendations* : zvit pro naukovu-doslidnu robotu / R.O.Buinyi, I.V.Dikhtiaruk ta in. – Kyiv: NTTsE NEK «Ukrenrho», 2012. – 180 p. (Ukr)

7. *Disconnectors* outdoor installation on 10 kV: catalogue / Zavod elektrotekhnicheskogo oborudovaniia. – Velikie Luki, 2010. – 18 p. (Rus)

Надійшла 04.09.2013

Остаточний варіант 14.01.2014