

УДК 621.316.1

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ  
ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ ЩОДО РОЗМІЩЕННЯ ВАКУУМНИХ  
РЕКЛОУЗЕРІВ У РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ**

*О. В. Гай, кандидат технічних наук*

*О. О. Заводовський, студент*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*П. В. Петров, генеральний директор*

**ТОВ "ТАВРИДА ЕЛЕКТРИК УКРАЇНА"**

**Анотація.** *Проведено порівняльний аналіз ефективності застосування програмних продуктів щодо розміщення вакуумних реклоузерів в розподільних мережах. Наведено приклади та поставлено завдання подальших досліджень.*

**Ключові слова:** *вакуумні реклоузери, програмні продукти, ефективне розміщення.*

Питанням підвищення надійності електропостачання споживачів присвячено значну кількість наукових праць та практичних розробок, проте рівень надійності сучасних систем забезпечення електричною енергією споживачів занадто низький та не відповідає загально прийнятому європейському стану. Одним з напрямків підвищення надійності є автоматичне секціонування електричних мереж з використанням вакуумних реклоузерів.

**Мета досліджень** – проведення порівняльного аналізу ефективності застосування програмних продуктів щодо розміщення вакуумних реклоузерів в розподільних мережах.

**Матеріали та методика досліджень.** Для визначення раціонального місця встановлення вакуумних реклоузерів існує два програмних засоба Telarm та Оптиум ПСЛ. Проведемо оцінку ефективності їх застосування.

**Telarm (Tavrida Electric Automated Relay Manager)** – це програмне забезпечення, яке йде в комплексі з вакуумними реклоузерами серії РВА/TEL виробництва «Таврида Електрик». Цей програмний продукт дозволяє

настроювати уставки спрацювання релейного захисту з ПК, а також моделювати режим роботи електричної мережі до якої встановлено реклоузер, розраховувати індекси надійності (SAIDI, SAIFI та ін.) до і після встановлення реклоузера, проведення функціонального тестування на типові аварії, знаходження місця аварії в мережі. Telarm здатний запам'ятовувати параметри електричної мережі, які будуть запам'ятовуватись до бази даних на сервері.

Користувач має можливість постійно поповнювати і розширювати базу цих елементів, які використовуються для моделювання.

Ця програма дозволяє змоделювати тести мережі для трьох режимів:

- розрахунок струмів і напруг в місцях встановлення пристроїв захисту в номінальному режимі в статичному стані (*статична симуляція*);
- розрахунок струмів і напруг в режимі усталеної аварії, коли пристрої захисту не спрацьовують, в статичному стані (*статична симуляція*);
- розрахунок струмів і напруг в динамічному режимі, коли аварія розвивається, а запобіжники і апарати «спрацьовують» у відповідності зі своїми уставками (*динамічна симуляція*);
- розрахунок показників якості електропостачання (*показники якості*);

Для пошуку оптимальної кількості та місць встановлення реклоузерів, використовуємо прикладний програмний продукт «ОптиумПСЛ» (розроблений в середовищі Delphi 6.0). В цій програмі доступні такі об'єкти, що становлять схему розподільчої мережі: головний вимикач мережі 10 кВ; повітряна / кабельна лінія; навантаження 10/0,4 кВ. Головний вимикач має такі параметри, які можна коригувати: наявність АВР – так/ні; ціна пункту секціонування, грн; частота аварійних відключень, авар/рік/1 км; час аварійного відключення; коефіцієнт планових відключень; частота планових відключень; час планового відключення. Повітряна / кабельна лінія – можна змінювати довжину лінії 10 кВ. В об'єкті навантаження 10/0,4 кВ можна змінювати таке: повна потужність кВА; коефіцієнт потужності  $\cos \varphi$ ; коефіцієнт навантаження; питомий збиток.



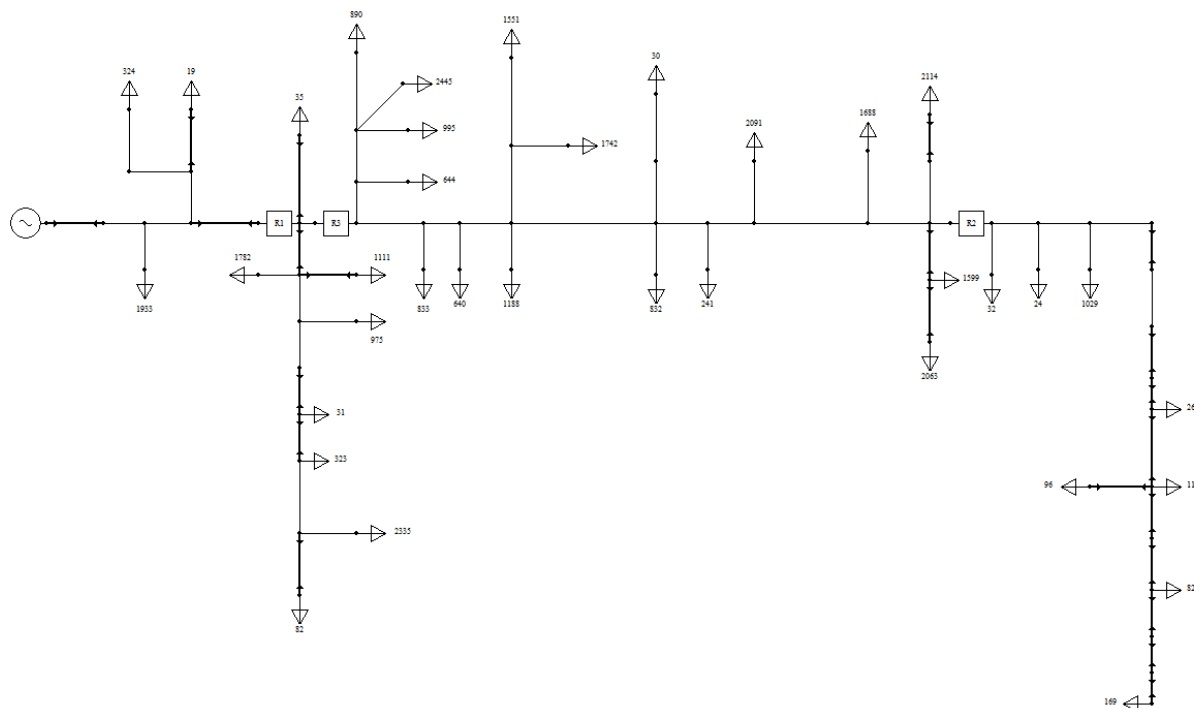
**1. Результати раціональних варіантів встановлення реклоузерів за програмним продуктом Оптимум «ПСЛ»**

№	Кількість і місце установки реклоузера	Питомий час аварійного відключення, год	Процентна зміна питомого часу відключення розподільчої мережі, %	Процентне зменшення величини недовідпущеної ел. ен., %	Термін окупності, років
1	1 реклоузер: після 4-ої магістралі	1,09	26,87	26,87	1,74
2	2 реклоузери: після 4-ої і 13-ої магістралей	0,95	35,98	35,98	2,96
3	3 реклоузери: після 3-ої, 4-ої і 13-ої магістралей	0,92	38,20	38,20	5,04
4	1 реклоузер на 5-ому відгалуженні	1,31	12,09	12,09	5,52
5	2 реклоузери: на 4-ому і 5-ому відгалуженні	1,41	23,26	23,26	5,92
6	2 реклоузери: після 4-ої магістралі і на 4-ому відгалуженні	0,92	38,05	38,05	2,74
7	3 реклоузери: після 4-ої і 13-ої магістралі, на 4-ому відгалуженні	0,79	47,15	47,15	3,60
8	3 реклоузери: після 7-ої магістралі, на 4-ому і 5-ому відгалуженні	0,76	48,83	48,83	3,42

Як впливає з розрахунків, найкращими є варіанти 3, 6, 7 і 8.

**Результати досліджень.** Змодельюємо ці варіанти в ПЗ «Telarm», і оберемо найкращий випадок на основі показників SAIDI та SAIFI та проаналізуємо результати.

Аналіз третього варіанту: установка першого реклоузера після третьої магістралі, другого реклоузера після четвертої магістралі і третього реклоузера після тринадцятої магістралі для схеми, яка наведена на рис. 2.



**Рис. 2. Схема в ПЗ «Telarm» щодо установки першого реклоузера після третьої магістралі, другого реклоузера після четвертої магістралі і третього реклоузера після тринадцятої магістралі**

Показники якості розраховуємо з використанням таких вхідних значень: частота аварійних відключень становить 0,25 авар/рік/1км; аварійне відключення протягом 5 год; без АВР. Показники знімаються окремо для кожної трансформаторної підстанції. Покажемо результати для 10 обраних ТП в довільному порядку (табл. 2).

## 2. Результати розрахунку третього варіанту

Номер ТП	SAIDI перерва/рік	SAIFI год/рік	MAIFI	ASAI перерва/рік	EUE кВт/замовник/рік
324	1,39	0,28	0	1	190,58
1111	2,11	0,42	0	1	270,49
82	2,11	0,42	0	1	1690,55
890	3,81	0,76	2,63	1	255,97
1188	3,81	0,76	2,63	1	262,99
832	3,81	0,76	2,63	1	613,63
1599	3,81	0,76	2,63	1	504,93
24	4,63	0,93	3,53	1	579,63
96	4,63	0,93	3,53	1	972,84
169	4,63	0,93	3,53	1	1278,59

Аналіз шостого варіанту: установка першого реклоузера після четвертої магістралі і другого реклоузера на четвертому відгалуженні для схеми, яка наведена на рис. 2, з тими ж самими початковими даними. Результати наведені в табл. 3.

## 3. Результати розрахунку шостого варіанту

Номер ТП	SAIDI перерва/рік	SAIFI год/рік	MAIFI	ASAI перерва/рік	EUE кВт/замовник/рік
324	1,81	0,36	0	1	249,06
1111	2,39	0,48	0,63	1	305,87
82	2,39	0,48	0,63	1	1911,66
890	4,33	0,87	2,74	1	290,83
1188	4,33	0,87	2,74	1	298,80
832	4,33	0,87	2,74	1	697,20
1599	4,33	0,87	2,74	1	573,70
24	4,33	0,87	2,74	1	541,82
96	4,33	0,87	2,74	1	909,39
169	4,33	0,87	2,74	1	1195,20

Аналіз сьомого варіанту: установка першого реклоузера після четвертої магістралі, другого реклоузера після тринадцятої магістралі і третього реклоузера на четвертому відгалуженні для схеми, яка наведена на рис. 2, з тими ж самими початковими даними. Результати наведені в табл. 4.

#### **4. Результати розрахунку сьомого варіанту**

Номер ТП	SAIDI перерва/рік	SAIFI год/рік	MAIFI	ASAI перерва/рік	EUE кВт/замовник/рік
324	1,81	0,36	0	1	249,06
1111	2,39	0,48	0,63	1	305,87
82	2,39	0,48	0,63	1	1911,66
890	3,51	0,70	1,85	1	235,68
1188	3,51	0,70	1,85	1	242,14
832	3,51	0,70	1,85	1	564,99
1599	3,51	0,70	1,85	1	464,91
24	4,33	0,87	2,74	1	541,82
96	4,33	0,87	2,74	1	909,39
169	4,33	0,87	2,74	1	1195,20

Аналіз восьмого варіанту: установка першого реклоузера після сьомої магістралі, другого реклоузера на четвертому відгалуженні і третього реклоузера на п'ятому відгалуженні для схеми, яка наведена на рис. 2, з тими ж самими початковими даними. Результати наведені в табл. 5.

Таким чином, проаналізувавши результати розрахунку чотирьох раціональних варіантів за ПЗ «Оптимум ПСЛ», було встановлено, що кращим варіантом розташування за показниками якості та окупністю в ПЗ «Telarm» буде варіант 7.

### 5. Результати розрахунку восьмого варіанту

Номер ТП	SAIDI перерва/рік	SAIFI год/рік	MAIFI	ASAI перерва/рік	EUE кВт/замовник/рік
324	2,04	0,41	0	1	218,02
1111	2,61	0,52	0,63	1	334,68
82	2,61	0,52	0,63	1	2091,75
890	2,52	0,50	0,52	1	168,87
1188	4,00	0,80	2,13	1	275,81
832	4,00	0,80	2,13	1	643,55
1599	4,00	0,80	2,13	1	529,55
24	4,00	0,80	2,13	1	500,13
96	4,00	0,80	2,13	1	839,41
169	4,00	0,80	2,13	1	1103,22

Як впливає з розрахунку в ПЗ «Telarm», якщо реклоузери змістити на одну позицію від запропонованого раціонального варіанту програми «Оптимум ПСЛ», то показник SAIFI з 0,87 (в кінці лінії) погіршується до значення 1,16, а показник SAIDI з 4,33 (в кінці лінії) погіршується до 5,79.

### 6. Результати розрахунку альтернативного варіанту

Номер ТП	SAIDI перерва/рік	SAIFI год/рік	MAIFI	ASAI перерва/рік	EUE кВт/замовник/рік
324	3,76	0,75	0	1,0	517,72
1111	3,76	0,75	0	1,0	481,84
82	3,76	0,75	0	1,0	3011,51
890	4,15	0,83	0,43	1,0	279,02
1188	4,99	0,99	1,34	1,0	344,68
832	4,99	0,99	1,34	1,0	804,26
1599	4,99	0,99	1,34	1,0	661,79
24	5,79	1,16	2,20	1,0	723,94
96	5,79	1,16	2,20	1,0	1215,05
169	5,79	1,16	2,20	1,0	1596,92



Встановимо, як будуть змінюватися показники SAIDI та SAIFI, якщо збільшити кількість реклоузерів до 4-х. При установці першого реклоузера після четвертої магістралі, другого реклоузера після тринадцятої магістралі, третього реклоузера на четвертому відгалуженні, четвертого реклоузера на п'ятому відгалуженні для схеми, яка наведена на рис. 2, з тими ж самими початковими даними. Результати наведено в табл. 7.

Як видно з вищенаведених розрахунків, при збільшенні кількості реклоузерів до чотирьох показники якості змінюються несуттєво, проте термін окупності значно зростає.

### **7. Результати розрахунку варіанту з чотирма реклоузерами**

Номер ТП	SAIDI перерва/рік	SAIFI год/рік	MAIFI	ASAI перерва/рік	EUE кВт/замовник/рік
324	1,81	0,36	0	1	249,06
1111	2,39	0,48	0,63	1	305,87
82	2,39	0,48	0,63	1	1911,66
890	3,51	0,70	1,85	1	235,68
1188	3,12	0,62	1,42	1	215,09
832	3,12	0,62	1,42	1	501,88
1599	3,12	0,62	1,42	1	412,97
24	3,94	0,79	2,31	1	492,78
96	3,94	0,79	2,31	1	827,07
169	3,94	0,79	2,31	1	1087,01

### **Висновки**

На основі проведених розрахунків в програмних продуктах «Telarm» та «Оптиум ПСЛ» встановлено, що ці програми визначали один і той же ефективний варіант розміщення вакуумних реклоузерів. Було вказано на неефективність встановлення чотирьох та більше реклоузерів для даної схеми.

### **Список літератури**

1. Вакуумный реклоузер РВА/TEL-10-12,5/630У1. Руководство по эксплуатации. АРТА.674153.101 РЭ. – Севастополь: “Таврида Електрик”, 2004 – 132 с. Режим доступу: [http://tavrida-ua.com/documents/download\\_document/21\\_vakuumnyy\\_reklouzer\\_rvatel-10-125630\\_u1.html](http://tavrida-ua.com/documents/download_document/21_vakuumnyy_reklouzer_rvatel-10-125630_u1.html).
2. Іноземцев Г.Б. Математичне моделювання та оптимізація систем електроспоживання у сільському господарстві / Г.Б. Іноземцев, В.В. Козирський: навчальний посібник. – К.: Видавництво ТОВ АграрМедіаГруп, 2010 – 139 с.
3. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 1071-р.
4. Гай О.В. Підхід із визначення показників надійності системи електропостачання з використанням методу імітаційного моделювання / О.В. Гай, С.В. Стахнюк // Науковий вісник НУБіП України. Серія "Техніка та енергетика АПК". – 2014. – Вип. 194(3). – С. 249-258.
5. Гай О.В. Формування динамічної моделі відновлення електропостачання споживачів в системах з джерелами розподіленої генерації / О.В. Гай, В.В. Козирський, В.М. Бодунов В.А. Костюк // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – 2013. - №13 Т.2.
6. Тугай Ю. І. Інтеграція поновлюваних джерел енергії в розподільні електричні мережі сільських регіонів / Ю.І. Тугай, О.В. Гай, В.В. Козирський, В.М. Бодунов // Технічна електродинаміка.. – 2011. – №5. – С.63–67.
7. Кириленко О.В., Павловський В.В., Лук'яненко Л.М. Технічні аспекти впровадження джерел розподіленої генерації в електричних мережах / О.В. Кириленко, В.В. Павловський, Л.М. Лук'яненко // Технічна електродинаміка. – 2011. – №1. – С. 46–53.
8. Гай О.В. Підхід із визначення показників надійності системи електропостачання з використанням методу імітаційного моделювання / О.В. Гай, С.В. Стахнюк // Науковий вісник НУБіП України. Серія "Техніка та енергетика АПК". – 2014. – Вип. 194(3). – С. 249-258.

9. Козирський В.В. Методи та моделі розрахунку надійності систем електропостачання: монографія / В.В. Козирський, О.В. Гай. – К.: Гнозіс, 2013. – 563 с.

10. Козирський В.В. Розробка енергозберігаючих заходів в електричних мережах 10 кВ / В.В. Козирський, О.О. Заводовський, О.В. Гай // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2015. – № 15, т.2. – С. 46–53.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ПО РАЗМЕЩЕНИЮ ВАКУУМНЫХ РЕКЛОУЗЕРОВ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ**

*А. В. Гай, О. А. Заводовский, П. В. Петров*

**Аннотация.** *Проведен сравнительный анализ эффективности применения программных продуктов по размещению вакуумных реклоузеров в распределительных сетях. Приведены примеры и поставлена задача дальнейших исследований.*

**Ключевые слова:** *вакуумные реклоузеры, программные продукты, эффективное размещение.*

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF APPLICATION SOFTWARE PRODUCTS FOR PLACEMENT OF VACUUM RECLOSERS IN THE DISTRIBUTION CHANNEL**

*A. Gai, O. Zavodovsky, P. Petrov*

**Annotation.** *The comparative analysis of efficiency of application software products for placement of vacuum reclosers in the distribution network. The examples and the task of further research.*

**Key words:** *vacuum reclosers, software products, effective placement.*