

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Зниження втрат електричної енергії у розподільчих мережах 0,4 кВ
жилого району сільської місцевості»

КРБ.141ЕЕбд_31[0].10.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»*
спеціальності *141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка*
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи *141ЕЕбд_31[0]*
ОНИКІЙ Андрій

Керівник: канд. техн. наук, доцент
БИЧКОВ Ярослав

Полтава – 2026 р

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 17 рисунків, 16 таблиць, 22 джерела посилання, 51 сторінка.

Об'єкт роботи – розподільчі електричні мережі напругою 0,4 кВ житлового району сільської місцевості.

Предмет роботи – процеси виникнення та зниження технічних втрат електричної енергії в мережах 0,4 кВ шляхом удосконалення схем електропостачання, оптимізації режимів роботи та модернізації електротехнічного обладнання.

Постановка актуальної технічної задачі – дослідити можливості удосконалення та оновлення системи електропостачання житлового району сільської місцевості.

Мета кваліфікаційної роботи – дослідження причин виникнення втрат електричної енергії в розподільчих мережах напругою 0,4 кВ житлового району сільської місцевості та розроблення технічних заходів щодо їх зниження для підвищення енергоефективності, надійності та економічності електропостачання споживачів.

Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра – результати розробленої проектної документації можуть бути рекомендовані для впровадження на електричних підстанціях галузі.

У **першому розділі** було виконано аналіз існуючої системи електропостачання житлового району сільської місцевості, що складається зі 150 котеджів та живиться від двох трансформаторних підстанцій 6/0,4 кВ через повітряні лінії електропередач, виконані оголеними алюмінієвими проводами. Проведено групування споживачів за окремими ділянками мережі та визначено річне споживання електричної енергії, яке становить 1 047 200 кВт·год. Для підвищення енергоефективності мережі запропоновано реконструкцію повітряних ліній шляхом заміни оголених проводів на самонесучі ізольовані проводи типу СИП-2А та оптимізацію схеми живлення споживачів.

У **другому розділі** виконано розрахунок струмів короткого замикання для характерної точки розподільчої мережі та проведено вибір основного електротехнічного обладнання, необхідного для реконструкції мережі 0,4 кВ житлового району сільської місцевості. Виконано вибір та перевірку комутаційних апаратів на стороні 0,4 кВ.

У **третьому розділі** розглянуто впровадження автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії Smart IMS як одного з ефективних заходів зі зниження втрат електричної енергії в розподільчих мережах 0,4 кВ житлового

району сільської місцевості. Проведений аналіз показав, що використання сучасної трирівневої системи АСКОЕ забезпечує автоматизований збір, передачу, зберігання та обробку даних про споживання електричної енергії, підвищує достовірність обліку та дозволяє оперативно контролювати режими електроспоживання. Крім того, запропоновано модернізацію системи зовнішнього освітлення шляхом заміни існуючих світильників на сучасні світлодіодні світильники ДСУ05У VECTOR STREET потужністю 150 Вт та впровадження автоматичного керування освітленням за допомогою фотореле.

У **четвертому розділі** виконано оцінку економічної доцільності реконструкції розподільчих мереж 0,4 кВ житлового району сільської місцевості. Розрахований термін окупності проєкту становить близько 10 років, що є прийнятним з огляду на нормативний термін експлуатації проводів СПІ, який перевищує 25 років. Також виконано розрахунок захисного заземлення трансформаторної підстанції. За результатами розрахунків обрано заземлювальний пристрій із чотирьох вертикальних стрижнів, з'єднаних горизонтальною сталевією смугою.

Практичні результати роботи – полягають у розробленні комплексу технічних заходів, впровадження яких дозволяє знизити втрати електричної енергії, покращити якість електропостачання споживачів, підвищити надійність роботи мережі та скоротити експлуатаційні витрати енергопостачальної організації.

Рекомендації щодо використання результатів роботи – результати розробленої проєктної документації можуть бути рекомендовані для впровадження при модернізації системи електропостачання.

Сфера застосування результатів роботи – проєктування, реконструкція та експлуатація розподільчих електричних мереж 0,4 кВ сільських населених пунктів.

Ілюстраційна частина проєкту становить: 17 аркушів.

Текст пояснювальної записки кваліфікаційної роботи пройшов перевірку на плагіат за допомогою спеціалізованого сервісу "StrikePlagiarism" і є оригінальним. Унікальність тексту становить 97,88 %.

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання зниження втрат електричної енергії у розподільчих мережах 0,4 кВ житлового району сільської місцевості. Проведено аналіз існуючої системи електропостачання, визначено структуру мережі, електричні навантаження та величину втрат електричної енергії.

У роботі виконано розрахунок струмів короткого замикання та здійснено вибір основного електротехнічного обладнання для реконструкції мережі.

Запропоновано заміну повітряних ліній з оголеними проводами на самонесучі ізольовані проводи СИП-2А, що забезпечують підвищення надійності електропостачання та зменшення технічних втрат електроенергії. Для скорочення комерційних втрат запропоновано впровадження автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії Smart IMS, а також модернізацію системи зовнішнього освітлення із застосуванням світлодіодних світильників та автоматичного керування освітленням. Виконано оцінку економічної ефективності запропонованих заходів. Також проведено розрахунок захисного заземлення трансформаторної підстанції. Отримані результати підтвердили відповідність параметрів заземлювального пристрою вимогам нормативних документів та забезпечення необхідного рівня електробезпеки.

РОЗПОДІЛЬЧА МЕРЕЖА 0,4 кВ, ВТРАТИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ,
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, АСКОЕ, SMART IMS

ANNOTATION

In the qualification work, the issue of reducing electricity losses in 0.4 kV distribution networks of a residential area of rural areas is considered. The analysis of the existing power supply system was carried out, the structure of the network, electrical loads and the amount of electricity losses were determined.

In the work, the calculation of short-circuit currents was performed and the selection of the main electrical equipment for the reconstruction of the network was carried out. It is proposed to replace overhead lines with bare wires with self-supporting insulated SIP-2A wires, which provide an increase in the reliability of power supply and a reduction in technical losses of electricity. To reduce commercial losses, it is proposed to introduce an automated system of commercial electricity metering Smart IMS, as well as to modernize the outdoor lighting system using LED lamps and automatic lighting control. The assessment of the economic efficiency of the proposed measures is carried out. The calculation of the protective grounding of the transformer substation was also carried out. The results obtained confirmed the compliance of the parameters of the grounding device with the requirements of regulatory documents and ensuring the required level of electrical safety.

0.4 KV DISTRIBUTION NETWORK, ELECTRICITY LOSSES, POWER
SUPPLY, ASCOE, SMART IMS

ЗМІСТ

ВСТУП		7
1	ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ ТА ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ	9
1.1	Система електропостачання житлового району до реконструкції повітряних ліній	10
1.2	Розрахунок річних втрат активної та електричної енергії в повітряних лініях електропередач	12
1.3	Система живлення для житлових будинків після реконструкції повітряних ліній	15
2	РОЗРАХУНОК ЗНАЧЕНЬ СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ	23
2.1	Розрахунок значень струмів короткого замикання	23
2.2	Вибір обладнання для встановлення повітряних ліній електропередач із ізольованих провідників	27
2.3	Вибір і перевірка електричного обладнання на стороні 0,4 кВ	31
3	ВПРОВАДЖЕННЯ SMART ІMS ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	33
3.1	Склад системи	34
3.2	Переваги використання АСКОВЕ	36
3.3	Апаратне забезпечення системи обліку ЕЕ	36
3.4	Модернізація системи зовнішнього освітлення	40
4	ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА РОЗРАХУНОК ЗАХИСНОГО ЗАЗЕМЛЕННЯ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ	44
4.1	Економічна складова проекту	44
4.2	Розрахунок заземлення	47
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	50
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	52

						КРБ.141EE6d_31[1].10.00.00.000 ПЗ		
ЗМ.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.	Оникій А.С.				Зміст	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Бичков Я.М.					н	6	51
Н.контр.	Бичков Я.М.				ГДАУ 2026			
Затв.	Попов С.В.							
					6			

ВСТУП

При проектуванні системи електрозабезпечення необхідно враховувати рівень надійності забезпечення живлення електроприймачів, необхідну якість електроенергії відповідно до нормативних документів.

Проектування систем живлення охоплює цілий спектр питань: визначення проектних електричних навантажень, побудову схеми зовнішнього та внутрішнього живлення, вибір електрообладнання, компенсація реактивної потужності та якості електроенергії тощо.

Оптимальне будівництво системи електропостачання залежить від багатьох факторів: наявності необхідної документації та її відповідності сучасним вимогам, характеристик спроектованого об'єкта, конструкції об'єкта та встановленої потужності, територіального розташування конструктивних елементів тощо.

Наразі спостерігається зниження надійності електропостачання споживачів, зниження якості електроенергії та збільшення втрат у розподільчих мережах. Щороку кількість будівництва котеджів зростає, що призводить до збільшення навантаження на контактні мережі з «оголеного» дроту. Для вирішення цієї проблеми планується реконструювати повітряні лінії для зменшення втрат електроенергії в мережі 0,4 кВ.

Актуальність теми обумовлена значними втратами електричної енергії в розподільчих мережах низької напруги, які виникають через зношеність електрообладнання, використання проводів недостатнього перерізу, нерівномірність навантаження та недосконалість систем обліку електроенергії.

Мета кваліфікаційної роботи – дослідження причин виникнення втрат електричної енергії в розподільчих мережах напругою 0,4 кВ житлового району сільської місцевості та розроблення технічних заходів щодо їх зниження для підвищення енергоефективності, надійності та економічності електропостачання споживачів.

Об'єкт роботи – розподільчі електричні мережі напругою 0,4 кВ житлового району сільської місцевості.

					КРБ.141EE6д_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ ТА ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ

Житловий район сільської місцевості розташований на географічно рівній місцевості, де розташовано 150 котеджів, як показано на рис 1.

Рисунок 1 – Планування будівель у житловому районі

					КРБ.141ЕЕ6д_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

1.1 Система електропостачання житлового району до реконструкції повітряних ліній

Як сказано у завданні, живлення житлового району здійснюється через повітряні лінії електропередач з номінальною напругою 0,4 кВ, зроблені з оголених проводів класу А, від двох трансформаторних підстанцій з напругою 6/0,4 кВ.

Давайте розділимо котеджі на групи, щоб розрахувати щорічні втрати електроенергії. Початкові дані узагальнені у Таблиці 1.

Таблиця 1. Початкові дані про групи котеджів

Котеджні групи	$n_{кот}$, ОД.	F , мм ²	l , км	$I_{роб}$, А	r_0 , Ом/км
1	21	35	0,545	170	0,91
2	7 (+21)	50	0,24	215	0,63
3	2	35	0,046	170	0,91
4	36	35	1,27	170	0,91
5	2 (+2+36)	50	0,25	215	0,63
6	9	35	0,181	170	0,91
7	6	35	0,168	170	0,91
8	10 (+9+6)	50	0,293	215	0,63
9	5	35	0,273	170	0,91
10	12	35	0,283	170	0,91

Визначимо річне споживання електроенергії групою котеджів №1:

$$W = W_1 \cdot n \quad (1)$$

$$W = 5600 \cdot 21 = 117600 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Аналогічно визначимо річне споживання електроенергії групи котеджів №2

					КРБ.141ЕЕ6д_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

$$W = 5600 \cdot 28 = 156800 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Визначимо річне споживання електроенергії групи котеджів №3

$$W = 5600 \cdot 2 = 11200 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Визначимо річне споживання електроенергії групи котеджів №4

$$W = 5600 \cdot 36 = 201600 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Визначимо річне споживання електроенергії групою котеджів №5

$$W = 5600 \cdot 37 = 240800 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Визначимо річне споживання електроенергії групи котеджів №6

$$W = 5600 \cdot 9 = 50400 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Визначимо річне споживання електроенергії групи котеджів №7

$$W = 5600 \cdot 6 = 33600 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Визначимо річне споживання електроенергії групи котеджів №8

$$W = 5600 \cdot 25 = 140000 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Визначимо річне споживання електроенергії групи котеджів №9

$$W = 5600 \cdot 5 = 28000 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Давайте визначимо річне споживання електроенергії групою котеджів №10

					КРБ.141ЕЕ6д_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

$$W=5600 \cdot 12=67200 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

Загальне річне споживання електроенергії житлового району становить 1047200 кВт·год.

1.2 Розрахунок річних втрат активної та електричної енергії в повітряних лініях електропередач

Визначимо річні втрати активної та електроенергії в контактних лініях електропередач з напругою 0,4 кВ для групи котеджів №1 [12].

Спочатку знайдемо загальну вартість річних втрат електроенергії в лініях електропередач (ЛЕП).

$$\Delta W = \Delta P \cdot T_e \quad (2)$$

де T_e – 8760 год.

$$\Delta W = 1,018 \cdot 8760 = 8917,68 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Визначимо значення середніх втрат активної потужності

$$\Delta P = 3I_{ск}^2 \cdot R \cdot 10^{-3}, \quad (3)$$

$$\Delta P = 3 \cdot 26,159^2 \cdot 0,496 \cdot 10^{-3} = 1,018 \text{ кВт}$$

Визначимо значення середнього струму у ЛЕП:

$$I_{cp} = \frac{W}{T_e \sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_{срв}} \quad (4)$$

$$I_{cp} = \frac{117600}{8760 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,8} = 24,221 \text{ А.}$$

Визначимо значення середньоквадратичного струму у ЛЕП:

$$I_{ск} = k_{\phi} \cdot I_{cp}, \quad (5)$$

$$I_{ск} = 1,08 \cdot 24,221 = 26,159 \text{ А.}$$

					КРБ.141ЕЕ6д_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Знайдемо активний опір ліній електропередач

$$R = r_0 \cdot l, \quad (6)$$

$$R = 0,91 \cdot 0,545 = 0,496 \text{ Ом/км.}$$

Знайдемо вартість втрат електроенергії в електролініях

$$C = C_0 \cdot \Delta W, \quad (7)$$

$$C = 4,32 \cdot 8917,68 = 38524,38 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків для інших груп котеджів узагальнені у Таблиці 2.

					КРБ.141ЕЕ6д_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Таблиця 2 - Щорічні втрати активної потужності та електроенергії в повітряних лініях електропередач

№ групи	$R, \text{ом / км}$	$I_{\text{ср}}, \text{А}$	$I_{\text{ск}}, \text{А}$	$\Delta P, \text{кВт}$	$\Delta W, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$C, \text{грн / рік}$
1	0,496	24,221	26,159	1,018	8919,485	22744,686
2	0,151	32,295	34,878	0,554	4827,391	20850,11
3	0,151	2,307	2,491	0,003	24,630	106,38
4	1,156	41,522	44,844	6,974	61091,718	263862,82
5	0,158	49,595	53,563	1,360	11912,790	51452,84
6	0,165	10,380	11,211	0,062	544,990	2353,88
7	0,153	6,920	7,474	0,026	224,602	970,08
8	0,185	28,835	31,141	0,538	4714,887	20364,19
9	0,248	5,767	6,228	0,029	252,820	1091,96
10	0,258	13,841	14,948	0,173	1514,962	6543,31
Разом				10,734	94028,274	406202,14

1.3 Система живлення для житлових будинків після реконструкції повітряних ліній

Планується реконструювати повітряні лінії живлення ЛЕП напругою 0,4 кВ шляхом заміни оголених проводів на самонесучі ізольовані проводи типу СПП-2А [3, 4].

Структура дроту типу СПП-2А показана на рисунку 2.

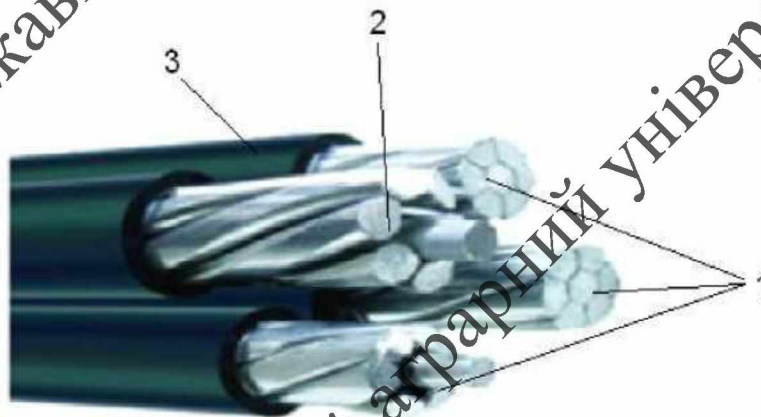


Рисунок 2 – Зовнішній вигляд дроту СПП-2А. Цифри вказують:

1 – струмопровідна алюмінієва жила; 2 – нейтральний (нульовий) несучий провідник; Ізоляція з світлостабілізованого спаяного поліетилену.

Світлостабілізований спаяний (зшитий) поліетилен — це високоміцний полімер, модифікований для підвищення стійкості до ультрафіолетового випромінювання та екстремальних температур. Завдяки сегментній молекулярній структурі, він поєднує виняткову механічну міцність, еластичність та відмінні ізоляційні властивості [5].

Основні властивості:

- Стійкість до ультрафіолету: Спеціальні добавки (світлостабілізатори) запобігають руйнуванню, розтріскуванню та вигоранню матеріалу на сонці.
- Стійкість до температур: Витримує як сильні морози, так і нагрівання без втрати гнучкості та фізичних характеристик.
- Зшита структура: Завдяки молекулярній «зшивці» поліетилен стає

					КРБ.141ЕЕ6д_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

довговічнішим, краще поглинає удари та акустичні коливання.

- Гідро- та пароізоляція: Матеріал має закриту пористу структуру (у спінених варіантах), тому не вбирає вологу.
- Хімічна нейтральність: Не гниє, не взаємодіє з агресивними речовинами та безпечний для довкілля. [3, 4, 5]

На рисунку 3 показані характерні риси фазового та нейтрального провідників СПП-2А.

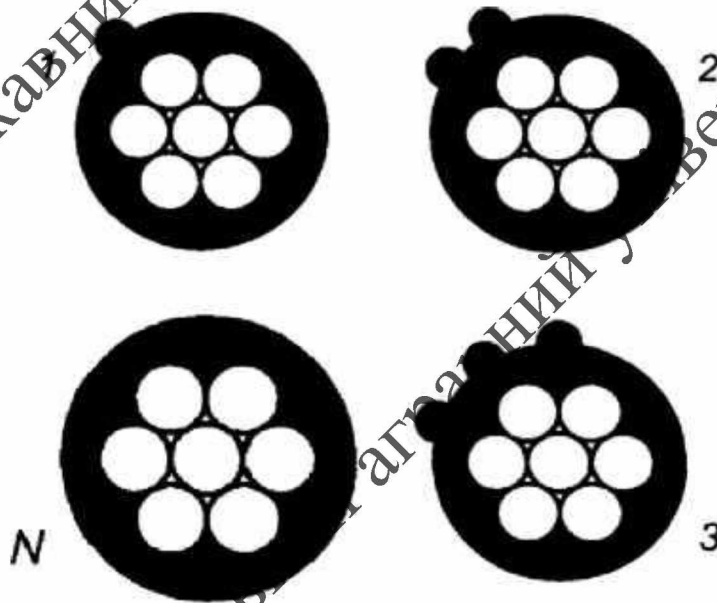


Рисунок 3 – Характерні відмінності фазових і нейтральних провідників СПП-2А

Основні особливості повітряної мережі 0,4 кВ, виготовленої за допомогою самонесучих ізолюваних проводів, порівняно з повітряними лініями з оголеними дротами, такі:

- наявність ізоляції струмових провідників;
- відсутність траверсів і ізоляторів;
- низька реактивність ізолюваної повітряної лінії.

Після реконструкції системи електропостачання котеджів будуть жити від однієї трансформаторної підстанції ТП-200 через вісім фідерів (Таблиця 3).

Таблиця 3 – Система електропостачання житлового району після реконструкції з використанням самонесучих ізолюваних дротів СП-2А

Фідер	$F_{\text{фазн.}}$ мм ²	$F_{\text{Нуль.}}$ мм ²	l , км	I_p , а	r_0 , Ом/км
1	2	3	4	5	6
2	95	95	0,214	300	0,493
	70	70	0,285	240	0,493
4	95	95	0,104	300	0,493
	70	70	0,73	180	0,493
6	120	95	0,297	340	0,363
	70	70	0,154	180	0,493
			0,207		
10	120	95	0,275	250	0,363
	95	95	0,224	300	0,363
	70	70	0,16	180	0,493
			0,115		
			0,061		
12	120	95	0,25	250	0,363
	70	70	0,129	240	0,493
			0,123		
			0,217		
			0,046		
13		95	0,078	220	0,363
		70	0,168	180	0,493
14			0,71	340	0,363
		70	0,29	180	0,493

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5	6
16		95	0,178	340	0,363
		95	0,146	220	0,363
		70	0,255 0,105	180	0,493

Електросхема розподільного обладнання трансформаторної підстанції TSS-200 напругою 0,4 кВ показана на рисунку 4.

Визначимо втрати електроенергії та електроенергії в повітряних лініях електропередач, виготовлених із використанням самонесучих ізольованих дротів А. Результати узагальнені у Таблиці 4.

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 4 – Електросхема розподільчого пристрою напруги 0,4 кВ на ТП-200

Таблиця 4 – Результати визначення втрат потужності та електроенергії в повітряних лініях електропередач, виконаних із використанням самонесучих ізольованих дротів СПП-2А

Фідер	Дроти	L , км	R , Ом / км	I_{cp} , А	$I_{ск}$, А	ΔP , кВт	ΔW , кВт·год	C , грн / рік
2	3x70+1x70+2x16	0,214	0,0778	15,378	16,609	0,064	563,141	2432,77
	3x70+1x70+2x16	0,285	0,126	8,202	8,858	0,03	260,341	1124,67
4	3x95+1x95+2x16	0,104	0,038	21,53	23,252	0,061	536,405	2317,27
	3x70+1x70+2x16	0,73	0,323	21,53	23,252	0,525	4594,938	19850,13
6	3x120+1x95+2x16	0,297	0,075	14,353	15,501	0,0542	474,512	2049,89
	3x70+1x70+2x16	0,154	0,068	6,151	6,643	0,009	79,18	341,84
		0,207	0,092	7,177	7,751	0,017	144,772	625,42
10	3x120+1x95+2x16	0,275	0,07	18,454	19,93	0,083	726,294	3137,59
	3x95+1x95+2x16	0,224	0,081	15,378	16,609	0,067	589,456	2546,45
	3x70+1x70+2x16	0,16	0,071	5,126	5,536	0,007	57,092	246,64
		0,115	0,051	7,177	7,751	0,009	80,429	347,45
		0,061	0,027	3,076	3,322	0,0009	7,836	33,85

Продовження таблиці 4

Фідер	Дроти	$L, \text{ км}$	$R, \text{ Ом / км}$	$I_{cp}, \text{ А}$	$I_{ск}, \text{ А}$	$\Phi P, \text{ кВт}$	$\Delta W, \text{ кВт-год}$	$C, \text{ грн / рік}$
12	3x120+1x95+2x16	0,25	0,063	22,555	24,36	0,113	986,326	4260,93
	3x70+1x70+2x16	0,129	0,057	5,126	5,536	0,005	46,031	198,85
		0,123	0,054	4,101	4,429	0,003	28,089	121,34
		0,217	0,096	6,151	6,64325	0,013	111,501	481,68
		0,046	0,02	2,05	2,214	0,0003	2,626	11,34
13	3x95+1x95+2x16	0,078	0,028	20,505	22,145	0,042	364,904	1576,39
	3x70+1x70+2x16	0,168	0,074	6,151	6,643	0,01	86,324	372,92
		0,415	0,184	14,353	15,501	0,133	1160,974	5015,41
14	3x120+1x95+2x16	0,21	0,18	14,353	15,501	0,129	1134,356	4900,42
	3x70+1x70+2x16	0,29	0,128	12,303	13,287	0,068	596,045	2574,91
16	3x120+1x95+2x16	0,178	0,045	19,479	21,038	0,06	523,796	2262,80
	3x95+1x95+2x16	0,146	0,053	7,177	7,751	0,01	83,67	361,45
	3x70+1x70+2x16	0,255	0,113	7,177	7,751	0,02	178,342	770,44
		0,105	0,047	9,227	9,965	0,014	121,393	524,42
Разом						1,546	13538,72	58487,27

Результуючі значення для фідерів занесемо до Таблиці 5.

Таблиця 5 – Результуючі значення втрат активної потужності та електроенергії по фідерам

№	$\Delta P, \text{кВт}$	$\Delta W, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$C, \text{грн} / \text{рік}$
2	0,094	823,482	3557,44
10	0,167	1461,107	6311,98
12	0,134	1174,573	5074,16
13	0,185	1612,202	6964,71
14	0,197	1730,401	7475,33
16	0,104	907,201	3919,11
Разом	0,881	7708,966	33302,73

Результати порівняння значень загальних втрат активної потужності та електроенергії до і після реконструкції наведені у Таблиці 6.

Таблиця 6 - Результати порівняння значень загальних втрат активних Електроенергія та електроенергія до і після реконструкції

№	$\Delta P, \text{кВт}$	$\Delta W, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$C, \text{грн} / \text{рік}$
До	10,734	94028,274	406202,14
Після	0,881	7708,966	33302,73

На основі результатів розрахунків було встановлено, що реконструкція контактних ліній зменшить втрати електроенергії у 12,2 разів.

2 РОЗРАХУНОК ЗНАЧЕНЬ СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ І ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

2.1 Розрахунок значень струмів короткого замикання

В електричних установках можуть виникати різні типи коротких замикань, які супроводжуються стрибковим збільшенням струму [6, 7, 8]. Через це електрообладнання, що використовується в системах живлення, має бути перевірене на стійкість до струмів короткого замикання.

Існують такі основні типи коротких замикань: трифазне, коли всі три фази утворюють з'єднання між собою; двофазний — коли дві з трьох фаз утворюють зв'язок між собою, але одночасно вони не з'єднані з землею; однофазний — коли одна з трьох фаз формує з'єднання з нейтральною точкою джерела живлення через землю; подвійне замикання фаз із землею, коли дві фази з трьох утворюють з'єднання між собою та із землею.

Однією з основних причин появи таких коротких замикань є: пошкодження ізоляції частин електричних установок; помилкові дії персоналу; перекриття неізольованих частин електричної установки, що пропускають струм [9].

Короткі замикання призводять до:

- припинення електропостачання споживачів, підключених за місцем короткого замикання;
- порушення нормального функціонування решти електричних приймачів, що живляться з нешкоджених ділянок мережі через неприйнятне зниження напруги;
- порушення нормальної роботи системи живлення.

Щоб запобігти виникненню коротких замикань і мінімізувати їхні наслідки, необхідно вжити наступні заходи:

- усунення причин, що призводять до коротких замикань;
- скорочення часу спрацювання захисту у разі короткого замикання;
- використання високошвидкісних перемикачів;

					КРБ.141ЕЕ6д_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

- правильне визначення величин струмів короткого замикання та вибір електричних пристроїв, захистів і засобів обмеження струмів короткого замикання на їхній основі [10-13].

На рисунку 9 показано схему визначення значень струмів короткого замикання (а) та схему їх заміщення (б).

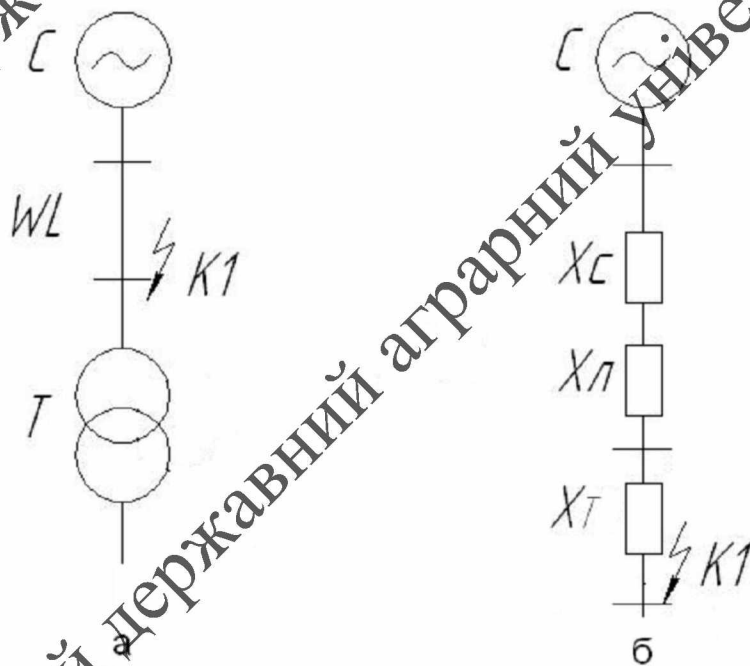


Рисунок 9 — схема проектування для визначення значень струмів короткого замикання (а) та його схеми заміщення (б)

Визначимо реактивний опір системи

$$x_{* \text{ б,с}} = \frac{x}{S_k} \quad (8)$$

$$x_{* \text{ б,с}} = \frac{100}{1000} = 0,1.$$

					КРБ.141ЕЕ6д_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Визначимо реактивний опір силового трансформатора

$$x_{* \text{ б,Т}} = \frac{U_{к,в, \%}}{100} \cdot \frac{S_{\text{номТ}}}{S_{\text{б}}}, \quad (9)$$

$$x_{* \text{ б,Т}} = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{100}{630} = 0,00873.$$

Визначимо реактивний опір високовольтної лінії електропередач

$$x_{* \text{ б,л}} = x_{\text{нум}} \cdot l \cdot \frac{S_{\text{б}}}{U_{\text{в}}^2}, \quad (10)$$

$$x_{* \text{ б,л}} = 0,4 \cdot 8 \cdot \frac{100}{6,3^2} = 8,062.$$

Визначимо сумарний реактивний опір до точки

$$x_{* \text{ рез(б)}} = x_{* \text{ б,в}} + x_{* \text{ б,л}} + x_{* \text{ б,Т}}, \quad (11)$$

$$x_{* \text{ рез(б)}} = 0,1 + 0,00873 + 8,062 = 8,063.$$

Визначимо значення базисного струму:

$$I_{\text{б}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{в}}}, \quad (12)$$

$$I_{\text{б}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 9,16 \text{ кА.}$$

Визначимо діюче значення періодичної складової струму трифазного короткого замикання у початковий момент часу

$$I_{n,о}^3 = \frac{E_{\text{в}}}{x_{* \text{ рез(б)}}} \cdot I_{\text{б}}, \quad (13)$$

$$I_{n,о}^3 = \frac{1}{8,063} \cdot 9,16 = 1,14 \text{ кА.}$$

					КРБ.141ЕЕ6д_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Визначимо значення ударного струму короткого замикання

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot I_{n,o} \cdot k_{y\delta}, \quad (14)$$

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot I_{n,o} \cdot k_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot 1,14 \cdot 1,8 = 2,9 \text{ кА.}$$

Визначимо значення струму однофазного короткого замикання.

Визначимо значення загального опору елементів зворотної послідовності:

$$x_{*2\Sigma} = x_{*b,c} + x_{*b,l} + x_{*b,T}, \quad (15)$$

$$x_{*2\Sigma} = 0,1 + 0,00873 + 8,062 = 8,063.$$

Визначимо значення загального опору елементів нульової послідовності:

$$x_{*0\Sigma} = x_{*b,c} + 5,5 \cdot x_{*b,l} + x_{*b,T}, \quad (16)$$

$$x_{*0\Sigma} = 0,1 + 5,5 \cdot 8,062 + 0,00873 = 44,45.$$

Визначимо значення загального опору елементів до точки короткого замикання:

$$\Delta x^1 = x_{*2\Sigma} + x_{*0\Sigma}, \quad (17)$$

$$\Delta x^1 = 44,45 + 8,063 = 52,51.$$

Визначимо значення модуля фазового струму

$$I_K^1 = m^n \frac{E_{*b}''}{x_{* \Sigma 1} + \Delta x^1}, \quad (18)$$

$$I_K^1 = 3 \cdot \frac{1}{8,063 + 52,51} = 0,05.$$

Визначимо значення однофазного струму короткого замикання:

$$I_{n,o}^1 = I_K^1 \cdot I_b, \quad (19)$$

$$I_{n,o}^1 = 0,05 \cdot 9,16 = 0,46 \text{ кА.}$$

					КРБ.141ЕЕ6д_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Результати розрахунків наведені в Таблиці 7.

Таблиця 7 – Результати визначення значень струмів короткого замикання

Точка КЗ	U_H , кВ	$K_{уд}$	$I'_{н.о.}$, кА	$I''_{н.о.}$, кА	$I_{уд}$, кА
1	6	1,8	1,14	0,46	2,9

2.2 Вибір обладнання для встановлення повітряних ліній електропередач із ізолюваних провідників

Для встановлення на території житлового району сільської місцевості ми обираємо самонесучі ізолювані проводи СП-2А, які вказані в Таблиці 8.

Окрім кожного дроту СП-2А, для зовнішньої системи освітлення села прокладено 2 дроти перерізом 16 мм² [7].

Таблиця 8 – Самонесучі ізолювані проводи СП-2А для реконструкції розподільчої мережі

Кількість х перетин провідників	L , м	C , грн/м	C_{Σ} , грн
3x120+1x95+2x16	1071	<u>302,7</u> +78,80+ <u>26,90</u>	487396,4
3x95+1x95+2x16	766	<u>262</u> +78,80+ <u>26,90</u>	281658,2
3x70+1x70+2x16	3457	<u>181,20</u> +83+ <u>26,90</u>	1006332,7
Разом	5294	-	1725387,3

Під час реконструкції розподільчої мережі необхідно додатково встановити дев'ять опор типу СВ-95, зовнішній вигляд яких показано на рисунку 5. Загальна вартість опор становить 31356 грн [14].

Таблиця 9 – Перелік кріплень, необхідних для реконструкції

Арматура	<i>n</i> , од. або м.	<i>C</i> , грн/шт або грн/м	<i>C_Σ</i> , грн.
ЛІМ 20	1500	52	78000
NB 20	105	18	1890
СМ 20	160	12	1920
ЕА 2200	95	550	52250
ES 2000E	150	420	63000
CSB	250	6	1500
MJPT 70	60	195	11700
MJPT 95	20	189	3780
MJPT 120	20	210	4200
Разом	-	-	218240

Для захисту від перенапруги ми обираємо обмежувач перенапруги (ОПН) ОПН-440 30І (LVA 440В-FL) ІЕК, вигляд яких показано на рисунку 7 [15].



Рисунок 7 – Зовнішній вигляд ОПН-440 30І (LVA 440В CL) обмежувача перенапруги.

Для забезпечення захисту мереж з напругою 0,4 кВ ми використовуємо щоглові комутатори, доповнені запобіжниками. Ці пристрої поєднують функції

запобіжника, вимикача та роз'єднувача. Зовнішній вигляд щоглового вимикача показано на рисунку 8.



Рисунок 8 – Зовнішній вигляд щоглового вимикача з запобіжниками ПВР 250А

Перелік обладнання, що використовується на лініях для захисту від перенапруги та заземлення, узагальнено в Таблиці 10.

Таблиця 10 – Перелік обладнання, що використовується на лініях для захисту від перенапруги та заземлення [17-19].

Назва обладнання	<i>n, од.</i>	<i>C, грн / од.</i>	<i>C_Σ, грн.</i>
ОПН-440ЗОІ (LVA 440B CL)	30	2500	75000
ЗПЛ	40	2700	108000
SZ 41	2	10200	20400
Щогловий рубильник SZ 152	17	8205	139485
Разом		-	342885

Перелік арматури, що використовуються для облаштування вводів для живлення трансформаторів трансформаторних підстанцій, наведено в таблиці 11.

Таблиця 11 – Перелік арматури, що використовуються для облаштування вводів для живлення трансформаторів трансформаторних підстанцій

Перелік арматури	n , од.	C , грн / од	C_{Σ} , грн.
EA 2200	8	550	4400
SF 50	50	75	3750
CT 360	50	20	1000
Разом	-	-	9150

2.3 Вибір і перевірка електричного обладнання на стороні 0,4 кВ

Перевірка автоматичного вимикача ВА 55-43 [20].

Автоматичний вимикач вибирається і перевіряється за:

- 1) Номінальним значенням напруги:

$$U_{ном} \leq U_{сет.ном}$$

$$U_{сет} = 0,4кВ \leq U_{сет.ном} = 0,4кВ.$$

- 2) Номінальним значенням струму:

$$I_{ном.дл} \leq I_{ном}$$

$$I_{max} = 1,4 \cdot \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot 2} = 1,4 \cdot \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 2} = 637 A,$$

$$I_{ном} = 1600 A,$$

$$I_{ном.дл} = 637 A \leq I_{ном} = 1600 A.$$

- 3) Комутаційними властивостями

а) На вимкнення симетричного струму короткого замикання:

$$I_{n,\tau} \leq I_{\text{откл.ном}}$$

$$I_{n,\tau} = 1,14 \text{ кА} \leq I_{\text{откл.ном}} = 1,6 \text{ кА}.$$

б) На можливість вимкнення аперіодичної складової струму коротке замикання:

$$i_{a,\tau} \leq i_{a,\text{ном}} = (\sqrt{2} \cdot \beta_{\text{нор}} / 100) \cdot I_{\text{відкл.ном}},$$

$$\tau = t_{pз} + t_{св} = 0,01 + 0,1 = 0,11 \text{ с},$$

$$i_{a,\text{ном}} = \sqrt{2} \cdot 0,2 \cdot 1,6 = 0,45 \text{ кА},$$

$$i_{a,\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{n,o} \cdot e^{-\tau/T_a} = \sqrt{2} \cdot 1,14 \cdot e^{-0,11/0,12} = 0,65 \text{ кА}$$

в) За повним струмом короткого замикання:

$$(\sqrt{2} \cdot I_{n,\tau} + i_{a,\tau}) \leq \sqrt{2} \cdot I_{\text{відкл.ном}} \cdot (1 + \beta_{\text{ном}} / 100),$$

$$(\sqrt{2} \cdot 1,14 + 0,65) \leq \sqrt{2} \cdot 1,6 \cdot (1 + 0,2),$$

$$2,26 \text{ кА} \leq 3,46 \text{ кА}.$$

Автоматичний вимикач ВА 55-43 виконує всі вимоги відповідно до вищезазначених параметрів.

Перевіряю роз'єднувач РЕ19-41 [21].

Автоматичний вимикач вибирається і перевіряється за:

1) Номінальним значенням напруги:

$$U_{\text{ном}} \leq U_{\text{сет.ном}},$$

$$U_{\text{ном}} = 0,4 \text{ кВ} \leq U_{\text{сет.ном}} = 0,4 \text{ кВ}.$$

2) Значенням номінального струму:

					КРБ.141ЕЕ6д_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$I_{\text{ном.дл}} \leq I_{\text{ном}},$$

$$I_{\text{max}} = 1,4 \cdot \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot 2} = 1,4 \cdot \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 2} = 637 \text{ A},$$

$$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ A},$$

$$I_{\text{ном.дл}} = 637 \text{ A} \leq I_{\text{ном}} = 1000 \text{ A}.$$

Автоматичний вимикач PE19-41 виконує всі вимоги відповідно до вищезазначених параметрів.

						КРБ.141ЕЕ6д_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			33

3 ВПРОВАДЖЕННЯ SMART IMS ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

АСКОЕ (Автоматизована Система Комерційного Обліку Електроенергії) — для комерційних розрахунків з постачальником — це автоматизована інформаційно-вимірювальна система для організації комерційного обліку електричної енергії на основі набору програмного та апаратного забезпечення, створеного за допомогою технології ADDAX. Система спрямована на вирішення таких завдань:

- організацію дистанційного обліку споживаних енергетичних ресурсів;
- організацію дистанційного контролю споживання електроенергії;
- керування системою зовнішнього освітлення.

Система насамперед орієнтована на використання в приватному секторі. Smart IMS підтримує обмін даними у стандартних форматах і може бути інтегрована в інші бухгалтерські системи, наприклад, пов'язана із зовнішньою системою виставлення рахунків.

3.1 Склад системи

Для АСКОЕ використовується трирівнева система, структура якої показана на рисунку 10. Комплекс має трирівневу систему:

- Нижній рівень складається з електролічильників та інших пристроїв для збору та передачі інформації;

Середній рівень системи складається з маршрутизатора (пристрою для збору та передачі інформації) та мережі для передачі даних. На верхньому рівні маршрутизатор обмінюється інформацією одним із наступних способів: GSM, GPRS, Ethernet. Основним інтерфейсом для передачі даних від пристроїв у розподіленій мережі є LV.

- Верхній рівень — це Центр збору, зберігання та обробки даних, що надходять із системи.

					КРБ.141EE6d_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 10 – Структура вибраної системи

3.2 Переваги використання АСКОЕ

Основні переваги АСКОЕ Smart IMS включають:

- Організація надійного обміну даними, коли вони передаються безпосередньо через енергетичну мережу.
- Зменшення втрат електроенергії до технічного рівня після встановлення АСКОЕ.
- Вбудоване керуване реле живлення, яке дозволяє дистанційно відключити споживача у разі невиконання умов договору.
- Наявність датчика залишкового струму в лічильниках, який разом із реле живлення дозволяє використовувати його як ефективний захисний пристрій від аварійних режимів і несанкціонованої крадіжки електроенергії.
- Відсутність можливості змови між абонентами та персоналом сервісної організації з метою применшення інформації про реальне споживання електроенергії.
- Можливість багатотарифного обліку. До 6 тарифів.
- Обмін маршрутизатором (пристроєм збору та передачі даних) з Центром збору даних через канал зв'язку GSM або GPRS.
- Стабільність і здатність нормально функціонувати при низьких температурах.
- Організація автоматизованого обміну даними з сторонніми білінговими системами.
- Мінімальний комплект необхідного обладнання для введення системи АМБС в експлуатацію.

3.3 Апаратне забезпечення системи обліку ЕЕ

Однофазні лічильники ADDAX IMS NP-07 1F.1UG-U.

Зовнішній вигляд лічильника ADDAX IMS NP-07 1F.1UG-Uпоказано на рисунку 11.

					КРБ.141ЕЕ6д_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36



Рисунок 10 – Зовнішній вигляд однофазного вимірювача ADDAX IMS NP-07 1F.1UG-U

Однофазний лічильник електричної енергії являється інтелектуальним електронним пристроєм для вимірювання активної та реактивної електричної енергії. Однофазний лічильник використовується для вимірювання значень миттєвої потужності та споживаної активної та реактивної електроенергії в однофазних ланцюгах змінного струму. Лічильник використовується абонентами з низькою потужністю у приватному секторі. Лічильник накопичує інформацію, а потім передає її до Центру збору та обробки за допомогою вбудованого PLC-модема.

Лічильник оснащений датчиками для запобігання несанкціонованим спробам доступу. Датчики реагують на:

- відкриття корпусу лічильника та кришки клемного блоку;
- сильне зовнішнє магнітне поле;
- диференційний струм.

Відмінними особливостями лічильників є дистанційне оновлення внутрішнього програмного забезпечення лічильника та покращене шифрування переданих.

					КРБ.141EE6d_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Трифазні лічильники ADDAX IMS NP-07 3FD.1SM-U.

Зовнішній вигляд лічильника ADDAX IMS NP-07 3FD.1SM-U показано на рисунку 12.



Рисунок 12 - Зовнішній вигляд трифазного вимірювача ADDAX IMS NP-07 3FD.1SM-U

Такий лічильник використовується трифазними абонентами в приватних будинках житлового сектору, а також трифазними абонентами з низькою потужністю в приватному секторі.

З вбудованим модулем FSK-132 трифазний лічильник може використовуватися безпосередньо разом із дисплеєм користувача CIU7 (рисунок 13) без необхідності пристрою збору та передачі інформації.

					КРБ.141EE6d_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

потрібен великий світловий потік. Звісно, з міркувань економії, ДС також повинно мати високу світлочутливу ефективність і тривалий термін служби. Дуже важливо, при якій температурі працює ДС. Для об'єктів, де тривала відсутність освітлення є неприйнятною, наприклад, у промислових приміщеннях, де його відсутність може призвести до травм, необхідно використовувати мікросхеми з швидким запалюванням і повторним запуском або забезпечувати безперебійні електропостачання. Відтворення кольору в утилітарному зовнішньому освітленні менш важливе, ніж для внутрішнього освітлення, але для освітлення пішохідних зон, архітектурного, декоративного та ландшафтного освітлення потреби у кольоровій передачі зростають. Утилітарне зовнішнє освітлення — це функціональне освітлення вулиць, доріг, площ і тротуарів, створене для безпечного руху транспорту та пішоходів у темний час доби. Воно нормується державними стандартами (наприклад, ДБН). Яке джерело обрати залежить від розробника об'єкта, який підлягає освітленню, енергетичних можливостей і кошторису. Аналіз показує, що ДС з світловим потоком від 5,0 до 10,0 клм найчастіше використовуються у зовнішньому освітленні (їхня частка — 41%), частка ДС з потоком від 2,5 до 5,0 клм становить 27%, з потоком від 10,0 до 20,0 клм — 9%, а лампи з світловим потоком понад 20,0 клм — лише 3%. Ці дані відповідають високоякісним освітлювальним приладам, які повністю відповідають умовам забезпечення необхідного рівня видимості для водіїв механізованих транспортних засобів і пішоходів. На жаль, у низці випадків потреба визначається не лише стандартами та якістю освітлення, а й фінансовими можливостями споживача. Для освітлення площ, парків і бульварів, а також пішохідних зон найбільш придатними є потужні газорозрядні джерела світла високого тиску МГЛ, світлодіодні лампи СД одні з найенергоєфективніших джерел світла. Вони працюють на основі напівпровідників, споживають до 80-90% менше електроенергії, ніж лампи розжарювання, і служать у середньому від 20000 до 50000 годин. Лампи ДРЛ (дугові ртутні люмінесцентні) — це потужні газорозрядні джерела світла високого тиску, які традиційно використовуються для освітлення вулиць, доріг, промислових цехів та складських приміщень — добре передають колір зелені, але

					КРБ.141ЕЕ6д_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

спотворюють колір людського обличчя, тому їх небажано використовувати для пішохідних зон. У багатьох країнах лампи з низьким натрієм широко використовуються для зовнішнього освітлення, але у нас вони не дуже поширені.

Після реконструкції зовнішня система освітлення житлового району буде виготовлена з окремої лінії ізольованих дротів.

Для зовнішньої системи освітлення ми обираємо світильники вітчизняного виробництва ДСУ05У VECTOR STREET з LED світлодіодами потужністю 150 Вт кожна у кількості 160 од. Зовнішній вигляд світильника STREET показано на рисунку 15 [22].

Технічні характеристики:

Потужність, Вт 150

Джерело світла світлодіоди LED

Компенсація реактивної потужності (PFC) >0,95

Корельована колірна температура (CCT) 3000...6000K

Напруга, В 220 AC, 220 DC

Ступінь пиловологозахисту IP65

Температура навколишнього середовища -40°C...+40°C (У1)

Орієнтовна вартість 2500 грн.

					КРБ.141EE6d_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42



Рисунок 15 – Зовнішній вигляд вуличного ліхтаря STREET 2

Автоматичне керування системою зовнішнього освітлення, залежно від рівня освітлення, здійснюється за допомогою фотореле ФР-2 виробництва РЕЛСіС, яке розташоване на трансформаторній підстанції і передає сигнал стартеру, що автоматизує вмикання/вимикання вуличного освітлення залежно від часу доби.

					КРБ.141ЕЕ6д_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

4 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА РОЗРАХУНОК ЗАХИСНОГО ЗАЗЕМЛЕННЯ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ

4.1 Економічна складова проекту

До реконструкції контактні лінії електропередач з номінальною напругою 0,4 кВ були виконані оголеними проводами типу А. Загальні значення активних втрат потужності та електроенергії до реконструкції споживачами групами підсумовані в таблиці 13.

Таблиця 13 – Кінцеві значення втрат активної потужності та електроенергії до реконструкції групами споживачів

№	ΔP , кВт	ΔW , кВт·год	C , грн / рік
1	1,018	8919,485	22744,686
2	0,551	4827,391	20850,11
3	0,003	24,630	106,38
4	6,974	61091,718	263862,82
5	1,360	11912,790	51452,84
6	0,062	544,990	2353,88
7	0,026	224,602	970,08
8	0,538	4714,887	20364,19
9	0,029	252,820	1091,96
10	0,173	1514,962	6543,31
Разом	10,734	94028,274	406202,14

У грошовому вираженні річна втрата електроенергії в оголених дротах становить 406202,14 грн. на рік.

Остаточні значення втрат активної потужності та електроенергії живильниками після заміни оголених проводів на самонесучі ізольовані проводи 2А наведені в таблиці 14.

					КРБ.141ЕЕ6д_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Таблиця 14 – Кінцеві значення втрат активної енергії та електроенергії по фідерах після заміни оголених проводів на СИП-2А

№	$\Delta P, \text{кВт}$	$\Delta W, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$C, \text{грн} / \text{рік}$
2	0,094	823,482	3557,44
10	0,167	1461,107	6311,98
12	0,134	1174,573	5074,16
13	0,185	1612,202	6964,71
14	0,197	1730,401	7475,33
16	0,104	907,201	3919,11
Разом	0,881	7708,966	33302,73

У грошовому вимірі щорічні втрати електроенергії в ізольованих проводах СИП-2А більшого перерізу становлять 33302,73 грн. на рік.

Результати порівняння значень загальних втрат активної енергії та електроенергії до і після реконструкції наведені у таблиці 15.

Таблиця 15 - Результати порівняння значень загальних втрат активної енергії та електроенергії до і після реконструкції

№	$\Delta P, \text{кВт}$	$\Delta W, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$C, \text{грн} / \text{рік}$
До	10,734	94028,274	406202,14
Після	0,881	7708,966	33302,73

На основі даних із Таблиці 16 ми побудували порівняльні графіки (Рисунки 16 і 17).

Економічний ефект від зменшення втрат електроенергії після реконструкції становитиме 372899,41 грн./ рік.

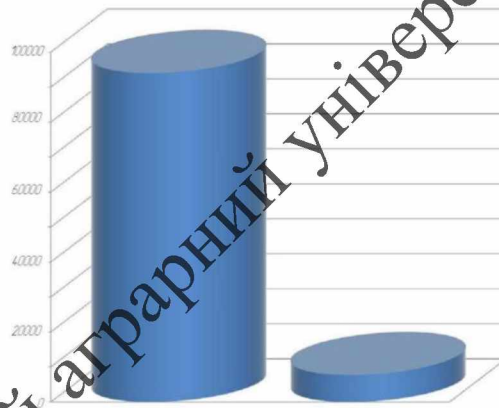


Рисунок 16 – Втрати електричної енергії до (зліва) і після реконструкції

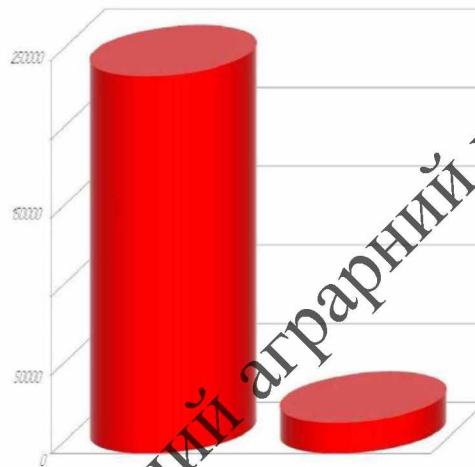


Рисунок 17 – Вартість втрат електроенергії до (зліва) і після реконструкції

Для встановлення ізольованих повітряних ліній електропередач у житловій зоні використовуються самонесучі ізольовані проводи загальною вартістю 1725387,3 грн. та обладнання вартістю 1470090 грн.

Для реконструкції зовнішньої системи освітлення було обрано 160 світильників ДСУ05У VECTOR STREET на загальну суму 400000 грн., а вартість автоматичного елемента ФР-2 становитиме 400 грн.

Загальна вартість монтажної бригади протягом 2 місяців становитиме ≈ 180000 грн.

Визначимо вартість загальних витрат.

Вартість впровадження системи АСКОЕ для 150 абонентів становитиме

$$C_{\text{заг}} = 1725387,3 + 1470090 + 400000 + 400 + 180000 = 3775877,3 \text{ грн.}$$

					КРБ.141EE6d_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Фінансові компоненти проєкту реконструкції контактних ліній села представлені на рисунку 18. На рисунку показано 1 – вартість кабельної продукції, 2 – Вартість обладнання та арматури, 3 – орієнтовну вартість монтажних робіт.

Рисунок 18 – Фінансові складові проєкту реконструкції ліній живлення

Водночас період окупності проєкту буде:

$$\text{Період окупності} = \frac{\text{Фінансування проєкту}}{\text{Економічний ефект}} = \frac{3775877,3}{372899,41} = 10 \text{ років}$$

За умови, що мінімальний нормативний термін служби самонесучого ізольованого проводу СПІ-2 становить від 25 до 40 років (залежно від технічних умов конкретного виробника, наприклад, "Одескабель" декларує мінімум 40 років), такий проєкт принесе значний економічний і соціальний ефект у майбутньому.

4.2 Розрахунок заземлення

Заземлюючий пристрій повинен надійно захищати від електричного удару у разі появи потенціалу на відкритих провідних частинах електричних установок як у нормальних, так і в аварійних режимах роботи.

Головною характеристикою електричної безпеки є максимальне допустиме значення напруги дотику, яке має бути забезпечене за всіх умов експлуатації об'єкта.

					КРБ.141EE6д_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Під час розробки заземлюючих пристроїв необхідно забезпечити:

- захист природних заземлюючих провідників і комунікацій від пошкоджень під час потоку струмів у аварійному режимі;
- вибухову та пожежну безпеку установок, обладнання та споруд шляхом запобігання перегріву заземлюючого пристрою, появи електричної дуги та іскор;
- надійна робота релейних захистів у разі несправностей на ґрунті.

Надійність забезпечення функцій заземлюючого пристрою досягається за рахунок відповідності нормалізованим параметрам зарядного пристрою.

Максимальний допустимий опір заземлення в мережі до 1000 В і номінальній потужності трансформатора > 100 кВА, становить 4 Ом. Визначимо опір розподілу струму для заземлюючого провідника одного стрижня:

$$R_B = \frac{\rho_z}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l}{t - l} \right), \quad (20)$$

$$R_B = \frac{50}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,012} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,3 + 3}{4 \cdot 2,3 - 3} \right) \text{ Ом.}$$

Визначимо приблизну кількість стрижнів:

$$n' = \frac{R_B}{R_{II}}, \quad (21)$$

$$n' = \frac{17,39}{4} = 4,34.$$

Округляємо до найближчого цілого значення, приймаємо 4 од.

Знайдемо довжину смуги для сполучення стрижнів:

$$l_2 = 0,05 \cdot a \cdot n, \quad (22)$$

$$l_2 = 0,05 \cdot 3 \cdot 4 = 12,6 \text{ м.} \quad (23)$$

$$a = k \cdot l_0,$$

де $a = 1 \cdot 3 = 3 \text{ м.}$

					КРБ.141ЕЕ6д_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Визначимо опір розтіканню струму горизонтального пристрою заземлення:

$$R_r = \frac{\rho}{2 \cdot k \cdot l_r} \ln \frac{2 \cdot l_r^2}{b \cdot t}, \quad (24)$$

$$R_r = \frac{20}{2 \cdot 3,14 \cdot 12,6} \ln \frac{2 \cdot 12,6}{0,05 \cdot 0,825} = 5,65 \text{ Ом.}$$

Згідно з довідковими таблицями, залежно від значення співвідношення

$$\frac{a}{l_b} = \frac{3}{3} = 1$$

взначаємо:

$$\eta_z = 0,77;$$

$$\eta_s = 0,69$$

Визначимо сумарний еквівалентний опір розтікання струму заземлення:

$$R_{sp} = \frac{R_b R_r}{R_b \eta_r + R_r \eta_b \cdot n}, \quad (25)$$

$$R_{sp} = \frac{17,39 \cdot 5,65}{17,39 \cdot 0,77 + 5,65 \cdot 0,69 \cdot 4} = 3,39 \text{ Ом.}$$

Перевіримо на відповідність нормативним показникам:

$$R_{sp} \leq R_u, \quad (26)$$

$$3,39 < 4.$$

Розраховане заземлення умовам.

Розраховані параметри заземлення заносимо у Таблицю 16.

Таблиця 16 - Розраховані параметри зарядного пристрою

r , Ом·м	l_b , м	k	n , шт	l_2 , м	h_b	h_2	R_b , Ом	R_2 , Ом	R_{sp} , Ом	R_u , Ом
50	3	1	4	12,6	0,69	0,77	17,39	5,65	3,39	4

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Виконано аналіз існуючої системи електропостачання житлового району сільської місцевості, що складається зі 150 котеджів та живиться від двох трансформаторних підстанцій 6/0,4 кВ через повітряні лінії електропередач, виконані оголеними алюмінієвими проводами. Проведено групування споживачів за окремими ділянками мережі та визначено річне споживання електричної енергії, яке становить 1 047 200 кВт·год.
2. На основі розрахунків встановлено, що загальні річні втрати електроенергії становлять 94 028,27 кВт·год, а їх вартість — 406 202,14 грн на рік.
3. Виконано розрахунок струмів короткого замикання для окремих точок розподільчої мережі та проведено вибір основного електротехнічного обладнання, необхідного для реконструкції мережі 0,4 кВ житлового району сільської місцевості.
4. На основі схеми заміщення визначено реактивні опори елементів системи електропостачання, розраховано значення трифазного та однофазного струмів короткого замикання, а також ударний струм КЗ: діюче значення трифазного струму короткого замикання становить 1,14 кА, однофазного — 0,46 кА, а ударний струм досягає 2,9 кА.
5. Загальна довжина реконструйованих ліній становить 5294 м. Крім того, передбачено встановлення дев'яти залізобетонних опор типу СВ-95 та комплекту лінійної арматури, необхідної для монтажу й експлуатації мережі.
6. Для забезпечення захисту від атмосферних та комутаційних перенапруг обрано обмежувачі перенапруги ОПН-440 ЗОІ, а також комплект заземлювальних пристроїв і щоглових вимикачів із запобіжниками.
7. Також виконано вибір та перевірку комутаційних апаратів на стороні 0,4 кВ. Проведені перевірки автоматичного вимикача ВА55-43 та роз'єднувача РЕ19-41 показали їх відповідність вимогам за номінальною напругою, струмом та комутаційною здатністю при можливих режимах короткого замикання.

					КРБ.141ЕЕ6д_31[1].10.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

