

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
НАДІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 621.3

ПОГОДЖЕНО  
Директор ННД енергетики,  
автоматики і енергозбереження  
Каплун В.В.  
(підпис)

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри  
електропостачання ім. проф. В.М. Синькова  
(підпис)

«    »    2022 р.

«    »    2022 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему «Підвищення економічності системи електроспоживання підприємства АПК»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація професійна

Освітня програма електротехнічні системи електроспоживання

Програма підготовки освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Виконав Федорченко П.С.  
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Керівник магістерської роботи  
К.Т.Н., доцент Омельчук А.О.  
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Нормоконтроль  
К.Т.Н., доцент Петренко А.В.  
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Київ – 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри

електропостачання ім. проф. В.М. Синькова

(ступінь, звання) (підпис) (ПІБ)  
«                    »                    2022 р.

**ЗАВДАННЯ**

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**

**Федорченко Павло Сергійович**

Спеціальність 141 - «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація: професійна

Освітня програма: електротехнічні системи електроспоживання

Програма підготовки: освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: «Підвищення економічності системи електроспоживання підприємства АПК» затверджена наказом ректора НУБіП України від 08.12.2021 №2066«С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру: 05.11.2022 р.

Вихідні дані до магістерської роботи, завдання та розробки кафедри, матеріали зібрані на виробництві.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- 1.
- 2.
- 3.

Дата видачі завдання 24.10.2021 р.

**Керівник магістерської роботи**

Омельчук А.О.

**Завдання прийняв до виконання**

Федорченко П.С.

НУБІП України	5
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1	8
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА	8
1.1. Загальна інформація про виробництво	8
1.2. Система електропостачання	11
1.3. Показники споживання електроенергії	13
1.4. Організація енергетичної служби	15
РОЗДІЛ 2	16
МОДЕРНІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ЗТП	166
2.1. Характеристика ЗТП №332	166
2.2. Обґрунтування проведення модернізації	188
2.3. Модернізація РН 0,4 кВ	20
2.4. Компенсація реактивної потужності	24
2.5. Модернізація освітлювальних установок	39
РОЗДІЛ 3	46
РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ПІДПРИЄМСТВА	46
3.1. Організації служби енергоменеджменту	46
3.2. Система контролю і управління енергоспоживанням на підприємстві	49
РОЗДІЛ 4	60
РОЗРОБКА ПРИБОРІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	60
4.1. Приладу на основі лічильника електричної енергії РМ3250 виробництва Schneider Electric	60
4.2. Пристрій моніторингу стану КТП-10/0,4 кВ	63
РОЗДІЛ 5	66
ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	66
РОЗДІЛ 6	69

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ТА БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ  
ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

НУБІП України 69

6.1. Обслуговування основного електрообладнання 69

6.2. Заходи з охорони праці 75

6.3. Протипожежний захист 788

НУБІП України 78

6.3. Заходи з забезпечення безпечної експлуатації сільських  
електроустановок

ВИСНОВКИ 84

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 85

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АПК – агропромисловий комплекс;

АПВ – автоматичне повторне включення;

АСКОЕ – автоматизована система комерційного обліку електроенергії;

ВРП – відкритий розподільний пристрій;

КТЦ – комплектна трансформаторна підстанція;

КЛ – кабельна лінія;

КЛЛ – компактна люмінісцентна лампа;

ЗРП – закритий розподільний пристрій;

ПЛ – повітряна лінія;

ЛР – лампа розжарювання;

ПБЕЕ – правила безпечної експлуатації електроустановок;

ПК – персональний комп'ютер;

ПКЕЕ – правила користування електроенергією;

ПУЕ – правила улаштування електроустановок;

РП – розподільний пристрій;

ТП – трансформаторна підстанція;

ТС – трансформатор струму;

ТН – трансформатор напруги;

НУБІП України

НУБІП України

## ВСТУП

Сучасний етап соціально-економічного розвитку України відбиває характер і глибину економічних перетворень виробничої сфери господарського комплексу країни, стан та перспективи формування структури суб'єктів ринкових відносин. Розмаїття форм власності, становлення нових

товаровиробників, розвиток дрібних підсобних господарств, прискорення переробки та зберігання сільськогосподарської продукції у місцях її виробництва пред'являє нові, більш жорсткі вимоги до розвитку сільської електроенергетики, до організації її інженерно-технічного забезпечення.

Реформи в АПК країни здійснюються у період економічної ситуації, що характеризується поступовим переходом фази кризи до поживлення. Подальше вдосконалення сільськогосподарського виробництва можливе лише за умови модернізації матеріально-технічної бази підприємств на основі електроенергетики.

Широке впровадження електроенергії у сільськогосподарське виробництво сприяє раціональному розміщенню сільськогосподарських підприємств, дозволяє найповніше залучати природні ресурси країни, забезпечувати високі темпи розширеного виробництва. Електрифікація, тобто виробництво, розподіл та застосування електроенергії - основа стійкого функціонування та розвитку всіх галузей промисловості та сільського господарства країни, комфортного побуту населення. Сільська електроенергетика є важливою частиною агропромислового комплексу та служить для задоволення енергетичних потреб виробничої та соціально-побутової сфер [7].

Енергогосподарство будь-якого підприємства - це сукупність енергетичних установок та допоміжних пристроїв, призначених для забезпечення цього підприємства енергією різних видів. Система електропостачання є найважливішим елементом енергетичної бази. Її значення полягає також у забезпеченні безперервності технологічних процесів та

зниження їх трудомісткості, тим самим використання електричної енергії дозволяє суттєво підвищити продуктивність живої праці та знизити собівартість продукції [9].

Необхідність оптимізації електропостачання сільськогосподарських підприємств обумовлена не лише постійним зростанням цін на електроенергію, а й аварійним станом мереж, зокрема знос мереж становить 41%. У зв'язку з цим доцільним є оптимізація електрифікації сільськогосподарського виробництва.

Специфіка електропостачання сільськогосподарських підприємств та сільських населених пунктів полягає у наявності великої кількості малопотужних об'єктів, розташованих на всій території країни, що, у свою чергу, збільшує довжина мереж [11].

Реформування аграрного сектора економіки спричинило підвищення цін на енергоносії. У зв'язку з цим особливою актуальністю набували питання ефективного використання споживаних у сільському господарстві наливних енергетичних ресурсів.

На тлі зростання навантаження на природні екосистеми та біосферу в цілому проблему енергозбереження у сільському господарстві необхідно розглядати як найбільш актуальну на сьогоднішній день. Її рішення насамперед має пропонувати зниження так званої техногенної енергоемності виробництва сільськогосподарської продукції.

Згідно зі статистикою, сучасне сільське господарство недоотримує близько 20% енергоресурсів. Причиною цього є припинення державного регулювання економічних відносин між підприємствами промисловості, паливноенергетичного комплексу та агропромислового комплексу, що послужило поштовхом до виникнення цінових диспропорцій та хронічної неплатоспроможності сільгосптоваровиробників [6].

# НУБІП України

## 1.1. Загальна інформація про виробництво

Фермерське господарство СТОВ «Відродження» займається вирощуванням раних та пізніх зернових культур та основним видом продукції господарства є молоко. В господарстві налічується дійне стадо 850 голів. На фермі є два корівники по 250 голів і один корівник на 350 голів дійних корів, два телятники по 250 голів, приміщення для ремонтного та відгодівельного молодняка на 150 голів, пологове відділення на 50 місць, допоміжні приміщення та споруди.

Також на території господарства знаходиться елеватор з можливістю одночасного зберігання 2000 тонн зерна. Зі способом зберігання навалом, наявним обладнанням Контролю за температурою, Сушіння, Очищення Зважування зерна.

Основні споживані електроенергії по об'єктах ферми наведено у таблиці 1.2, а у таблиці 1.1 зведено дані щодо витрати електричної енергії в основних підрозділах фермерського господарства



Рис. 1.1. Загальний вигляд господарства

Відомості про землекористування СТОВ «Відродження» та його структуру зведені до табл. 1.1.



Таблиця 1.1 Відомості про землекористування СТОВ «Відродження»

Земельні угіддя	Площа, га
Загальна земельна площа	2100
Всього с.г. угідь	2039,4
зокрема:	
рплля	1983
сінокоси	7,2
багаторічні насадження	3,4

Таблиця 1.2 Посівні площі та урожайність сільськогосподарських культур (за звітом за 2021 рік)

Назва культури	Площа земельних угідь, зайнятих під с.г. культури		Урожайність ц/га
	га	% загальної площі с.г. угідь	
Пшениця озима	570	29,2	35,2
Пшениця яра	71	3,8	13,2
Кукурудза на зерно	190	10,1	45
Ячмінь	303	10,8	32,9
Соя	170	9	11
Ріпак озимий	182	9,7	21,3
Кукурудза на силос	141	7,5	222
Кукурудза на зелений корм	74	3,9	208
Однорічні трави на зелений корм	55	1,9	34,3
багаторічні трави:			
на сіно	110	2,1	70
на зелений корм	117	6,2	230
Всього:	1983	100	-

Також в господарстві знаходиться тракторна бригада яка має свій цех з ремонту автотехніки та тракторів, кузню та зварювальну ділянку. На балансі тракторної бригади знаходяться 35 колісних та 6 гусеничних тракторів, 15 автомобілів, 13 комбайнів. Також є різні причіпні механізми для обробки ґрунту та збирання врожаю.

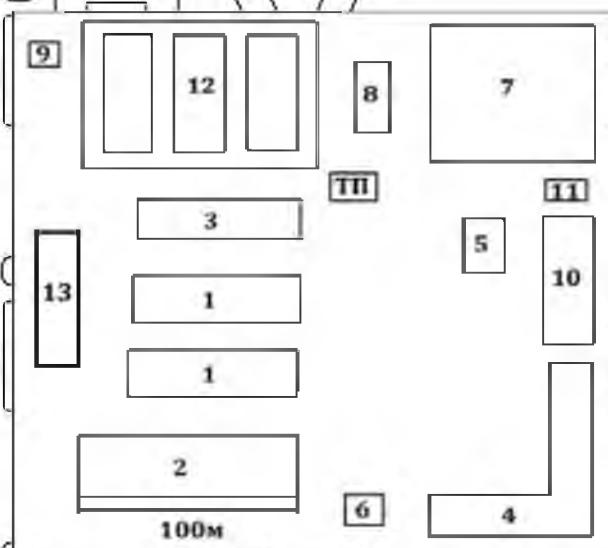


Рис 1.2 Генплан підприємства СТОВ «Відродження».

1-Корівник на 250 голів; 2-Корівник на 350 голів; 3- Приміщення для молодняку на 150 голів та пологове виділення на 50 голів; 4-Тракторна бригада (ремонтна майстерня та гаражі); 5-склад готової продукції (холодильні місткості); 6-Компресорна станція; 7-Територія елеватора; 8-Кормоготувальний цех; 9- Водопомпова станція; 10-Адміністративна будівля; 11-Прохідна; 12- Ангари для збереження кормів; 13-Гноєсховище.

Електропостачання господарства СТОВ «Відродження» здійснюється від трансформаторної підстанції ТП 136/10/0,4 кВ. Підстанція живляться від незалежних повітряних ліній напругою 10 кВ через масляні вимикачі типу МВ-10 від шин 10 кВ підстанцій Фастів 35/10 кВ . Довжина лінії 10 кВ від підстанції Фастів 4,7 км. Лінія 10 кВ від підстанції «Фастів» береться лінійним роз'єднуванем ЛР-1

Середньорічна кількість працюючих 108 осіб, в тому числі у рослинництві 38 особи, а у тваринництві – 70 осіб.

# НУБІП України

## 1.2. Система електропостачання

Постачання електроенергії на підприємство здійснюється ДТЕК Київські регіональні електромережі. На території підприємства розміщена 1 трансформаторна підстанція 10/0,4 кВ, що отримує живлення через кабельну лінію 10 кВ (рис. 1.3).

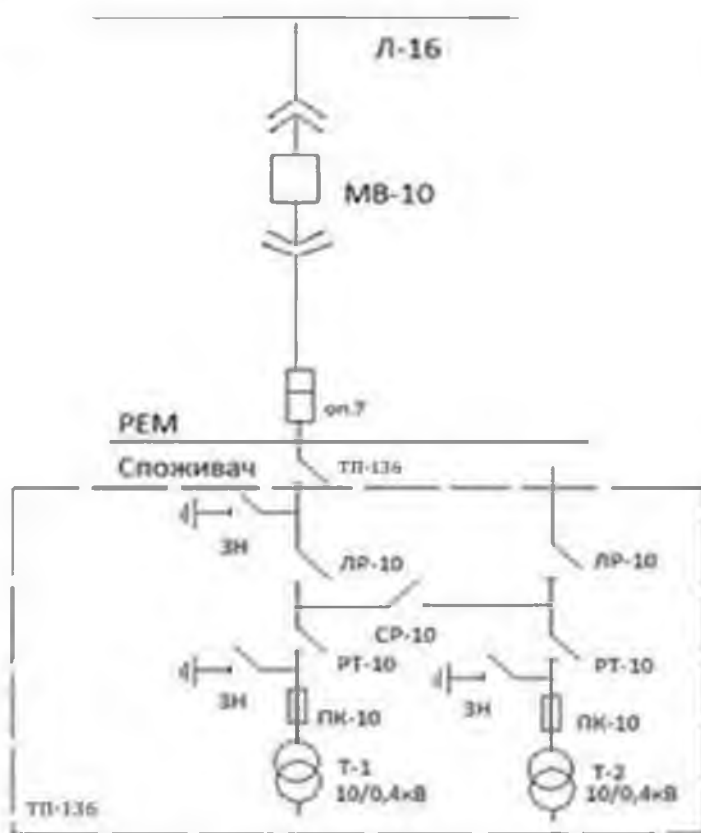


Рис. 1.3. Схема балансового розподілу

Принципова електрична схема підстанції наведена на рис 1.4.

# НУБІП України

### Принципова схема ТП 136 10/0,4 кВ

- PI 1 - лічильник індукційний
- QF1-QF12 - автоматичні вимикачі
- FV1-FV3 - вентиляльні розрядники
- FU1-FU2 - запобіжники
- KY TM - конденсаторна установка трансформатора масляного
- TA1-TA3 - трансформатори струму
- QS1-QS8 - секційні роз'єднувачі
- HTMI-10 - вимірювальний трансформатор напруги

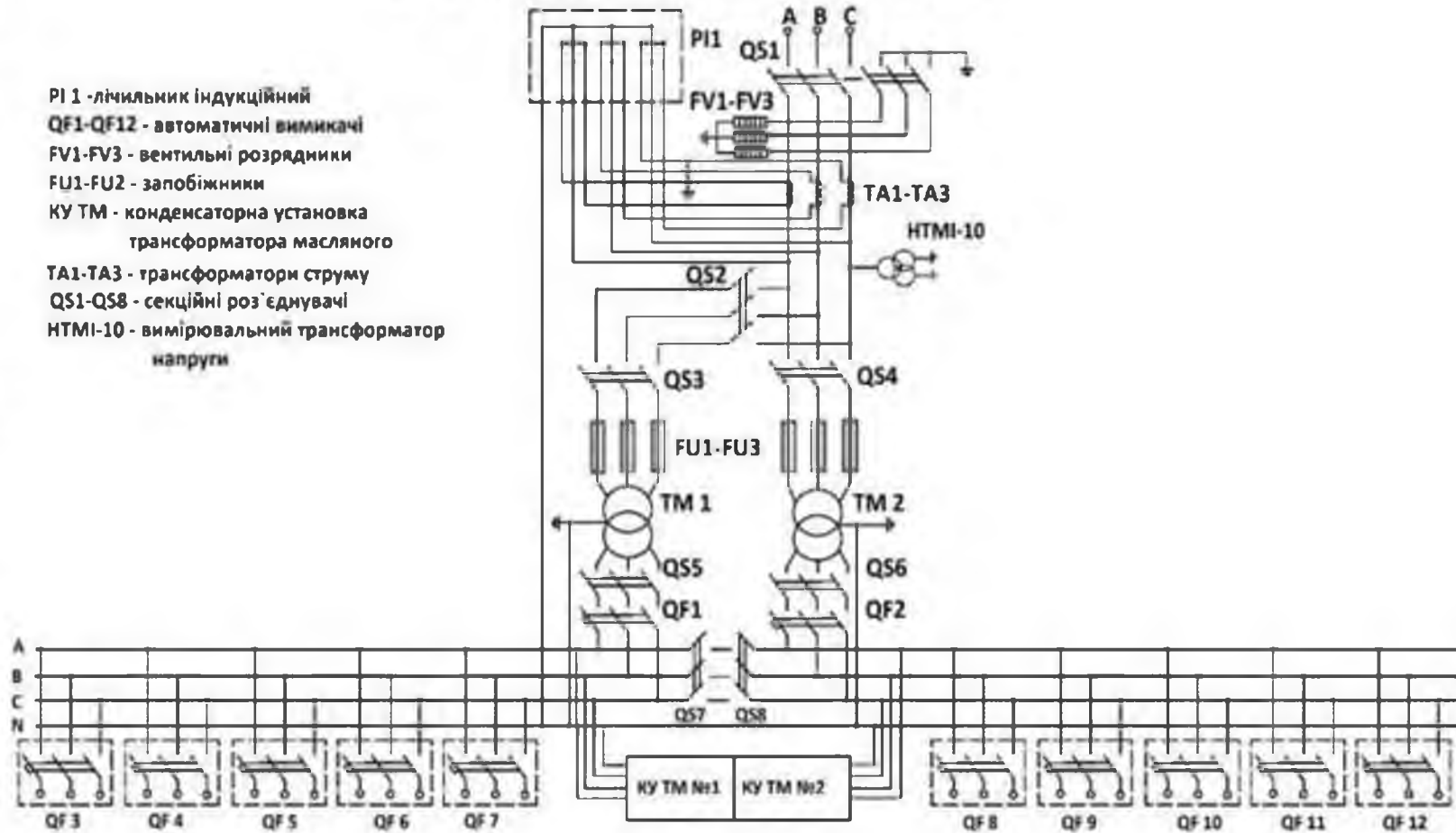


Рис. 1.4. Принципова електрична схема ТП 136 10/0,4 кВ

### 1.3. Показники споживання електроенергії

Споживання електроенергії підприємством СТОВ «Відродження» у 2014-2021 роках наведено в табл. 1.3 та на рис. 1.5.

Таблиця 1.3

Динаміка споживання електроенергії у 2014-2021 роках, кВт·год

Місяць	Рік							
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Січень	188020	120630	240300	221000	199320	221120	255320	260390
Лютий	199660	124960	256120	244550	311630	220660	220630	142650
Березень	206330	141630	278960	266330	262560	255320	263210	232030
Квітень	255990	138990	280330	277550	281680	278960	300320	284190
Травень	273670	260330	287660	280410	300120	330240	361390	334320
Червень	297480	271330	293650	290670	330000	390630	300320	378930
Липень	310670	273630	206120	330740	363210	300540	321630	350140
Серпень	346350	289670	215360	363210	355990	368320	344360	356450
Вересень	336780	295780	290640	378940	344660	312690	271780	265520
Жовтень	399740	274350	287670	331890	263230	379650	268990	257090
Листопад	363120	279320	250990	301300	232320	360550	247330	354730
Грудень	310480	231230	210440	375550	224660	347960	230680	228130
<b>Разом, кВт·год</b>	<b>3125170</b>	<b>2703830</b>	<b>2819280</b>	<b>3651540</b>	<b>3169380</b>	<b>4045600</b>	<b>2822430</b>	<b>3424670</b>

Динаміка споживання електроенергії

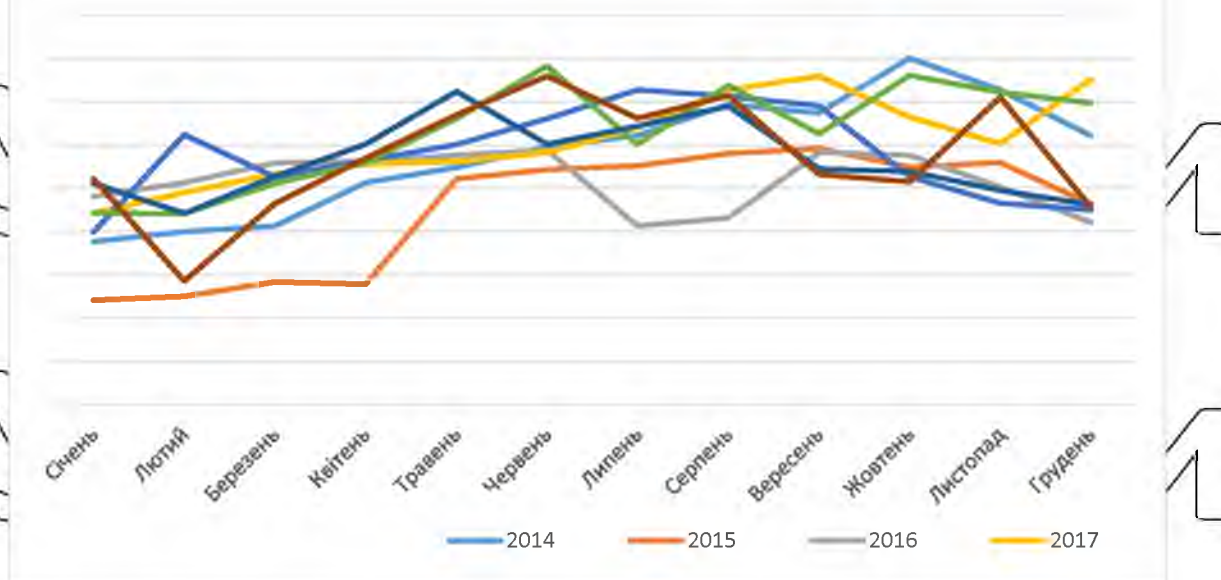


Рис. 1.5. Динаміка споживання електроенергії у 2014-2021 роках, кВт·год

Характеристики основних споживачів електроенергії наведено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4

## Основні споживачі електроенергії

№ п. п.	Споживач (виробничий цех)	Встановлена потужність, кВт
1	Корівники 250 гол	78,8
2	Корівник 330 гол	66,8
3	Приміщення для молодняка	15,46
4	Тракторна бригада	58,1
5	Склад готової продукції	22,5
6	Свердловини	20,5
7	Компресорна	21,6
8	Елеватор	151,1
9	Кормо приготувальний цех	141,9
10	Адміністрація	54,1
11	Вуличне освітлення, прохідна	36

Таблиця 1.5

## Розподіл електродвигунів за потужностями

№	Потужність двигуна, кВт	Кількість двигунів, шт	Сумарна потужність
1	0,37	4	1,48
2	0,55	6	3,3
3	1,1	11	12,1
4	1,5	26	16,5
5	2,2	23	50,6
6	3	11	33
7	4	5	20
8	5,5	15	82
9	6,6	4	26,4
10	7,5	10	60
11	11	5	55
12	15	5	75
13	18,5	2	37
14	22	2	66
15	30	1	30
16	37	1	37
17	45	1	45
	Сумарна кількість	157	650,38

#### 1.4. Організація енергетичної служби

Енергетична служба сільськогосподарського підприємства керується Статутом сільськогосподарського підприємства, чинними правилами устрою, технічної експлуатації та техніки безпеки під час експлуатації електроустановок, теплових та електричних мереж, газового господарства та іншими нормативно-технічними документаціями.

У веденні енергетичної служби знаходяться електротехнічне, теплотехнічне обладнання та установки, холодильне обладнання та газове господарство.

Основними завданнями енергетичної служби є: - перспективне та поточне планування, розвиток та вдосконалення енергогосподарства на основі НТП; організація надійної та безпечної експлуатації електроустановок, забезпечення безперебійного, якісного та економічного електропостачання; ефективне використання всіх видів енергоресурсів, матеріальних та фінансових витрат енергогосподарства; Використання прогресивних форм організації та оплати праці.

Енергетична служба сільськогосподарських підприємств має право давати обов'язкові для підрозділів підприємства вказівки з питань технічної експлуатації електроустановок, дотримання заданих лімітів та норм енергоспоживання та режимів роботи електроустановок; дотримання правил техніки безпеки; Спільно з економічною службою компанії проводить економічний аналіз роботи енергогосподарства, розробляє перспективи та поточні плани розвитку та роботи енергогосподарства, розробляє норми витрати електроенергії матеріальних ресурсів, ліміти витрат, удосконалює організацію праці та управління у підрозділі, визначає форми та системи оплати праці.

На даному господарстві енергетична служба складає всього 8 осіб з них 4 електромонтери, два працівники служби КВПіА також головний енергетик та інженер-енергетик.

# НУБІП України

## 2.1. Характеристика ЗТП №332

ТП-10/0,4 кВ №136 знаходиться на території підприємства СТОВ «Відродження». Підстанція господарства отримує живлення по одній кабельній лінії 10 кВ. Від трансформаторної підстанції відходить 9 кабельних та три повітряних ліній напругою 0,4 кВ. Навантаження по лініях електропередач подано в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Навантаження ТП-10/0,4 кВ №136

Номер лінії	Протяжність, км	Марка і переріз (мм <sup>2</sup> ) проводу чи кабеля	Об'єкт електропостачання	Встановлена потужність, кВт
КЛ-1	0,080	АВВГ 4х185	Корівники 250 гол	178,8
ПЛ-1	0,157	АС-25 25/4,2	Корівник 350 гол	166,8
КЛ-2	0,027	АВВГ 4х185	Приміщення для молодняку	115,46
ПЛ-2	0,187	АС-25 25/4,2	Тракторна бригада	58,1
КЛ-3	0,045	АВВГ 4х185	Склад готової продукції	22,5
ПЛ-3	0,183	АС-25 25/4,2	Компресорна	21,6
КЛ-4	0,030	АВВГ 4х185	Елеватор	551,1
ПЛ-4	0,016	АС-25 25/4,2	Кормо приготувальний цех	141,9
ПЛ-5	0,160	АС-25 25/4,2	Свердловини	20,5
ПЛ-5	0,120	АС-25 25/4,2	Адміністрація	54,1
ПЛ-6	0,420	СП 2х16	Вуличне освітлення, прохідна	36

В трансформаторній підстанції встановлено два трансформатори: ТМ400/10У1

З високої сторони 10 кВ використовуються роз'єднувач РЛНД-20 та запобіжники ПК-10.

Лінії з низької сторони 0,4 кВ захищаюся автоматичними вимикачами.

Підрахунок навантаження трансформаторній підстанції враховуючи коефіцієнт одночасності. Результати наведені в табл. 2.2.



Таблиця 2.2

## Навантаження ЗТП

Об'єкт електропостачання	Встановлена потужність, кВт	Навантаження на вводі	
		денний максимум	вечірній максимум
		кВА	кВА
Корівники 250 гол	78,8	65,2	20,9
Корівник 350 гол	66,8	59,1	14,3
Доїльна зала	15,46	14	1,46
Тракторна бригада	58,1	57,9	7,3
Склад готової продукції	22,5	22	22,5
Свердловини	20,5	20,5	20,5
Компресорна	21,6	20	18,6
Елеватор	151,1	151,1	123,8
Кормо приготувальний цех	141,9	140	14
Адміністрація	54,1	49	35,2
Вуличне освітлення, прохідна	36	1,9	34,2

Сумарне навантаження:

$$P_d = k_0 (65,2 + 59,1 + 14 + 57,9 + 22 + 20,5 + 20 + 151,1 + 141,9 + 54,1 + 1,9)$$

$$P_d = 0,65 (65,2 + 59,1 + 14 + 57,9 + 22 + 20,5 + 21,6 + 151,1 + 141,9 + 54,1 + 1,9) = 391,49 \text{ кВА};$$

$$P_b = k_0 (20,9 + 14,3 + 1,46 + 7,3 + 22,5 + 20,5 + 18,6 + 123,8 + 14 + 35,2 + 34,2)$$

$$P_b = 0,65 (426,5 + 108,9 + 106,8 + 94,3 + 92,6 + 37,6 + 5,3 + 34,2 + 14,6 + 13,8 + 13,2) = 302,83 \text{ кВА}.$$

Виходячи з розрахунків, сумарне навантаження на трансформаторній підстанції становить 392 кВА.

## 2.2. Обґрунтування проведення модернізації

В електроенергетичній, як і в багатьох інших галузях, на сьогоднішній день гостро стоїть питання модернізації мереж та підстанцій. Устаткування, встановлене 25–30 років тому, виробило свій ресурс на 100%. Нинішня його працездатність багато в чому зберігається за рахунок того, що обладнання було виготовлено з багаторазовим запасом міцності.

Високовольтні вимикачі вичерпали свій комутаційний ресурс. Запасних частин, які підлягають заміні при середніх та розширених поточних ремонтах сьогодні, практично ніхто не випускає. Сучасним ринком представлені лише аналоги, що випускаються кооперативами, але про якість таких запчастин, зрозуміло, немає й мови.

Гумотехнічні вироби (РТИ), що за роки роботи втрачають еластичність, через багаторазові температурні розширення, на кільцях ущільнювачів і прокладках присутня остаточна деформація.

У процесі обслуговування РТИ часто виготовляються на підстанціях самим ремонтним персоналом, за допомогою підручних пристроїв; звичайно, такі комплектуючі не можуть забезпечити герметичність вузлів. На зміну масляним вимикачам приходять вимикачі середовищем дугогасіння, в яких служать елегаз і вакуум.

Габарити такого обладнання набагато менше, а обслуговування полягає лише в спостереженні за їх роботою. Крім того, нові вимикачі не потребують поточних ремонтів. Таким чином, експлуатаційні витрати знижуються у рази.

Вимірювальні трансформатори, що працюють на багатьох підстанціях і сьогодні, часто не відповідають вимогам класу точності "ТФЗМи" та "НКФи" багато років прослужили на підстанціях, морально та фізично застаріли. Сучасні вимірювальні трансформатори випускаються в герметичному виконанні, при цьому відразу вирішується проблема з обслуговуванням повітряносушувальних фільтрів і масломерних стекол, що постійно забруднюються.

Температурне розширення олії вони відбувається з допомогою деформації силфону. Обслуговування такого обладнання не вимагає, а отже і кількість незапланованих ремонтів скорочується. Трансформатори напруги нового покоління оснащуються ємнісними дільниками.

Це трохи ускладнює конструкцію трансформатора, проте унеможливорює виникнення ферорезонансу. Вентильні розрядники за багато років експлуатації погіршують свої пропускі здібності, зволоження нелінійних опорів призводить до їхньої некоректної роботи при грозових та комутаційних перенапругах.

При виході з ладу вентильних розрядників перевагу при заміні надають сучасним обмежувачам перенапруг. Іскрові проміжки – це слабе місце вентильних розрядників, згодом ними утворюється нагар, їх провідність погіршується.

Реєстратори спрацьовування розрядників вимагають постійного контролю з боку оперативного персоналу, при перегоранні всіх плавких вставок потрібне виведення розрядника в ремонт, а отже, основне обладнання також має бути виведене. Подібні проблеми виключені при використанні обмежувачів перенапруги, що не потребують обслуговування; досить вчасно проводити огляди.

Сучасні тенденції ведуть до зменшення габаритів всього, що виробляється, і енергетика не стала винятком. Із застосуванням у виробництві нових високотехнологічних матеріалів стало можливим зменшення габаритів обладнання.

Перед сучасними виробниками обладнання стоїть завдання виробляти продукцію, яка не потребує обслуговування, для зниження експлуатаційних витрат. Загалом модернізація веде до скорочення ролі людини у виробництві, передачі та споживанні електроенергії.

В трансформаторній підстанції №136 з боку високої напруги 10 кВ встановлено розподільчий пристрій закритого типу з шафами типу камерами збірними одностороннього обслуговування, а з боку низької напруги 0,4 кВ

шафи укомплектовані приладами захисту ліній та приладами обліку споживання електричної енергії.

На ТП використовуються два силових трансформатори ТМ400/10У1.

Розподільчі пристрої ТП повинні відповідати таким загальним вимогам:

- обладнання ТП за своїми паспортними даними повинне задовольняти умовам роботи як за номінального режиму так і за КЗ. Апарати і шини повинні мати необхідну термічну та динамічну стійкість; ізоляція обладнання повинна витримувати можливі підвищення напруги при атмосферних та внутрішніх перенапругах;

- приміщення ТП повинні бути безпечними та зручними при обслуговуванні обладнання персоналом при всіх можливих режимах роботи, а також при ремонті;

- все обладнання повинне надійно працювати при допустимих навантаженнях;
- температура та вологість повітря в приміщеннях закритих ТП повинні підтримуватись такими, щоб не зволожувалася ізоляція. У закритих ТП температура має перевищувати 40 °С. Вентиляція приміщень має бути достатньо ефективною;

- у приміщеннях ТП повинні знаходитися захисні засоби та засоби гасіння пожежі. Вікна в закритих ТП повинні бути надійно закриті, а отвори в стінах закладені для виключення можливого потрапляння в приміщення тварин та птахів. Покрівля має бути справною;

- всі приміщення ТП повинні мати робоче та аварійне електричне освітлення.

Враховуючи фізичну зношеність та застарілість конструкції розподільчих пристроїв підстанції пропонуємо провести модернізацію РП високої та низької напруги.

### 2.3. Модернізація РП 0,4 кВ

Застосування розподільчих шаф низької напруги (РШНН), що комплектуються вимикачами-роз'єднувачами із запобіжниками типу ARS (APATOR), підвищує якість і надійність електропостачання.

Динамічний розвиток інфраструктури приводить до різкого збільшення абонентської потужності трансформаторних підстанцій. У зв'язку з цим необхідно провести модернізацію існуючої підстанції або збільшити кількість підключень в обмеженому просторі. При цьому слід враховувати, що збільшення потужності приєднання обов'язково супроводжуватиметься

посиленням вимог безпеки експлуатації обладнання та надійності електропостачання. Вирішити ці завдання неможливо без використання нових технологій: введене в експлуатацію обладнання повинне мати високі технічні характеристики, мінімальні експлуатаційні витрати і забезпечувати можливість

подальшої модернізації ТП. Впровадження низьковольтних розподільчих шаф (РШ) з використанням роздільників типу ARC (APATOR) дозволить значно скоротити щорічні витрати на технічне обслуговування та ремонт обладнання підстанції та більш ефективно використовувати площу за рахунок мінімізації площі розподільчої площі нижче підстанції.

Розподільні шафи невисокої напруги РШНН призначені для комплектування розподільних приладів напруги 0,4 кВ змінного струму частотою 50 Гц з глухо заземленою нейтраллю, спеціалізованих для приймання, розподілу електричної енергії, захисту від перевантажень та струмів короткого замикання фідерних ліній. Шафи призначені для встановлення в спеціальних електроприміщеннях. Звичайна робота шаф виконує наступні критерії:

- температура навколишнього середовища від  $-45^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ ;
- висота установки над рівнем моря – не більше 1000 м;
- умовна вологість усередині будівлі по 80% при температурі  $25^{\circ}\text{C}$ ;

навколишнє середовище не вибухонебезпечне, не містить струмопровідного пилу, агресивних пар і газів в концентраціях, здатних

руйнувати метали та ізоляцію тим самим порушуючи роботу шаф.

Конструктивно шафа являє собою основа якої, виконана з металевих вузлів з'єднаних з допомогою зварювання або профілів які з'єднуюся за допомогою болтових з'єднань. Для забезпечення безпечної роботи вхідні та секційні пристрої закриваються дверцятами, а клеми шин закриті захисними кришками на верхній частині шафи. Автоматичні вимикачі (фідери) типу APC мають з'єднане вертикальне розташування фаз і монтується на горизонтально розміщених шинах. Кожен блок автоматичного вимикача ARS діє як роз'єднувач і захищає підключені до нього кабельні лінії від перевантаження і короткого замикання.

Захист реалізований на ножових запобіжниках серії NH виробництва Європи або серії PPN виробництва «Корнівського заводу низьковольтної апаратури». Для живлення та захисту споживачів, номінальний струм яких перевищує 630 А, використовується комбінована шафа з модулем захисту лінії та автоматичним вимикачем. Введення від силового трансформатора йде через автоматичні вимикачі, секційні - через секційні вимикачі навантаження або автоматичні вимикачі. Для економії місця у верхній частині панелі встановлені

вхідний і сегментний блоки. За бажанням замовника блок введення може бути використаний як окремий модуль. Крім того, у верхній частині панелі можуть бути розміщені: облік, АВР, шафа персональних потреб та ін. Для організації обліку електроенергії трансформатори струму можуть бути встановлені на вводи та фідерах (без зміни конструкції та розмірів шафи). Якщо є подвійні низьковольтні дроти, їх можна захистити запобіжником відповідного номіналу.. При цьому місце підключення кабелів необхідно комплектувати спеціальним з'єднувачем 2V.

Роз'єднувачі (АПАТОР) із запобіжниками серії APC призначені для вимикання вимикачів на робочі струми 160А, 250А, 400А і 630А. Вони забезпечують ефективний захист кабелів і обладнання завдяки використанню запобіжників (які спрацьовують на високій швидкості, обмежують дію

постійного струму і таким чином значно зменшують електродинамічну силу під час коротких замикань).

Автоматичний вимикач типу АРС (АПІАТОР) складається з наступних частин:

- Триполюсний стрижень, встановлений безпосередньо на струмопровідній шині, з пружинними контактними захватами для підключення запобіжника до кабельного затискача. За допомогою різних типів затискачів можна використовувати як оголені, так і кабелі з наконечниками;

- захисний бокс, оснащена дуго гасителем, що дозволяє використовувати пристрій як вимикач навантаження;

- Блок кришки запобіжників для відключення однофазного навантаження. Трифазне відключення приймає спеціальну трифазну ручку.

Процес відмикання проводиться шляхом відтягування на себе ручки зі встановленими в неї запобіжниками. Відмикання дозволяється проводити під навантаженням.

Роз'єднувачі типу АРС можуть комплектуватися трансформаторами струму, які встановлюються між струмопровідною шиною і автоматичним вимикачем. Монтаж трансформаторів струму, які використовуються для розрахунку енергії на фідері, можна проводити безпосередньо в об'єкті без зміни конструкції шафи. Таке рішення дозволяє легко організувати облік електроенергії (АБОЕ) при подальшому розвитку ТП.

Для зручності доступу до щитів низької напруги та автоматичних вимикачів АРС в комплект поставки входить заземлювач типу URS. Пристрій дозволяє заземлити необхідні фідери без відключення інших навантажень користувачів для випучення кабелів або обладнання для обслуговування, що є обов'язковою умовою згідно норм ПУЕ (розділ 1.7 Заземлення та електробезпека). Заземлення типу URS встановлюється замість запобіжників.

Переваги:

- високі механічні і електричні властивості;

- можливість підключення мідних і алюмінієвих кабелів великого поперечного перерізу;

- різноманітність типорозмірів для різного призначення: вхід і вихід зверху, знизу, справа або зліва, однофазне ввімкнення запобіжників або одночасне ввімкнення всіх трьох фаз та інші;

- термостійкий негорючий міцний корпус;

- простий і зручний монтаж в розподільних шафах;

- використовуються ножові запобіжники європейського стандарту будь-якого виробника.

Блок-рубильники типу ARS – це сучасне рішення, що забезпечує наступні переваги в порівнянні з автоматичними вимикачами:

- проста конструкція;

- відмикаюча здатність 120 кА при 500В AC і 50 кА при 250В DC (при цьому вартість запобіжника в порівнянні з автоматичним вимикачем з аналогічною відмикаючою здатністю суттєво нижче);

- видимий розрив;

- відсутність можливості “залипання” контактів при короткому замиканні;

- покриті сріблом контакти.

При збільшенні потужності чинної ТП застосування даного типу РШНН дозволяє істотно заощадити корисний простір коштом менших габаритних розмірів шафи. Автоматичний вимикач із захистом ARS повністю замінює структуру звичайних автоматичних вимикачів, кабелів і тримачів запобіжників.

Таким чином, використання РШНН замість панелей ШКО значно зменшить габарит РННН 0,4 кВ ( $\approx 2x$ ), що не призведе до істотного збільшення вартості

#### 2.4. Компенсація реактивної потужності

Відомо, що більшість електроприймачів, а також пристроїв перетворення електроенергії, в силу своїх фізичних властивостей вимагають для роботи, крім активної енергії  $W_p$ , що надходить з мережі до електроприймача, енергії,



необхідної для створення змінного електромагнітного поля, що отримала назву реактивної  $W_Q$ . Тому, в електричних мережах змінного струму, повна потужність, що передається  $S$  дорівнюватиме геометричній сумі активної  $P$  та реактивної  $Q$  потужності [2, 3]:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2.1)$$

повний струм  $I$  пропорційний активній  $I_A$  та реактивній  $I_P$  складовим:

$$I = \sqrt{I_A^2 + I_P^2} \quad (2.2)$$

а його величина в лінії електропередачі при напрузі мережі  $U$  складе:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (2.5)$$

Для елементів трифазної лінії із опором  $R$  втрати активної потужності  $\Delta P$  дорівнюватимуть [2]:

$$\Delta P = 3I^2 R = \frac{S^2}{U^2} R = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R = \frac{P^2}{U^2} R + \frac{Q^2}{U^2} R = \Delta P_A + \Delta P_P, \quad (2.4)$$

де  $\Delta P_A$  та  $\Delta P_P$  — складові втрат від передачі активної та РМ.

Незважаючи на те, що на вироблення РМ активна потужність, а отже і паливо безпосередньо не витрачається, її передача по мережі викликає витрати активної енергії, які покриваються активною енергією генераторів (за рахунок додаткової витрати палива). Величина даних втрат може бути наступна [3]:

$$W_{\text{втр}} = \frac{Q^2}{U^2} \cdot R \cdot \tau, \quad (2.5)$$

де  $\tau$  — часова характеристика графіка передачі РМ.

При оцінці величини можна відштовхуватися від відомого поняття еквівалента РМ -  $k_{\text{ж}}$  рівного 0,08 кВт/квар і означає, що в середньому на передачу 100 квар РМ витрачається 8 кВт активної [3], але, на відміну від активної, РМ може генеруватися компенсуючими пристроями (синхронними компенсаторами та електродвигунами; конденсаторами, статичними джерелами РМ), причому

паливо при цьому практично не споживається. Особливістю РМ також є те, що витрати на її передачу не залежать від напрямку, тобто і споживання та генерація в мережу еквівалентних обсягів РМ однаково погано. У цьому сенсі поняття «постачальник» чи «споживач» стосовно РМ втрачає сенс, а термін «компенсація РМ» (а чи не виробництво) абсолютно вірний [3].

Довгий час основним нормативним показником, що характеризує споживання РМ [2, 4], був середньозважений коефіцієнт потужності  $\cos\varphi$ . У випадку визначається як;

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} \quad (2.6)$$

Але співвідношення  $P/S$  не дає уявлення про динаміку зміни реального значення РМ. Так, при зміні  $\cos\varphi$  з 0,95 до 0,94 споживання РМ ( $S \cdot \sin\varphi$ ) зросте на 10%, а при зміні з  $\cos\varphi$  з 0,99 до 0,98 приріст РМ складе 42%. Тому як коефіцієнт РМ зручніше користуватися фактичним співвідношенням активної та реактивної складових повної потужності  $\tan\varphi$  [4]:

$$\tan\varphi = \frac{Q}{P} \quad (2.7)$$

Середньозважений коефіцієнт потужності навантаження, що використовувався при розрахунках із споживачами, визначався за показаннями активного та реактивного комерційних лічильників за заданий відрізок часу.

Якщо за час розрахункового періоду  $t$  - показання лічильника активної енергії дорівнювали  $W_A = W_{At1} - W_{At2}$ , а реактивного -  $W_P = W_{Pt2} - W_{Pt1}$ , то:

$$\tan\varphi = \frac{W_P}{W_A} \quad (2.8)$$

Таким чином, загальне завдання оптимального електроспоживання [6], як на стадії проектування, так і на стадії експлуатації систем електропостачання, включає питання забезпечення КРМ на вантажі - в мережі періодичної напруги нескінченної потужності навантаження має споживати з мережі струм за формою

і фази збігається з напругою (рис. 2.1). Прийнято вважати, якщо струм відстає по фазі від напруги (індуктивний характер навантаження, рис. 2.1), то РМ має позитивне значення (споживання РМ, режим недокомпенсації), якщо струм по фазі випереджає напругу (ємнісний характер навантаження), РМ має негативне значення (генерація РМ у мережу, режим перекомпенсації).



Рис. 2.1. Зміна напруги та струму лінії з індуктивним навантаженням

У випадку, КРМ застосовується для кількох цілей: по-перше, вона необхідна для дотримання умови балансу РМ вузлів навантаження по-друге, пристрої компенсації (КК) РМ застосовуються з метою зниження втрат у мережі електроенергії по-третє, КК можуть бути використані при регулюванні напруги та покращення норм якості електроенергії

Конденсаторна батарея - це група конденсаторів, з'єднаних паралельно і послідовно для компенсації недостатньої реактивної потужності. Зі збільшенням кількості послідовно з'єднаних конденсаторів збільшується допустима напруга на батареї, а зі збільшенням числа паралельних груп допустимий струм на батареї

Генератори, лінії та двигуни є основними елементами системи, а компенсатори та конденсатори є додатковими джерелами, які встановлюються переважно для вироблення реактивної потужності. Тому необхідно оцінити взаємні переваги і недоліки компенсаторів і конденсаторів.

Втрати активної потужності в конденсаторах у багато разів менші, ніж в конденсаторах

компенсатор; конденсатори дешевші за компенсатори;

- Оскільки конденсатори не мають рухомих частин, вони більш надійні,

Легше в обслуговуванні, конденсатори покращують форму кривої напруги;

- Є конденсатори великої та малої ємності

Ємність. У більшості випадків компенсатор економічніше використовувати лише у великій ємності;

- У більшості випадків конденсатори не вимагають тривалого простою для модифікації та ремонту.

Однак:

- компенсатори можуть плавно регулювати реактивну потужність, конденсатори – тільки стрибками, вмиканням або вимкненням окремих блоків батарей;

- Компенсатори можуть як генерувати, так і розсіювати реактивну потужність з мережі, тоді як конденсатори можуть лише генерувати [1].

Реактивна потужність, необхідна конденсатору, визначається за такою формулою:

$$Q_K = P_{cp} (tg\varphi_{фак} - tg\varphi_{пл}), \text{ квар} \quad (2.9)$$

де  $P_{cp}$  – середня активна потужність об'єкта за певний час (місяць, рік), кВт;  
 $tg\varphi_{фак}$  – тангенс кута зміщення фаз, що відповідає фактичному  $\cos\varphi_{фак}$ ;  $tg\varphi_{пл}$  – тангенс кута зміщення фаз, що відповідає плановому  $\cos\varphi = 0,92 - 0,95$ .

Середня потужність:

$$P_{cp} = \frac{A_{річ}}{T_{роб}}, \text{ кВт} \quad (2.10)$$

де  $A_{річ}$  – річне споживання активної електроенергії (за лічильником), кВт·год.;

$T_{роб}$  – час роботи установки за рік, год.

Фактичний  $\cos\varphi$  можна виміряти на вводі або взяти з довідкового матеріалу.

Кількість конденсаторів визначають так:

НУБІП України  $n = \frac{Q_k}{Q_{кб}}$ , шт. (2.11)

де  $Q_{кб}$  – потужність однієї банки конденсаторів, квар.

Загальна потужність конденсаторів при умовах симетрії розраховується за формулою:

НУБІП України  $Q = \frac{2}{3}(C_{1,2} + C_{2,3} + C_{3,1}) \cdot U^2 \cdot 10^{-3}$ , квар (2.12)

де  $C_{1,2}$ ,  $C_{2,3}$ ,  $C_{3,1}$  – ємності, виміряні між двома лінійними виводами конденсатора;

$U$  – номінальна лінійна напруга, кВ [4].

НУБІП України Промисловість випускає широкую гамму комплектних конденсаторних установок для застосування в мережах низької та високої напруги, нерегульовані та з автоматичним регулюванням. Головні переваги таких установок:

1. Споживач отримує вже готову для експлуатації установку, яка звільняє

НУБІП України його від необхідності проектування, купівлі необхідного комплектуючого обладнання та монтажу. Достатньо установку поставити в потрібне місце і підключити.

2. Автоматичне регулювання дозволяє найбільш

НУБІП України ефективно здійснювати компенсацію реактивної потужності, підвищує термін її служби. Конденсаторні установки низької напруги випускаються як нерегульовані так і регульовані.

Регульовані батареї конденсаторів комплектуються регуляторами з

НУБІП України мікропроцесорним автоматичним управлінням. Розглянемо мікропроцесорний регулятор серії PFC RS виробника ETI (Словенія)

НУБІП України



Рис. 2.2. Передня панель пристрою

Застосування-Регулятор коефіцієнта потужності оцифровує вимірюється лінійна напруга між двома фазами і струм в третій фазі. Потім з цих значень, пристрій обчислює: коефіцієнт потужності, ефективні значення напруги і струму, гармонійне спотворення по напрузі і струму. Розрахунок необхідної потужності для компенсації проводиться за допомогою встановленого необхідного значення коефіцієнта реактивної потужності в пристладі. На підставі цих значень регулятор включає або відключає відповідні конденсаторні ступені.

Опис:

- У межах кожного рівня потужності для використання рівномірного ресурсу конденсаторних банок регулятор використовує метод кільцевого перемикачання, при якому для забезпечення необхідного рівня потужності підключається ступінь, який найдовше відключений. Це робиться для забезпечення оптимального рівня компенсації за один цикл регулювання з мінімальною кількістю підключених ступенів.

- Оптимізація кількості циклів: Оптимальне регулювання досягається в одному циклі регулювання з мінімальною кількістю ступенів, після перемикаються. Контролер заздалегідь визначає необхідну потужність компенсації і може підключити чи відключити кілька шаблів у одному циклі.

Переваги:

• контроль параметрів: U, I, P, Q, S, cos, THDU, THDI, гармонік (до 19-го порядку),  $t^{\circ}$

• автоматичне або ручне налаштування параметрів

• автоматичне або ручне визначення підключених щаблів конденсаторів

• різні рівні  $t^{\circ}$  для керування вентилятором та відключення щаблів установки

• універсальний вхід для підключення вторинної обмотки; ..1A та ..75A

• внутрішній датчик температури

• три методи регулювання (APFR за замовчуванням)

• контроль операцій перемикачів та часу роботи

• налаштування розряду конденсаторів та мінімального часу реакції для кожного ступеня

• останній ступінь регуляторів може бути використаний як аварійний вихід

• пам'ять для мінімальних та максимальних значень

• програмовані вихідні контакти аварійної сигналізації, тільки PFC 12 RS

Регулятор реактивної потужності PFC RS це цілком автоматичний

пристрій здійснює оптимальне керування швидкою компенсацією реактивної

потужності зі швидкістю до 25 регулюючих впливів за секунду. Він оснащений

транзисторними виходами для управління тиристорними комутаторами і двома

релейними виходами для управління стандартними контакторами, або для

включення вентиляції або опалення.

Частота мережевої напруги може простягатися в межах від 43 до 67 Гц.

Вимірювальний контур струму є універсальним для номінальних значень

вторинного струму вимірювальних трансформаторів струму (ІТТ) 1А або 5А.

Вимірювані сигнали дозволено підключити до регулятора в довільній комбінації,

іншими словами довільну фазну або лінійну напругу і струм будь-якої фази.

Запуск (інсталяція) приладу цілком автоматизований, регулятор

автоматично визначить як спосіб підключення, також і величину окремих

приєднаних компенсуючих ступенів. Ручне задача цих параметрів також можливо.

Під час регулювання пристрій проводить поточний нагляд компенсуючих ступенів, при виявленні зникнення або зміни величини ступеня даний стадія тимчасово виключається з процесу регулювання (при відповідній настройці параметрів).

Тимчасово виключений стадія систематично тестується і може бути назад введена в процес регулювання.

При вимірюванні обчислюються роль гармонійних складових напруги та струму до 19 порядку. З цих величин обчислюється коефіцієнт нелінійних спотворень (THD), і коефіцієнт завантаженість конденсаторів вищими гармоніками (SHI), які можна спостерегти на дисплеї. При цьому можливо встановити допустимі рівні цих коефіцієнтів, при перевищенні яких регулятор відключить всі компенсуючі ступені і тим самим запобіжить їх пошкодження. Крім того, найгірші значення вказаних величин записуються в пам'яті приладу для подальшого аналізу.

Поряд з конденсаторами до регулятора можливо підключити і компенсуючі дроселі (в випадку декомпенсації мережі). Довільний вихід можливо запрограмувати як постійний, останні два виходи можливо налаштувати для включення вентилятора або опалення.

Регулятор має релейний вихід "Alarm", активацію якого можливо налаштувати на сигналізацію нестандартних станів, як незначний струм, немалий струм, зникнення вимірювальної напруги, перенапруга, перевищення налаштованого рівня гармонійних спотворень, стан недокомпенсації чи то перекомпенсації, стан зворотного живлення (експорт), перевищення допустимого числа включень ступеня, несправність ступеня або перегрів.

Всі типи регуляторів можливо замовити в розширеному виконанні з гальванічно відокремленим інтерфейсом типу RS-485. У поєднанні з віддаленим комп'ютером таким чином можливо дистанційно помічати всі вимірювані величини і виконувати настройку параметрів регулятора.



### Контроль підвищення температури

Регулятор забезпечує можливість видачі аварійного сигналу при підвищенні температури у двох рівнях. Перший рівень забезпечує вентиляцію шафи. Другий рівень відключає всі шаблі конденсаторної установки та видає аварійний сигнал на дисплей.

### Меню Symbol

Кожен параметр у меню моніторингу та обслуговування представлений 3-4 сегментним символом. Символи є логічними та забезпечують користувачеві інтуїтивне розуміння параметрів вимірювань та функцій, що відображаються на дисплеї.

### Двоколірна світлодіодна індикація

Кожна операція зі ступенями конденсаторної установки відображається двоколірним LED на дисплеї контролера. Різні кольори та логічні символи дозволяють визначити стан роботи та налаштування кожного ступеня.

### Останній ступінь аварійного виходу PFC-6 RS, PFC-8 RS

Дані типи регуляторів не мають незалежних аварійних сигнальних виходів, але останній ступінь може бути використаний як аварійний вихід. В цьому випадку вона застосовується лише як аварійний сигнальний вихід і не використовується для комутації контакторних шаблів.

### Інтерфейс RS485

Регулятори коефіцієнта реактивної потужності оснащені інтерфейсом зв'язку RS485 з протоколом зв'язку Modbus RTU.

### Вимір гармонік

Регулятор здійснює широкий спектр моніторингу електричних параметрів мережі, таких як U, I, P, Q, S,  $\cos \phi$ , THDU, THDI, а також непарні гармоніки U та I до 19-го порядку.

### Декомпенсація

У регуляторі передбачено функцію застосування декомпенсуючих (індуктивних реакторів) ступенів, при цьому ступінь може мати як індуктивний, так і ємнісний характер.

Декомпенсуючі реакторні ступені застосовуються у двох випадках:

на об'єктах, де є тільки ємнісне навантаження – у такому разі всі шабл регулятора працюють індуктивними; і на об'єктах, де є індуктивне та ємнісне навантаження – у такому разі один ступінь може працювати індуктивним, а інші шаблі будуть ємнісними.

Вхід за тарифами PFC 12 RS

У регуляторі компенсації реактивної потужності передбачено можливість роботи за двома тарифними планами  $\cos \phi$ . Налаштування другого тарифу  $\cos \phi$  здійснюється у сервісному меню контролера та активізується подачею живлення

на вхід Tariff.

Для компенсації потужності при різних навантаженнях регулятори PFC відслідковують активну та реактивну складову потужності шляхом вимірювання миттєвих значень напруги та струму в електричній мережі. На основі цих вимірювань обчислюється зсув фаз між струмом і напругою, і це значення порівнюється з попередньо заданою величиною  $\cos \phi$ . Залежно від фактичного відхилення коефіцієнта потужності регулятор PFC подає команду на керування ступенями конденсаторних батарей з мінімальним часом реакції від 4 секунд (програмується).



Рис. 2.3 Зовнішній вигляд тиристорного комутатора КМВ КАТКА-80-Т

Таблиця 2.3

Технічні дані регуляторів реактивної потужності PFC RS

Технічні Характеристики:	
Напруга харчування	400 VAC (+10%, -15%), 50 Hz / 60 Hz
Споживана потужність	<math>3,2 \text{ VA}</math>
Діапазон струму	5mA - 6A
Точність вимірювання струму	$\pm 0,2\%$
Точність вимірювання напруги	$\pm 0,5\%$
Точність вимірювання THDU і THDI	$(U > 10\% U_N) \pm 5\%$ / $(I > 10\% I_N) \pm 5\%$
Точність вимірювання зсуву фаз при $I > 3\% I_n$	$\pm 3^\circ$ (інакше $\pm 1^\circ$ )
Комутована потужність аварійного сигнального виходу	250 V AC / 5 A
Діапазон налаштування коефіцієнта потужності	0.8 інд. $\div$ 0.8 емк.
Ватримка часу при відключенні конденсаторних сходів	5 $\div$ 900 сек.
Час розряду конденсатора	5 $\div$ 900 сек.
Діапазон потужності ступіні	999 kVA <sub>r</sub> інд. $\div$ 999 kVA <sub>r</sub> емк.
Розпізнавання конденсаторних сходів	ручне / автоматичне
Порт зв'язку	RS485 (Modbus RTU)
Робочий діапазон температур	від +40°C до +70°C
Ступінь захисту	IP20 клемне підключення / IP54 фронт. панель
Глибина	55 мм
Відповідність стандартам	EN 61010-1, EN50081-1, EN50082-1

НУБ

НУБ

НУБ

НУБ

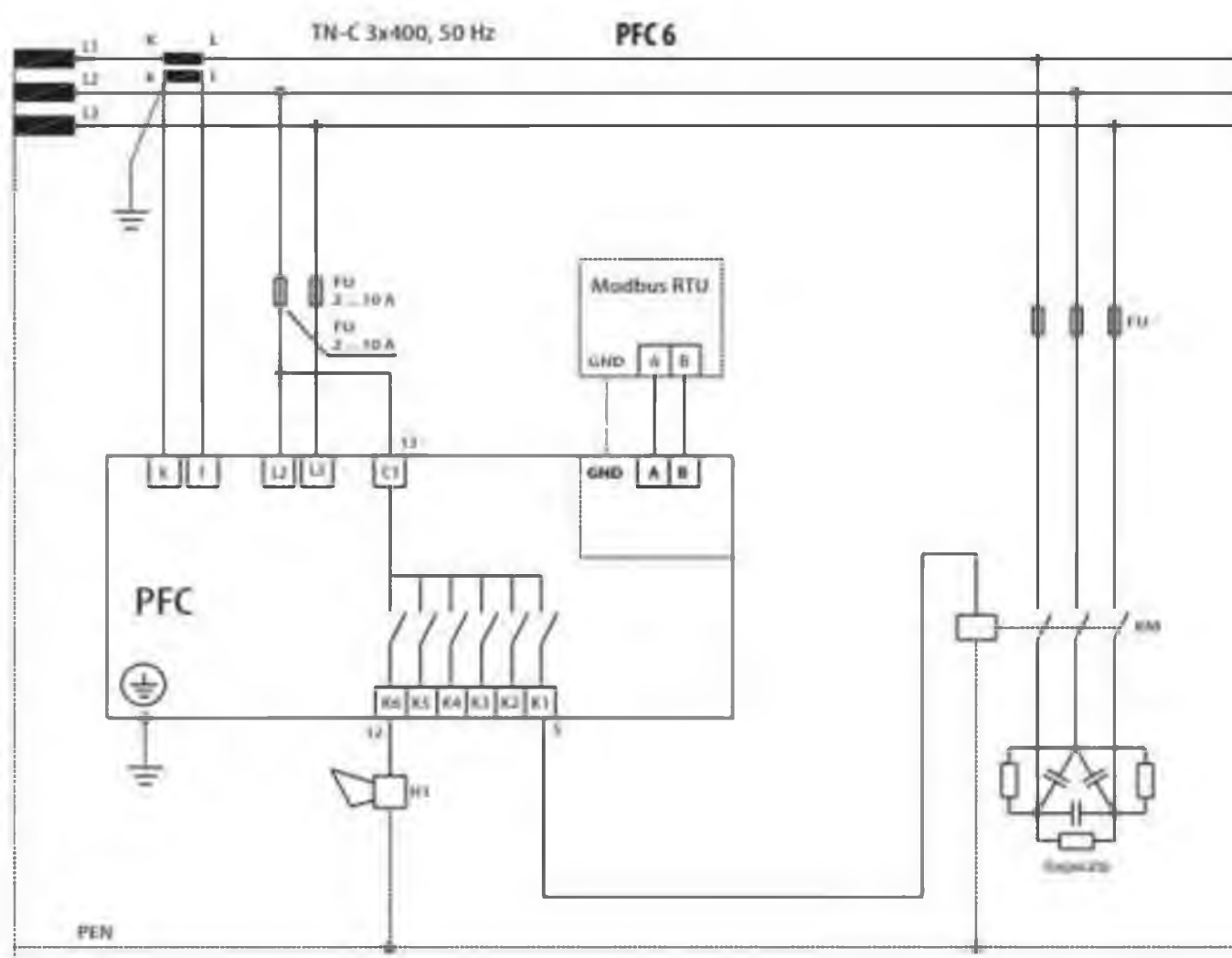


Рис 2.4. Схема підключення регулятора

НУБ

00

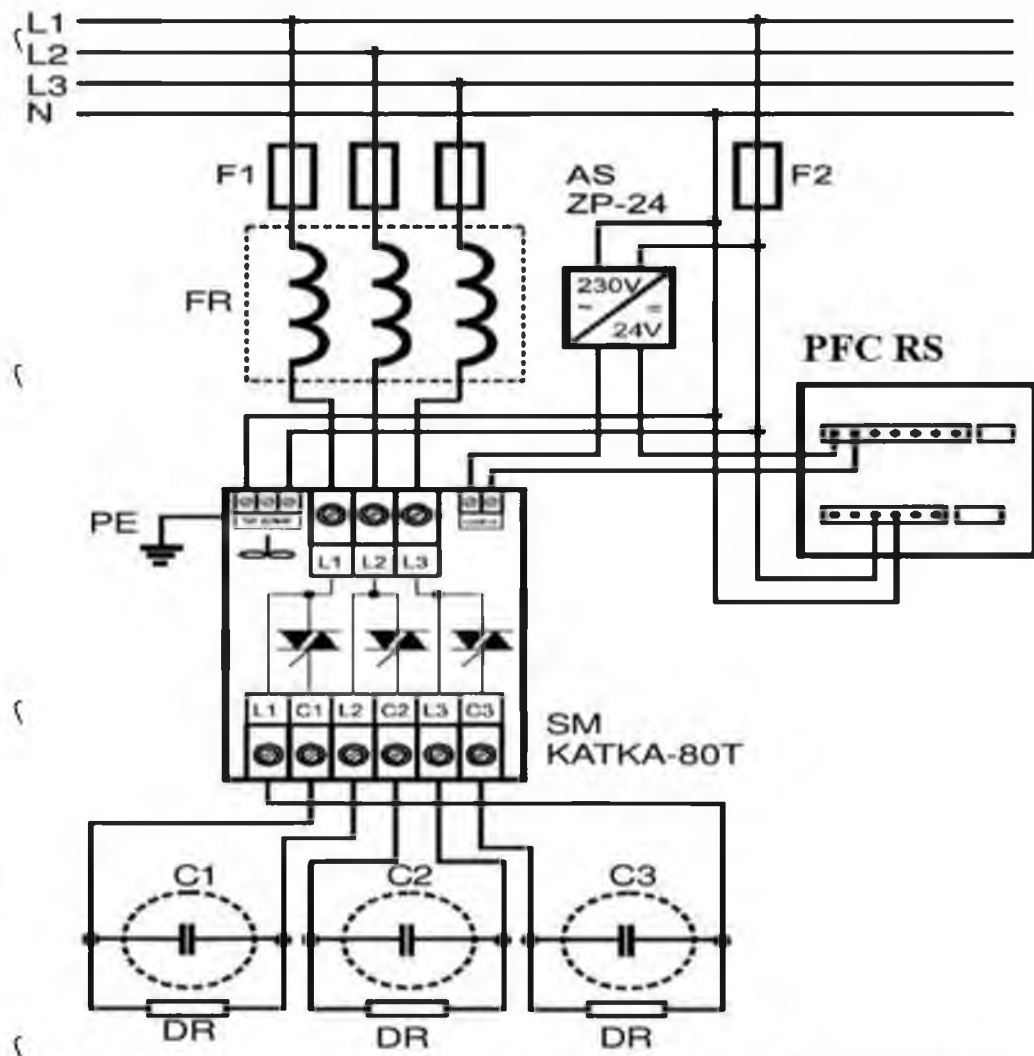


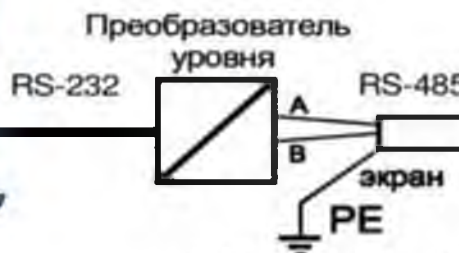
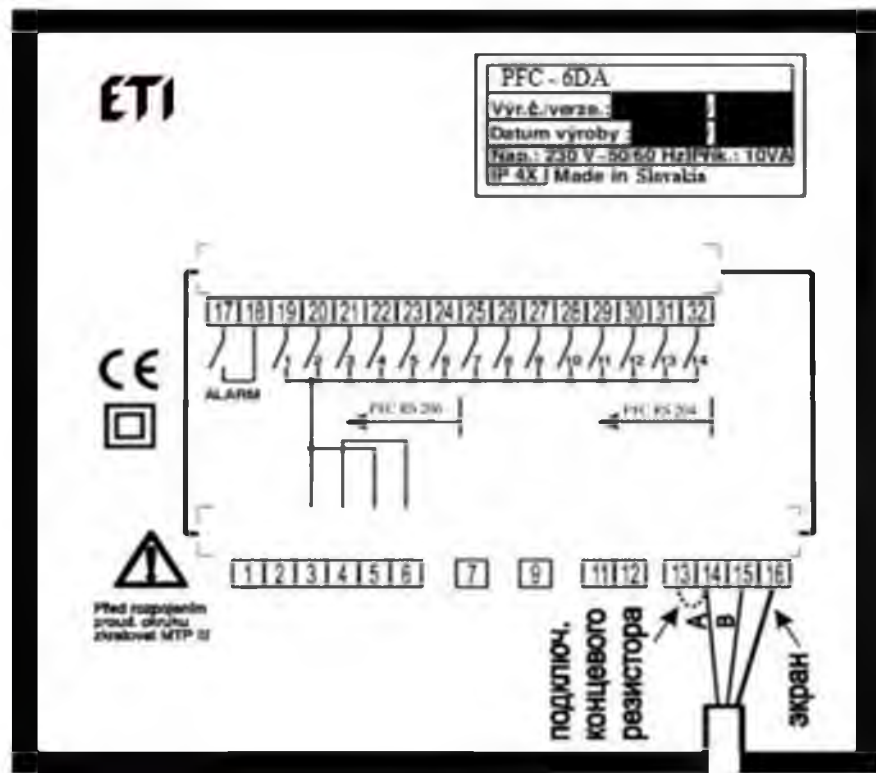
Рис. 2.5 / Схема підключення тиристорного комутатора

Н

Н

Н

Н



кабель связи  
(крученная пара,  
экранированный)

НУБІП УКРАЇНИ

Рис. 2.6. Схема підключення регулятора по каналу зв'язу RS-485

НУБІП України

НУБІП України

## 2.5. Модернізація освітлювальних установок

На сьогоднішній день проблема економії електроенергії – невід'ємна частина життя сучасного товариства, яка торкається і приватну і виробничу сферу. Зі зростанням промислових підприємств збільшуються обсяги споживання електроенергії, необхідні для забезпечення їх нормального функціонування. Надмірне споживання електрики впливає не лише на вартість послуг з електропостачання, а й на собівартості продукції, яку випускає підприємство, що, в кінцевому рахунку, що веде до підвищення ціни на неї. При збільшенні вартості товару попит йде на спад, що зрештою позначається лише на рівні виробництва, воно знижується. В особливу групу споживачів електроенергії необхідно виділити великі підприємства, які виробляють сільськогосподарську продукцію на промисловій основі (тваринницькі комплекси, птахофабрики, тепличні комбінати). Для тваринницьких комплексів існує кілька способів економії електроенергії:

1) Переоснащення виробничих площ. В даному випадку йдеться про реконструкції ферми, що діє. Насамперед необхідно збільшити світлопроникність віконних прорізів, реконструювати дах і передбачити безперешкодне проникнення денного світла в приміщення за допомогою вікон в даху. Крім створення додаткових джерел природного освітлення рекомендується містити в чистоті всі віконні отвори всередині та зовні тваринницьких приміщень. Ці заходи дозволять економити в середньому до 5% витрат на електроенергію.

2) Оновлення освітлювальної установки. Рекомендується зробити переоснащення джерел світла на світлодіодне устаткування. Модернізація повинна торкнутися не тільки освітлювального обладнання, але і ліній електропроводки, яка в набагато більшою ступеня схильна зносу і яка є джерелом електричних втрат. Реконструкція освітлювальної установки дозволить економити приблизно 30-70% на електроенергії.

3) Впровадження автоматизованої системи управління освітленням. Дана

концепція є ефективним способом розподілу електроенергії в процесі освітлення тваринницьких приміщень. Напрямок інтелектуального освітлення сьогодні зайняло свою нішу на ринку світлотехніки за рахунок орієнтованості товариства на «зелені» технології, що підтверджується прийняттям офіційних що регламентують

документів на державному та міжнародному рівні. Підтвердження цього

твердження можна, можливо знайти в Киотському протоколі [23]. Рациональне використання природного освітлення, яке доповнюється штучним за допомогою датчиків освітленості, руху і присутності дозволить додатково заощаджувати до

50% електроенергії. На сьогоднішній день масово використовується система DALI, реалізована в відповідно зі стандартом IEC 60929 [24].

Системи освітлення на підприємствах можуть виявитися серйозним резервом економії електроенергії.

До складу системи освітлення в загальному випадку входить:

- світильники, що містять лампи, пускорегулюючі пристрої, оптику, що формує необхідний світловий потік;

- пристрої керування світильниками: вимикачі, димери, автоматичні пристрої тощо;

- електричні розподільчі мережі;

- системи моніторингу та управління освітлювальними системами.

Основними напрямками енергозбереження у системах освітлення є:

- зміна графіка роботи виробництва для максимального використання денного світла;

- збільшення площі та прозорості вікон;

- підвищення здатності стін і стелі, що відображає;

- можливість регулювання кількості світильників, що використовуються;

- збільшення світлового потоку світильників за допомогою підвищення прозорості плафонів, використання рефлекторів, формування спрямованого потоку;

Так само варто звернути увагу на наступні заходи стосовно до енергозбереження для освітлювальних установок:



1. Заміна наявних світильників більш ефективними;
2. Комбіноване освітлювання;
3. Застосування компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ) для внутрішнього
4. освітлювання;
5. Автоматичне управління освітленням;
6. Заміна пускорегулюючої апаратури;
7. Застосування систем управління освітленням.

В табл. 2.5 продемонстровано можлива економія електричної енергії при зміні менш ефективних джерел світла більш ефективними.

Таблиця 2.4

**Можлива економія електричної енергії при переході на більш ефективні джерела світла**

Заміна джерела освітлення	Економія енергії, %
ЛР на КЛЛ	40-60
ЛР* на ЛЛ	40-50
ЛР* на ДРЛ	41-47
ЛР* на МГЛ	54-65
ЛР* на НЛВД	57-71
ЛЛ на МГЛ	20-23
ДРЛ на МГЛ	30-40
ДРЛ на НЛВД	38-50

Використання люмінесцентних джерел світла замість стандартних баластів у комплекті, електромагнітні баласты зі зниженими втратами підвищили світловіддачу комплексу на 6÷26%, а електронні баласты на 14÷55%. обладнання

Таблиця 2.5

## Коefіцієнт втрат електроенергії в нуєорегулюючої апаратурі

№ п/п	Тип лампи	Тип ПРА	Коefіцієнт втрат у ПРА
1	ЛБ	Звичайна електромагнітна	1,22
2	ЛБ	Електромагнітна зі зниженими втратами	1,14
3	ЛБ	Електронна	1,10
4	КЛ	Звичайна електромагнітна	1,27
5	КЛ	Електромагнітна зі зниженими втратами	1,15
6	КЛ	Електронна	1,10
7	ДРЛ, ДРИ	Звичайна електромагнітна	1,08
8	ДВЛ, ДРИ	Електронна	1,06
9	Днат	Звичайна електромагнітна	1,10
10	Днат	Електронна	1,06

Застосування комбінованого (загального + локалізованого) освітлення замість тільки загального освітлення дозволяє одержати економію електричної енергії (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

## Економія енергії при застосуванні комбінованої системи освітлення

Частка допоміжної площі від повної площі приміщення, %	Економія електричної енергії, %
25	20÷25
50	35÷40
75	55÷65

Для приміщень площею понад 50 квадратних метрів слід застосовувати прилади, які автоматично регулюють штучне освітлення відповідно до природного освітлення приміщення. Система автоматичного керування (АСУ) дозволяє регулювати яскравість джерел світла (ЛЛ, КЛЛ) від 100% до 0%.

Система автоматичного регулювання повинна бути відтворена ручними регуляторами освітлення. Економія електроенергії при впровадженні автоматичного керування освітленням може бути оцінена за допомогою табл. 2.7 і 2.8.

Таблиця 2.7

### Економія електроенергії при впровадженні автоматичного керування освітлення

№ п/п	Рівень складності системи автоматичного керування освітленням	Економія електроенергії, %
1	Регулювання рівня освітлення також відбувається автоматично Вмикайте та вимикайте систему освітлення критичне значення в освітленні	10÷15
2	Керування освітленням зони (дискретне вмикання та вимикання освітлення в залежності від від зонального розподілу природного освітлення)	20÷25
3	Плавне керування потужністю та світлом Потік лампи залежить від розподілу природне освітлення	30÷40

Таблиця 2.8

### Економія електричної енергії при використанні різних способів регулювання штучного освітлення

Число робочих змін	Вид природного освітлення в приміщенні	Спосіб регулювання штучного освітлення	Економія електричної енергії, %
1	Верхнє	Безперервне	36-27
		Східчасте	32-13
	Бічне	Безперервне	22-7
		Східчасте	12-2
2	Верхнє	Безперервне	31-23
		Східчасте	27-11
	Бічне	Безперервне	19-6
		Східчасте	10-2

Економічні компактні люмінесцентні лампи (інтегральні з ЕПРА, вбудованим у різьбовий цоколь) призначені для використання в адміністративних приміщеннях. У табл. 2.10 приводиться порівняння компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ) з лампами розжарювання.

## Порівняння характеристик ламп розжарювання з компактними люмінесцентними лампами

Лампи розжарювання		КЛЛ		Відношення світлової віддачі КЛЛ до ЛР, відн. од.
Потужність, Вт	Світловий потік, лм	Світловий потік, лм	Потужність, Вт	
25	200	5	200	4,3
40	420	7	400	5,3
60	710	11	600	4,5
75	940	15	900	4,7
100	1360	20	1200	4,3
2x60	1460	23	1500	5,4

З таблиці видно що застосування КЛЛ замість ЛР при тому ж світловому потоці дозволяє суттєво знизити споживану потужність. КЛЛ випускаються з таким же цоколем, як у ламп розжарювання, що дозволяє вільно замінювати ними лампи розжарювання.

Витрати, знижуються:

- на заміну ламп розжарювання в 10 разів;
- а оплату електроенергії в 5,4 разів;

Істотну економію витрати електроенергії на освітлення можливо добути за допомогою раціональної системи управління освітленням. Такі системи здійснюють включення або відключення освітлювальних приладів при наступних умовах:

- залежно від рівня природної освітленості приміщень (наприклад, по сигналах фотореле);
- коли людина натискає кнопку керування (наприклад, коли людина заходить у під'їзд, людина натискає кнопку, яка сигналізує про ввімкнення світла та автоматично вимикає його через заданий час);
- досягнення певного часу доби (наприклад, за сигналом таймера);
- При отриманні сигналу від датчика присутності.

Системи управління освітленням досить поширені за кордоном. При реалізації слід враховувати, що вони можуть ускладнити мережу освітлення і в багатьох випадках скоротити термін служби певних типів ламп, наприклад люмінесцентної лампи, яка скорочує термін служби приблизно на дві години після кожного

ввімкнення. Термін служби лампи розжарювання фактично не змінюється після приблизно 2500 годин роботи. Завдяки великій кількості включень LR можна застосувати систему плавного пуску, щоб запобігти стрибкам струму при включенні нитки розжарювання, коли температура матеріалу нитки низька і його опір низький.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ПІДПРИЄМСТВА

### 3.1. Організації служби енергоменеджменту

Енергозбереження доцільно розглядати як гнучку систему, що має ефективний організаційно-економічний механізм, а також здатну зберігати свою сутність, і адаптуватися до динамічних умов реформованої економіки [4].

Організаційно-економічний механізм енергозбереження – це система взаємопов'язаних організаційних та економічних заходів, метою здійснення яких є стимулювання економії паливно-енергетичних ресурсів, підвищення ефективності їх використання, проведення енергозберігаючих заходів та, зрештою, зниження енергоемності виробництва сільськогосподарської продукції.

Зміст організаційно-економічного механізму енергозбереження докладно описано А.С.Міндріним [7] з нашими змінами (табл. 3.1).

Функціонування організаційно-економічного механізму енергозбереження передбачає систематизацію показників обліку енергоспоживання, аналіз використання та виявлення закономірностей розвитку, впровадження передового досвіду, розробку нових методів економічної оцінки енергозберігаючої техніки, технологій, способів виробництва та економічне обґрунтування їх використання.

Крім цього організаційно-економічний механізм включає методику планування та прогнозування енергозбереження, фінансово-кредитні заходи щодо його стимулювання, цінову політику, націлену на економію паливно-енергетичних ресурсів, організаційні заходи, спрямовані на раціоналізацію енергоспоживання, нормативи, що регулюють енергозбереження [5,6]. Усі елементи організаційно-економічного механізму виконують певні функції та класифікуються за двома основними групами: аналітичною та регулюючою.

Таблиця 3.1

Організаційно-економічний механізм енергозбереження в аграрному виробництві

Заходи	Зміст	Інструменти (важелі, стимули))
Організаційні	Форми, методи державного та господарського планування та регулювання енергозбереження та обмеження монополістичної діяльності виробників та продавців моторного палива та сільськогосподарської техніки на відповідних ринках	Прогнозні оцінки, стратегії, цільові програми, плани, організаційні проекти енергозбереження, енергозберігаючі технології обробітку сільськогосподарських культур, організаційні заходи щодо обмеження монополістичної діяльності
Економічні	Форми та методи державного та господарського економічного стимулювання та регулювання процесу енергозбереження на основі оснащення господарств машинами з високими показниками паливної економічності, впровадження енергозберігаючих технологій обробітку сільськогосподарських культур, регулювання ринків моторного палива та сільськогосподарської техніки	Податкові та кредитні пільги, субсидії та субвенції на закупівлю та лізинг техніки з високими показниками продуктивності та паливної економічності, компенсаційні виплати у зв'язку із зростанням цін на моторне паливо, економічні інструменти регулювання ринків моторного палива та сільськогосподарської техніки, економічні норми та нормативи.
Науково-методичні	Наукові розробки щодо зниження енергоемності робіт у технології виробництва сільськогосподарських культур, підвищення енергетичної та енергоекономічної ефективності сільськогосподарського виробництва	Документи та інструкції, рекомендації щодо реалізації досягнень НТП та передового досвіду у сфері енергозбереження
Правові	Форми та методу правового регулювання енергозбереження	Форми та методу правового регулювання енергозбереження

Елементами аналітичної групи є аналіз, планування та прогнозування, облік, розрахунок економічної ефективності. Вони дають змогу оцінити стан енергоспоживання. Регулююча група включає цінову політику і фінансово-кредитні заходи. Дія елементів цієї групи спрямовано надання пільг або виконання штрафних санкцій.

Ефективність організаційно-економічних механізмів виявляється в комплексному застосуванні всіх його елементів, у збереженні структури і сутності системи енергозбереження, її здатності розвиватися незважаючи на зовнішні впливи [19].

Тому роль організаційно-господарського механізму має полягати у розвитку та виявленні факторів інституціоутворення та успішні факторів інституційної деструкції.

Організаційно-економічний механізм енергозбереження регулює взаємовідносини між державою та сільськогосподарськими підприємствами, розробниками нової техніки і технологій у вигляді науково-дослідних інститутів, конструкторських бюро та виробничих підприємств, а також координує роботу кожного партнера з різних елементів механізму. Крім того, в рамках окремого підприємства він координує відносини між самим підприємством і його працівниками, від діяльності яких залежать результати енергозбереження підприємства. Важливе значення відіграватиме і система забезпечення чіткого виконання основних функцій управління в енергоменеджменті.

- Організація комерційних взаємовідносин, організація інформації при комерційному розрахунку,

- нормування енергоспоживання для обґрунтованості претензій щодо дбайливого енергоспоживання; планування (розрахунку) енергетичних навантажень та обсягів виробництва та передачі енергії, всієї комерційної діяльності енергогосподарства;

- аналізу енерговикористання в усіх найбільш енергоємних виробничих установках – визначення рівня раціональності енерговитрат у виробничих процесах;

- енергетичний облік, диференційований за всіма споживачами, оскільки без нього ведення комерційних відносин просто неможливе;

- контроль та регулювання – для оперативного та дієвого коригування енергопостачання споживачів.



### 3.2. Система контролю і управління енергоспоживанням на підприємстві

Нагляд і керівництво енергоспоживанням можливо зацікавити з чотирьох основних причин, сприяючи [14]:

- більш ефективній роботі обслуговуючого персоналу;
- оптимізації й збільшенню строків експлуатації основного устаткування, підключеного до мережі енергопостачання;
- зниженню витрат на енергоносії;
- зростанню продуктивності процесу (виробничого процесу, адміністративного управління чи то диспетчеризації інженерних систем будинку, за рахунок запобігання чи то зниження простоїв, або забезпечення споживачів більше якісною енергією).

Одне з основних вимог до персоналу, що обслуговує мережу енергопостачання – затверджувати правильні технічні рішення і проводити роботи за мінімально імовірний термін. Для цього персонал мусить отримувати більше повну інформацію про те, що відбувається в мережі, причому хотілося б з будь-якого місця на території об'єкта. Така "прозорість" у межах об'єкта

- головна властивість що дає можливість обслуговуючому персоналу;
- переконатися в тому, що мережа енергопостачання правильно збалансована, зрозуміти, які об'єкти є основними споживачами енергії, у який саме період дня або тижня і т.

- мати розуміння про режим роботи мережі ;
- мати розуміння про потоки енергії;
- відключення кабелю живлення легше зрозуміти, коли у вас є доступ до інформації від підключених до нього споживачів;

- відразу прибути в потрібне місце на території об'єкта з потрібною запасною частиною й розумінням загального стану мережі;

– одержувати оперативну інформацію про стан мережі енергопостачання, навіть перебуваючи за межами території об'єкта, за допомогою сучасних засобів зв'язку;

– почати операцію технічного обслуговування з урахуванням фактичного застосування установки – не занадто передчасно й не занадто пізно.

Надавши енергоменеджеру шанс контролювати роботу мережі енергопостачання, отримуємо продуктивний спосіб оптимізації, а в певних випадках і істотного зменшення витрат на енергоносії.

Наведемо приклади застосування найпростіших систем контролю:

– Відстеження випадків непередбаченого споживання енергоносіїв;  
– Порівняльна характеристика різних зон з метою виявлення ділянок підвищеного споживання енергії;

– Можливість потреби компенсації за втрати заподіяні внаслідок постачання енергосистемою неякісної енергії.

Оскільки сітка продовжує розширюватися, неминуче виникає питання: чи зможе існуюча сітка підтримувати це нове розширення?

Саме тут системи контролю та управління енергоспоживанням можуть допомогти службам енергоменеджменту прийняти правильні рішення.

Записуючи події та процеси в мережі, можна задокументувати фактичне використання основного обладнання та згодом з достатньою точністю оцінити резервну потужність мережі, комутатора чи трансформатора. Більш ефективне використання обладнання може продовжити його термін служби. Системи

енергомоніторингу можуть надавати точну інформацію про фактичне використання конкретного обладнання, після чого групи технічного обслуговування можуть приймати рішення щодо найкращого часу для

виконання відповідних операцій з технічного обслуговування - ні надто пізно, ні надто рано. Традиційно системи контролю та управління енергоспоживанням централізовані та базуються на автоматизованих системах диспетчерського контролю та збору даних (Scada).

Через високу ціну використання таких систем (позиція 3 на малюнку 3) [17] дійсно обмежене критичними установками, оскільки вони або є великими споживачами енергії, або їхні процеси вразливі до скорочення. Якість енергопостачання.

Такі системи засновані на технології автоматизації і зазвичай проектуються системним інтегратором під вимоги замовника, а потім готовий продукт поставляється на завод. Проте висока початкова ціна, високі вимоги до кваліфікації операторів для правильної експлуатації таких систем, вартість робіт з їх модернізації не раз ставали перешкодою для потенційних споживачів при розширенні мережі енергопостачання.

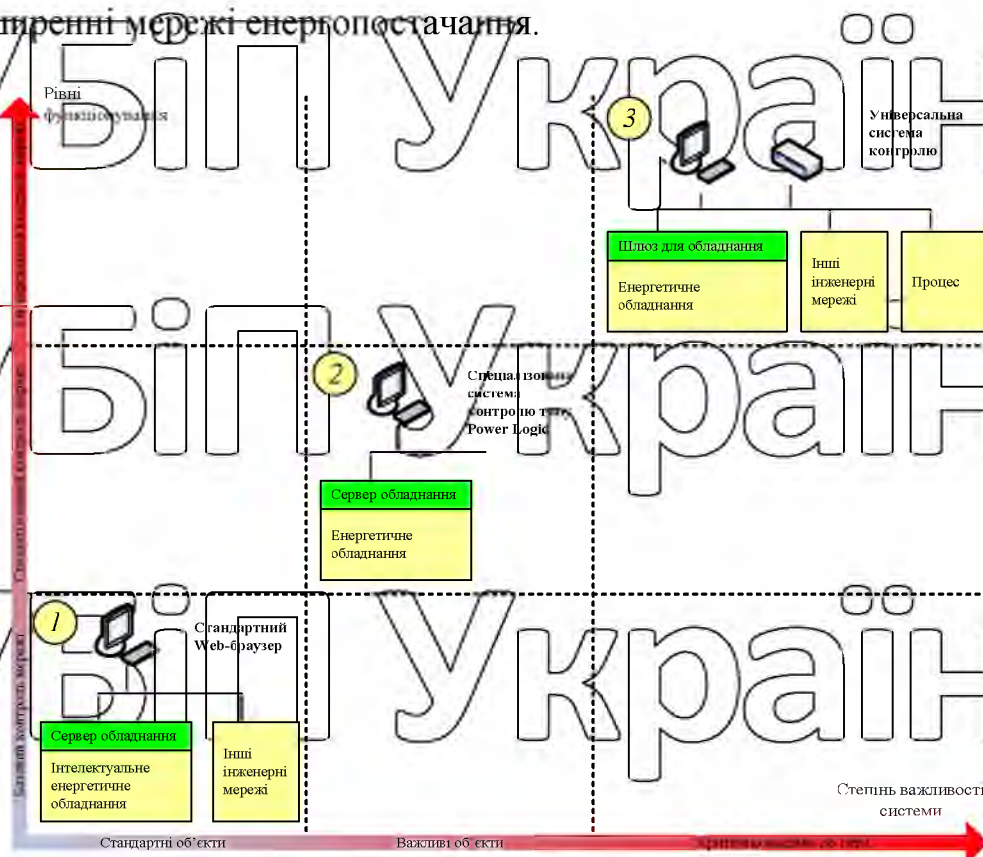


Рис. 3.4. Позиціонування систем контролю і управління енергоспоживанням.

Другий підхід (позиція 2 рис. 4), що реалізує спеціалізовані технічні розв'язання значно більшою мірою відповідає специфічним потребам систем потужність і дійсно підвищує рентабельність такої системи. Саме через централізовану архітектуру початкові комісії залишаються такими ж високими, як і раніше.

У деяких об'єктах системи типів (2) і (3) можуть використовуватися разом, щоб надавати найточнішу інформацію для послуг енергоменеджменту, коли це необхідно.

Наразі з'явилася нова концепція розумних енергетичних пристроїв (рис. 1 Розташування. Виходячи з можливостей веб-технології, фактично забезпечує рішення, прийнятне для більшості користувачів з точки зору засобів. Також власник пристрою). Об'єкти можуть поступово інвестувати в більш складні системи управління.

Оскільки ці технічні рішення можуть використовуватися разом в рамках одного об'єкта, рівень 1 можна розглядати як початковий етап переходу до рівня 2 або 3.

Будування інтелектуального устаткування (рис. Заснована на Web-технологіях, вона використовує максимальну вигоду від стандартних послуг і протоколів зв'язку й безліцензійного програмного забезпечення. Доступ до інформації про енергоспоживання імовірний з будь-якого місця розглянутого об'єкта, дякуючи чому ефективність роботи співробітників служби енергоменеджмента може бути багато підвищитися. Крім того, передбачений доступ через Інтернет для служб, що не перебувають на даному об'єкті.

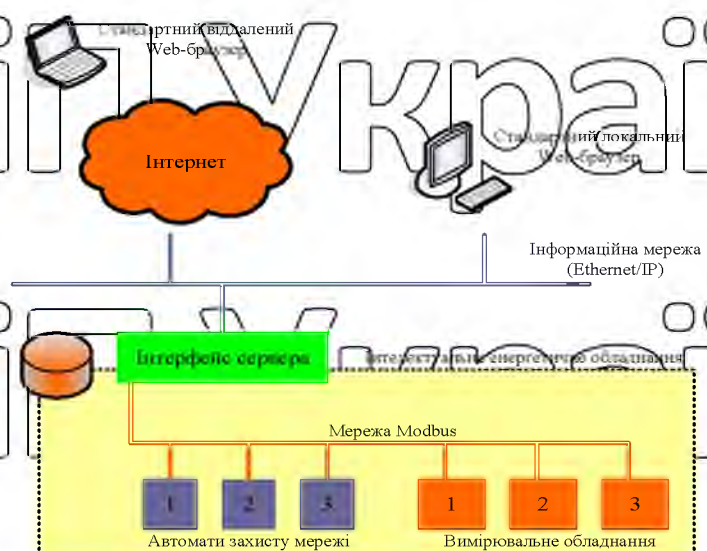


Рис. 3.5. Архітектура інтелектуального обладнання

Спеціалізована централізована архітектура (рис. Ця архітектура заснована на використанні спеціалізованих централізованих контрольних

приладів, що повністю відповідають потребам контролю електричних мереж. Вона висуває нижчі вимоги до кваліфікації персоналу в частині її встановлення та обслуговування – всі складові стандартизовані. І, нарешті, витрати на цю систему істинно зведені до мінімуму шляхом обмеженої участі системного інтегратора.

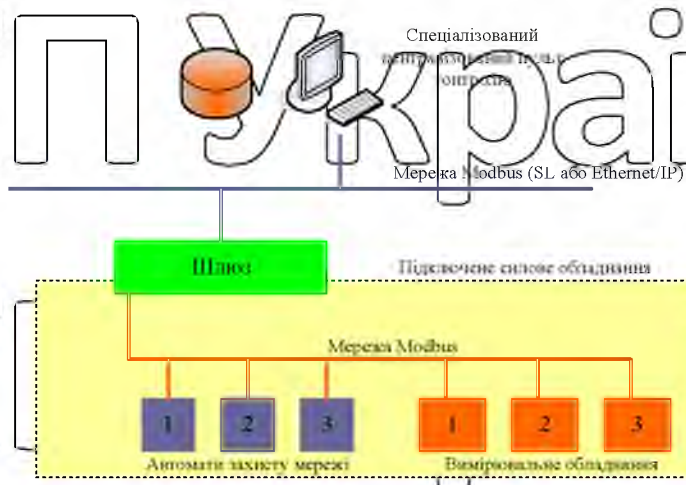


Рис. 3.6. Спеціалізована централізована архітектура.

Традиційна універсальна централізована архітектура (рис. 3.7). Вона заснована на стандартних компонентах систем автоматизації, таких як системи диспетчерського управління й збору даних (SCADA).

Не зважаючи на те свою ефективність, така архітектура має низку недоліків, для прикладу:

- обмежені можливості модернізації;
- високий ступінь вимог до кваліфікації оперативного персоналу;
- і, плюс до всього здоровий термін окупності таких систем.

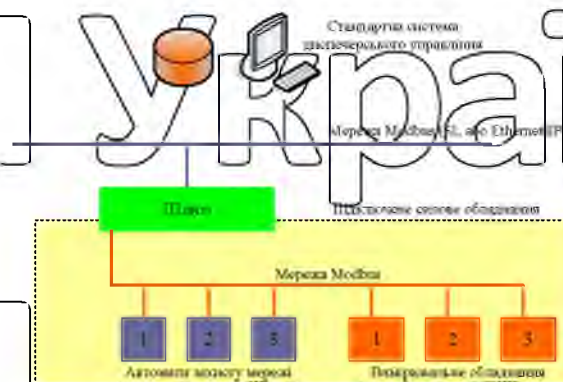


Рис. 3.7. Традиційна універсальна централізована архітектура.

Однак для критичних об'єктів у таких систем немає вибору, і їх використання особливо добре підходить для центральних пунктів управління.

Система контролю та управління енергоспоживанням – це апаратно-програмний комплекс для автоматичного обліку та контролю спожитої енергії.

Система підтримує сім вимірювальних характеристик (електрика, тепла енергія, температура, струм, споживання гарячої та холодної води, споживання природного газу). Система дозволяє збирати інформацію з лічильників або датчиків в ручному або автоматичному режимі і відображати отриману

інформацію в табличній і графічній формі. Блок збору та зберігання інформації

може бути оснащений додатковими слотами розширення для аналогових і імпульсних входів. Широке вживання датчиків струму замість лічильників електроенергії дозволяє при незначному обсязі втрат інформації й припустимим зниженні точності обчислення споживаної електроенергії різко знизити цінність системи.

Апаратно-програмний комплекс включає до свого складу:

1) програмний комплекс (ПК):

- система збору, зберігання й візуалізації даних,
- драйвер поєднання із блоком збору й зберігання інформації,
- драйвер в поєднанні з електrolічильником,
- драйвер об'єднання з лічильником теплової енергії;

2) апаратна частка

– комутатор з виходом на телефонний комунікаційний пристрій еом по портові RS232 і в мережу RS485;

- електронні лічильники електроенергії;
- витратоміри холодної води з імпульсним виходом;
- блок збору й зберігання інформації з датчиків і пристроїв;
- лічильник теплової енергії;
- датчики струму з аналоговим виходом 0-20 мА;
- датчики температури з аналоговим виходом 0-20 мА.

Функціональні можливості програмного комплексу по роботі із

зовнішніми пристроями, що підключаються, забезпечуються драйверами, що перебувають у комплекті, пристроїв. Модульна конституція дозволяє легко збільшувати функціональність установленої системи (підключення інших фізичних пристроїв).

У розробленій системі закладено три функції:

- 1) збір і зберігання інформації;
- 2) вивчення накопиченої інформації.
- 3) керуючий вплив;

Збір і зберігання інформації відбувається двома способами. Перший варіант - дані надходять від аналогових або імпульсних датчиків і накопичуються в блоках. Другий варіант - дані з лічильника. У першому випадку блок відповідає за опитування датчиків і зберігання інформації з датчиків, у другому лічильники тепла та енергії мають власну пам'ять і зберігають інформацію в ній. Вся інформація надходить на комп'ютер через конвертор інтерфейсу, де обробляється.

Програмний комплекс обслуговує до 32 користувачів в мережі RS485. Крім того, до 64 датчиків підключаються через один блок для збору та зберігання інформації від датчиків і пристроїв. Кількість блоків у мережі обмежена лише кількістю передатчиків. Цей модуль дозволяє підключати 64 аналогових датчика або 64 імпульсних датчика одночасно, можливо 32 аналогових датчика і 32 імпульсних датчика, а також до блоку підключаються додаткові пристрої з інтерфейсом RS485 до 255 штук. При необхідності кількість аналогових і імпульсних входів може бути розширене.

Система була введена в цеху виробництва сухих будівельних сумішей. В будівлі є один ввід по електроенергії, один ввід холодної води й два вводи теплової енергії. Спрощена структурна схема системи наведена на рис.3.7.

До складу встановленої системи входять наступні лічильники й датчики:

- лічильник холодної води (з імпульсним виходом);
- лічильник електроенергії, установлений на ввіді в розподільчому щиті;

два лічильники теплової енергії (лічильники встановлені на тепловводах: один лічильник передає інформацію по виділеній витій парі, решта – за допомогою модемів по силовій електричній мережі);

– 10 датчиків температури, територіально розміщених у будівлі таким чином, щоб забезпечити перевірка температури в найбільшій кількості приміщень.

– 10 датчиків струму встановлених на відходящих від розподільчого щита лініях (необхідні для розрахунку споживання електроенергії по кожній лінії);

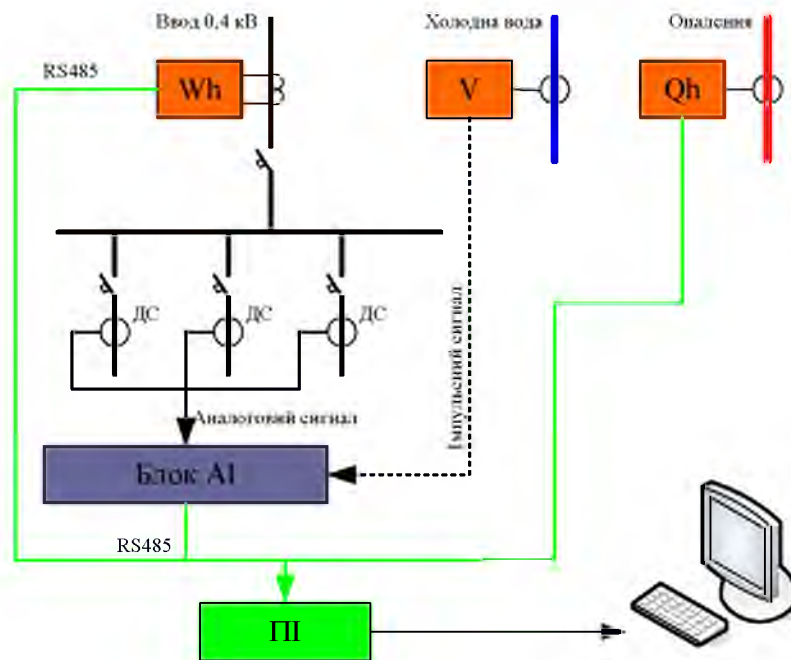


Рис. 3.8. Структурна схема системи контролю і управління енергоспоживанням: ПІ – блок перетворювача інтерфейсів з RS485 в RS232; Блок АІ – блок обробки сигналів аналогових і імпульсних датчиків; Wh – лічильник електричної енергії; Qh – лічильник теплової енергії; ДС – датчик струму з аналоговим виходом; V – вузол обліку холодної води з імпульсним виходом.

Реалізована система дозволяє:

- розраховувати споживання (за заданий відрізок часу) електричної й теплової енергії окремими підрозділами, розміщеними в будівлі;



- аналізувати обсяги спожитої енергії;
- робити порівняння нормативних і фактичних величин спожитих енергоносіїв;
- враховувати сумарне споживання енергоносіїв (електроенергії, теплової енергії, холодної води).

Розроблена система має достатні можливості для моніторингу і керування систем енергопостачання. Система здійснює наступні функції:

*1) функції контролю й управління:*

- зображення інформації про пристрої у двох видах – дерево пристроїв (по типах вимірюваного ресурсу, можлива фільтрація по об'єктах) і зображення пристроїв на плані;

- зображення параметрів пристроїв;
- зміна місця зображення пристрою на плані (у режимі адміністратора);
- зміна параметрів пристроїв (у режимі адміністратора);

адміністратора).

- перегляд або зміна значень тарифних коефіцієнтів (у режимі адміністратора).

- додавання або видалення пристроїв із системи (у режимі адміністратора);

*2) функції обробки інформації, що отримується із пристроїв (лічильників, датчиків):*

- зчитування, архівування й зберігання інформації, що перебуває в пристрої;

зображення поточних показників пристроїв (режим моніторингу) з представленні на плані (для датчиків струму й температури);

- можливість зчитування інформації із усіх пристроїв автоматично при запуску програми;

- перетворення збереженої в пристрої інформації до необхідного виду;

перетворення інформації з натурального вираження в грошове (із застосуванням тарифних коефіцієнтів);

- розрахунки питомих значень для ряду параметрів;

– узагальнення інформації (розрахунки сумарних, мінімальних, максимальних і середніх значень);

3. *функції захисту інформації*. ПК має два рівні допуску:

– для адміністратора;

– для чергового диспетчера.

Вивчення інформації про енергоспоживання проводиться двома способами. Перший спосіб – вивчення енергоспоживання залежно від температури зовнішнього повітря. Для об'єкта розраховується нормативна крива енергоспоживання залежно від температури зовнішнього повітря. Ця крива

включає в себе нормативне споживання теплової та електричної енергії. Аналізований період (рекомендований) – тиждень, але в програмі закладена його мінімальна перспектива. Фактичне тижневе споживання електроенергії та тепла

зводиться до тієї самої одиниці вимірювання (наприклад, кВт-год) і порівнюється зі стандартними значеннями. Коли фактичне споживання перевищує норму, визначити можливі причини перевищення.

Другий спосіб полягає в розрахунку балансу споживання електричної та теплової енергії за заданий період. Датчики та лічильники енергії повинні бути встановлені таким чином, щоб охоплювати більшість кімнат у будинку. Завдяки

такому розташуванню датчиків можна контролювати енергоспоживання кожної кімнати.

Знаючи споживану потужність і тип приміщення, а також площу приміщення, розраховують фактичний коефіцієнт споживання електроенергії (кВт·год/м<sup>2</sup>). Існуючі нормативні специфічні значення вносяться в програму і порівнюються з фактичними значеннями [11].

Реалізація алгоритму аналізу споживання теплової енергії наступна. Усі ділянки, площі та об'єми внесені до бази даних програми. Датчики температури, встановлені у вашому будинку, дозволяють реєструвати температуру повітря

всередині приміщення, а також температуру повітря зовні. На ввіді встановлено лічильник теплової енергії. Маючи інформацію про фактичне загальне споживання теплової енергії, температуру в кімнаті та об'єм кімнати, можна

розрахувати теплову енергію, спожиту ділянкою.

Дослідження споживання холодної води проводили наступним чином.

Лічильник води, встановлений на вході в приміщення, дозволяє контролювати

споживання холодної води з розкидом 0,5 години. Розраховує норматив

споживання холодної води за заданий проміжок часу виходячи з кількості людей

у приміщенні. Порівнюючи фактичну витрату і нормативну витрату холодної

води, зробіть висновки про ефект від використання холодної води.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

#### 4.1. Приладу на основі лічильника електричної енергії PM3250 виробництва *Schneider Electric*

При проведенні обстеження електроустановки необхідно визначити фактичну потужність електроустановки та рівень споживання електроенергії в різних режимах роботи. Для цього запропоновано пристрій на основі вимірювача потужності PM3250 виробництва *Schneider Electric*.

Принципова схема приладу наведена на рис. 4.1.

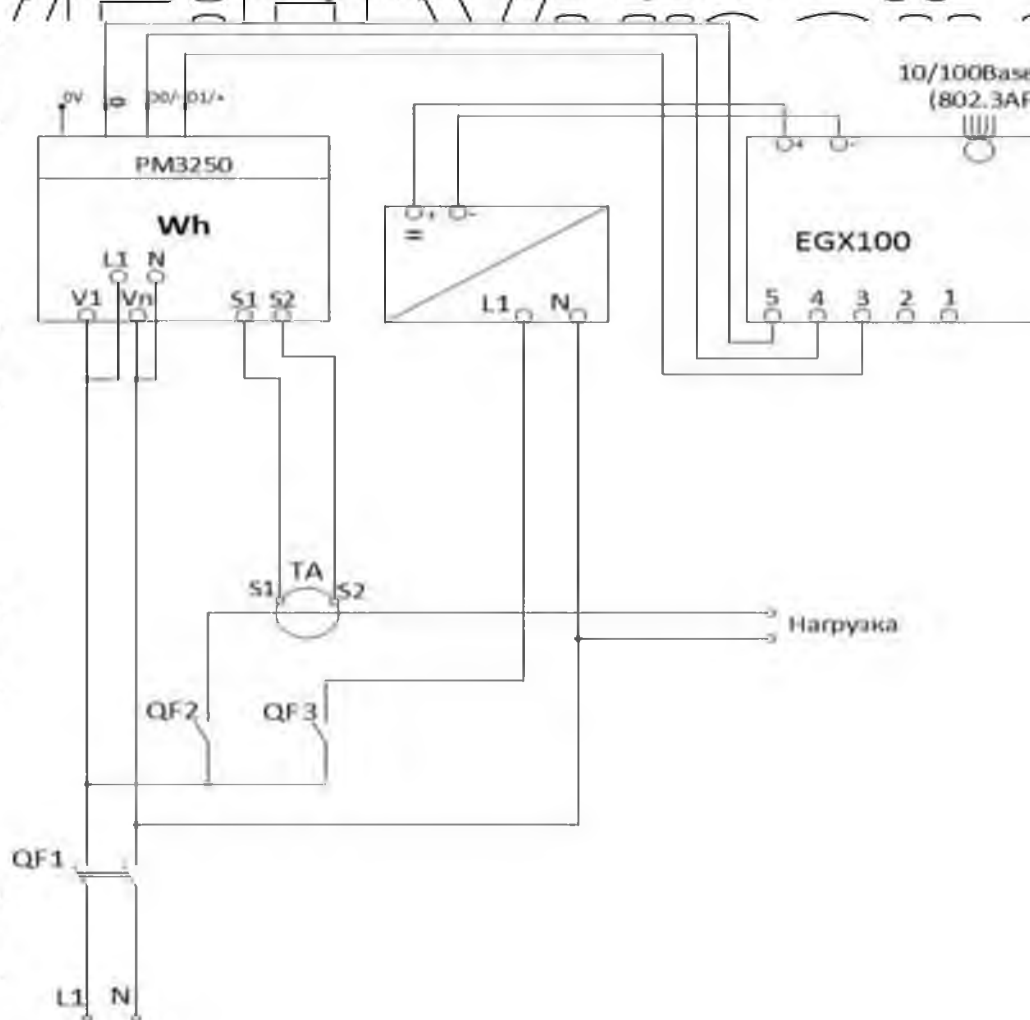


Рис. 4.1. Принципова електрична схема приладу для аналізу споживання електроенергії

Універсальні лічильники PowerLogic пропонують широкий діапазон

вимірювань - від базових до розширених. Завдяки компактним розмірам і можливостям монтажу на DIN-рейку пристрої серії PM3200 забезпечують моніторинг мережі та фідерів у невеликих розподільних шафах. У поєднанні з трансформаторами струму та трансформаторами напруги ці лічильники можуть контролювати 2-, 3- та 4-провідні системи.

Графічний дисплей з інтуїтивно зрозумілою навігацією забезпечує легкий доступ до важливих параметрів.

Шлюз EGX100 використовується для підключення пристроїв PowerLogic та інших комунікаційних пристроїв за допомогою протоколу Modbus до Ethernet.

За допомогою шлюзу EGX100 вся інформація про стан і результати вимірювань підключених пристроїв повністю доступна за допомогою програмного забезпечення PowerLogic, встановленого на ПК.

Програмне забезпечення PowerLogic рекомендується застосовувати в якості інтерфейсу користувача, так як воно забезпечує доступ до всієї інформації про стани і результатах вимірювань. Воно також формує зведені звіти. Шлюз EGX100 спільний з:

- програмним забезпеченням по управлінню електроенергією PowerLogic System Manager;

- програмним забезпеченням по управлінню електроенергією PowerLogic ION Enterprise;

- програмним забезпеченням по управлінню енергоспоживанням підприємства ION EEM PowerLogic;

- програмним забезпеченням для контролю електроспоживання PowerLogic PowerView.

Параметри складових наведено в табл. 4.1–4.3.

## Характеристика вимірювача потужності РМ3250

### 1. Функції:

1. Вимірюється трансформатором струму (1А, 5А).
2. Вимірюється трансформатором напруги.
3. Площа обліку електроенергії.
4. Вимірювання електроенергії - I, In, V, PQS, PF, Hz.
5. Струм і напруга повністю зміщені.
6. Струм, силове навантаження, значення струму.
7. Струм, потужність навантаження, пікове значення.
8. Миттєві мінімальні/максимальні значення.
9. Багаторежимний (внутрішній таймер) - 4.
10. Кілька режимів (зовнішнє керування за допомогою протоколу зв'язку).
11. Дисплей вимірювання.
12. Сигнали з мітками часу - 5.
13. Протокол зв'язку Modbus.

### 2. Точність вимірювання:

1. Струм при використанні ТА x / 5 А.	0,3 % від 0,5 А до 6 А
2. Струм при використанні ТА x / 1 А	0,5% від 0,1 А до 1,2 А
3. Напруга	0,3 % від 50 В до 330 В (ф-н), від 80 В до 570 В (ф-ф)
4. Коефіцієнт потужності	- ± 0.005% від 0,5 А до 6 А з ТА x/5А, від 0,1 А до 1,2 А з ТА x / 1 А
5. Активна/повна потужність з ТА x/5 А	Клас 0,5
6. Активна/повна потужність з ТА x/1 А	Клас 1
7. реактивна потужність	Клас 2
8. Частота	0,05 % від 45 до 65 Гц
9. Активна енергія з ТА x / 5 А	Клас 0,5s
10. Активна енергія з ТА x / 1 А	Клас 1
11. Реактивна енергія	Клас 2
12. Частота оновлення даних	1 с

### 3. Діапазон вхідних сигналів напруги:

1. Вимірюється напруга	від 50 до 330 В змінного струму (пряме / ТН вторинний ф-н) від 50 до 570 В змінного струму (пряме / ТН вторинний ф-ф) до 1 мВ змінного струму (з зовнішнім ТН)
2. Частотний діапазон	від 45 до 65 Гц

### 4. Діапазон вхідних сигналів сили струму

1. ТА первинний	Регулюється від 1 А до 32767 А
2. ТА вторинний	1 А або 5 А
3. Вхідний діапазон виміру з ТА x / 5 А	від 0,05 А до 6 А
4. Вхідний діапазон виміру з ТА x / 1 А	від 0,02 А до 1,2 А
5. Допустиме перевантаження	10 А безперервно. 20 А -10 с / ч

#### 5. Живлення

1. Змінний струм	від 100/173 до 277/480 В змінному струму (+/- 20%). 3 Вт / 5 ВА, від 45 до 65 Гц
2. Постійний струм	Від 100 до 300 В постійного струму. 3 Вт

Таблиця 4.2

#### Характеристика трансформатора струму METSEC T5CC010

1. Діапазон	PowerLogic
2. Позначення	TA
3. Тип	трансформатор струму
4. Вторинний струм	5А
5. Номінальний струм	100А
6. Клас точності	Клас 0.5 Максимальна потужність: 2 В Клас 1 Максимальна потужність: 2,5 В Клас 3 Максимальна потужність: 3,5 ВА

Таблиця 4.3

#### Характеристика блоку живлення ABL8ME M24006

1. Асортимент продукції	Phaseo
2. Мета	Джерело живлення
3. Вхідна напруга	100 ... 240 В змінного струму фази до фази, термінал (и): L1-L2 100 ... 240 В змінного струму однофазний, термінал (и): N-L1, 120 ... 250 В постійного струму
4. Вихідна напруга	24 В постійного струму 15 Вт
5. Номінальна потужність	Вбудований запобіжник (не взаємозамінні)
6. Тип захисту входу	0.6 А
7. Потужність вихідного струму	25 ... 70 ° С без зниження номінальних характеристик
8. Робоча температура навколишнього повітря	85...264 В
9. Межа вхідної напруги	47 ... 63 Гц

#### 4.2. Пристрій моніторингу стану КТП-10/0,4 кВ

Фахівцями розроблено прилад моніторингу стану КТП-10/0,4 кВ. Цей апаратно-програмний комплекс забезпечує реалізацію наступних функцій:

1) перевірка струмів у фазах (3 датчики струму підключені через ТС);

2) нагляд фазних та лінійних напруг (6 датчиків напруги);

3) передавання інформації крізь безпроводну мережу (GPRS модем).

4) нагляд температури силового трансформатора (датчик температури);

5) архівація даних на карту пам'яті;

6) керування вуличним освітленням (датчик освітленості з двома комутуючими реле по 10А);

Структурна схема приладу моніторингу наведена на рис.5

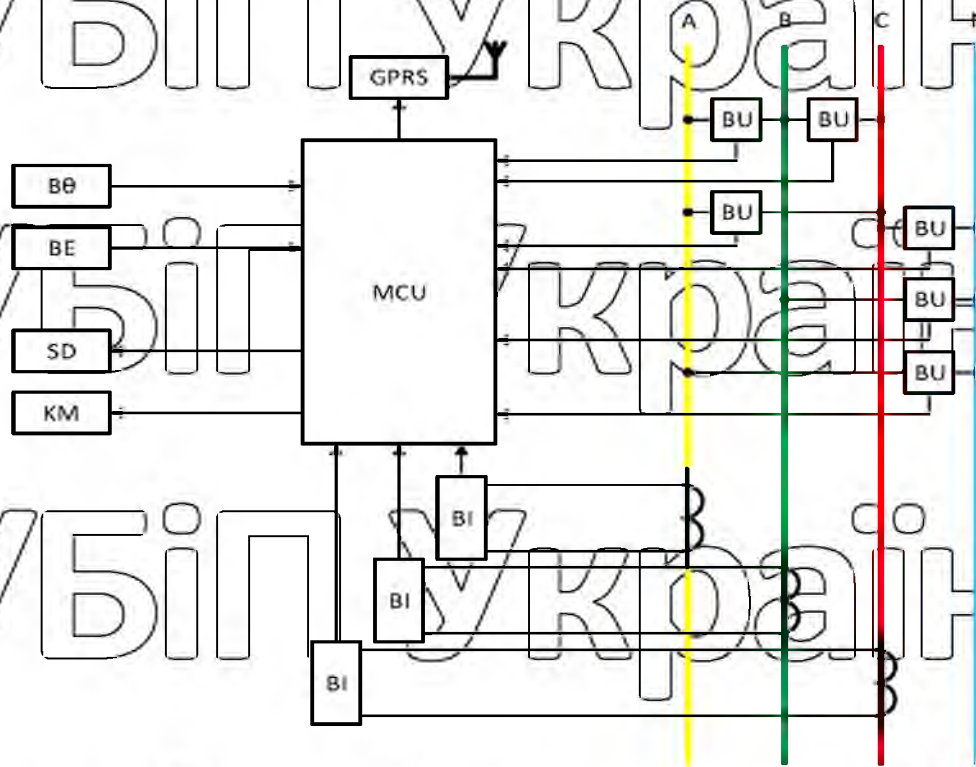


Рис. 5. Структурна схема приладу моніторингу параметрів КТП 10/0,4 кВ:

На схемі позначено:

BI – датчики струму;

BU – датчики напруги;

MCU – мікроконтролер;

Bθ – датчик температури;;

GPRS – пристрій передавання даних



BE – датчик освітленості;  
KM – контактор керування вуличним освітленням.  
SD – пристрій зберігання даних;

# НУБІП України

Застосування приладу моніторингу стану КТП дозволяє одержувати в режимі реального часу інформацію про завантаженість підстанції, розглядати стан завантаженість по фазах, наглядати температурний режим силового трансформатора, проводити розгляд процесу передавання електроенергії.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

## РОЗДІЛ 5

# ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Одним із основних шляхів модернізації систем обліку електроенергії є заміна засобів обліку на обладнання з вищим класом точності.

Фактичний ефект від заміни вимірювального приладу можна розрахувати за формулою [20]:

$$\delta W_i = W_i \cdot \frac{(\delta_{1W_i} - \delta_{2W_i})}{100}, \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (5.1)$$

де  $W_i$  – обсяг спожитої електроенергії, що зафіксований  $i$ -м вимірювальним комплексом, кВт·год;

$\delta_{1W_i}, \delta_{2W_i}$  – допустима відносна похибка  $i$ -го вимірювального комплексу Заходи по заміні вимірювального приладу після впровадження та впровадження, %.

Розглянемо можливий економічний ефект від заміни приладу обліку електроенергії з класом точності 1,0 на прилад обліку з класом точності 0,5.

У таблиці наведено перелік підстанцій, трансформаторів повної потужності та встановлених на даний момент засобів обліку електроенергії.

5.1. Таблиця 5.1

### Прилади обліку електроенергії заплановані для встановлення на ТП

№ ТП	Силловий трансформатор	Тип лічильника електроенергії	Кількість лічильників	Клас точності лічильника
1	2	3	4	5
322	2xTM-400/10	Енергія - 9 СТК3-05Q2Т3Mt	1	1,5s

Метою трансформації є зменшення похибки приладу обліку, забезпечення автоматичного збору інформації про місце встановлення точки обліку та отримання інформації про споживання електроенергії та видачі інформації про електроенергію в будь-який час. Підстанції 10/0,4 кВ забезпечують виконання наступних видів робіт: демонтаж застарілих лічильників.

– встановлення приладів збору і передачі даних;

– встановлення нових цифрових лічильників;  
– забезпечення зв'язку між елементами системи;  
– встановлення сервера і програмного забезпечення;

Економічна ефективність запровадження АСКОЕ здійснюється виходячи з матеріальних затрат на встановлення системи, річного прибутку і строку окупності системи.

Матеріальні затрати на встановлення системи можна визначити за формулою:

$$B = B_{\text{л}} + B_{\text{взд}} + B_{\text{с}} + B_{\text{д}} \quad (5.2)$$

$B_{\text{л}}$  – вартість лічильників (6500 грн.);

$B_{\text{взд}}$  – вартість пристрою збору і передачі даних (5000 грн.);

$B_{\text{с}}$  – вартість сервера з ліцензійним програмним забезпеченням (86000 грн.);

$B_{\text{д}}$  – додаткові витрати (демонтаж старого обладнання, об'єднання елементів в єдину систему та інше) – 2500 грн.

$$B = 2 \cdot 6500 + 2 \cdot 5000 + 86000 + 2500 = 101500 \text{ грн.}$$

В якості прибутку можливо прийняти більше певний облік електроенергії на споживчих трансформаторних підстанціях, що сприятиме зменшенню переplatи за електроенергію і більше конкретний облік за електроенергію.

При використанні старих лічильників активної енергії з класом точності 1,0 порівнюючи з класом точності 0,5 отримаємо переplату за електроенергію в розмірі:

$$\Delta W_{1,2} = W \cdot K \cdot C, \quad (5.3)$$

Де  $\Delta W_{1,2}$  – переплата за електроенергію до заміни лічильника і після, грн.;

$W$  – спожита електроенергія, кВт·год. ;

$K$  – клас точності приладу.

$C$  – вартість електроенергії, грн.

$$\Delta W_1 = 3424570 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 5136855 \text{ грн.}$$

$$\Delta W_2 = 3424570 \cdot 0,5 \cdot 1,5 = 2568427,5 \text{ грн.}$$

Різниця переplatи за електроенергію становитиме:

$$\Delta W = (\Delta W_1 - \Delta W_2) \cdot n, \quad (5.4)$$

Де n – кількість пунктів обліку, шт.

$$\Delta W = (5136855 - 2568427,5) \cdot 1 = 2568427,5 \text{ грн.}$$

Окупність затрат на модернізацію системи енергообліку:

$$T = \frac{B}{\Delta W}, \text{ роки} \quad (5.5)$$

$$T = \frac{111500}{2568427,5} \approx 0,1 \text{ року.}$$

З розрахунку видно що впровадження АСКОЕ для даного об'єкту є економічно ефективним і окупить себе всього крізь 0,1 роки, що не суперечить нормативній документації.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

# НУБІП України

## 6.1. Обслуговування основного електрообладнання

При обслуговуванні електричних установок у сільському господарстві потрібно дотримуватись чинних Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів та Правила техніки безпеки при експлуатації

електроустановок споживачів. Дотримання правил забезпечує надійну, безпечну та раціональну експлуатацію електроустановок та утримання їх у справному

стані. Знання правил та вміння їх використовувати обов'язково для персоналу, пов'язаного за родом своєї роботи з електроустановками. Незнання чи недотримання Правил призводить до погіршення техніко-економічних показників установок, до поразки електричним струмом громадян, тварин і виникнення пожеж.

Огляди РП.

Перевірки виявляють несправності обладнання, будівельних елементів (включаючи прилеглі території та входи) та інших елементів підстанції. Виявлені несправності реєструються в журналі дефектів і повідомляються інженерному персоналу. Періодичність перевірок залежить від типу обладнання (відкрите чи закрите), його призначення та форми обслуговування. Терміни огляду встановлюються згідно з Правилами технічної експлуатації (ПТЕ).

РП перевіряє принаймні кожні 3 дні наявність постійного чергування. Додаткові перевірки проводяться під час несприятливих погодних умов (мокрый сніг, туман, сильний та тривалий дощ, ожеледиця тощо) та в подальшому після появи сигналу про закриття території. Рекомендується перевіряти РП щомісяця в темряві, щоб виявити пошкодження ізоляції та можливі коронні розряди, де може виникнути локальне нагрівання струмопровідних частин.

# НУБІП України

Підстанції та підстанції з електромережами 10 кВ і нижче, якщо на них немає чергового персоналу, необхідно оглядати не рідше одного разу на шість місяців.

Позапланові перевірки об'єктів, які не мають постійного чергування, проводяться у строки, визначені місцевими розпорядженнями з урахуванням потужності електростанції. Обладнаю.

У всіх випадках, незалежно від джерела постійного струму, якщо автоматичне повторне підключення (АРВ) не відбувається після відключення постійного струму. Перевірте перемикач.

Електророзподільні вузли на підстанціях перед плановими ремонтами додатково оглядаються техніками для уточнення обсягів робіт. Якщо можливо, перевірте при вимірюванні навантажень, взятті проб масла тощо.

#### *Профілактичні випробування ізоляції електроустаткування*

Профілактичні випробування є обов'язковими при експлуатації всіх електроустановок. Вони дозволяють виявити несправності, які можуть бути виявлені оглядом, оскільки іноді мають зовнішніх проявів. Своєчасне усунення таких несправностей попереджає пошкодження обладнання у період між ремонтами та аварії.

Обсяг профілактичних випробувань наступний.

Опір ізоляції силових проводок та проводок електричного освітлення вимірюють один раз на 2 роки у приміщенні з нормальним середовищем та один раз на рік в інших приміщеннях. Опір ізоляції має бути не менше 0,5 МОм (мегомметр на 1000 В). Не рідше один раз на 3 роки ізоляцію проводок відчують підвищеною напругою 1000 В промислової частоти протягом 1 хв. За відсутності джерела живлення промислової частоти користуються мегомметрами на напругу 2500. При введенні обладнання в експлуатацію після його капітальних ремонтів та перестановки перевіряють фазування та цілісність ланцюгів.

Опір ізоляції електродвигунів, апаратів і пей вторинної комутації вимірюють у терміни, встановлені особою, відповідальною за електрогосподарство. Для електродвигунів

Напругою до 500 В використовують мегомметр на 1000, опір ізоляції повинен бути не менше 0,5 МОм.

Елементи заземлювального устрою, що у землі, оглядають із розтином ґрунту вибірково у терміни, встановлені відповідальним за електрогосподарство, але з рідше одного разу на рік. Ланцюг між заземленнями та заземлюючими елементами перевіряють не рідше одного разу на рік.

Опір пробивних запобіжників перевіряють при введенні в експлуатацію, ремонті обладнання та якщо є припущення, що запобіжники спрацювали.

Опір петлі фаза - нульовий провід в установках до 1000 В з глухим заземленням нейтралі проводять при пуску » експлуатацію і далі не рідше раз на 5 років.

Значення опору має бути таким, щоб струм однофазного замикання не менше ніж у 3 рази перевищував номінальний струм найближчою плавкою вставки та в 1,5 рази струм відключення максимального розчіплювача відповідного автоматичного вимикача.

*Обслуговування вимірювальних трансформаторів і конденсаторів зв'язку.*

У трансформаторах і конденсаторах перевірте рівень масла: масло витікає через зміцнення прокладок кришки, фланців і порцелянових ізоляторів.

Працездатність трансформатора контролюється за показаннями апаратури, а конденсатора - за роботою каналу зв'язку. Пристрій слід вимкнути, якщо виявлено підвищений шум, пошкоджені входи та інші дефекти, які перешкоджають нормальній роботі. Перед цим необхідно вимкнути відповідні пристрої захисту та автоматики.

*Обслуговування вимірювальних трансформаторів і конденсаторів зв'язку.*

У трансформаторах і конденсаторах перевірте рівень масла: перевірте рівень масла за допомогою посиленних прокладок кришки, фланців і порцелянових ізоляторів. Працездатність трансформатора контролюється за показаннями приладу, а показання конденсатора - за роботою каналу зв'язку. Пристрій слід вимкнути, якщо виявлено підвищений шум, пошкоджені входи та інші дефекти.

які перешкоджають нормальній роботі. Перед цим необхідно вимкнути відповідні пристрої захисту та автоматики.

Контролювати стан струмоведучих компонентів і контактних з'єднань. Під час огляду перевірити стан струмоведучих частин, контактних з'єднань шин і вузлів РП. У ЗРП нагрів склеєного з'єднання контролюють за допомогою безконтактного пірометра або індикатора температури. Як термоіндикатор використовується оборотна багаторазова плівка, яка при тривалому нагріванні змінює колір: від червоного до насичено-червоного при 70 °С, а при 100 °С плівка стає чорною.

Після охолодження контактів плівка набула початкового червоного кольору. При тривалому нагріванні до 110 °С температурний індикатор повинен витримувати не менше 100 змін кольору без руйнування. Плівка руйнується при нагріванні до 120 °С протягом 1-2 годин або до 170 °С протягом 5 хвилин.

У ВРП стан контактів перевіряється термоіндикатором одноразової дії та візуальним оглядом. Періодично перевіряйте стан контактів збірної шини VRP під час роботи, вимірюючи перехідний опір. Опір ділянки шини в мієці контактного з'єднання не повинен перевищувати в 1,2 рази опору безконтактної ділянки такої ж довжини.

#### *Налагодження електроустаткування*

Сільськогосподарське виробництво характеризується великою різноманітністю електроустановок, у яких використовуються сучасні автоматизовані електроприводи зі станціями керування. Після монтажу таких установок перед пуском їх в експлуатацію налагоджують окремі апарати, а потім ув'язують спільну роботу для забезпечення заданих режимів.

Перед початком налагоджувальних робіт знайомляться з проектом та перевіряють відповідність встановленого обладнання запроектованому. При цьому вивчають елементні (розгорнуті) схеми та перевіряють правильність їх виконання.

Налагодження схеми електроприводу виконують за елементною та монтажною схемами, а також за схемою зовнішніх з'єднань, за якою перевіряють



усі з'єднання від станції керування до електричних машин, пультів керування, ящиків опорів тощо.

За кабельним журналом перевіряють марку кабелю або дроту, перетин жил, кількість резервних жил, напрямок траси. Користуючись монтажними схемами, перевіряють тип апаратури станцій керування та пультів, її розстановку, маркування затискачів та кінців, що підходять до апаратів, умовні позначення апаратів. Вивчають схеми живлення станцій управління оперативного струму для ланцюгів керування електроприводами та специфікацію електрообладнання. Після вивчення проектної документації

оглядають електричні ланцюги, випробовують їх підвищеною напругою та коригують проектні схеми у процесі налагодження.

При зовнішньому огляді перевіряють якість монтажних робіт по силових та оперативних ланцюгах (надійність кріплення проводів на клеммах, наявність ізоляційних прокладок між проводами і скобами, що кріплять їх, порушення ізоляції, обриви, злами тощо). Особливу увагу приділяють контактним з'єднанням.

Далі за елементною чи монтажною схемою перевіряють маркування.

У більшості випадків першими перевіряють первинні ланцюги (їх цілість, фазування), зовнішні з'єднання первинних та вторинних оперативних ланцюгів (відсутність замикань на землю та обривів у ланцюгах) та вторинні ланцюги в межах станцій управління, блоків та пультів управління, панелей сигналізації тощо. (відсутність коротких замикань та обривів).

Вторинні ланцюги перевіряють продзвонюванням або методом безпосереднього випробування. Роботу схем захисту та сигналізації перевіряють імітацією ненормальних та аварійних режимів роботи електрообладнання. При виявленні відмов у роботі окремих вузлів схеми визначають обхідні ланцюги чи місця обривів (зазвичай з допомогою вольтметра чи пробника).

Випробовувати вторинні (оперативні) ланцюги підвищеною напругою (ланцюги захисту, управління та вимірювання з приєднаною апаратурою), згідно з Правилами пристрою електроустановок, обов'язково. Значення

випробувального напруги змінного струму частотою 50 Гц приймають залежно від номінальної напруги. Напруга подають у випробуваний ланцюг протягом 1 хв. Кожну ділянку схеми випробовують окремо. До та після випробування ланцюгів підвищеною напругою вимірюють опір їхньої ізоляції. Значення опору ізоляції щодо землі має бути не менше 10 МОм для ланцюгів постійного струму та щитів управління та 1 МОм для кожного присіднання ланцюгів живлення та вторинних ланцюгів.

У процесі налагодження коригують проектні схеми, тому налагоджувальний персонал має два комплекти елементних схем. На одному комплекті (робочому) роблять всі відмітки та виправлення у процесі налагодження, на другий комплект тушшю завдають зміни. Обидві схеми з відповідними протоколами випробувань подають замовнику після закінчення налагоджувальних робіт.

Усі поправки, які вносяться до схем у процесі налагодження, не повинні вести до зміни режимів роботи установок. При необхідності налагоджувальна організація може вимагати від проектної організації зміни схеми, тобто зміни проекту. Що стосується сільськогосподарського виробництва, де переважно використовують асинхронний електродвигун, налагодження починають із перевірки паспортних даних електродвигуна (при розбіжності їх із проектом електродвигун заміняють). Потім його оглядають, перевіряють схему електроприводу та налагоджують апаратуру управління.

Після цього налагоджують схему загалом. Для керування асинхронними електродвигунами широко використовують магнітні пускачі та блоки керування.

На початку перевірки схеми блоку управління з'ясовують, чи є у схемі напруга (при відключеному електродвигуні) і чи є в запобіжниках плавкі вставки. Потім включають рубильник та натискають кнопку «Пуск». При цьому контактор повинен увімкнутися та залишитися увімкненим при відпусканні кнопки. При натисканні кнопки «Стоп» контактор повинен надійно спрацювати. Потім примусово розмикають обидва контакти теплового реле і натискають кнопку «Пуск» - контактор не повинен вмикатися. Не повинен він включатися і

при поверненні одного з контактів теплового реле у замкнутий стан. Потім (з дотриманням правил техніки безпеки) наладчик розмикає блок-контакти, що шунтують кнопку «Пуск» при включеному контакторі, при цьому контактор повинен вимкнутися.

Переконавшись у правильній роботі схеми, відключають рубильник і підключають кінці кабелю до клем електродвигуна. Включають рубильник і пускають електродвигун поштовхом входосту (як правило, при від'єднаній робочій машині). При цьому один із наладчиків знаходиться біля кнопок керування, а другий – біля електродвигуна. За сигналом, який подається другим наладчиком, перший натискає кнопку «Пуск», а потім кнопку «Стоп». Наладчик, що знаходиться біля електродвигуна, перевіряє при цьому напрямок обертання його валу і виявляє можливі неполадки. При нормальному стані електродвигуна його включають більш тривалий проміжок часу. Потім, під'єднуючи електродвигун до робочої машини, знову випробувають його спочатку під час роботи з робочою машиною без навантаження, а потім під навантаженням. Наладчики спостерігають за роботою електродвигуна та апаратури, а експлуатаційний персонал – за роботою машини.

## 6.2. Заходи з охорони праці

При використанні електричних установок у сільськогосподарському виробництві можливі випадки ураження електричним струмом обслуговуючого персоналу та сільськогосподарських тварин.

Дія електричного струму на організм людини.

При попаданні людини під напругу по тілу починає протікати електричний струм. Результат впливу електричного струму на організм людини залежить від великої кількості факторів. З них найбільше значення мають такі:

сила струму, що протікає по тілу людини, тривалість його впливу, шлях струму по тілу, напруга, частота та ін.

Основний фактор, від якого залежить результат електроураження людини струмом, - значення сили струму, що протікає по тілу людини. Якщо долоня щільно охоплює провід і струм протікає порівняно невеликий час (не більше 10 хв) по дорозі «рука-ноги» або «рука-рука», то перше відчуття (легкий свербіж у долоні) може з'явитися у людей із загостреною чутливістю вже при струмі близько 0,6 мА.

При струмі близько 1,5 мА це відчуття відчуватиме практично кожна людина. При збільшенні сили струму відчуття сверблячки поширюється область зап'ястя, потім з'являються перші легкі судоми в передпліччя (від зап'ястя до ліктьового суглоба).

При струмі 4...6 мА судоми поширюються на верхню частину руки (від ліктьового суглоба до плеча), одночасно виникає біль у всій руці, і пальці починають судомно стискати провід. Щоб розтиснути руку та звільнитися від затиснутого дроту, потрібно докласти зусилля. У багатьох паралізуються голосові зв'язки і вони не можуть покликати на допомогу.

Подальше збільшення струму призводить до того, що навіть при граничній напрузі волі і фізичних сил людина не в змозі розтиснути руку і звільнитися від дроту, що знаходиться під напругою. При струмах 20...25 мА більшість людей не можуть самостійно звільнитися від дроту, а окремі люди навіть при струмі 6 мА.

Максимальним відпускаючим називають найбільший струм, у якому людина може самостійно відірвати руки від предмета, що перебуває під напругою. Для чоловіків максимальні струми, що відпускають, знаходяться в межах від 9 до 23 мА, а для жінок від 6 до 16 мА. Струм 10 мА часто вважають безпечним, як той, що відпускає для величезної більшості дорослих людей, проте дослідження показали, що 42% смертельних поразок сталося при струмі до 10 мА.

При струмах 40...60 мА і часу дії 1...2 з починаються судоми грудної мускулатури, які досягають критичної сили, що викликає помутніння свідомості та непритомний стан. Якщо час дії струму перевищує 2 с, то настає параліч

дихання, що призводить до асфіксії (кисневої недостатності) і навіть загибелі потерпілого, якщо вчасно не будуть вжиті заходи щодо відновлення дихання та серцевої діяльності.

Найбільшу небезпеку життю людей становить викликане електричним струмом незворотне (природним шляхом) порушення нормальної роботи серця — так звана фібриляція серця. Порогові значення фібриляційного струму за інших рівних умов залежать від часу його дії. Якщо найменше значення порогового струму фібриляції при тривалості впливів 1 с становить близько 70

мА, то при 0,1 с — близько 700 мА. При тривалості дії від 0,1 до 0,001 з порогові значення струму фібриляції майже не змінюються.

Змінний струм частотою 50 Гц, протікаючи через тіло людини від руки до руки або від руки до ніг, при силі 100 мА може паралізувати серце, якщо тривалість впливу струму на людину не менше 3 с.

Крім того, у практиці зазначені випадки, коли смертельні електроураження людей відбувалися при струмах значно менших значень фібриляційних та струмів, що не відпускають. Це впливом струму особливо чутливі ділянки тіла людини (рефлексогенні зони), пов'язані безпосередньо з нервовою системою людини. Ці зони використовуються в медицині при лікуванні акупунктурою.

Дія електричного струму на організм сільськогосподарських тварин (велика рогата худоба, свині та вівці) загалом збігається з дією на організм людини, але є й відмінності. Якщо тварина потрапляє під напругу за схемою «носове дзеркало — ноги», то залежно від значення напруги дотику або рефлекторно відсмикує голову (при напрузі до 20...25), або падає. В обох випадках ланцюг струму швидко розривається і тварина, як правило, не отримує серйозної електротравми. При додатку «крокового» напруги (між передніми і задніми ногами), а також за схемою «шия-ноги» у міру зростання напруги наступають послідовно реакції: відчуття поколювання (виявляється в

наростаючому занепокоєнні), судомне скорочення м'язів ніг («підкошування», що призводить) до падіння) та фібриляція серця.

Систематичний вплив на тварии навіть порівняно низьких напруг, які не становлять будь-якої загрози для їхнього життя, надає на них шкідливий фізіологічний вплив. Так, у дійних корів при тривалій або систематичний вплив на них напруги від 4 В спостерігається затримка молоковіддачі, що призводить до істотного (до 30% і більше) зменшення продуктивності, а при відгодівлі худоби зменшуються прирости ваги.

### 6.3. Протипожежний захист

Пожежна небезпека в електроустановках може виникнути в таких випадках: при короткому замиканні, при перевантаженні проводів, при поганому контакті та тривалому горінні електричної дуги в апаратах управління.

Пожежа в приміщеннях з електроустановками виникає при короткому замиканні оголених дротів або дротів із пошкодженою ізоляцією. При цьому струм інтенсивно нагріває дроти. Внаслідок цього ізоляція дроту може спалахнути і викликати займання навколишніх конструкцій та предметів. Щоб унеможливити виникнення пожежі від коротких замикань, електроустановки слід захищати каліброваними запобіжниками або автоматичними вимикачами, мають електромагнітні розчіплювачі, а також засобами ПЗВ, що реагують на струми витоку.

При перевантаженнях дроти перегріваються, що спричиняє пожежу. Тривале навантаження електричних двигунів призводить до виходу з ладу через згоряння ізоляції обмоток. Від перевантажень електроустановки захищають тепловими реле магнітних пускачів та тепловими розчіплювачами автоматичних вимикачів.

Пожежа може виникнути через поганий електричний контакт у місцях з'єднання проводів. Збільшений перехідний опір у місці контакту викликає сильне нагрівання та займання ізоляції. Для зменшення перехідного опору дроту

з'єднують між собою зварюванням, паянням, надійними болтовими з'єднаннями або опресуванням.

Тривале горіння електричної дуги в комутаційній апаратурі (рубильниках, магнітних пускачах, автоматичних вимикачах та ін) також становить велику небезпеку в пожежному відношенні. Для швидкого гасіння дуги застосовують спеціальні пристрої — дугогасні (деіонізаційні) ґрати.

#### 6.4 Заходи з забезпечення безпечної експлуатації сільських електроустановок.

Безпека експлуатації електричних установок досягають тим, що унеможливають дотик людини до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою.

Одним з основних заходів захисту людей від ураження електричним струмом є ретельна ізоляція або забезпечення недоступності струмоведучих частин електроустановок. Якість ізоляції визначається її опором. Для кожного електричного пристрою чи виробу встановлено норми опору ізоляції.

Наприклад, опір ізоляції проводів для внутрішніх електричних проводок на ділянці між знятими запобіжниками має бути не менше 0,5 МОм

Якщо за умовами роботи струмопровідні частини електроустановки ізолювати неможливо, наприклад, ножі рубильників, їх огорожують. В електроустановках напругою до 1000 на відстань від сітчастої огорожі до голих струмопровідних частин має бути не менше 10 см, а від суцільного - не менше 5 см.

Маючи в своєму розпорядженні струмопровідні частини електроустановки на недоступній висоті, також виключають можливість дотику до них людини.

При пошкодженні ізоляції електроустановки (до спрацьовування захисту) під напругою виявляються металеві частини та корпус установки. Людина, торкаючись корпусу установки або з'єднань з нею машини, може бути вражена електричним струмом. Якщо, наприклад, у електродвигуна, що обертає водяний

насос, зіпсується ізоляція, то під напругою виявляться не тільки корпус електродвигуна, а й насос, і труби водопроводів, що підводять воду в автономувальки ферми, в житлові будинки і т. д. Внаслідок цього виникає небезпека ураження електричним струмом людей та тварин. Щоб запобігти такій

небезпеці, водяні та вакуумні насоси на сільськогосподарських об'єктах приєднують до трубопроводів через ізоляційні вставки, довжина яких повинна бути не менше 100 см.

Для підвищення безпеки праці при роботі з електрифікованими інструментами застосовують подвійну ізоляцію, яка є сукупністю робочої та додаткової (захисної) ізоляції. При цьому доступні до дотику частини електроприймача не набувають небезпечного потенціалу при пошкодженні робочої або захисної ізоляції. З подвійною ізоляцією виготовляють переносні світильники, електродрилі, електрорубанки та ін.

Однією з умов безпеки є відповідність значення напруги електроустановки виду приміщення. Наприклад, напруга для ручних переносних ламп і ручного електрифікованого інструменту в приміщеннях з підвищеною небезпечкою має бути не більше 42 В, а в приміщеннях особливо небезпечних — 12 В.

Приміщення з підвищеною небезпечкою характеризуються наявністю вогкості, струмопровідної підлоги, високою температурою та вологістю, а також можливістю одночасного дотику людини до металевих корпусів електрообладнання та заземлених металевих конструкцій. Особливо небезпечні приміщення характеризуються наявністю великої вогкості (відносна вологість близька до 100%) або хімічно активного середовища, що руйнує електричну ізоляцію, а також одночасно двох або більше умов підвищеної небезпеки.

Радикальний засіб захисту від випадкової появи напруги на металевих частинах електрообладнання (корпусу машин та апаратури, оболонки кабелів, сталеві труби та ін.), що не знаходяться під напругою, - пристрій захисного заземлення та занулення.

У сільських трифазних чотирипровідних мережах напругою 380/220



застосовують захисне занулення - навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих невідповідних частин обладнання, які можуть опинитися під напругою, наприклад при пошкодженні ізоляції.

Захисна дія занулення полягає в тому, що при пошкодженні ізоляції будь-якої фази електроприймача виникає однофазне коротке замикання. Внаслідок цього відбувається автоматичне відключення пошкодженого електроприймача або ділянки мережі захисною апаратурою (запобіжником, автоматичним вимикачем). До моменту відключення напруга на зануленій металевій частині електроприймача знижується у порівнянні з фазною напругою завдяки зв'язку із заземленою нейтраллю.

Недолік занулення у цьому, що з обриву нульового дроту все електроприймачі за точкою обриву виявляються без захисту. Щоб усунути цей недолік, повторно заземлюють нульові дроти повітряних ліній електропередачі.

Повторні заземлення влаштовують по кінцях як магістральних, і відгалужувальних ліній за її довжині трохи більше 200 м, і навіть на введеннях у будівлі, всередині яких застосовується занулення. Відстань від електроприймачів, розташованих поза будівлею, що підлягають зануленню, до найближчого повторного заземлення або до заземлення нейтралі має бути не

більше 100 м-коду.

На тваринницьких фермах та комплексах застосовують вирівнювання потенціалів між електропровідною підлогою або землею, з одного боку, та доступними для дотику металевими нетоковедучими частинами електроустановок та технологічного обладнання, а також металевими трубопроводами – з іншого (рис. 17.1). Принцип електрозахисного дії на вирівнювання потенціалів полягає у зменшенні до допустимих меж різниці потенціалів, що припадає на тіло людини або тварини, що стоять на підлозі (або на землі) і стосуються металевих невідповідних частин, що опинилися під напругою.

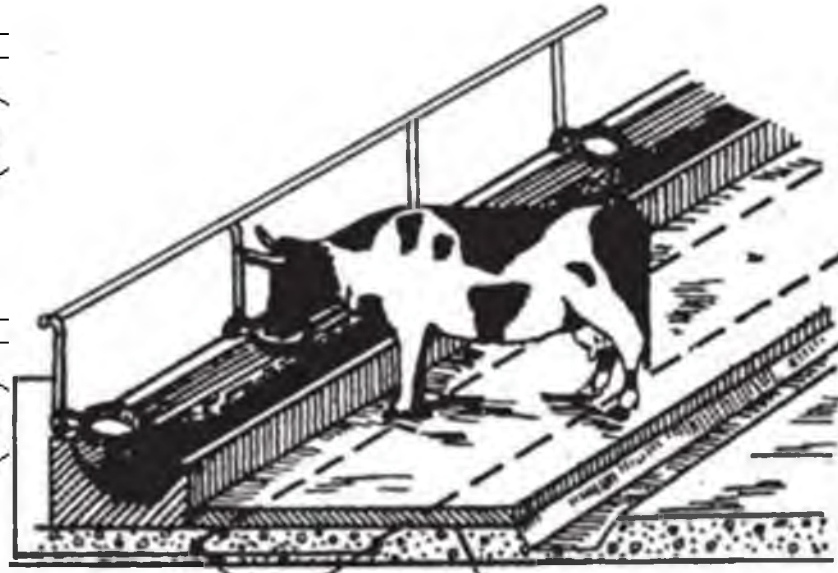
Пристрій для вирівнювання електричних потенціалів на тваринницькій фермі

НУБ

НИ

НУБ

НИ



НУБ

України

Рис. 6.1. Пристрій для вирівнювання електричних потенціалів на тваринницькій фермі:

1 - Вирівнюючі провідники; 2 дерев'яний настил

України

Пристрій для вирівнювання електричних потенціалів у тваринницьких приміщеннях виконують у вигляді частішої металевої сітки, що закладається в бетонну підготовку підлоги приміщення та електрично з'єднаної з металевими частинами нетоковедущими технологічного обладнання, доступного для дотику

України

тваринам. Якщо цих металевих частинах з'являється електричний потенціал, такий самий потенціал виявляється і металевої сітці. Дерев'яний підлоговий настил, на якому стоять тварини, завжди вологий, його питомий спір незначний. Тому потенціал підлоги в зоні розміщення тварин близький до потенціалу сітки, а можливе напруження дотику (різниця потенціалів, що припадає на тіло тварин) виявляється безпечним. Для здешевлення пристрою вирівнювання електричних потенціалів застосовують замість сітки металеві смуги або провідники і прокладені під підлогою 2 де розміщені тварини.

України

При обслуговуванні електроустановок широко застосовують спеціальні плакати: які застерігають «ПІД НАПРУГОЮ! НЕБЕЗПЕЧНО ДЛЯ ЖИТТЯ», «НЕ ВЛІЗАЙ! ВБ'Є», «СТІЙ, НЕБЕЗПЕЧНО ДЛЯ ЖИТТЯ!», «СТІЙ! НАПРУГА»; забороняючі – «НЕ ВКЛЮЧАТИ! ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ»; «НЕ ВМІКАТИ! РОБОТА НА ЛІНІЇ»; дозвільні - «ПРАЦЮВАТИ ТУТ», «ВЛІЗАТИ ТУТ» і нагадують - «ЗЕЗЕМЛЕНО», які вивішують у відповідних місцях.

України

Тут» і нагадують - «ЗЕЗЕМЛЕНО», які вивішують у відповідних місцях.

## ВИСНОВКИ

В моїй магістерській роботі представлено розробку заходів енергозбереження на сільськогосподарському підприємстві. Заходи які розроблені це: удосконалення системи освітлення, компенсація реактивної потужності, модернізація системи обліку. Також розроблено структуру системи енергоменеджменту. Також наведено характеристики та конструкцію приладів для моніторингу енергоспоживання та стану КТП. Запропоновано систему контролю за енергоспоживанням. Проведено техніко-економічне обґрунтування проекту. Описано основні заходи з техніки безпеки.

1. Реконструкція РП 0,4кВ для забезпечення надійності та ефективності роботи РТП;

2. Потужність трансформатора на ТП відповідає підключеному навантаженню. Відсутність необхідності заміни силового трансформатора;

3. Описане обладнання дозволяє підвищити ефективність обстеження електроустановок і визначити фактичну потужність електроустановок і рівень споживання електроенергії в різних режимах роботи.

4. Впровадження послуг з енергоменеджменту та автоматизованої системи обліку енергоресурсів дозволить значно підвищити рівень енергогосподарського менеджменту.

5. Застосування компенсації реактивної потужності, модернізація системи керування освітленням та системи обліку знижує вартість електроенергії на 35%.

6. Модернізація системи енергообліку окупиться за 1,5 місяці.