

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. ПОТЕБНІ Ю.М.

Електротехніки та енергоефективності

(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота**

перший (бакалаврський) рівень

(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз ефективності споживання електричної енергії елементами релейного захисту в системі власних потреб енергоблоку ВП «Запорізька АЕС» м. Енергодар

Виконав: студент 3 курсу, групи 6.1419-с  
спеціальності 141 Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка

(назва освітньої програми)

Дубок В. В.

(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доц. Башлій С.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент Артемчук В.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя  
2022

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Потебні Ю.М. \_\_\_\_\_  
Кафедра електротехніки та енергоефективності  
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень  
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(код та назва)  
Спеціалізація \_\_\_\_\_  
(код та назва)  
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри  
д.т.н., доц. В.Л. Коваленко  
« 20 » 06 2022 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Дубку Валентину Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Аналіз ефективності споживання електричної енергії елементами релейного захисту в системі власних потреб енергоблоку ВП «Запорізька АЕС» м. Енергодар

керівник роботи Башлій Сергій Вікторович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 17 » січня 2022 року № 90 - с \_\_\_\_\_

- 2 Строк подання студентом роботи 16 червня 2022 р.
- 3 Вихідні дані до роботи; Структура електроспоживання підприємства на власні потреби; питомі втрати енергії на передавання електроенергії; загальне питома електроенергоспоживання; перелік основного обладнання ВРП.
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Загальна характеристика ВП «Запорізька АЕС» 2) Впровадження запропонованих технічних рішень в умовах ВРП-750 кВ 3) Техніко-економічне обґрунтування впровадження технологічних рішень.
- 5 Перелік графічного матеріалу 1) Аналіз електроенергоспоживання ВРП-750 кВ 2) Високовольтний елекгазовий вимикач 3) Конструктивне виконання елекгазового вимикача 4) Модернізація компресорних установок 5) модернізація

системи освітлення робочих приміщень відкритого розподільчого пристрою 750 кВ б) Показники економічної ефективності запропонованих заходів.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Башлій С.В., к.т.н. доцент	<i>Башлій</i>	<i>Дубок</i>
Розділ 2	Башлій С.В., к.т.н. доцент	<i>Башлій</i>	<i>Дубок</i>
Розділ 3	Башлій С.В., к.т.н. доцент	<i>Башлій</i>	<i>Дубок</i>

7 Дата видачі завдання 01.02.2022 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна характеристика ВП «Запорізька АЕС»	01.03.2022	
2	Впровадження запропонованих технічних рішень в умовах ВРП-750 кВ	01.04.2022	
3	Техніко-економічне обґрунтування впровадження технологічних рішень	10.05.2022	

Студент *Дубок* (підпис) В.В. Дубок (ініціали та прізвище)

Керівник роботи *Башлій* (підпис) С.В. Башлій (ініціали та прізвище)

### Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер *Башлій* (підпис) С.В. Башлій (ініціали та прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 62 сторінки, 13 рисунків, 25 таблиць, 14 джерел.

Об'єкт розробки – заходи щодо зниження втрат електричної енергії відкритого розподільчого пристрою ВП «ЗАПОРІЗЬКА АЕС».

Мета проекту – визначити доцільність підвищення енергоефективності даного об'єкта, забезпечити можливість зниження втрат електричної енергії та підвищити надійність енергопостачання.

В роботі наведено структуру електроспоживання ВРП-750 кВ звідки видно, що найбільша її кількість, а саме 60,3%, використовується на компресорні установки подачі стисненого повітря, далі йде 27,4% на охолодження автотрансформаторів та вольтододаючих трансформаторів електродвигунами вентилятора, 2,3% споживання електроенергії витрачається на освітлення підстанції та 10% на обігрів повітряних вимикачів ВНВ-750кВ

Запропоновано наступні заходи з енергозбереження: заміна повітряних високовольтних вимикачів класу напруги 750 кВ на елегазові; модернізація компресорних станцій з метою приведення їх продуктивності до потреб нового обладнання підстанції; заміна ламп розжарювання на світлодіодні в робочих приміщеннях ВРП-750 кВ.

Оцінка економічної ефективності запропонованих рішень проводиться як за показниками терміну окупності та чистих приведених витрат, так і за питомими втратами електроенергії на забезпечення процесу передавання електричної енергії.

**ВІДКРИТИЙ РОЗПОДІЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, АТОМНА ЕЛЕКТРИЧНА СТАНЦІЯ, ПИТОМІ ВТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ, ТЕРМІН ОКУПНОСТІ**

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВП «ЗАПОРІЗЬКА АЕС».....	7
1.1 Загальна характеристика об'єкта дослідження .....	7
1.2 Технологія вироблення електроенергії на АЕС.....	8
1.3.Призначення головної схеми блоку, її основні елементи, режими експлуатації.....	13
1.4. Характеристика відкритого розподільчого пристрою .....	14
1.5. Обладнання встановлене на ВРП-750кВ .....	16
2 ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ В УМОВАХ ВРП-750 кВ .....	25
2.1 Переваги та недоліки повітряного вимикача .....	25
2.2. Переваги та недоліки вимикача газового с гідроприводом.....	27
2.3 Обґрунтування доцільності реконструкції головної схеми підстанції .	31
2.4 Модернізація компресорної станції подачі стиснутого повітря .....	33
2.5 Модернізація системи освітлення приміщень відкритого розподільчого пристрою-750 кВ .....	38
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕНЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ.....	51
3.1 Розрахунки економічного ефекту від реконструкції відкритого розподільчого пристрою.....	51
3.2 Економічне обґрунтування заміни освітлення в робочих приміщеннях відкритого розподільчого пристрою .....	53
3.3 Заміна компресорних установок подачі стиснутого повітря.....	56
ВИСНОВКИ.....	59
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	61

## ВСТУП

Атомна енергетика заслужено посідає одне з провідних місць в економіці України. Галузь забезпечує роботою близько 38 тис. Працівників. Протягом останніх років атомні електростанції в осінньо-зимовий максимум перевантажень виробляли майже 50% електроенергії країни, маючи лише 22,7% встановлених потужностей. Причому частка виробництва електроенергії на АЕС щороку зростає: так у 1996 році вона складала 43,8%, у 2000 році - 45,3%, в 2009 році - 47%. В даний час в експлуатації на українських АЕС знаходиться 15 енергоблоків, з них 13 - ВВЕР-1000, 2 - ВВЕР-440 (нового покоління).

Запорізька атомна електростанція є найбільшим виробником електроенергії з річним виробленням електроенергії 40 - 42 млрд. кВт·год, що становить п'яту частину загальнорічного виробництва електроенергії в державі і половину на українських атомних станціях. Одночасно з цим споживання для виробництва електроенергії становить 5% від виробленої електроенергії. Ця електроенергія йде на привід насосів, вентиляторів та іншого технологічного обладнання, необхідного для вироблення електроенергії. Для АЕС з шістьма енергоблоками по 1000 МВт це 300 МВт. Це для нашої країни найбільший споживач електроенергії, яких не дуже багато навіть серед найбільших і енергоємних підприємств.

## 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВП «ЗАПОРІЗЬКА АЕС»

### 1.1 Загальна характеристика об'єкта дослідження

Запорізька атомна електростанція ЗАЕС - найбільша в Європі і в Україні атомна електростанція, знаходиться на південному сході України в Кам'янсько-Дніпровському районі Запорізької області. Вона розташована поряд з тепловою електростанцією, що працює на органічному паливі (вугілля, мазут, газ). Взяті разом, Запорізька АЕС та Запорізька ТЕС утворюють потужний енергетичний комплекс, експлуатаційний персонал якого проживає в розташованому неподалік місті Енергодарі.

Енергодар - місто в північно-західній частині Запорізької області України. Розташований на лівому березі річки Дніпро, на узбережжі Каховського водосховища.

Місто було засноване 12 червня 1970, з початком будівництва Запорізької ДРЕС. У 1972 році отримав назву Енергодар. У 1981 почалося будівництво Запорізької АЕС, яка на сьогоднішній день є найбільшою АЕС у Європі.

У 1977 році у зв'язку із загостренням проблеми забезпечення енергією південних районів країни, Радою Міністрів СРСР було прийнято рішення про будівництво Запорізької АЕС, і з 1979 року вона стала головним будівництвом в серії атомних електростанцій, що будуються по уніфікованому проекту . У 1980 році був затверджений технічний проект першої черги Запорізької АЕС, а складі чотирьох енергоблоків з реакторами ВВЕР - 1000 сумарною потужністю 4000 МВт. Першого квітня покладений перший кубометр бетону в фундамент реакторного відділення першого енергоблоку, і в кінці 1982 року почався монтаж його реактора. У 1983 році споруди ЗАЕС було оголошено всесоюзним комсомольським будівництвом.

9 листопада 1984 перший енергоблок Запорізької АЕС потужністю один мільйон кВт почав виробляти енергію. Три наступних блоку вводилися в експлуатацію щорічно, так: другий - в 1985 році; третій енергоблок - в 1986 році; четвертий енергоблок - в 1987 році.

У 1988 році був запропонований проект розширення станції (друга черга), що передбачає будівництво ще двох енергоблоків з аналогічними реакторами. Так, в 1989 році почав працювати п'ятий енергоблок, а в жовтні 1995 року блок № 6.

Експлуатацію станції здійснює відокремлений підрозділ «Запорізька АЕС» (ВП ЗАЕС) державного підприємства Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом» юридична особа, яка має відповідну державну ліцензію.

В ЗАЕС входить 56 промислових підрозділів і 26 непромислових підрозділів із загальною чисельністю працюючих понад 13 000 чоловік.

Призначення АЕС - вироблення електроенергії та забезпечення населення, а так же підприємств і заводів електроенергією та теплом. Для цього потрібно здійснити багато різних технологічних операцій, забезпечити безвідмовну та безпечну роботу складного обладнання.

## 1.2 Технологія вироблення електроенергії на АЕС

Атомна електростанція-електростанція, в якій атомна (ядерна) енергія перетворюється в електричну. Генератором енергії на АЕС (атомна електростанція) є атомний реактор. Тепло, яке виділяється в реакторі в результаті ланцюгової реакції ділення ядер деяких важких елементів, потім так само, як і на звичайних теплових електростанціях (ТЕС), перетворюється в електроенергію. На відміну від ТЕС що працюють на органічному паливі, атомна електростанція працює на ядерному пальному. Встановлено, що світові



енергетичні ресурси ядерного пального (уран, плутоній і ін.) істотно перевищують енергоресурси природних запасів органічного палива (нафта, вугілля, природний газ і ін.). Це відкриває широкі перспективи для задоволення швидко зростаючих потреб в паливі. Крім того, необхідно враховувати об'єм вжитку вугілля, що все збільшується, і нафти для технологічних цілей світової хімічної промисловості, яка стає серйозним конкурентом теплових електростанцій. Не дивлячись на відкриття нових родовищ органічного палива і вдосконалення способів його видобутку, в світі спостерігається тенденція до відносить збільшенню його вартості. Це створює найбільш важкі умови для країн, що мають обмежені запаси палива органічного походження. Очевидна необхідність якнайшвидшого розвитку атомної енергетики яка вже займає помітне місце в енергетичному балансі низки промислових країн світу.

Переважає більшість енергетичних реакторів працюють на збагаченому урані 235 і 238. Для підтримки керованої цінної реакції в ядерному реакторі використовуються сповільнювачі: графіт, важка вода, берилій. Ядерне паливо в реакторі знаходиться у вигляді ТВЕЛ (тепловиділяючих елементів), ТВЕЛі об'єднані в тепловиділяючі збори ТВЗ. Кількість ТВЗ в реакторі 163. Виділене тепло від реактора переносить важка вода за допомогою ГЦН (головний циркуляційний насос до теплообмінника-парогенератору, потім, віддавши частину тепла, повертається в реактор. В парогенераторі вода 1 контуру віддає тепло воді 2 контуру, яка, підігрівшись, переходить в пароподібний стан. У парогенераторі відбувається поділ 1 і 2 контуру (вода 1 і 2 контуру не змішується) тому принципом станція відноситься до 2-х затурного типу. До складу основного обладнання 1 контуру входить:

- ядерний реактор ВВЕР - 1000;
- компенсатор тиску (КТ);
- 4 головних циркулярних насоса (ГЦН);
- 4 парогенератора (ПГ);
- 4 петлі теплообміну.

До складу основного обладнання 2 контуру входить:

- турбіна;
- сепаратор парогенератора (СПГ);
- генератор;
- конденсатор турбіни;
- конденсаторні насоси 1 і 2 ступеня;
- блокова знесолюючих установка (БЗУ);
- підігрівачі потрібного тиску (ПШТ);
- деаератор;
- турбінно-живильний насос (ТПН);
- конденсатор;
- підігрівачі високого тиску.

Контур умовно починається з парогенератора (ПГ). Свіжий пар надходить на турбіну, турбіна має циліндр високого тиску (ЦВТ) і три циліндра низького тиску (ЦНТ). На трубопроводі від парогенератора до турбіни знаходиться швидкодійний редуційний пристрій скидання пари в атмосферу, призначений для скидання тиску пари в атмосферу у випадку аварійної зупинки турбіни. Пар після парогенератора подається в циліндр високого тиску, приводить в обертання турбіну, потім виходить з ЦВТ і потрапляє в сепаратор парогенератора. Пар, відпрацювавши в ЦВД ще має досить високу температуру, тому його можна ще використовувати для подачі на лопатки турбіни. У сепараторі пароперегріваний пар з ЦВТ підігрівається, з нього віддаляється конденсат і подається на ЦНТ. Тут пар подається на 2 щабель турбіни і теж здійснює роботу аналогічну як в ЦВТ. До валу турбіни жорстко закріплений ротор генератора: обертаючись із швидкістю обертання турбіни генератор, виробляє електроенергію. Після цього, як пар відпрацював в, ЦНТ він потрапляє в конденсатор турбіни. У конденсаторі турбіни пар конденсується (охолоджується) і перетворюється на воду. Пара проходить через систему охолоджених труб і на них охолоджується у вигляді крапель води, потім конденсат збирається на дні конденсатора. Вода в систему охолодження подається зі ставка-охолодження за допомогою циркуляційних

насосів. Після конденсатора вода конденсатним електронасосами КЕН 1 щаблі подається на блочну знесолюючу установку (БЗУ). На БЗУ вода проходить через фільтр, очищається від механічних часток і з води видаляються солі та інші хімічні домішки. Після БЗУ вода прокачується КЕНами 2 щаблі. Для підвищення ККД вироблення електроенергії вода підігривається в 4 ступенях підігріву ППТ-підігрівач потрібного тиску. Для підігріву води використовується пар. Після ППТ вода потрапляє в деаератор; в деаератори з води видаляється розчинений кисень. Після деаератора воду качають турбінно-живильні насоси ТЖН. Після ТЖН вода підігривається ще в підігрівачі високого тиску ПВТ. Після виходу з ПВТ температура води досить висока +235 С і тиск 75кгс/см. Вода надходить в парогенератор, підігривається водою 1 контуру, перетворюється на пару і подається на турбіну.

Автоматизована система управління АЕС призначена для управління основним і допоміжними технологічними процесами виробництва теплової та електричної енергії на АЕС. АСУ повинна забезпечувати працездатність, надійність і безпеку АЕС при збереженні її економічності. АСУ - це система, що охоплює все обладнання і технологічні процеси. Відповідно з організаційною структурою в АСУ виділяється два рівні управління - загальностанційне і енергоблоків.

На загальностанційному рівні вирішуються завдання зв'язку та обміну інформацією з вищестоящою АСУ, прийом від неї команд і завдань, а також формування завдань окремим енергоблоків і видача в системи управління кожного енергоблоку відповідних команд.

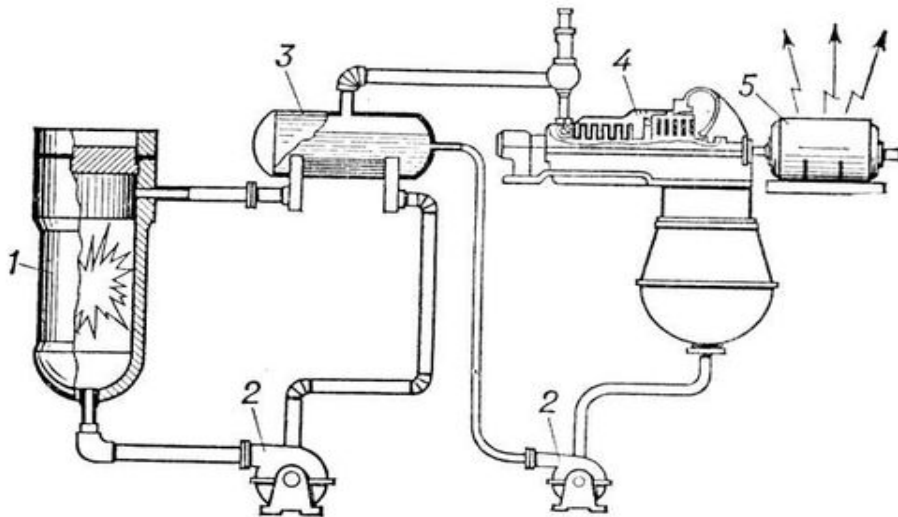
Крім того, на загальностанційному рівні здійснюється управління електричними пристроями, координація роботи загальностанційних установок, оперативний контроль за радіаційною безпекою ВП ЗАЕС. АСУ ВП ЗАЕС виробляє обчислення та видачу зведених даних про роботу станції на окремі періоди; функціонує як єдина система, що передбачає уніфікацію сигналів передачі інформації і команд, конструктивних, економічних і організаційних рішень, забезпечення взаємної сумісності всіх її підсистем.

В інформаційній частині АСУ здійснює такі функції: збір інформації, її перетворення, розподіл, обробка, подання інформації оперативному персоналу та її протоколювання. При цьому здійснюється вимірювання наступних параметрів:

- теплотехнічних (тиск, температура, рівень, витрата, різниця цих параметрів);
- електричних (напруга, струм, частота напруги, споживана потужність);
- хімічних (солевміст, концентрація, і т.д.);
- механічних величин (переміщення, вібрації, розширення);
- радіаційних (радіоактивність технологічних середовищ, газів, матеріалів і т.д.).

Керуючі функції АСУ призначені для виконання дистанційного і автоматичного управління, автоматичного регулювання, захистів, оптимізації управління.

Технологія вироблення електроенергії на АЕС зображена на рисунку 1.1



1-ядерний реактор, 2-циркуляційний насос, 3-теплообмінник, 4-турбіна, 5-генератор електричного струму.

Рисунок 1.1 - Технологія вироблення електроенергії на АЕС

### 1.3. Призначення головної схеми блоку, її основні елементи, режими експлуатації

Головна схема електричних з'єднань - це сукупність основного устаткування (генератор, трансформатор), збірні шини, комутаційної та іншої первинної апаратури з усіма виконаними між ними в натурі з'єднаннями. Вибір головної схеми є визначальним при проектуванні електричної частини електростанцій, так як він визначає повний склад елементів і зв'язків між ними. Обрана головна схема є вихідною при складанні принципівих схем електричних з'єднань, схем власних потреб, схем вторинних з'єднань і т.д.

Спрощена схема видачі потужності енергоблоку представлена на рисунку 1.2.

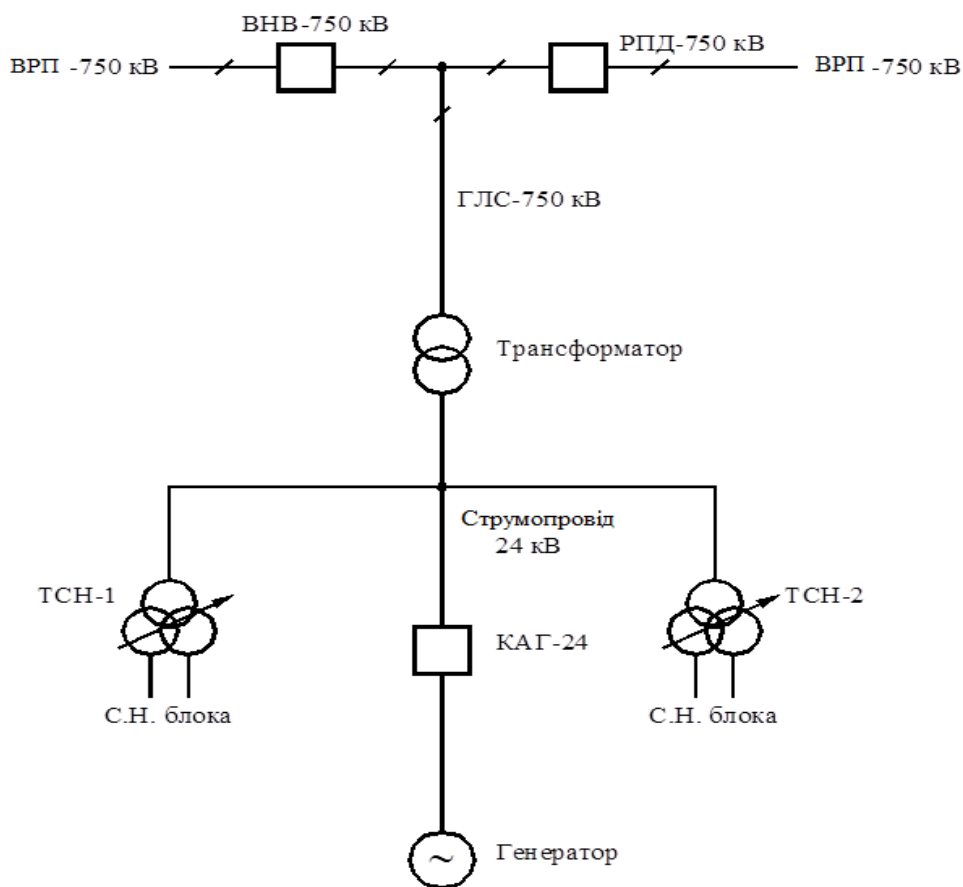


Рисунок 1.2 Спрощена схема видачі потужності енергоблоку

Електрична схема ЗАЕС побудована за блоковим типом. Паралельний режим роботи турбогенераторів здійснюється тільки на підвищеній напрузі РУ станції. Турбогенератори через що підвищують групи однофазних трансформаторів під'єднуються до РУ підвищеної напруги станції. Схема видачі потужності призначена для виробництва, перетворення, передачі і видачі електроенергії в енергосистему.

У схему видачі потужності блоку входить електричне обладнання:

- генератори з системою збудження;
- струмопроводи 24 кВ з генераторним вимикачем КАГ-24;
- силовий трансформатор блоку;
- силові трансформатори власних потреб;
- гнучкі лінійні зв'язку 750 кВ.

Надійність, економічність, маневрені властивості АЕС багато в чому визначається її схемою видачі потужності.

Для Запорізької електростанції проектом обрана схема видачі потужності для шести енергоблоків по 1000 МВт на ВРП з напругою 750 кВ, двома системами шин і компонованням 4/3 (чотири вимикача на три приєднання) з однолінійним розташуванням вимикачів, через три повітряні лінії електропередач 750 кВ і автотрансформатор зв'язку 750/330 кВ і лінію електропередачі 330 кВ на ВРП-330 кВ Запорізької ТЕС.

Режим експлуатації обладнання головної схеми енергоблоку визначається режимом роботи енергоблоку (реактор, турбіна), вимог нормативних документів, що необхідно враховувати персоналу під час ремонту

#### 1.4. Характеристика відкритого розподільчого пристрою

Розподільчий пристрій (РУ) - електроустановка, що служить для прийому і розподілу електричної енергії.

Для енергетичної системи розподільчий пристрій є вузлом мережі, обладнаним електричними апаратами і захисними пристроями, що служать для управління розподілом потоків енергії, відключення пошкоджених ділянок, забезпечення надійного електропостачання споживачів.

Кожне РУ складається з відповідних і приєднань, що відходять, які пов'язані між собою збірними шинами, перемичками, кільцевими і багатокутними сполуками, з розміщенням різного числа вимикачів, роз'єднувачів, реакторів, вимірювальних трансформаторів і інших електричних апаратів, обумовлених прийнятою схемою. Всі аналогічні приєднання виконуються однаково, так що РУ збирається зі стандартних, як би типових, осередків.

Основним апаратом РУ є вимикач - пристрій, здатний включати, нести і відключати нормальні струми навантаження, а також включати і автоматично відключати (при заздалегідь заданих умовах) струми аварійного режиму, такі, як струми короткого замикання.

Роз'єднувачі служать для замикання і розмикання ланцюгів без навантаження; як оперативних вони використовуються для перемикачів в схемах з'єднань, а як неоперативні застосовуються для від'єднання ділянок комутації та обладнання, що виводяться в ремонт.

Інші апарати, як то: вимірювальні трансформатори напруги і струму, реактори, розрядники, і конденсатори високочастотного зв'язку, необхідні опорні і підвісні ізолятори, а також несуть і підтримують будівельні конструкції - мають своє обґрунтування, яке визначається в проекті електричної установки їх призначенням, місцем в схемі з'єднань і наміченими конструкціями РУ.

Переваги ВРП:

– дозволяють використовувати як завгодно великі електричні пристрої, ніж, власне, і обумовлено їх застосування на високих класах напруг.

– виготовлення ВРП не вимагає додаткових витрат на будівництво приміщень.

- зручні в плані розширення і модернізації
- можливо візуальне спостереження всіх апаратів ВРП

Недоліки:

- експлуатація ВРП складна в несприятливих погодних умовах, крім того, навколишнє середовище сильніше впливає на елементи ВРП, що призводить до їх раннього зносу.
- займають багато місця

### 1.5. Обладнання встановлене на ВРП-750кВ

До основних елементів електричної частини станцій, що забезпечує виробництво передачу і електричної енергії споживачам відносяться розподільчого пристрою. В даному випадку буде розглядатися відкритий розподільчий пристрій (ВРП-750кВ) ЗАЕС. До елементів ВРП-750кВ відносяться:

- повітряні вимикачі типу ВНВ-750 кВ;
- автотрансформатор;
- шунтуючі реактори;
- трансформатори струму;
- роз'єднувачі;
- заземлювачі;
- трансформатори напруги;
- розрядники і обмежувачі напруги;
- магістральні повітропроводи

Повітряні вимикачі типу ВНВ-750 кВ.

Повітряні вимикачі типу ВНВ-750кВ - апарати, які мають дугогасильні камери, вони призначені для комутаційних операцій



(включення і відключення) під навантаженням, при нормальних і аварійних режимах роботи приєднань систем шин ВРП-750 кВ. При цьому за відключеним вимикачем залишається небезпечна напруга через шунтування головних контактів конденсаторами.

Робочий тиск повітряного вимикача складає 40 кгс /см<sup>2</sup>, стиснене повітря подається від компресорних установок.

Вимикач відключається повітрям, а включається за рахунок повітря і енергії пружин, накопиченої в момент відключення і повітря.

Основні параметри і характеристики ВНВ-750 і ВО-750 наведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1- Основні параметри і характеристики ВНВ-750 і ВО-750

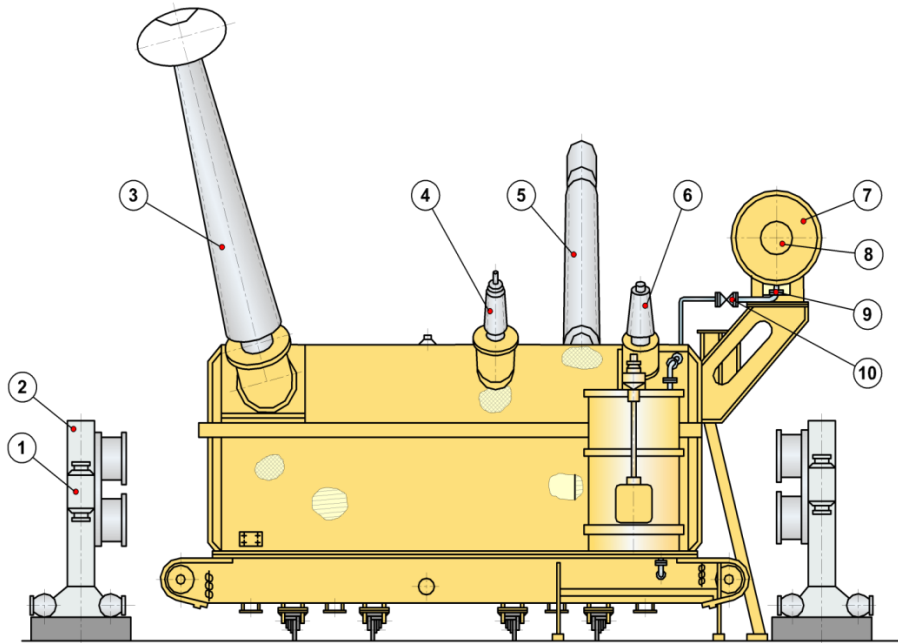
Найменування характеристики	ВНВ-750	ВО-750
1.Номинальна напруга, кВ	750	750
2. Номинальна рабоча напруга кВ	787	787
3. Номинальний струм А	3150	500
4. Номинальний струм вмикання, кА	40	40
5. Номинальний струм вимикання кА	40	40
6. Предельный струм термічної стійкості, кА	63	40
7. Власний час відключення не більше, с	0,025	0,025
8. Время ввімкнення, не більше, с	0,1	0,1
9. Тиск повітря при якому відбувається самовключення, кгс/см <sup>2</sup> , не менше	22	20
10. Повний час відключення, не більше, с	0,04	
11. Величина за одне ввімкнення не більше, (кгс/см <sup>2</sup> ).	0,25	0,3
12. Падіння тиску зжатого повітря при номінальному тиску:		
за одне ввімкнення, кгс/см <sup>2</sup>	2,7	3,0
за одне ввімкнення, кгс/см <sup>2</sup>	0,3	0,3

Автотрансформатор АОДЦТН-333000/750/330 (АТ-1).

Тип АОДЦТН-333000 \ 750 \ 330-У1 - силовий, масляний, трифазний, двохобмотковий з регулюванням напруги під навантаженням в нейтралі.

Розшифровка умовного позначення:

Рисунок АТ АОДЦТН-333000/750/330-У1 зображено на рисунку 1.3



1 – термосифонний фільтр, 2 – охолоджуючий пристрій, 3 – герметичний введення, 4 – мастило підпірне введення 150 кВ, 5 – герметичний введення 330 кВ, 6 – мастило підпірне введення 66 кВ, 7 – розширювач, 8 – стрілочний масло показник, 9 – відсічний клапан, 10 – газове реле

Рисунок 1.3- Ескіз автотрансформатора АОДЦТН-333000/750/330-У1

Шунтуючі індуктивні реактори ВЛ-750кВ.

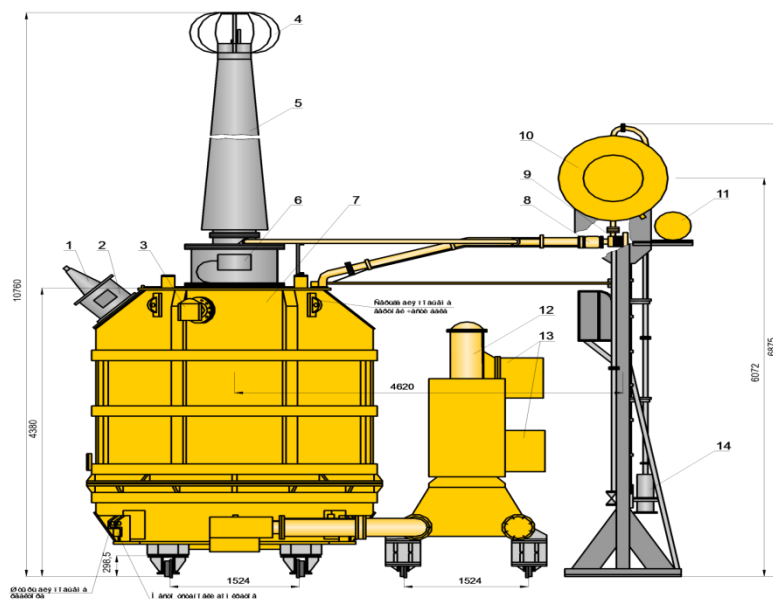
Реактори призначені для зниження зарядної (реактивної) потужності, генеруючою ВЛ-750 кВ, шляхом її споживання і для обмеження комутаційних перенапруг після скидання навантажень, а також односторонніх обмежень ВЛ-750 кВ. Кількість включених реакторів вибирається з умови підтримки номінальної напруги на шинах ВРП-750 кВ при нормальному завантаженні генераторів по реактивній потужності.

РШ забезпечують можливість підключення ВЛ поштовхом до джерела живлення.

Шунтуючі реактори ліній: Дніпровська, Запорізька і Південно-Донбаська 750 кВ (РШ-Дн, РШ-Зп, РШ-Пд) встановлені на ВРП-750 кВ, відповідно в осередках

В сталевий бак з трансформаторним маслом занурена обмотка. Застосування масла дозволяє зменшити ізоляційні відстані між обмоткою і заземленими частинами реактора і поліпшити охолодження обмотки за рахунок циркуляції масла. У результаті маса і габарити апарату зменшуються. Висновки обмоток підключені до контактів прохідних ізоляторів.

Ескіз реактора типу РОДЦ 110000/ 750 зображено на рисунку 1.4



1-маслопідпірне введення, 2- трансформатори струму ТВТ-35, 3-запобіжний клапан, 4- герметичне введення, 5- трансформатори струму ТВТ-750, 6- маслобак, 7- маслобак, 8- газове реле, 9- відсічний клапан, 10- розширювач, 11- бак компенсації тиску вводу, 12- термосифонний фільтр, 13- охолоджувальний пристрій, 14- повітряосушувач

Рисунок 1.4- Ескіз реактора типу

Роз'єднувач.

Роз'єднувач високовольтний триполюсний, підвісного типу, двопроневий РПД-750 / 3200У1 призначений для включення і відключення знеструмлених ділянок електричного кола 750 кВ і створення видимого розриву за рахунок підняття кошика роз'єднувача.

Роз'єднувач може управляється дистанційно і за місцем електродвигуном, а також вручну, через привід роз'єднувача. Роз'єднувач РПД-750 / 3200У1

Основні параметри і характеристики роз'єднувача РПД-750 / 3200У1 наведені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Параметри роз'єднувача РПД-750 / 3200У1

Найменування параметра	Норма
Номинальна напруга, кВ	750
Найбільша робоча напруга, кВ	787
Номинальний струм, А	3150
Струм електродинамічної стійкості, кА	160
Струм термічної стійкості, кА	63
Час протікання струму термічної стійкості, з	2
Номинальна частота, Гц	50

Заземлювач.

Заземлювачі входять в комплект РПД-750 і призначені для заземлення контактів відключених підвісних роз'єднувачів, встановлених на шинних опорах і трансформаторах струму. Заземлювач управляється ручним приводом через редуктор спеціальної рукояткою за місцем. Включення і відключення заземлювача здійснюється через електромагнітне блокування. Основні параметри і характеристики заземлювача наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Основні параметри і характеристики заземлювача

Найменування параметра	Норма
Номинальна напруга, кВ	750
Струм термічної стійкості, кА	63
Механічна стійкість циклів	1000

Трансформатори напруги.

Трансформатори напруги НДЄ-750-72У1 є масштабними перетворювачами і призначені для вироблення сигналу вимірювальної інформації для електричних вимірювальних приладів і ланцюгів захисту та сигналізації, а також для забезпечення високочастотного зв'язку в електричних системах змінного струму частоти 50 Гц з номінальною напругою 750 кВ з заземленою нейтраллю.

Трансформатор напруги складається з наступних складових частин:

- ємнісного дільника напруги з екраном;
- електромагнітного пристрою;
- високочастотного загороджувача;
- розрядника вентильного типу РВС-20;
- роз'єднувача однополюсного -35/1000;
- ручного приводу ПР-УІ до роз'єднувачів.

Обмежувачі напруги.

Обмежувачі представляють собою одноколонкові конструкції, що складаються з послідовно-паралельного з'єднання резисторів, розташованих усередині фарфорових покришок. Обмежувачі складаються з двох послідовно включених каскадів. Кожен каскад обмежувачів забезпечений запобіжним пристроєм для скидання тиску в разі внутрішнього пошкодження апарату.

Для вирівнювання розподілу напруги по висоті апарату обмежувачі забезпечені екранним кільцем.

Герметизація елементів обмежувачів здійснюється за допомогою гумових кілець ущільнювачів.

Для захисту від корозії всі зовнішні металеві деталі обмежувачів мають захисне покриття.

Для приєднання пристосування для вимірювання струму провідності під робочою напругою в днище обмежувачів є ізолюваний від землі висновок.

На кришці верхнього каскаду обмежувачів є контактна пластина для підключення до струмоведучих проводах.

На відміну від вентиляльних розрядників блоки резисторів не мають іскрових проміжків і постійно перебувають під робочою напругою при цьому по ним тече струм порядку 0,4 - 4 мА і опір становить десятки мОм.

При появі перенапруги в плинні часу від однієї наносекунди до 10 сек., Опір ОПН знижується до десятків Ом, у стільки ж разів збільшується через нього струм (до декілька десятків кА).

Проходження великого струму через ОПН в землю різко обмежує амплітуду перехідного процесу і забезпечує захист ізоляції АТ.

ОПН не розраховані на довготривалі перенапруги: через герметичного виконання і відсутності ефективного охолодження, блоки резисторів швидко виходять з ладу.

Магістральні повітропроводи.

Мережа зжатого повітря призначена для транспортування повітря к повітряним вимикачам установлених на ВРП-750 кВ.

Кордоном межі зжатого повітря являються вентиля в розподільчих шкафах вимикачів.

Магістральні трубопроводи зжатого повітря, проходять по ВРП-750 кВ у повітряних вимикачів на залізобетонних опорах кабельних лотків. Від магістральних трубопроводів є відводи до повітряних вимикачів і секційні вентиля.

Система шин.

Збірні системи шин призначені для розподілу виробленої електричної енергії між генераторами і лініями електропередач.

Схема видачі потужності називається «4/3» (чотири вимикача на три приєднання).

Потужність ЗАЕС видається через три повітряні лінії електропередач 750 кВ (Дніпровська, Запорізька, Південно-Донбаська) і через вузол автотрансформатора 750/330 кВ і лінію 330 кВ ЗАЕС-ЗаТЕС.

ВРП 750 кВ має дві системи шин і 14 осередків приєднань і складається з чотирьох полів.

Перше поле - два послідовно включених вимикача з роз'єднувачами між I і II системами шин. Між вимикачами підключений вузол автотрансформатора 750/330 кВ, який по повітряної лінії 330 кВ видає навантаження на ВРП-330 кВ ЗаТЕС.

Друге, третє і четверте поле однакові, і включають в себе чотири повітряних вимикача з роз'єднувачами, включеними послідовно один за іншим також об'єднуючи I і II систему шин 750 кВ.

Між першим і другим вимикачем другого поля підключається блок № 1 між другим і третім вимикачами підключається повітряна лінія електропередач Дніпровська між третім і четвертим вимикачами підключається блок № 2. Аналогічно підключаються по 3 і 4 полях ВЛ Запорізька, Південно-Донбаська і блоки 3-6.

Непарні блоки зафіксовані за I, парні - за II системою шин. Система шин підвішена на порталах висота яких 32 м і ширина 38 м.

Гнучкі збірні шини значно спрощують монтаж і обслуговування обладнання. Розподільчий пристрій 750 кВ виконано компактно, з однорядним розташуванням повітряних вимикачів. Таке розташування має ряд переваг в експлуатації, так як дозволяє зберегти в роботі блоки при відмові одного з вимикачей системи шин 750 кВ.

Поряд з перевагами, компоновка ВРП - 750 кВ має і недоліки:

- наявність «косих» зв'язків і «перекидання» на 3 - х рівнях збільшує напруженість електромагнітних полів, що обмежує перебування на ВРП персоналу оперативної та ремонтних служб;
- зважаючи на малогабаритне компонування ВРП ускладнюються роботи ремонтного персоналу із застосуванням вантажопідіймальних механізмів і пристосувань;
- збільшується ймовірність пошкодження електротехнічного обладнання через малогабаритної компонування ВРП - 750 кВ;

– знижується надійність існуючої схеми, так як при виведенні в ремонт любо-го шинного роз'єднувача потрібно повне виведення системи шин, до якої він підключена;

– існуюча схема видачі потужності при роботі всіх ліній електропередач ЗАЕС дозволяє видавати в енергосистему НЕ більше 5300 МВт.



## 2 ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ В УМОВАХ ВРП-750 кВ

### 2.1 Переваги та недоліки повітряного вимикача

Повітряні вимикачі типу ВНВ-750кВ -апарати, які мають дугогасильні камери, вони призначені для комутаційних операцій (включення і відключення) під навантаженням, при нормальних і аварійних режимах роботи приєднань систем шин ВРП-750 кВ. При цьому за відключеним вимикачем залишається небезпечна напруга через шунтування головних контактів конденсаторами. У повітряних вимикачах гасіння дуги відбувається стисненням повітрям під тиском 2-4 МПа, а ізоляція струмоведучих частин і дугогасних пристроїв здійснюється порцеляною або іншими твердими ізолюючими матеріалами. Конструктивні схеми вимикачів різні і залежать від їх номінальної напруги, способу створення ізоляційного проміжку між контактами у відключеному положенні, способу подачі стисненого повітря в дугогасних пристроїв. У вимикачах на великі номінальні струми є головний і дугогасительний контур подібно маломасляним вимикачам. Основна частина струму у включеному положенні вимикача проходить по головним контактам, розташованим відкрито. При відключенні вимикача головні контакти розмикаються першими, після чого весь струм проходить по дугогасительним контактам, укладеними в камері. До моменту розмикання цих контактів в камеру подається стиснуте повітря з резервуара, створюється потужне дуття, що гасить дугу. Дуття може бути поздовжнім або поперечним. Необхідний ізоляційний проміжок між контактами у відключеному положенні створюється в дугогасильній камері шляхом розведення контактів на достатню відстань. Вимикачі, виконані за конструктивною схемою з відкритим віддільником, виготовляються для внутрішньої установки на напругу 15 і 20 кВ і струм до 20000 А (серія ВВГ). В

даному типі вимикачів після відключення віддільника припиняється подача стиснутого повітря в камери і дугогасильні контакти замикаються.

Робочий тиск повітряного вимикача складає  $40 \text{ кгс / см}^2$ , стиснене повітря подається від компресорних установок.

Вимикач типу ВНВ-750 має наступні показники надійності

- комутаційний ресурс сумарне число операцій не більше 500;
- механічний ресурс до капітального ремонту 1000 циклів
- середній термін служби до середнього ремонту 8 років.

Вимикач відключається повітрям, а включається за рахунок повітря і енергії пружин, накопиченої в момент відключення і повітря.

Основні параметри і характеристики ВНВ-750 наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1- Основні параметри і характеристики ВНВ-750

Найменування характеристики	ВНВ-750
Номинальна напруга, кВ	750
Номинальна робоча напруга кВ	787
Номинальний струм А	3150
Номинальний струм вмикання, кА	40
Номинальний струм вимикання кА	40
Граничний струм термічної стійкості, кА	63
Власний час відключення не більше, с	0,025
Время ввімкнення, не більше, с	0,1
Повний час відключення, не більше, с	0,04
Величина за одне ввімкнення не більше, (кгс/см <sup>2</sup> ).	0,25
Падіння тиску стиснутого повітря при номинальному тиску:	
за одне ввімкнення, кгс/см <sup>2</sup>	2,7

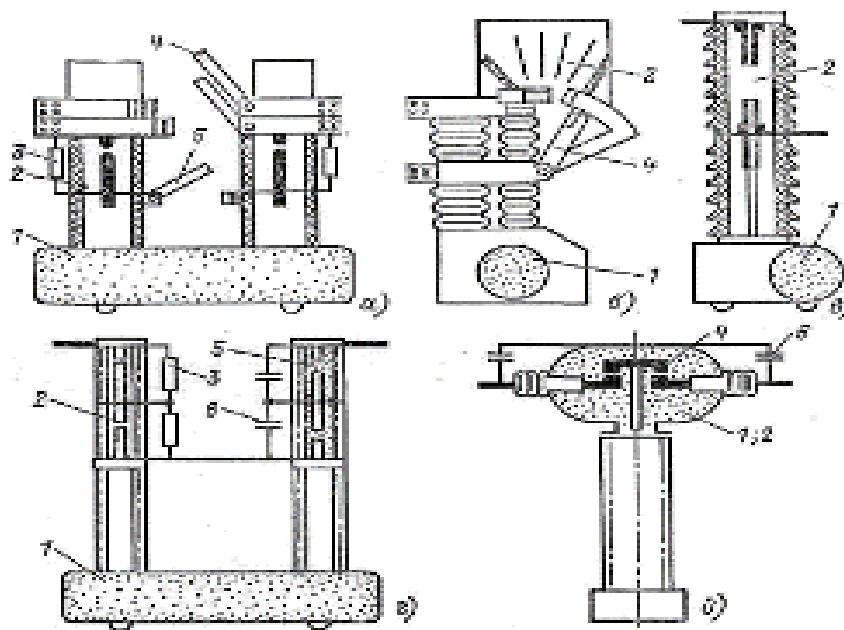
Переваги вимикача типу ВНВ-750:

1. Повітряні вимикачі давно експлуатуються в енергосистемах.
2. Ремонтпридатність.

Недоліки вимикача типу ВНВ-750:

1. Необхідність наявності розвиненої пневмосистеми і компресорів.
2. Сильний шумовий ефект при відключенні струмів.
3. Великі габарити (особливо в порівнянні з елегазовими).

Конструктивні схеми повітряних вимикачів зображені на рисунку 2.1.



1 – резервуар із стиснутим повітрям; 2 – дугогасна камера; 3 – шунтувальний резистор; 4 – головні контакти; 5 – віддільник; 6 – ємнісний дільник напруги.

Рисунок 2.1- Конструктивні схеми повітряних вимикачів

## 2.2. Переваги та недоліки вимикача газового с гідроприводом

Елегаз - нетоксичне, стійке, хімічно інертне (до 800 ° С), негорюче з'єднання, яке не має кольору, запаху і смаку.

Не підтримує горіння і дихання. При нормальних умовах (20 ° С, 0,1 МПа) приблизно в 5 разів важчий за повітря. Молекулярна маса дорівнює 146,0544 г / моль. Не розчиняється у воді. Електрична міцність елегазу в порівнянні з повітрям в 2,5 - 3 рази вище. Внаслідок низької температури і високої енергії розпаду дугогасильна здатність елегазу в 4,5 - 5 разів вище, ніж при повітряному дуття в однакових умовах.

Стабільність горіння дуги в елегазі зберігається при досить малих значеннях струму.

Переваги елегазових апаратів:

- зменшені масогабаритні показники;
- низький надлишковий тиск;
- висока здатність відключення;
- високий комутаційний і механічний ресурс;
- відсутність зрізів струму;
- низький рівень шуму;
- мінімальні вимоги до обслуговування;
- тривалий термін служби.
- недоліки елегазових апаратів
- високі вимоги до чистоти елегазу;
- необхідність використання суміші газів або систем нагріву для апаратів, призначених для експлуатації в районах з холодним кліматом.

Вимикач ВГГ-750 призначений для комутації електричних ланцюгів при нормальних і аварійних режимах в мережах трифазного змінного струму частотою 50 Гц з номінальною напругою 750 кВ.

Термін служби до середнього ремонту - не менше 20 років. Термін служби-40 років.

Номінальний тиск заповнення - 0,5 МПа. Ізоляція між контактами без надлишкового тиску елегазу витримує найбільшу лінійну напругу протягом 3 г.

Основні технічні характеристики вимикача наведені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2- Основні технічні характеристики вимикача

Найменування параметра	Значення
1 Номінальна напруга, кВ	750
2 Найбільша робоча напруга, кВ	787
3 Номінальний струм, А	3150
4 Номінальний струм відключення, кА	40
5 Номінальний струм включення, кА: найбільший пік	102
початкове діюче значення періодичної складової	40
Струм електродинамічної стійкості, кА	102
7 Струм термічної стійкості, кА	40
8 Час протікання струму (час короткого замикання),с	3
9 Власний час відключення, не більше, с	0,025
10 Повний час відключення вимикача, с	0,05
11 Власний час включення, не більше с	0,10
12 Різномісність роботи полюсів: при відключенні, не більше, с	0,0033
при включенні, не більше, с	0,005
13 Маса елегазу у вимикачі, кг	120
14 Витрата елегазу на виток у рік,% від маси елегазу, не більше	0,5
15 Абсолютний тиск елегазу, приведені до температури 20°C, МПа: тиск заповнення (номінальне)	0,5
тиск попереджувальною сигналізацією	0,44
тиск блокування (заборони оперування або примусового відключення з заборною на включення)	0,42
16 Номінальний струм споживання включає і відключає електромагніти кожного приводу, А	1,5

Опорна ізоляція у включеному і вимкненому положеннях вимикача без надлишкового тиску елегазу витримує найбільшу фазна напруга протягом 3 год.

Ізоляція між контактами без надлишкового тиску елегазу витримує найбільшу лінійну напругу протягом 3 г.

Загальні вимоги безпеки

Контроль тиску елегазу при введенні вимикача в роботу протягом першого тижня повинен проводитися щодня.

При виявленні зниження тиску газу в полуполюсе необхідно:

1. Встановити спостереження за тиском протягом декількох днів для визначення динаміки витоків;
2. При подальшому зниженні тиску перевірити колонку на виток, наприклад, течноукачем типу ТП-2 (10-5 Вт);
3. Провести перегородку полуполюса з установкою причин витоків і їх усуненням.

Конструкція елегазового вимикача зображена на рисунку 2.2.

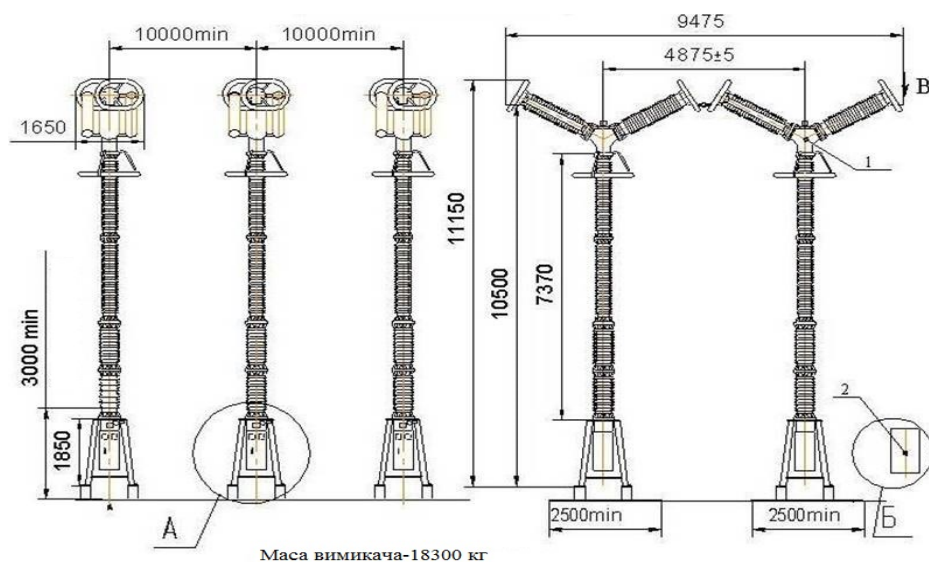


Рисунок 2.2- Конструкція елегазового вимикача

Переваги вимикача:

- можливість застосування на всі класи напруг понад 1 кВ;
- гасіння дуги відбувається в замкнутому просторі без вихлопу в атмосферу;

- відносно малі габарити і маса;
- пожежо- та вибухобезпечність;
- швидкість дії;
- висока здатність, що відключає;
- надійне відключення малих індуктивних і ємнісних струмів в момент переходу струму через нуль без зрізу і виникнення перенапруг;
- малий знос дугогасильних контактів;
- безшумна робота;

Недоліки вимикача:

- складність і дорожнеча виготовлення - при виробництві необхідно дотримуватися високої чистоти і точність;
- високі вимоги до якості елегазу;
- необхідність підігріву і використання сумішей елегазу з азотом, хладоном і іншими речовинами, що дозволяють працювати елегазовим вимикачів в умовах низьких температур навколишнього середовища;
- необхідність спеціальних пристроїв для наповнення, перекачування і очищення;
- відносно висока вартість;
- потрібно більш уважне ставлення до використання і обліку елегазу.

### 2.3 Обґрунтування доцільності реконструкції головної схеми підстанції

В дипломній роботі запропоновано захід, який збільшить надійність електропостачання споживачів шляхом заміни застарілого обладнання на сучасне.

Заміна повітряного вимикача на вимикач газовий з гідроприводом.

Перший тип вимикачів - повітряні. У даних вимикачах гасіння дуги проводиться стисненим повітрям при тиску 2-4 МПа, здійснення ізоляції струмоведучих частин і дугогасильного пристрою проводиться фарфором або іншими твердими ізолюючими матеріалами.

Недоліками повітряних вимикачів є: збільшення подачі повітря на вентиляцію в період дощів і необхідність додаткового електричного обігріву в розподільній шафі і в шафах управління полюсів при зниженні температури нижче 5 ° С.

До переваг повітряних вимикачів відноситься їх швидкодія, проте повітряні вимикачі значно складніше елегазових і мають високу вартість.

Другий тип вимикачів, які ми розглянемо, - елегазові вимикачі. У даних вимикачах використовується електроміцний газ SF<sub>6</sub>, так званий «елегаз», що представляє собою інертний газ, щільність якого перевищує щільність повітря в 5 разів. Електрична міцність елегазу в 2-3 рази вище міцності повітря, при тиску .

Елегазові вимикачі мають багато переваг перед повітряними вимикачами таких як:

- зручність в експлуатації і технічної обслуговуванні;
- порівняно невисока вартість проведення технічного обслуговування;
- невеликі габаритні розміри;
- висока здатність, що відключає;
- великий комутаційний ресурс;
- невеликий власний час відключення і включення;
- тривалий термін служби;

Саме тому, елегазові вимикачі є найкращою заміною повітряним вимикачам.

На ВРП-750 Запорізької АЕС встановлено 51 вимикач типу ВНВ-750 термін служби яких вичерпано, тому було запропоновано замінити частину повітряних вимикачів на елегазові.



## 2.4 Модернізація компресорної станції подачі стиснутого повітря

Компресорна станція - стаціонарна або рухома (інше найменування - пересувна або самохідна) установка, призначена для отримання стислих газів. Одержуваний стиснутий газ або повітря може використовуватися як енергоносії (для пневматичного інструменту), сировина (отримання окремих газів з повітря), кріоагент (азот). Станція складається з компресора і допоміжного (додаткового) обладнання. Найчастіше компресорна станція являє собою блок-бокс, в якому розміщується все встановлене обладнання з обов'язкою. Часто станції оснащуються такими системами як - системами пожежогасіння, освітлення, вентиляції, сигналізації, газоаналізу і т. д. Компресорні станції (на відміну від компресорних установок) експлуатуються на відкритому повітрі навіть при негативних температурах в зимовий період часу. Компресорні станції (на відміну від компресорних установок) експлуатуються на відкритому повітрі навіть при негативних температурах в зимовий період часу.

Стиснуте повітря, що отримується від повітряних КС, використовуються на підприємствах в різних цілях:

- подачі повітря на пневмоприводи дистанційно керованої трубопровідної арматури;
- для пуску дизельних електростанцій; ініціалізації різних пристроїв автоматики;
- підключення у виробничих приміщеннях різних пневмоінструментів (гайковертів, шлифмашинок тощо)

Виконання цих функцій застосовуються системи, до складу яких входять компресорні станції, ресивери та трубопроводи подачі стисненого повітря. До складу самих компресорних станцій можуть входити повітряні фільтри, холодильники, адсорбери, електронагрівачі, насоси.

Компресор повітряний поршневий ВШВ-2,3/230М для подачі стиснутого повітря.

Поршневі компресори широко поширені на промислових і видобувних підприємствах. Вони працюють за принципом нагнітання стислого повітря в циліндрах допомогою поршня, що здійснює зворотно-поступальні рухи.

Перевагою таких компресорів є :простота конструкції, що підвищує надійність, і, як наслідок, простота технічного обслуговування. Будь-яка деталь може бути замінена при необхідності ремонту досить швидко, що знижує час простою у порівнянні з іншими компресорами. поршневі мобільні і можуть виробляти стиснене повітря з дуже високими показниками тиску. Модифікації компресорів функціонують без подачі масла, що обумовлює високу ступінь чистоти повітряних мас на виході. Вартість їх нижче при інших рівних параметрах в порівнянні з компресорами інших типів.

Повітряний компресор ВШВ-2,3/230М використовується для загальнопромислових цілей, може використовуватися для постачання стиснутим повітрям високовольтних повітряних вимикачів у складі розподільних пристроїв електричних станцій і підстанцій. Компресор ВШВ-2,3/230М складається з компресора, електродвигуна, блоку холодильників, системи продувки, встановлених на загальній рамі, оснащений системою автоматичного управління і аварійного захисту, що забезпечує ручне і автоматичне керування агрегатом, візуальний контроль основних параметрів, відключення електродвигуна при відхиленні від заданого режиму. Компресор автоматизован, не вимагає постійної присутності персоналу.

Повітряні компресори забезпечені системою автоматичного управління і аварійного захисту, що забезпечує ручне і автоматичне керування агрегатом, візуальний контроль основних параметрів, відключення електродвигуна при відхиленні від заданого режиму. Надійно працюють при низьких температурах навколишнього середовища. Охолодження компресорів - повітряне, що не вимагає додаткових комунікацій для підведення охолоджуючої рідини. Компресор типу ВШВ-2,3/230М зображено на рисунку 2.3



Рисунок 2.3- Компресор типу ВШВ-2,3/230М

Технічні характеристики компресора ВШВ-2,3/230М наведені в таблиці 2.3

Таблиця 2.3- Технічні характеристики компресора ВШВ-2,3/230М

Характеристики	Показники
Стиснений газ	Повітря
Продуктивність (м <sup>3</sup> /хв)	2,6
Продуктивність (м <sup>3</sup> /год)	156
Початковий тиск, МПа(кг/см <sup>2</sup> )	Атмосферний
Кінцевий тиск, мПа (кгс/см <sup>2</sup> )	23 (230)
Споживана потужність, кВт, не більше	55
Охолодження	Повітряне
Довжина, мм	2400
Ширина, мм	1300
Висота, мм	1500
Маса (без мастила, автоматики), кг	1950
Вартість компресора, тис. Грн	473

Компресор повітряний поршневий ВШ-4.2/200 для подачі стиснутого повітря.

Компресор ВШ-4,2/200 призначений для стиснутого повітря до тиску 20 МПа (200 кгс/см<sup>2</sup>). Може бути використан для пневматичних випробувань посудин і трубопроводів, що працюють під тиском. Установка складається з компресорного агрегату і електродвигуна, встановлених на загальній рамі, забезпечених системою автоматичного управління і аварійного захисту, що забезпечує ручне і автоматичне керування агрегатом, візуальний контроль основних параметрів, відключення електродвигуна при відхиленні від заданого режиму. Охолодження компресора – повітряне.

Технічні характеристики компресора ВШ-4,2/200 наведені в таблиці 2.4

Таблиця 2.4- Технічні характеристики компресора ВШ-4,2/200

Характеристики	Показники
Стиснений газ	Повітря
Продуктивність (м <sup>3</sup> /хв)	4,2
Продуктивність (м <sup>3</sup> /год)	252
Початковий тиск, МПа(кг/см <sup>2</sup> )	Атмосферний
Кінцевий тиск, мПа (кгс/см <sup>2</sup> )	20 (200)
Споживана потужність, кВт, не більше	110
Охолодження	Повітряне
Довжина, мм	2300
Ширина, мм	1550
Висота, мм	1600
Маса (без мастила, автоматики), кг	1870
Вартість компресора, тис.грн	650

Переваги компресорів типу ВШ-4,2/200:

- менші маса і габаритні розміри установки в порівнянні з аналогами;
- автоматизована, не вимагає постійної присутності обслуговуючого персоналу;

– повітряні компресори забезпечені системою автоматичного управління і аварійного захисту, що забезпечує ручне і автоматичне керування агрегатом, візуальний контроль основних параметрів, відключення електродвигуна при відхиленні від заданого режиму;

– компресори мають унікальну для високошвидкісних (1,5 тис. обертів/хв) компактність;

– вони володіють меншими розмірами фундаментів, тобто висувають менші вимоги до технологічної майданчику;

– компресори на низький тиск обладнані системою підігріву масла, що дозволяє їм ефективно працювати в діапазоні температур від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ ;

– фіксовані параметри компресорів подовжують термін їх служби і знижують ймовірність розбалансування вузлів і механізмів від зміни режимів роботи.

Для роботи повітряних вимикачів необхідна подача стиснутого повітря компресорами. Так як було запропоновано захід щодо заміни вимикачів, що не потребують подачі повітря ,найбільш економічно- доцільним варіантом є модернізація компресорної станції обладнаної сімома компресорами потужністю 55 кВт із виводом їх в резерв та встановленням одного агрегату потужністю 110 кВт.Компресор типу ВШ-4,2/200 зображен на рисунку 2.4

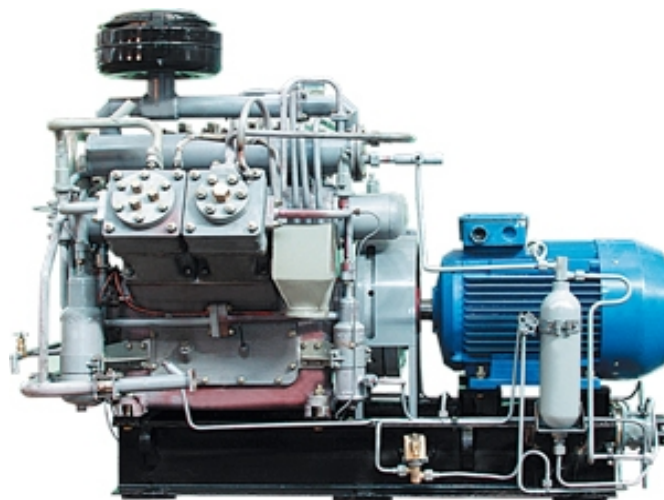


Рисунок 2.4-Компресор типу ВШ-4,2/200

## 2.5 Модернізація системи освітлення приміщень відкритого розподільчого пристрою-750 кВ

Енергозбереження в системах освітлення. - проект схеми освітлення, спільне використання природного та штучного освітлення, забезпечення гнучкості керування освітлювальними мережами;

Основний потенціал енергозбереження в освітлювальних установках лежить у підвищенні ефективності перетворення електричної енергії в світлову. Основні фактори, що впливають на споживання енергії освітлювальної установки, при заданих нормах освітлення включають наступні:

- світлова віддача лампи (світловий вихід на один ватт електроенергії, що споживається лампою даного типу);
- зовнішній вигляд та облицювання (збільшення коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщень);
- правильне використання вимикачів та регуляторів;
- ефективність світильника (коефіцієнт корисної дії освітлювальної апаратури);
- вибір схеми розміщення світильників;
- використання стартерних пускорегулювальних пристроїв при освітленні люмінесцентними лампами;
- автоматичне регулювання освітлення, централізація керування базовими освітлювальними установками;
- зниження коефіцієнту запасу при виборі освітлювальних установок;
- чистота вікон для повного використання природного освітлення;
- запиленість повітря приміщень.

Впровадження нових прогресивних джерел світла, використання світильників з високим ККД, використання конструкцій відбиваючої арматури і раціональних схем освітлення дозволяють в багатьох випадках різко підвищити

ефективність електроосвітлювальних установок, збільшити освітленість робочих місць, досягнути реальної економії електроенергії.

На сьогодні електронні баласты виробляються в масово в країнах де інтенсивно впроваджуються енергозберігаючі технології та здобувають практики масового використання Високоєфективні рефлектори. Використовують поверхню покриту сріблом, що має виключно високе дзеркальне відображення та забезпечує максимальне відбиття світлового потоку лампи. Високоєфективні рефлектори забезпечують збільшення коефіцієнта використання освітлювальної установки, в результаті чого більша частина світлового потоку, досягає поверхні. Практично це дає змогу зменшити вдвоє кількість ламп.

Основні функції світильників заключаються у тому, щоб підтримувати і захищати лампи, забезпечувати електричні підключення до джерела живлення, а також регулювання та направлення світла, що випускається лампою.

Регулятори освітлення. Мета подібних регуляторів забезпечити ефективне освітлення в потрібному місті і протягом необхідного часу. Ручними регуляторами забезпечується керування освітленням для окремих рядів систем освітлення, керування індивідуальними світильниками. Автоматичні регулятори бувають: фотоелектричні, безконтактні, регулятори з таймером.

Вплив дизайну та облицювання. Поверхні покрашені в світлий тон відбиває світла більше і є більш ефективними, проте їх необхідно регулярно красити, мити, або заново оклеювати з тим щоб забезпечувати економічне використання освітлення. Збільшення коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщень на 20% дозволяє економити 5-15% електроенергії, внаслідок збільшення рівня освітленості.

Безконтактні регулятори. Це локальні регулятори, які реагують на присутність (ефект близькості) людей в приміщені. Визначення присутності може базуватися на використанні інфрачервоних чи високочастотних датчиків, які включають освітлення при визначені присутності людини в приміщені та знову відключають освітлення коли людина залишає приміщення.

Фотоелектричні регулятори. Фотоелектричні регулятори можуть забезпечити відключення освітлення тоді, коли природного (денного) освітлення достатньо для створення необхідного світлового потоку. Наприклад, фотоелектричний датчик може реагувати на зовнішню освітленість і може бути налаштований так, що спрацьовувати при зовнішній освітленості, що забезпечує необхідну освітленість на робочому місці. Включення електронного економного світлотехнічного пристрою в робочий режим відбувається фотодіодом в момент настання темноти, а безпосереднє включення/виключення освітлення створює детектор руху в момент попадання об'єкту в поле його дії. Автоматичне управління рядами світильників. При освітленні великих приміщень де використовуються кілька рядів світильників, розміщених паралельно стіни можна відмикати окремі ряди в залежності від зміни природного освітлення, часу доби, роботи в окремих частинах приміщення.

Регулятори з таймером. Часові регулятори використовуються в приміщення із чітким графіком роботи. Наприклад при фіксованій зміні освітлення може вимикатись при деякому запізненні після закінчення зміни. Проте в цьому випадку необхідно передбачити аварійне та охоронне освітлення.

В запилених і брудних виробництва спостерігається випадки зниження освітленості в 8-10 раз. Тому підтримання світильників в належній чистоті має велике значення для раціонального використання електроенергії (Таблиця .

Підтримання ефективності системи освітлення. Для підтримання ефективності системи необхідна: регулярна чистка світильників, заміна пошкоджених та застарілих ламп, полегшення доступу природного освітлення шляхом регулярного чищення вікон, підтримання чистоти (прозорості) повітря.

Практичне використання освітлювальної апаратури вказує, що втрати світлового потоку складає:

- забруднення стін та стелі – 19,5%;
- через забруднення світильників – 16%;
- неправильної зборки ламп і рефлектора – 4%;



– старіння ламп – 13%.

Слід відмітити, що використання ламп з раціональною освітлювальною арматурою скорочує витрати електроенергії в 1,5 рази в порівнянні з відкритими лампами.

При значній економії електроенергії люмінесцентні лампи мають свої особливості. Наприклад, у люмінесцентних ламп коефіцієнт потужності складає біля 0,5 тому не можна допускати роботу цих ламп без компенсуючи пристроїв – статичних конденсаторів.

Підвищення коефіцієнта потужності мережі є одним із найважливіших заходів щодо економії електроенергії. Цей захід зменшує споживання реактивної потужності електроустановками, а тим самим зменшення втрат в енергосистемі на передачу реактивної потужності.

Коливання напруги призводить до перевитрат електроенергії. Напруга на виводах ламп не повина бути більше 105% і нижче 85% номінальної напруги. Зниження напруги на 1% викликає зменшення світлового потоку ламп: розжарювання – на 3-4%, люмінесцентних – на 1,5% і ртутних люмінесцентних ламп на 2,2%

Для уникнення впливу коливань напруги на ефективність освітлювальних установок використовуються окремі трансформатори для навантаження освітлення і компенсуючи пристрої. Використовуються також пристрої автоматичного регулювання напруги. Для промислових освітлювальних електромереж використовуються автоматичне регулювання напруги за допомогою вольтодобавочних трансформаторів і включення в мережу додаткової індуктивності.

Однією з основних причин, що викликає значне коливання напруги в освітлювальній мережі промислових підприємств є пускові струми крупних електродвигунів. Значно підвищується напруга в електромережі промислових підприємств в нічний час, коли залишаються виключеними на ніч компенсуючи пристрої.

Шляхи економії електроенергії в освітлювальних установках Перехід на більш ефективні джерела світла. Підтримання графіків роботи освітлення. Рациональне керування освітленням. Вчасна чистка ламп та світильників. Регулярне чищення вікон. Підтримання номінальних рівнів напруги в освітлювальній мережі. Зниження напруги при можливості зниження освітлення. Контроль за справним станом освітлювальної арматури. Використання ефективної апаратури і схем живлення. Рівномірне розподілення освітлювального навантаження.

#### Лампи розжарювання.

Лампа розжарювання -штучне джерело світла, в якому світло випромінює тіло розжарення, нагріваюче електричним струмом до високої температури. В якості тіла напруження найчастіше використовується спіраль з тугоплавкого металу (найчастіше - вольфраму), або вугільна нитка. Щоб виключити окислення тіла розжарення при контакті з повітрям, його поміщають у вакуумовану колбу, або колбу, заповнену інертними газами або парами галогенів. Принцип дії. У лампі розжарювання використовується ефект нагрівання провідника, зазвичай дротяного (тіла розжарювання), при протіканні через нього електричного струму (теплова дія струму). Температура тіла розжарювання підвищується після замикання електричного ланцюга. Всі тіла, температура яких вища за температуру абсолютного нуля випромінюють електромагнітне теплове випромінювання у відповідності з законом Планка. Спектральна щільність потужності випромінювання (Функція Планка) має максимум, довжина хвилі якого на шкалі довжин хвиль залежить від температури. Положення максимуму у спектрі випромінювання зрушується з підвищенням температури в бік менших довжин хвиль (закон зміщення Віна). Для отримання видимого випромінювання необхідно, щоб температура випромінюючого тіла перевищувала 570 °С (температура початку червоного свічення, видимого людським оком в темряві). Для зору людини, оптимальний, фізіологічно найзручніший, спектральний склад видимого світла відповідає випромінюванню абсолютно чорного тіла з температурою поверхні фотосфери

Сонця 5770 К. Однак невідомі тверді речовини, здатні без руйнування витримати температуру фотосфери Сонця, тому робочі температури ниток ламп розжарювання лежать в межах 2000-2800 °С. У тілах розжарювання сучасних ламп розжарювання застосовується тугоплавкий і відносно недорогий вольфрам (температура плавлення 3410 °С), реній (температура плавлення приблизно та ж, але вище міцність при граничних температурах) і дуже рідко осмій (температура плавлення 3045 °С). Тому спектр ламп розжарювання зміщений в червону частину спектру. Тільки мала частка електромагнітного випромінювання лежить в області видимого світла, основна частка припадає на інфрачервоне випромінювання. Чим менше температура тіла розжарювання, тим менша частка енергії, що підводиться до нагрівається дроті, перетворюється в корисну видиме випромінювання, і тим більш «червоним» здається випромінювання. Для оцінки фізіологічної якості світильників використовується поняття колірної температури. При типових для ламп розжарювання температурах 2200-2900 К випромінюється жовтуватий світ, відмінний від денного. У вечірній час світло більш комфортний для людини і менше пригнічує природну вироблення мелатоніну важливого для регуляції добових циклів організму і порушення його синтезу негативно позначається на здоров'ї. В атмосферному повітрі при високих температурах вольфрам швидко окислюється в триоксид вольфраму (утворюючи характерний білий наліт на внутрішній поверхні лампи при втраті нею герметичності). З цієї причини, вольфрамове тіло розжарення поміщають у герметичну колбу, з якої, в процесі виготовлення лампи відкачується повітря і заповнюється інертним газом - зазвичай аргоном. На зорі індустрії ламп їх виготовляли з вакууммированими колбами; в даний час тільки лампи малої потужності (для ламп загального призначення - до 25 Вт) виготовляють у вакуумовану колбі. Колби більш потужних ламп наповнюють інертним газом (азотом, аргоном або криптоном). Підвищений тиск в колбі газонаповнених ламп зменшує швидкість випаровування вольфрамової нитки. Це не тільки збільшує термін служби лампи, але і дозволяє підвищити температуру тіла розжарювання. Таким чином,

світловий ККД підвищується, а спектр випромінювання наближається до білого. Внутрішня поверхня колби газонаповненої лампи повільніше темніє при розпилюванні матеріалу тіла напруження в процесі праці, як у вакуумовану лампи. Всі чисті метали і їх багато сплави (зокрема, вольфрам) мають позитивний температурний коефіцієнт опору, що означає збільшення питомої електричного опору з ростом температури. Ця особливість автоматично стабілізує споживану електричну потужність лампи на обмеженому рівні при підключенні до джерела напруги (джерела з низьким вихідним опором), що дозволяє підключати лампи безпосередньо до електричних розподільних мереж без використання обмежують струм баластних реактивних або активних двополюсників, що економічно вигідно відрізняє їх від газорозрядних люмінесцентних ламп. Для нитки розжарювання освітлювальної лампи типово опір в холодному стані в 10 разів менше, ніж у нагрітому до робочих температур. Конструкції ламп досить різноманітні і залежать від призначення. Однак спільними є тіло розжарення, колба і токовводи. Залежно від особливостей конкретного типу лампи, можуть застосовуватися власники тіла напруження різної конструкції. Гачки-власники тіла розжарення ламп розжарювання (в тому числі ламп розжарювання загального призначення) виготовляються з молібдену. Лампи можуть виготовлятися бесцокольними або з цоколями різних типів, мати додаткову зовнішню колбу і інші додаткові конструктивні елементи.

У конструкції ламп загального призначення передбачається запобіжник - ланка з феронікелевого сплаву, вваренное в розрив одного з токовводів і розташоване поза колби лампи - як правило, у ніжці. Справа в тому, що при цьому в зоні розриву виникає електрична дуга, яка розплавляє залишки нитки, краплі розплавленого металу можуть зруйнувати скло колби і послужити причиною пожежі. Запобіжник розрахований таким чином, щоб при запалюванні дуги він руйнувався під впливом струму дуги, істотно перевищує номінальний струм лампи. Ферронікелевое ланка знаходиться в порожнині, де

тиск дорівнює атмосферному, а тому дуга легко гасне. Із-за малої ефективності запобіжників в даний час відмовляються від їх[чого?] застосування.

Колба захищає тіло напруження від впливу атмосферних газів. Розміри колби визначаються швидкістю осадження матеріалу тіла розжарення.

Переваги:

- низька ціна невеликі розміри невисока чутливість до збоїв в живленні і стрибків напруги;

- миттєве запалення непомітність мерехтіння при роботі на змінному струмі (важливо на підприємствах) ;

- можливість використання регуляторів яскравості.

Спектр випромінювання: безперервний 60-ватної лампи розжарювання (вгорі) і лінійчатий 11-ватною компактною люмінесцентної лампи (внизу) приємний і звичний в побуті спектр; спектр випромінювання лампи розжарювання визначається виключно температурою робочого тіла і не залежить ні від яких інших умов, що впливає з принципу її роботи. Він не залежить від застосовуваних матеріалів і їх чистоти, стабільний в часі і має стовідсоткову передбачуваність і повторюваність. Це важливо в тому числі при великих інсталяціях і в світильниках з сотень ламп: нерідко можна побачити, коли при застосуванні сучасних люмінофорних або світлодіодних ламп вони мають різний відтінок в межах групи. Це зменшує естетичну досконалість інсталяцій. При несправності однієї лампи часто доводиться замінювати всю групу цілком, але навіть при установці ламп з однієї партії зустрічається девіація спектру високий індекс передачі кольору, Ra 100 безперервний спектр випромінювання різкі тіні (як при сонячному освітленні) завдяки малому розміру випромінюючого тіла не бояться низькою і підвищеної температури навколишнього середовища, стійкі до конденсату налагодженість у масовому виробництві можливість виготовлення ламп на саме різне напруга (від часток вольт до сотень вольт) відсутність токсичних компонентів і, як наслідок, відсутність необхідності в інфраструктурі по збору та утилізації відсутність пускорегулювальної апаратури можливість роботи на будь-якому роді струму

нечутливість до полярності напруги чисто активний електричний опір (одиничний коефіцієнт потужності) відсутність гудіння при роботі на змінному струмі (через відсутність електронного баласту, драйвера або перетворювача при роботі не створює радіоперешкоди стійкість до електромагнітного імпульсунечутливість до іонізуючої радіації.

Недоліки:

- відносно малий термін служби;
- низька світлова віддача;
- різка залежність світловий віддачі і терміну служби від напруги;
- світловий коефіцієнт корисної дії ламп розжарювання, який визначається як відношення потужності променів видимого спектру до потужності, споживаної від електричної мережі,
  - дуже малий і не перевищує 4 %.

Включення електролампи через діод, що часто застосовується з метою продовження ресурсу на сходових площадках, у тамбурах та інших утруднюють заміну місцях, ще більше посилює її недолік: значно зменшується ККД, а також з'являється значна мерехтіння світла лампи розжарювання є пожежну небезпеку. При зіткненні ламп з текстильними матеріалами їх колба нагрівається ще сильніше. Солома, що стосується поверхні лампи потужністю 60 Вт, спалахує приблизно через 67 хвилин при термоударі або розриві нитки під напругою можливий вибух балона кидок струму при включенні (приблизно десятикратний) нагрівання частин лампи вимагає термостійкої арматури світильників, крихкість, чутливість до удару і вібрації. Лампа розжарювання зображена на рисунку 2.5



Рисунок 2.5-Лампа розжарювання

Світлодіодна лампа.

Світлодіодні лампи або світлодіодні світильники в якості джерела світла використовують світлодіоди, застосовуються для побутового, промислового і вуличного освітлення. Світлодіодна лампа є одним з найбільш екологічно чистих джерел світла. Принцип світіння світлодіодів дозволяє застосовувати у виробництві та роботі самої лампи безпечні компоненти. Світлодіодні лампи не використовують речовин, що містять ртуть, тому вони не становлять небезпеки в разі виходу з ладу чи руйнування. Розрізняють закінчені пристрої - світильники та елементи для світильників -змінні лампи.

Перевага світлодіодного світильника в порівнянні з лампами розжарювання:

- низьке енергоспоживання;
- заявлений довгий термін служби від 30'000 до 50'000 і більше годин;
- простота установки;
- більш низька температура корпусу в порівнянні з лампою розжарювання;
- має порівнянну яскравість;
- висока механічна міцність, найчастіше -невеликі габарити.

Повна екологічна безпека дозволяє зберігати навколишнє середовище, не вимагаючи спеціальних умов утилізації: не містить ртуті, її похідних та інших отруйних, шкідливих або небезпечних складових матеріалів і речовин. Іноді виробники не дотримуються екологічні норми. Лампи таких виробників містять

токсичні пластики, електроліти, свинець-містять пайки тощо, а також друковані плати драйвера просочують зв'язуючими компонентами(фенол та смолами формальдегідів)

Основні недоліки:

- висока ціна;
- багато світлодіодні лампи світять тільки в одному напрямку (що може бути і перевагою).

У дешевих лампах за рахунок економії на конденсаторах виникає невидиме неозброєним оком високочастотне мерехтіння (див. фото), а з-за економії на тепловідвідних елементів перегорання від перегріву, особливо в закритих плафонах. Крім того, при виході з ладу будь-якого з елементів світильник найчастіше підлягає заміні на аналогічний. Ці недоліки найчастіше компенсуються економією електроенергії, економією на обслуговування (заміну ламп)], що особливо актуально для вуличного освітлення. Для виробництва якісних ламп відповідною постановою Уряду РФ від 20 липня 2011 року № 602 "Про затвердження вимог до освітлювальних пристроїв та електричних ламп, що використовуються в ланцюгах змінного струму з метою освітлення" за коефіцієнтом потужності, тобто мають у складі драйвера РФС (коректор коефіцієнта потужності), так само коректор частоти, керамічний конденсатор, який служить значно довше електролітичних, екологічні пластики, пайки без свинцю і відповідних жорстким нормам потрібні досить високі витрати. Лампи виходять дорогими. Ще одним недоліком є продаж LED-ламп без вказівки технічних характеристик (порушує ст. 10 з-на 2300-1) і не дозволяє зробити вибір і підбір ламп у відповідності з вимогами до освітлення, вимогами до коефіцієнту потужності та іншим критичним параметрами мережі. Більшість світлодіодів білого світла (синій кристал -жовтий люмінофор) мають неоднорідний спектр, а саме - великий провал в спектрі на довжині хвилі 480 нм. На світло саме цієї довжини хвилі повинен реагувати зіницю ока звуженням, але цього не відбувається і очей (кришталік, сітківку) одержує більшу травматичну дозу синього світла. Ураження сітківки ока мишей синім



світлом при опроміненні їх білими світлодіодами було експериментально підтверджено М. А. Островським і П. П. Заком. Проте в даний час ряд фірм вже розробив світлодіоди, спектр світла яких адаптований для очей людини. Деякі ЗМІ публікують статті про шкідливість LED-освітлення, посилаючись на дослідження іспанських учених з Університету Комплутенсе. Це дослідження, дійсно, говорить про більшу шкідливість холодного випромінювання світлодіодів в порівнянні з іншими світловипромінюючі елементами, але мова йде про боргом і безпосередньому погляді на джерела світла - екрани усіляких пристроїв, що виключає освітлювальні прилади. Падіння яскравості з часом через вигорання світлодіодів. Падіння яскравості також регламентується нормативними актами. Світлодіодна лампа зображена на рисунку 2.6



Рисунок 2.6-Світлодіодна лампа

Порівняльні характеристики ламп наведені в таблиці 2.5

Таблиця 2.5 -Порівняльні характеристики ламп

Характеристика	Лампа розжарювання	Світлодіодна лампа
Яскравість	Середня	Висока
Тривалість роботи, год.	1000	30000
Інфрачервоне випромінювання	Дуже високе	Відсутнє
Ультрафіолетове випромінювання	Середнє	Відсутнє
Світлова віддача, Лм/Вт	7-17	50-80
Вартість	Низька	Висока
Споживання енергії, Вт/год.	$\geq 25$	7-21

Для робочих приміщень ВРП застосовані світильники з лампами розжарювання. За період експлуатації було виявлено їх головні недоліки- це низька світловіддача та маленький термін служби ламп (1000),тому було обрано світлодіодні лампи з більш високими технічними характеристиками

### 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕНЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ

3.1 Розрахунки економічного ефекту від реконструкції відкритого розподільчого пристрою

На ВРП-750 Запорізької АЕС встановлено 51 вимикач типу ВНВ-750 термін служби яких вичерпано, тому було запропоновано замінити частину повітряних вимикачів на елегазові. Елегазові вимикачі мають багато переваг перед повітряними вимикачами таких як:

- зручність в експлуатації і технічної обслуговуванні;
- порівняно невисока вартість проведення технічного обслуговування;
- невеликі габаритні розміри;
- висока здатність, що відключає;
- великий комутаційний ресурс;
- невеликий власний час відключення і включення;
- тривалий термін служби.

Саме тому, елегазові вимикачі є найкращою заміною повітряним вимикачам.

Нижче наведено техніко-економічний розрахунок при впровадженні елегазових вимикачів.

Капіталовкладення на придбання світлодіодних ламп розраховуємо за формулою:

$$K = C_{e.g} \cdot N, \quad (3.1)$$

де  $C_{e.g}$ —ціна на елегазові вимикачі,

$N$ —кількість встановлюючих вимикачів.

$$K = 35 \cdot 493000 = 17255000 \text{ млн. грн.}$$

Споживання електроенергії повітряним вимикачем:

$$W_{\text{пов}} = W_{\text{подачі}} + W_{\text{обігр}} + W_{\text{к.с}}, \quad (3.2)$$

де  $W_{\text{подачі}}$  – споживання електроенергії на розподільчу шафу подачі стиснутого повітря ,

$W_{\text{обігр}}$  – споживання електроенергії на обігрів приводів вимикача,

$W_{\text{к.с}}$  – споживання електроенергії компресорними станціями.

$$W_{\text{пов}} = 148512 + 222768 + 2248400 = 2619680 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Споживання електроенергії елегазовим вимикачем складає:

$$W_{\text{е.г}} = W_{\text{подачі}} + W_{\text{обігр}} + W_{\text{к.с}}, \quad (3.3)$$

$$W_{\text{е.г}} = 46592 + 222768 + 642400 = 911760 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Очікувана економія після впровадження енергозберігаючого заходу:

$$D = (W_{\text{пов}} - W_{\text{е.г}}) \cdot C, \quad (3.4)$$

де  $C$  – ціна на електроенергію.

$$D = (2619680 - 911760) \cdot 1,55 = 2647276 \text{ млн.грн.}$$

Визначаємо термін окупності впровадженого заходу:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{D}, \quad (3.5)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{17255000}{2647276} = 6,5 \text{ років} .$$

Ефективність від модернізації вимикачів:

$$E = \frac{D}{K} , \quad (3.6)$$

$$E = \frac{2647276}{17255000} = 0,15 .$$

### 3.2 Економічне обґрунтування заміни освітлення в робочих приміщеннях відкритого розподільчого пристрою

Для внутрішнього робочого освітлення робочих приміщень підстанції застосовані світильники з люмінесцентними лампами і лампами розжарювання.

За період експлуатації світильників, укомплектованих лампами розжарювання, були виявлені головні їх недоліки -це низька світловіддача і маленький термін служби ламп (до 1000 годин).В даний час підприємствами України освоєно випуск інноваційних світлодіодних ламп, що володіють більш високими технічними характеристиками, до яких відноситься:

- тривалий термін служби (від 30 000 до 50 000 год безперервної роботи);
- стабільний світловий потік;
- нечутливість до температурного режиму (навколишнє середовище, де експлуатується електрообладнання);

– стійкість до відхилення напруги і до багаторазових включенням/відключенням;

– екологічна нешкідливість (не містять ртуті і не вимагають спеціальної утилізації).

Для порівняння взято лампа розжарювання типу ЛОН-100 та світлодіодна лампа типу А-12 (аналог лампи розжарювання). Характеристики ламп наведені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1- Характеристики ламп

Характеристики	Лампа розжарювання типу ЛОН	Світлодіодна лампа типу А-12
Потужність, Вт	100	12
Середній термін служби, час	1000	30000
Кількість замін	8 раз на рік	1 раз на 3.5 років
Вартість, грн.	4	207
Нагрівання поверхності ,градус	120	30
Клас енергоспоживання	Е	А

Розрахунок вартості електромонтажних робіт не вимагається, оскільки заміна ламп проводиться ремонтним персоналом підстанції

Нижче наведено техніко-економічний розрахунок при впровадженні світлодіодних ламп.

Капіталовкладення на придбання світлодіодних ламп розраховуємо за формулою:

$$K = C_{с.в} \cdot N, \quad (3.7)$$

де  $C_{с.в}$ —ціна на світлодіодні лампи,

$N$ —кількість встановлюючих світлодіодних ламп.

$$K = 207 \cdot 382 = 79074 \text{ грн.}$$

Споживання електроенергії лампою розжарювання за 3,5 роки складає:

$$W_{\text{лон}} = P \cdot N \cdot T, \quad (3.8)$$

де  $P$  – потужність лампи розжарювання,

$N$  – кількість встановлених ламп розжарювання,

$T$  – час роботи лампи за 3,5 роки.

$$W_{\text{розж}} = 0,1 \cdot 382 \cdot 15330 = 585606 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Споживання електроенергії світлодіодною лампою за 3,5 роки складає:

$$W_{\text{с.д}} = 0,012 \cdot 382 \cdot 15330 = 70272,72 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Очікувана економія після впровадження енергозберігаючого заходу:

$$D = (W_{\text{розж}} - W_{\text{с.д}}) \cdot C \quad (3.9)$$

де  $C$  – ціна на електроенергію.

$$D = (585606 - 70272,72) \cdot 1,55 = 798766,584 \text{ тис.грн.}$$

Визначаємо термін окупності впровадженого заходу:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{D}, \quad (3.10)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{79074}{798766,584} = 0,1 \text{ років.}$$

Ефективність від модернізації системи освітлення:

$$E = \frac{D}{K} , \quad (3.11)$$

$$E = \frac{798766,584}{79074} = 10,1$$

Як показав розрахунок витрати на придбання світлодіодних ламп на 3,5 роки вище, ніж для придбання на такий же термін ламп розжарювання. Однак, основними перевагами світлодіодних є тривалий термін служби, знижує експлуатаційні витрати.

### 3.3 Заміна компресорних установок подачі стиснутого повітря

Для роботи повітряних вимикачів необхідна подача стиснутого повітря компресорами. Так як було запропоновано захід щодо заміни вимикачів, що не потребують подачі повітря найбільш економічно доцільним варіантом є модернізація компресорної станції обладнаної 7-ми компресорами потужністю 55 кВт із виводом їх в резерв та встановленням агрегату потужністю 110 кВт

Капіталовкладення на придбання компресорних установок:

$$K = C_{к.у} \cdot N, \quad (3.12)$$

де  $C_{к.у}$ —ціна на компресорні установки,

$N$ —кількість встановлюючих компресорів.

$$K = 650000 \cdot 1 = 650000 \text{ тис. грн.}$$

Споживання електроенергії компресорними установками до модернізації:



$$W_{к.у1} = P \cdot N \cdot T, \quad (3.13)$$

$$W_{к.у1} = 7 \cdot 55 \cdot 5840 = 2248400 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Споживання електроенергії компресорними установками після модернізації:

$$W_{к.у2} = 1 \cdot 110 \cdot 5840 = 642400 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Очікувана економія після впровадження енергозберігаючого заходу:

$$D = (W_{к.у1} - W_{к.у2}) \cdot C, \quad (3.14)$$

$$D = (2248400 - 642400) \cdot 1,55 = 2489300 \text{ млн.грн.}$$

Визначаємо термін окупності впровадженого заходу:

$$T_{ок} = \frac{K}{D}, \quad (3.15)$$

$$T_{ок} = \frac{650000}{2489300} = 0,26 \text{ років.}$$

Ефективність від модернізації компресорів:

$$E = \frac{D}{K}, \quad (3.16)$$

$$E = \frac{2489300}{650000} = 3,83$$

Ефективність проведення реконструкції системи електропостачання та освітлення на підстанції підтверджено техніко-економічними розрахунками. Впровадження енергозберігаючих заходів дозволяє забезпечити економію 5,935343 млн. грн. на рік.

## ВИСНОВКИ

Основним напрямком діяльності об'єкта дослідження, є прийом і подальший розподіл електричної енергії споживачам.

Як встановлено, основним споживаним енергетичним ресурсом підстанції є електрична енергія на власні потреби. Було наведено структуру електроспоживання ВРП-750 кВ звідки видно, що найбільша її кількість, а саме 60,3%, використовується на компресорні установки подачі стисненого повітря, далі йде 27,4% на охолодження автотрансформаторів та вольтододаючих трансформаторів електродвигунами вентилятора, 2,3% споживання електроенергії витрачається на освітлення підстанції та 10% на обігрів повітряних вимикачів ВНВ-750кВ

Виходячи з переліченого, на основі аудиту підприємства, було запропоновано наступні заходи з енергозбереження:

1. Заміна повітряних високовольтних вимикачів класу напруги 750 кВ на елегазові.
2. Модернізація компресорних станцій з метою приведення їх продуктивності до потреб нового обладнання підстанції.
3. Заміна ламп розжарювання на світлодіодні в робочих приміщеннях ВРП-750 кВ.

На підстанції встановлено 51 вимикач типу ВНВ-750 термін служби яких вичерпано, тому було запропоновано замінити частину повітряних вимикачів на елегазові, оскільки вони мають більший термін експлуатації, менші габарити, та не потребують постійного закачування стиснутого повітря.

Для роботи повітряних вимикачів необхідна подача стиснутого повітря компресорами. Так як було запропоновано захід щодо заміни вимикачів, що не потребують подачі повітря найбільш економічно доцільним варіантом є модернізація компресорної станції обладнаної 7-ми компресорами потужністю 55 кВт із виводом їх в резерв та встановленням агрегату потужністю 110 кВт

Для робочих приміщень ВРП застосовані світильники з лампами розжарювання. За період експлуатації було виявлено їх головні недоліки- це низька світловіддача та маленький термін служби ламп (1000),тому було обрано світлодіодні лампи з більш високими технічними характеристиками. Техніко-економічне обґрунтування заходів щодо економії електроенергії показало, що сумарна економія від запропонованих заходів складе 5,935343 млн. грн. на рік. А сумарний термін окупності складає 3,03 років.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Федорова, А. А. Довідник по електропостачанню промислових підприємств [Текст] : довідник / А. А Федорова, Р. В. Сербинського. –М:Енергія, 1980, кн.1 - 576 с.; 1981, кн.2-624с.
2. Самойлов, М. В. Основи енергозбереження [Текст] : підручник, посібник для вузів / М. В. Самойлов, В. В.Паневчик, А. Н. Ковальов - 3-те вид., стереотип. – Мн. : БГЭУ, 2004. - 198 с.
3. Жилінський, Ю. М. Електричне освітлення і опромінення [Текст] / Ю. М. Жилінський, В. Д. Кумін. – М: Колос, 1982. – 272с.
4. Першин, В.П. Енергозбереження як фактор сталого розвитку вітчизняної економіки [Текст]: / Тези доп., МНТ конф., „Енергоефективність-2002”, Київ, 2002, 20-25с.
5. Жовтянський, В. А. Ключові проблеми енергозбереження у розрізі енергетичної стратегії України [Текст]: Жовтянський, В. А. / Тези доп., МНТ конф., „Енергоефективність-2002”, Київ, 2002, 20-25с.
6. Розанов, Ю.К. Сучасні методи регулювання якості електроенергії засобами силової електроніки [Текст]: Розанов, Ю.К./ Електротехніка. 1999. №4. 28-32с.
7. Хашимов, А.А. Енергозберігаючі системи автоматизованого електроприводу змінного струму [Текст] :Хашимов, А.А./ Електротехніка. 1995. №11. 34-39с.
8. Барський, В.А. і ін. Створення серії ЮВТ перетворювачів частоти для регульованих асинхронних електроприводів [Текст]: Барський, В.А. / Електротехніка. 1999. №7. 38-41с.
9. Корисних, Б.С., Застосування регульованого електроприводу в насосних установках систем водопостачання і водовідливу [Текст]/ Корисних, Б.С., Чебанов В.Б. / Електротехніка. 1995. №7. 9-12с.
10. Браславський, І.Я. Про можливості енергозбереження при

використанні регульованих асинхронних електроприводів [Текст]:  
Браславський, І.Я./ Електротехніка. 1998. №8. 2-5с.

11. Ковалко, М.П., Енергозбереження - досвід, проблеми, перспективи [Текст] / Ковалко М.П. Відпов. ред. Шідловській А.К; Держкоменергозбереження України - Київ: Ін-т Електродинаміки НАНУ, 1997. - 152с.

12. Копитов, Ю.В. , Економія електроенергії в промисловості [Текст]: довідник. Копитов, Ю.В. , Чуланов Б.А. -М: Енергія, 1978.-120с.

13. Мамалига, В.М. Енергозбереження в системах електроприводу[Текст]. Мамалига, В.М. - Київ: Енергетичний центр ЄС в Києві, 1995.-86с.

14. Гольфстрім, В.А., Довідник по економії паливоенергетичних ресурсів [Текст]/ Гольфстрім, В.А., Кузнецов Ю. Л. - Київ: Техніка, 1985.- 383с.

## **ДОДАТОК А**

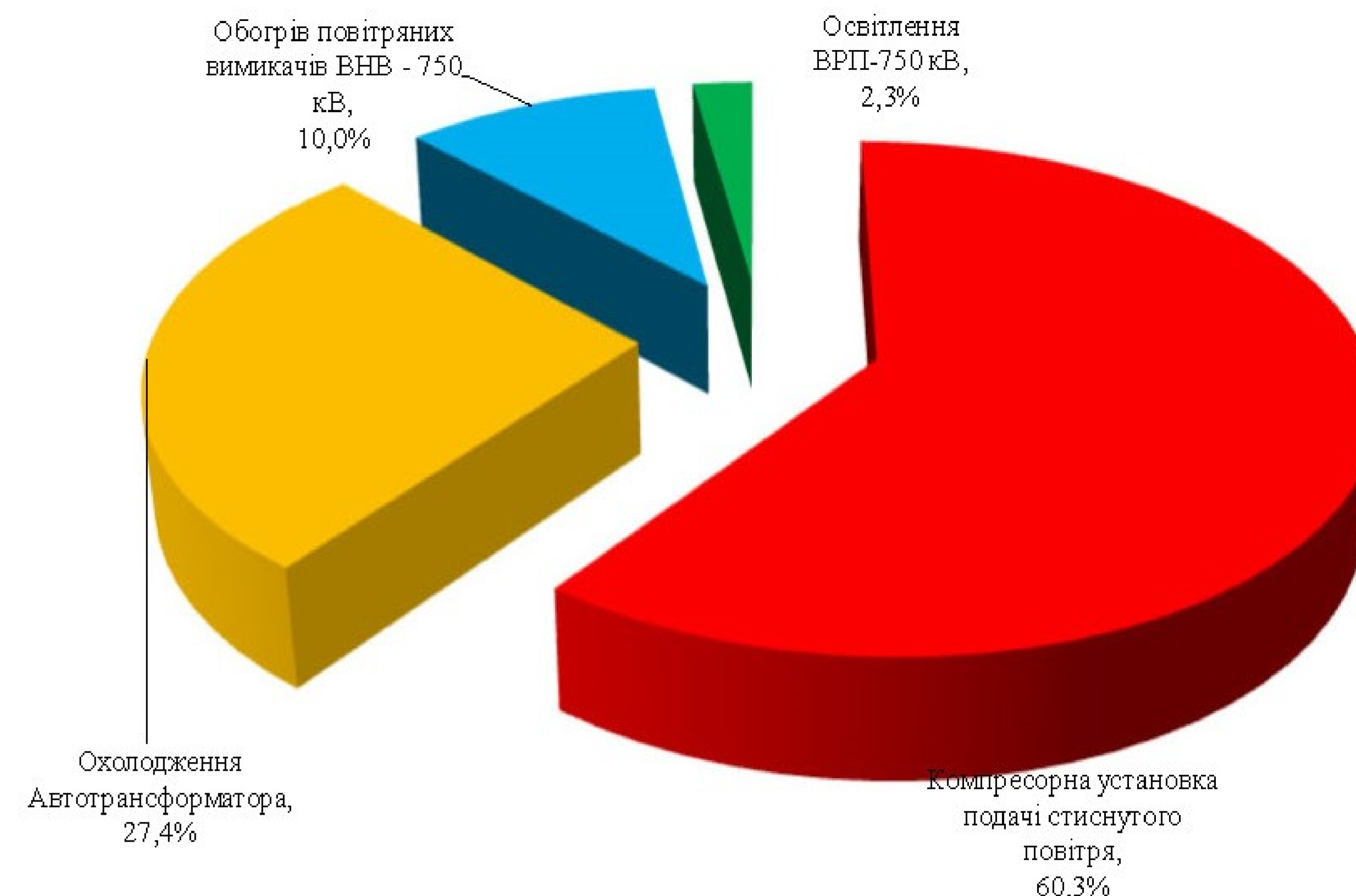
Демонстраційні матеріали до захисту дипломної роботи

# АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ВРП-750 кВ

## Структура електроспоживання

Обладнання	Тип	Кількість обладнання шт	Потужність кВт·год	Загальна потужність кВт·год	Час роботи год.на рік	Загальне споживання електроенергії кВт·год/рік	Витрати на електроенергію грн.	%
Компресорна установка подачі стиснутого повітря	Компресор типу ВШВ-2,3/230М	7	55	385	5840	2248400	3485020,00	60,3
Охолодження Автотрансформатора	Електродвигун вентилятора 1	40	2	88	8016	705408	1093382,40	27,4
	Електродвигун вентилятора 2	18	2	40	8016	317434	492022,08	
Обогрев повітряних вимикачів ВНВ - 750	Подача стиснутого повітря	17	2	34	4368	148512	230193,60	10,0
	Підігрів повітряних вимикачів	51	1	51	4368	222768	345290,40	
Освітлення ВРП-750 кВ	Металогалогенні світильники	14	0	3	2920	8176	12672,80	2,3
	Люмінесцентні світильники	38	1	3	2920	8760	13578,00	
	Світлодіодні світильники	382	0,012	4,6	4380	70273	108922,72	
Всього						3729730,32	5781082,00	100,0

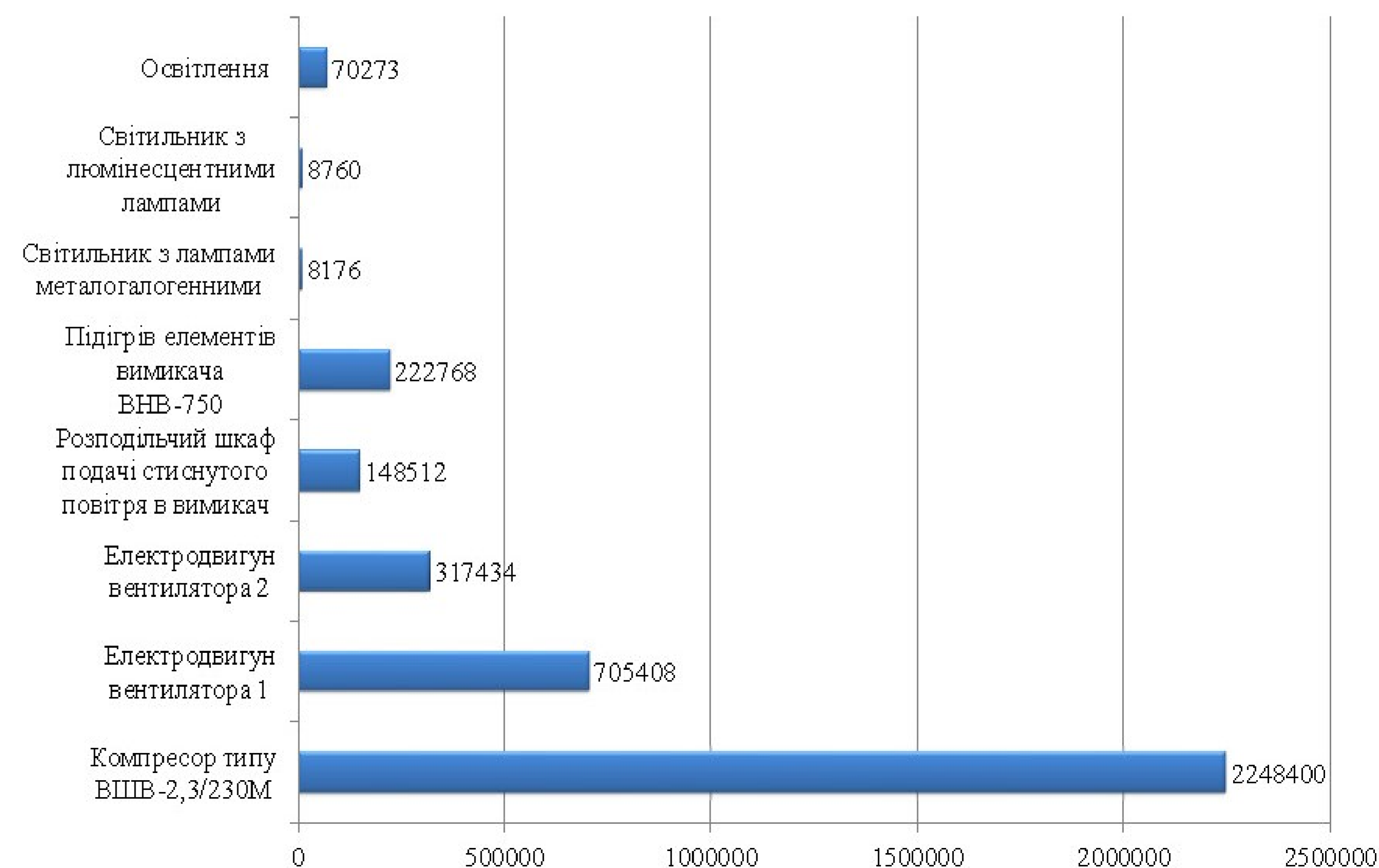
## Баланс витрат на енергоносії



## Структура електроспоживання різних типів обладнання

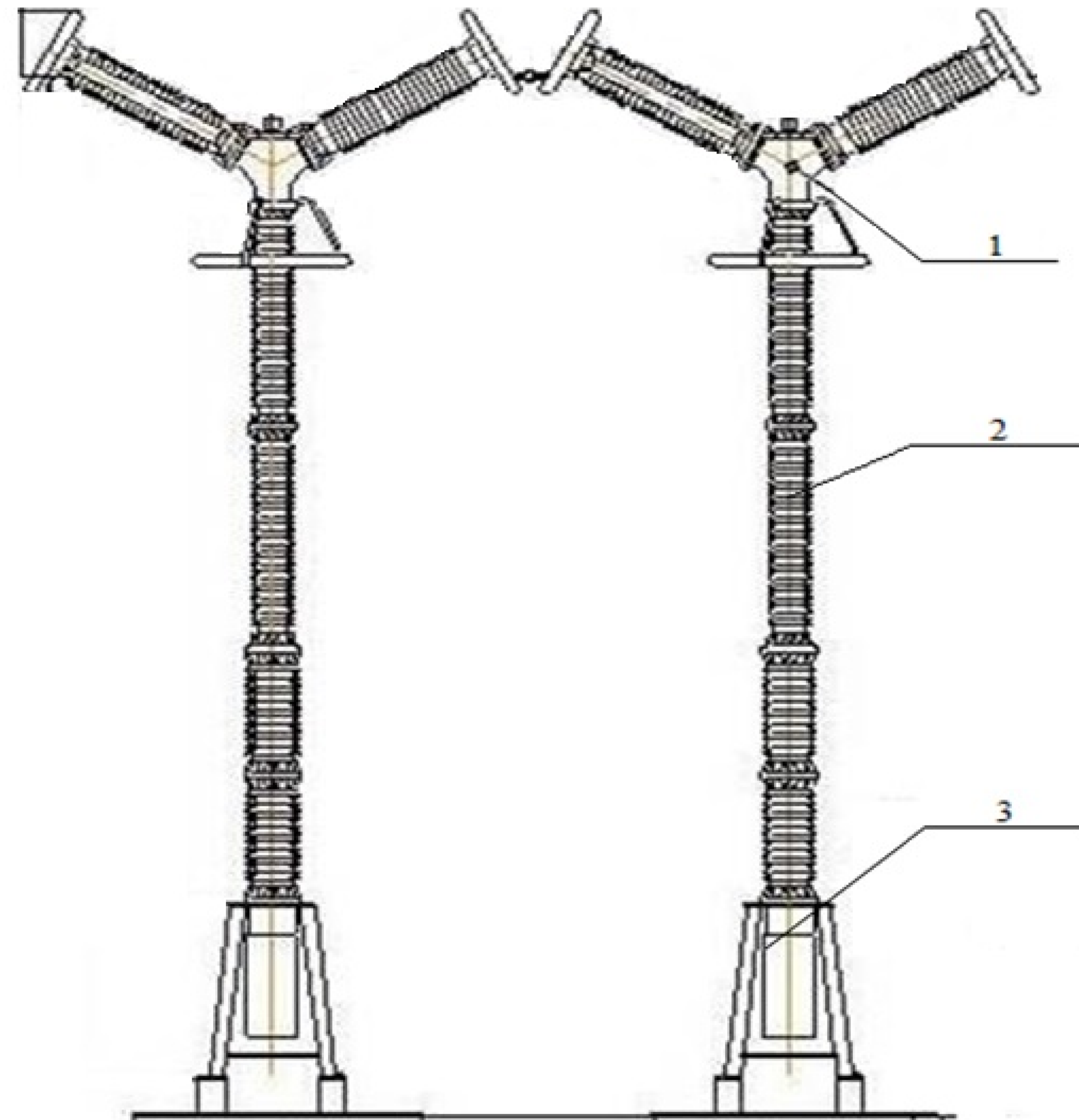
Тип	Місце установки	Потужність кВт·год	Загальна потужність кВт·год	Час роботи год.на рік	Загальне споживання електроенергії кВт·год/рік	%
Компресор типу ВШВ-2,3/230М	ВРП-750 кВ компресорна №1,2	55	385	5840	2248400	60,3
Електродвигун вентилятора 1	ВРП-750 кВ АТ	2	88	8016	705408	18,9
Електродвигун вентилятора 2	Вольтодобуточний трансформатор ВРП-750 кВ	2	40	8016	317434	8,5
Розподільчий шкаф подачі стиснутого повітря в вимикач	ВРП-750 кВ	2	34	4368	148512	4,0
Підігрів елементів вимикача ВНВ-750	ВРП-750 кВ	1	51	4368	222768	6,0
Світильник з лампами металогалогенними	Освітлення на території ВРП-750 кВ	0	3	2920	8176	0,2
Світильник з люмінесцентними лампами	Освітлення периметра охорони ВРП-750 кВ	1	3	2920	8760	0,2
Освітлення	Робочі приміщення	0,012	4,6	4380	70273	1,9

## Структура електроспоживання підприємством





# ВИСОКОВОЛЬТНИЙ ЕЛЕГАЗОВИЙ ВИМИКАЧ ТИПУ ВГГ-750 кВ



## Характеристики элегазового выключателя ВГГ-750 кВ

Характеристики	Показники
Власний час включення не більше, 1с	0,1
Власний час відключення, не більше, 1с	0,025
Маса элегазу у вимикачі, кг	120
Номінальна напруга, кВ	750
Маса вимикача	18300
Номінальна потужність електродвигуна, Вт	750
Термін служби до середнього ремонту, рік	20
Термін служби, рік	40
Номінальний тиск заповнення, МПа	0,5

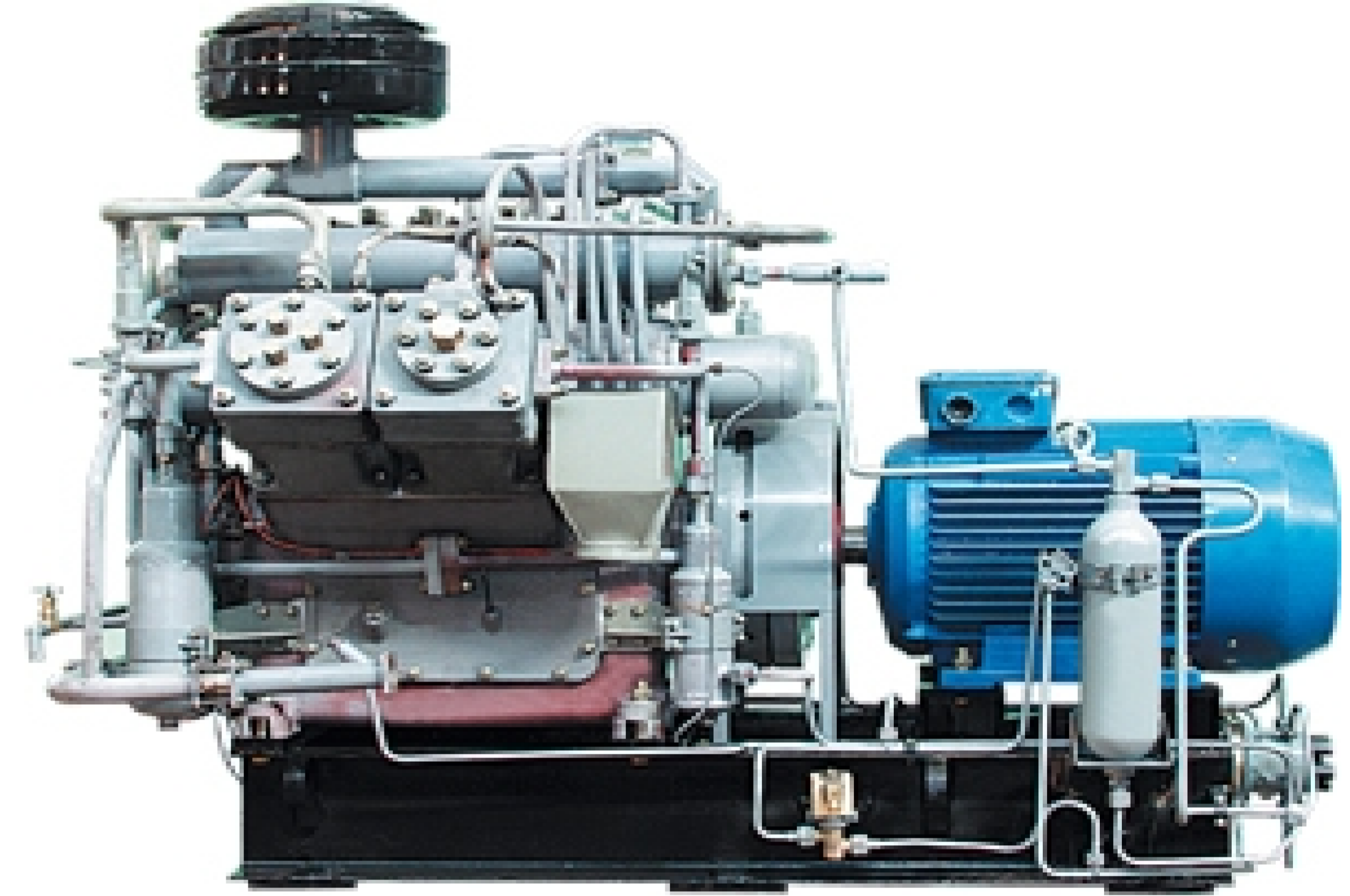
1 – гасильний пристрій; 2 – опорна колонка; 3 – цоколь з приводом;



Компресор типу ВШВ-2,3/230 М



Компресор типу ВШ-4,2/200

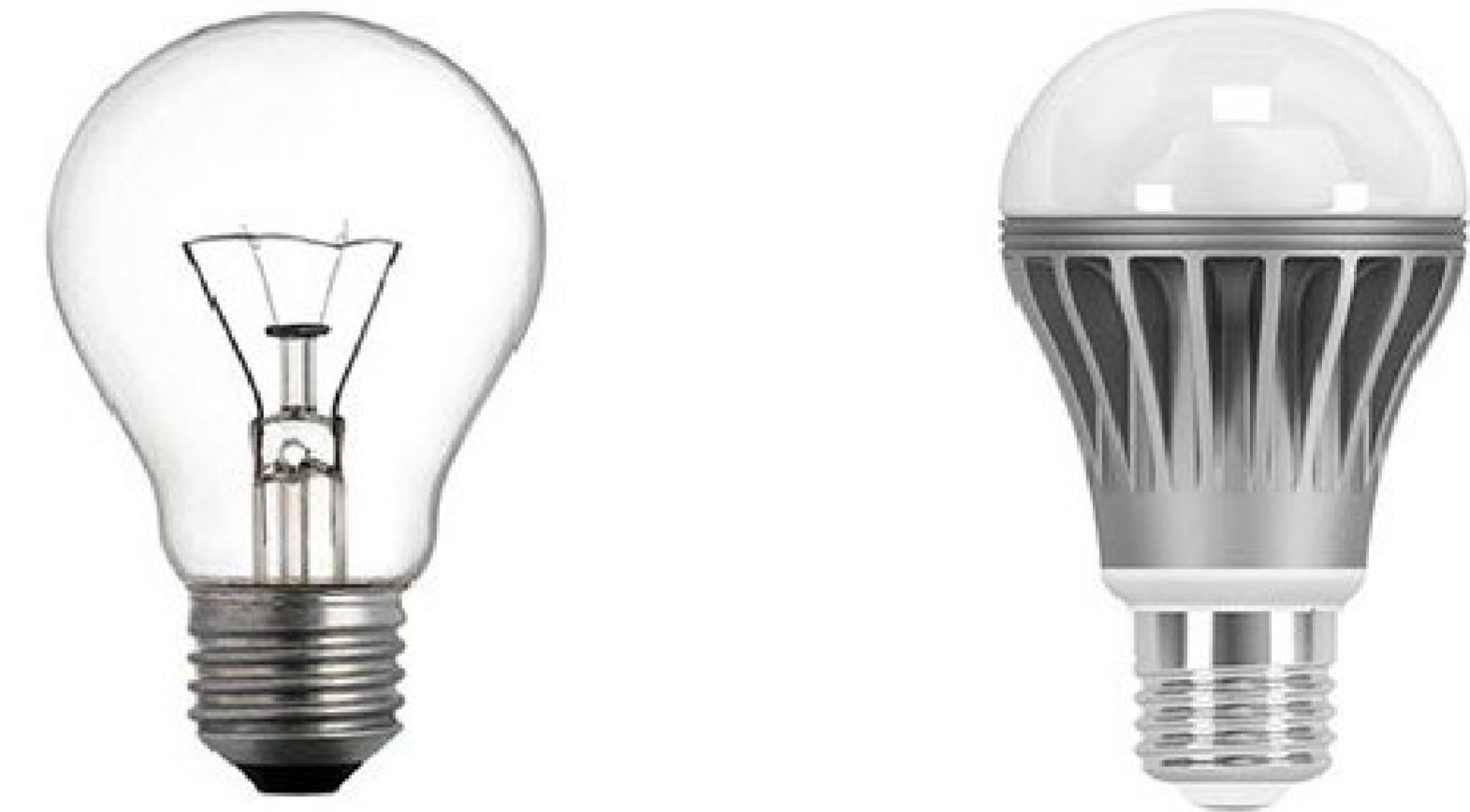


Порівняльні характеристики компресорів

Характеристики	Показники	
	ВШВ-2,3/240 М	ВШ-4,2/200
Стиснений газ	Повітря	Повітря
Продуктивність (м <sup>3</sup> /хв)	2,6	4,2
Продуктивність (м <sup>3</sup> /год)	156	252
Початковий тиск, МПа(кг/см <sup>2</sup> )	Атмосферний	Атмосферний
Кінцевий тиск, мПа (кгс/см <sup>2</sup> )	23 (230)	20 (200)
Споживана потужність, кВт, не більше	55	110
Охолодження	Повітряне	Повітряне
Довжина, мм	2400	2300
Ширина, мм	1300	1550
Висота, мм	1500	1600
Маса (без мастила, автоматики), кг	1950	1870
Вартість компресорів, тис.грн	473	650

# МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ РОБОЧИХ ПРИМІЩЕНЬ ВІДКРИТОЇ 5 РОЗПОДІЛЬЧОГО ПРИСТРОЮ 750 кВ

## Загальний вигляд порівнюваних ламп



## Технічні характеристики різних видів ламп

Характеристика	Лампа розжарювання	Люмінесцентна лампа	Світлодіодна лампа
Яскравість	Середня	Низька	Висока
Тривалість роботи, год.	1000	10000	30000
Інфрачервоне випромінювання	Дуже високе	Дуже низьке	Відсутнє
Ультрафіолетове випромінювання	Середнє	Дуже високе	Відсутнє
Світлова віддача, Лм/Вт	7-17	40-60	50-80
Вартість	Низька	Середня	Висока
Споживання енергії, Вт/ч	≥25	≥20	7-21

## Характеристики ламп розжарювання та світлодіодних ламп

Характеристики	Лампа розжарювання типу ЛОН	Світлодіодна лампа типу А-12
Потужність, Вт	100	12
Середній термін служби, час	1000	30000
Кількість замін	8 раз на рік	1 раз на 3.5 років
Вартість, грн.	4	207
Нагрівання поверхності ,градус	120	30
Клас енергоспоживання	Е	А

# ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ ВРП-750 кВ

## Загальні техніко-економічні показники енергозберігаючих заходів

Показники	Одиниця виміру	Енергозберігаючий захід			Всього
		Заміна повітряних високовольтних вимикачів	Модернізація компресорних станцій	Модернізація системи освітлення	
Капітальні витрати	млн.грн	17,25	0,65	0,079	17,98
Економія, за рахунок енергозберігаючих заходів	млн.грн	2,64	2,48	0,798	5,93
Ефективність капіталовкладень		0,15	3,83	10,10	0,33
Термін окупності	років	6,5	0,3	0,1	3,03

## Економічний ефект за енергозберігаючими заходами

