

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електричних станцій та систем

кваліфікаційна робота  
за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр»  
спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
на тему:

**«Електрична частина атомної електростанції потужністю  
4000 МВт (4xВВЕР-1000) з дослідженням використання  
вакуумного високовольтного обладнання»**

Виконав: ст. гр. 1Е-18м Аніпченко Д.О.  
Керівник: к.т.н., доцент Нетребський В.В.,

**Мета роботи:** Проектування АЕС потужністю 4000 МВт та дослідження сучасного вакуумного комутаційного обладнання.

**Основні задачі:**

- дослідження існуючих методів проектування, та їх використання при проектуванні електростанцій;
- проектування головної схеми електричних з'єднань АЕС;
- вибір комутаційної апаратури, струмоведучих частин, вимірювальних трансформаторів, акумуляторної батареї, розрахунок грозозахисту та заземлення ВРУ;
- дослідження сучасного комутаційного обладнання;
- розрахунок основних техніко-економічних показників АЕС.

**Об'єкт дослідження:** електрична частина електричних станцій.

**Предмет дослідження:** методи і засоби проектування електростанцій та робота комутаційного обладнання.

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ АЕС

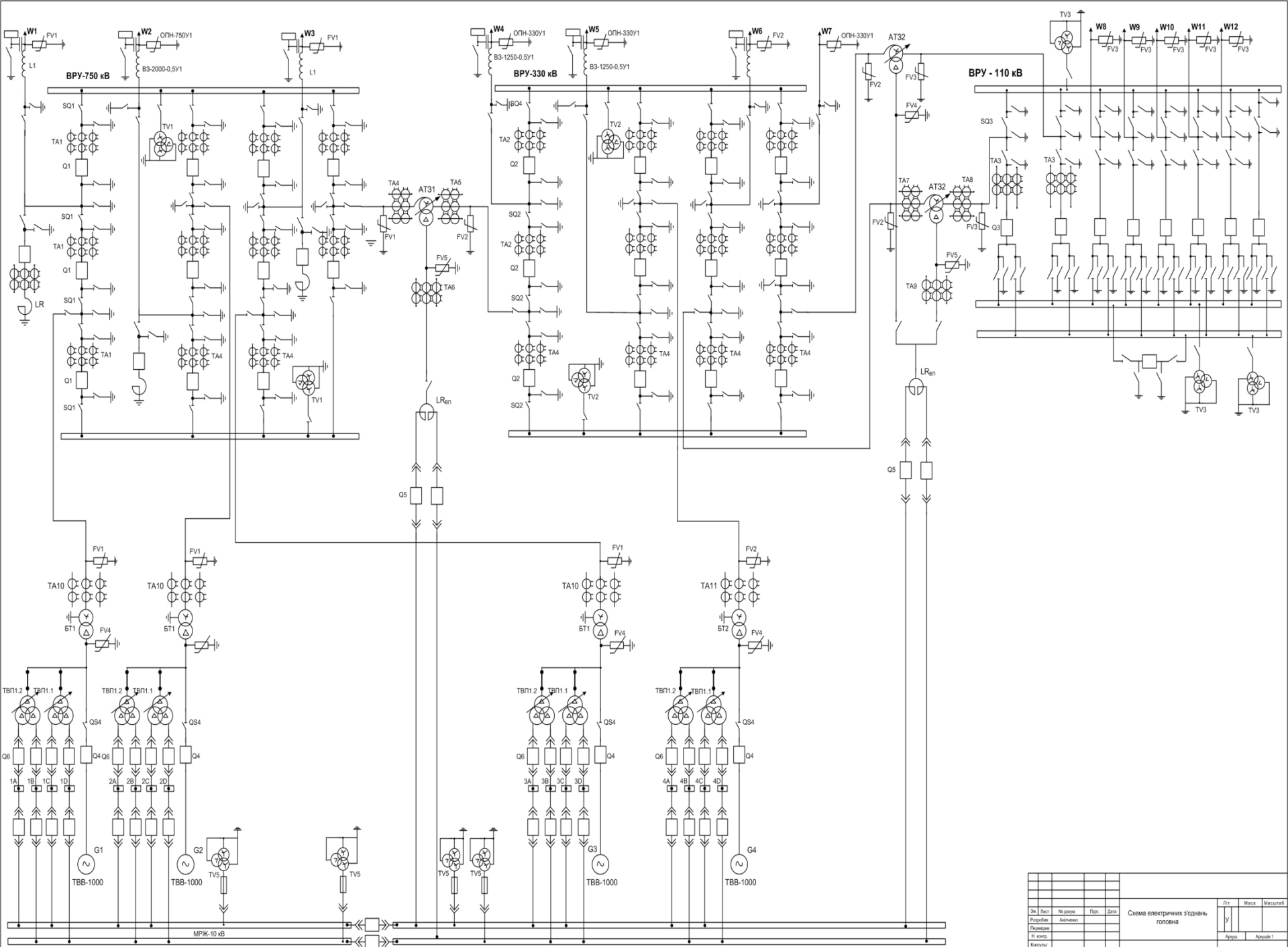
На чотирьох АЕС експлуатуються 15 енергоблоків потужністю 13 835 МВт, які забезпечують виробництво більше половини усієї електроенергії нашої держави

### **Переваги АЕС:**

- Низька собівартість виробленої електроенергії;
- Відсутність газових викидів;
- Екологічність;
- Незалежність від розміщення паливно-сировинної бази;
- Енергоємність ядерного палива;
- Виробництво промислового і побутового тепла;
- Порівняно сприятливе фізико-географічне розміщення України для будівництва АЕС;

### **Недоліки АЕС:**

- Локальний вплив на рельєф;
- Локальний вплив на флору та фауну;
- Значні негативні наслідки при руйнуванні АЕС;



Эк. Лист	№ докум.	Пар.	Дата	Схема электрических э/с зданий головная	Лист	Масштаб
Изработ.	Активно				Архив	Архив 1
Проверен						
И. номер						
Обознач.						
Редис.						
Сек. код.						



### Основні характеристики:

- Номінальна напруга, кВ - 110
- Номінальний струм, А - 2 500
- Номінальний струм відключення, кА - 31,5
- Струм електродинамічної стійкості, кА - 81
- Механічний ресурс - 10 000 циклів ВО
- Комутаційний ресурс - 10 000 циклів ВО
- Комутаційний ресурс при номінальному струмі відключення - 25 операцій О

Рисунок 1 - вакуумний вимикач ВРС – 110 кВ

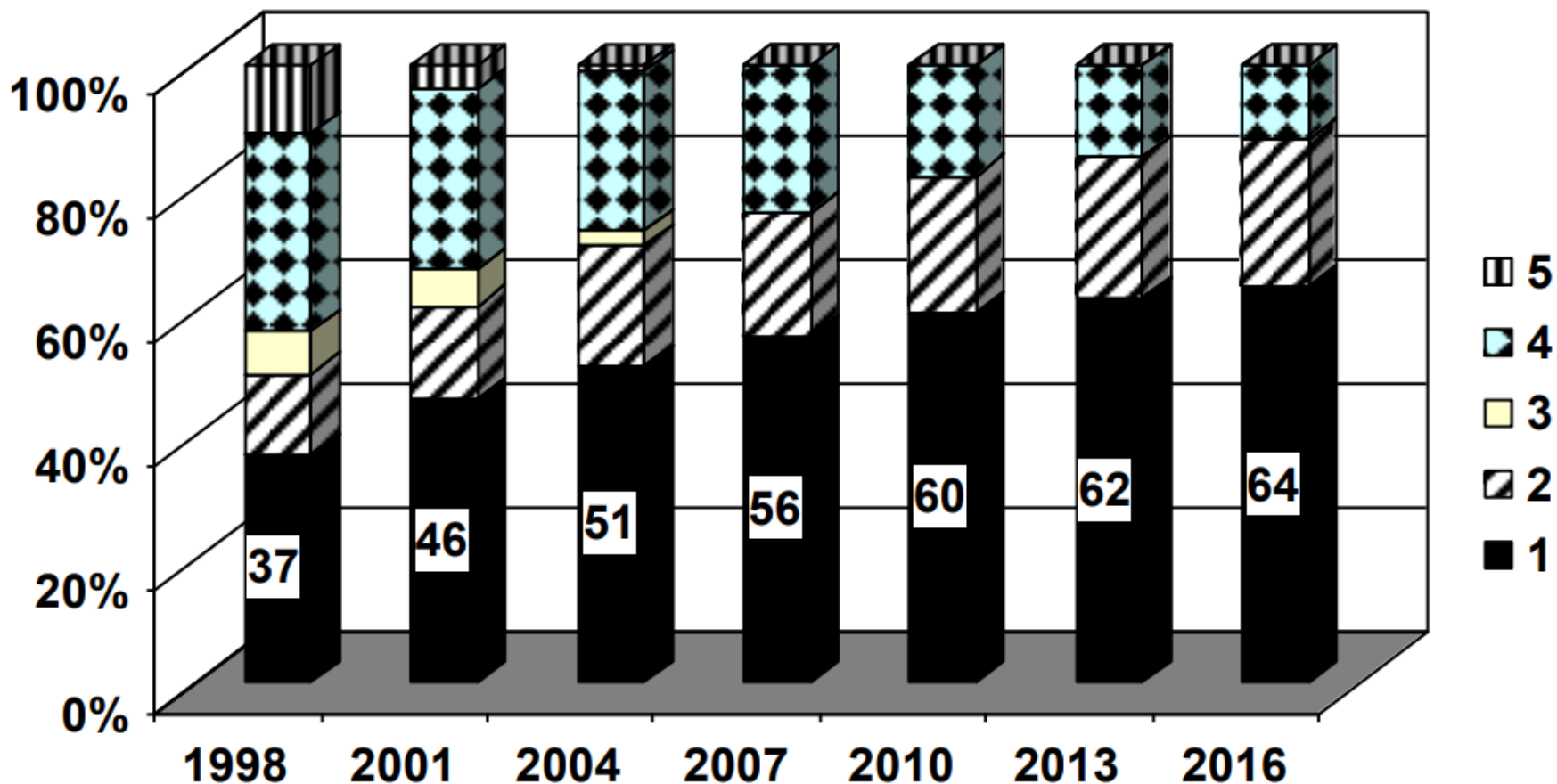


Рисунок 2 – Діаграма змін кон'юнктури світового ринку вимикачів навантаження напругою до 110 кВ включно (1 – вакуумні; 2 – елегазові; 3 – електромагнітні; 4 – малооливіні; 5 – оливіні)

# Ретрофіт

Ретрофітом (retrofit від англійського retro - «застаріле, старе» і fit - «пристосовувати, вбудовувати») називається оновлення обладнання, що знаходиться в експлуатації, за допомогою сучасних компонентів без зміни конструкції і оболонки.

Оновлення енергогосподарства за програмою Ретрофіт вимагає мінімальних витрат і проводиться в найкоротші терміни, оскільки існуючі в модернізованих КРУ блокування і схеми релейного захисту не вимагають доопрацювання

Залежно від типу комірок, що реконструюються, фінансових і технічних можливостей замовника, РЗВА пропонує три способи реконструкції:

- реконструкція КРУ і КСО за допомогою комплектів монтажних частин (КМЧ) з вакуумними вимикачами ВР; (встановлення КМЧ прямо в комірку, у більшості випадків без зварювальних робіт)
- реконструкція старого візка елемента викочування КРУ за допомогою універсального модуля з вакуумним вимикачем ВР; (встановлення заздалегідь виготовленого обладнання на старий елемент викочування)
- установка в КРУ нового елемента викочування з вимикачем ВР замість старого. (повна заміна вимикача разом з елементом викочування)

## Порівняльний аналіз ремонтних робіт, придбання нового КРУ і Ретрофіта

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз Ретрофіту з іншими видами робіт

Критерій	Ремонт	Ретрофіт	Нове КРУ
Вартість, порівнюючи із Ретрофітом	1/4	1	3
Строк введення у дію однієї комірки, дні	5	2	14
Термін роботи, років	2-5	25	25
Функціональні можливості, порівнюючи з новим КРУ	15%	95%	100%



# Переваги та недоліки елегазового комутаційного обладнання

## Переваги:

- вибухо- і пожежобезпечність;
- велика швидкодія;
- висока вимикальна здатність;
- мале зношування дугогасильних контактів;
- придатність для зовнішньої і внутрішньої установки;
- елегаз дає змогу підвищити навантаження струмоведучих частин і зменшити їх масу за рахунок своїх охолоджуючих властивостей;
- гасіння дуги відбувається у замкнутому об'ємі без вихлопу в атмосферу.

## Недоліки:

- необхідність спеціальних пристроїв для наповнення, перекачування та очищення елегазу;
- відносно висока вартість елегазу.
- Залежність роботи від температури навколишнього середовища

# Переваги та недоліки вакуумного комутаційного обладнання

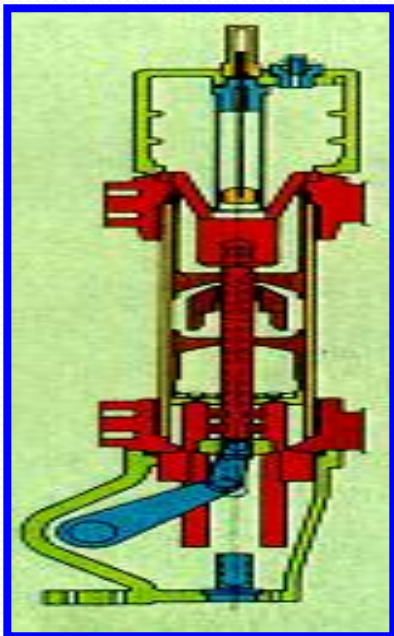
## Переваги:

- Широкий діапазон температур навколишнього середовища в якому можлива робота (від -70 до +200°C);
- Підвищена стійкість до ударних і вібраційних навантажень;
- Довільне робоче положення вакуумної дугогасильної камери в просторі;
- Високий механічний та комутаційний ресурс
- Безпека експлуатації і екологічність
- Термін служби до 25 років

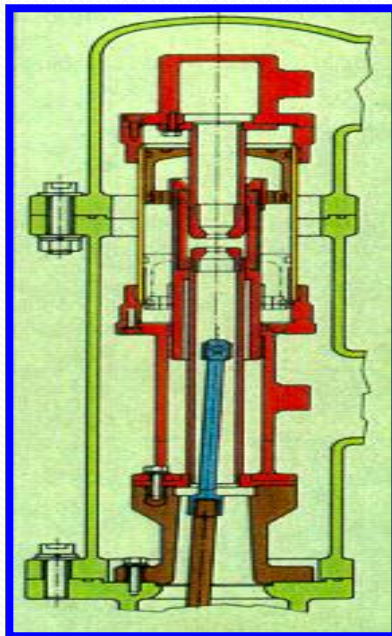
## Недоліки:

- труднощі розробки і виготовлення, пов'язані із створенням спеціальних контактних матеріалів, складністю вакуумного виробництва, схильністю матеріалів контактів до зварювання в умовах вакууму;
- великі капітальні вкладення, необхідні для налагодження масового виробництва дугогасильних камер.

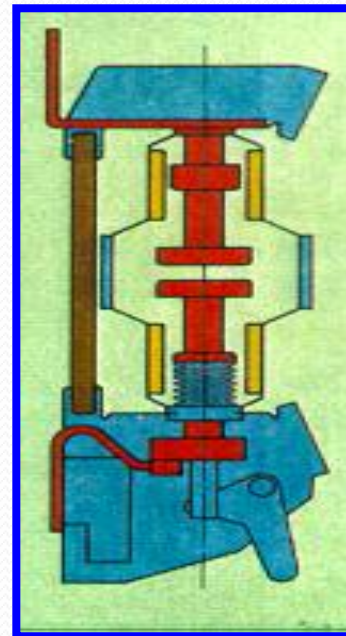
## Порівняння кількості складових частин комутаційної камери маломасляного, елегазового та вакуумного вимикача.



Маломасляний  
разом частин: 43  
в камері: 17



Елегазовий  
разом частин : 52  
в камері : 24



Вакуумний  
разом частин : 22  
в камері : 2

## **Переваги вакуумних вимикачів у порівнянні з елегазовими на 110 кВ**

- Стабільний стан контактної групи вакуумного вимикача зберігається протягом всього терміну експлуатації, а діелектричні властивості елегазу знижуються (через накопичення продуктів розкладання в комутаційній камері при наростанні числа комутацій).
- Комутаційний ресурс вакуумного вимикача - 10 000 циклів, що у 2 рази перевищує ресурс елегазових апаратів.
- Вакуумний вимикач не потребує технічного обслуговування до закінчення 10 000 комутаційних циклів.
- Мінімальні строки монтажу (6-8 годин) і мінімальні затрати на монтаж.
- Вакуумний вимикач екологічно чистий і не потребує додаткових затрат на утилізацію, на відміну від елегазових вимикачів.
- Надійність вимикача ВРС-110 вища, ніж у елегазового (дугогасильна частина ВРС-110 містить менше рухомих деталей).
- Можливість експлуатації в умовах низьких температур без додаткового обігріву.

## Висновок

У даній МДР була спроектована АЕС, що призначена для видачі потужності 4000 МВт в енергосистему. Згідно завдання було розраховано графіки електричних навантажень електростанції, а також обчислено техніко-економічні показники роботи станції. Обрано основне обладнання, що забезпечить нормальну роботу електростанції, структурну схему електростанції. Згідно проведених розрахунків, електроенергія в енергосистему видається на напрузі 330 кВ, забезпечення електроенергією місцевих споживачів відбувається на напрузі 110 кВ. Розподільні установки 330 кВ та 110 кВ відкритого типу. Для ВРУ 110 кВ була прийнята схема «дві робочих системи збірних шин з обхідною». Проведено аналіз використання вакуумного комутаційного обладнання та зроблені наступні висновки:

Як показує аналіз ринку електротехнічного обладнання, попит на вакуумні вимикачі на світовому ринку досяг 64-65%. Очікуваний попит ринку на вакуумну комутаційну техніку до 2020 року складе 85% усього ринку комутаційної техніки середньої напруги. Враховуючи високу надійність, простоту обслуговування і експлуатації, високий комутаційний ресурс, діапазон номінальних параметрів, вакуумні вимикачі доцільно використовувати у мережах

**Дякую за увагу !!!**