

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет електроенергетики та електромеханіки
(повне найменування факультету)
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
(повна назва кафедри)
менеджменту

Розрахунок компенсації реактивної потужності в розподільних мережах Приватного акціонерного товариства «Маяк», (м.Вінниця), з врахуванням впливу мереж енергопостачальної компанії

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕМ-16м
Спеціальність 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва)
Спеціалізація «Енергетичний менеджмент»

Ситник М.Ю.
(прізвище та ініціали)
Керівник Демов О.Д.
(прізвище та ініціали)

Вступ

- ▶ **Актуальність теми.** Встановлення компенсуючих установок (КУ) в розподільних мережах «Маяка» дозволяє значно знизити втрати електричної енергії, що потребує відповідного визначення потужностей КУ і місця їх встановлення. В існуючих методах вважається, що підприємства, на балансі яких знаходяться мережі, мають можливість установити всі КУ одночасно відповідно результатам розрахунків, а проміжні кроки по впровадженню результатів при цьому не розглядаються. В дійсності таке встановлення неможливе, оскільки фінансові можливості енергетичних та промислових підприємств, як правило, обмежені, і це унеможлиблює процес встановлення КУ в усіх вузлах розподільних мереж одночасно, що в свою чергу потребує розподілення їх впровадження в часі. Додаткового зниження втрат в електричних мережах ПАТ «Маяк» можна досягнути не лише шляхом встановлення нових КУ, а також більш ефективним використанням існуючих, що потребує відповідного вдосконалення їх роботи. Зокрема в існуючих способах управління потужностями КУ не в повній мірі враховується взаємний вплив КУ різних вузлів, що знижує їх ефективність.

▶ **Мета і задачі досліджень.** Метою магістерської роботи є додаткове зниження втрат електроенергії шляхом розробки та реалізації моделей оптимізації впровадження КУ в електричних мережах ПАТ “Маяк”.

▶ **Задачі, які необхідно вирішити для досягнення поставленої мети:**

1. Провести аналіз існуючих методів розрахунку КРП.

2. Розробити моделі та методи :

▶ розрахунок поетапного впровадження КУ в розподільні мережі за економічною ефективністю з урахуванням впливу мереж енергопостачальної компанії;

▶ врахування взаємного впливу споживачів при компенсації їх реактивних навантажень;

▶ оптимального використання синхронних машин.

▶ **Об'єктом дослідження** є процес впровадження та використання компенсувальних установок в електричних мережах ПАТ «Маяк».



Предмет дослідження – математичні моделі впровадження та використання компенсувальних установок в електричних мережах ПАТ «Маяк».

Наукова новизна одержаних результатів. Вдосконалено модель взаємного впливу реактивних навантажень розподільних мереж енергопостачальних компаній, що дозволяє знижувати втрати від реактивних навантажень одних вузлів за рахунок компенсації реактивних навантажень інших вузлів.

Практичне значення. Отримані результати роботи дозволяють спростити розрахунки плати за реактивну енергію. Підвищення ефективності управління компенсуючими установками забезпечує додаткове зниження втрат в розподільних мережах. Розроблені моделі управління КУ можуть бути впроваджені за допомогою технології Smart Grid.

Апробація результатів дисертації.

Публікації. Робота доповідалася:

1. Науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету за участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області у 2015, 2016, 2017 роках. За результатами опубліковані тези доповідей:

- Ситник, М. Ю., Олійник, М. В., Демов О.Д., Декомпозиція функції втрат активної потужності при управлінні потоками реактивної потужності в електричних мережах. – Вінниця ВНТУ, 2016.
- Ситник М. Ю., Демов, О. Д. (ВНТУ, 2016-03) Градієнтний метод розрахунку компенсації реактивної потужності– Вінниця ВНТУ, 2016-03.

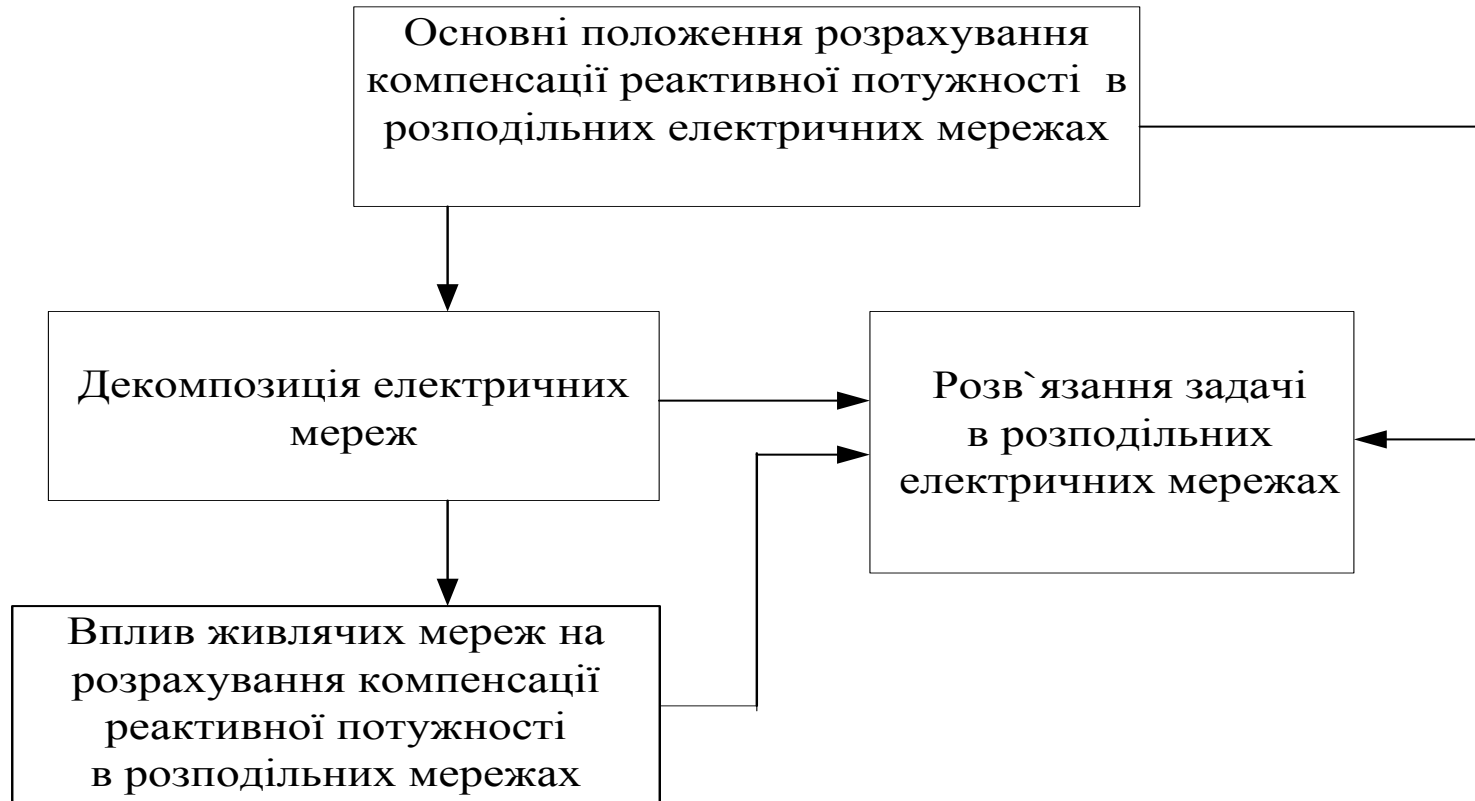
2. XIII Міжнародній конференції «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2016)» VI всеукраїнського наукового семінару «Проблеми і перспективи енергозбереження в комунальному господарстві та на промислових підприємствах». За результатами роботи опубліковано тези:

- Демов О.Д., Ситник М.Ю. Підвищення ефективності використання КУ при забезпеченні заданої вхідної реактивної потужності . – Вінниця ВНТУ, 2017.

3. XIV Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2017):

- Демов О.Д., Ситник М.Ю. Підвищення ефективності використання компенсуючих установок на Гніванському заводі «Спецзалізобетону». – Вінниця ВНТУ, 2017.
- Москвічова М. Ю.; Головченко О. М.; Нанак О. М. (ВНТУ, 2017) «Напрямок модернізації та дослідження теплової схеми енергоблоку Ладижинської ТЕС».

Схема аналізу існуючих методів КРП в розподільних електричних мережах



Коротка характеристика існуючих методів розрахунку КРП в розподільних електричних мережах

	Ознака методу	Сутність методу
1	Системні, локальні	Системні: розв'язання задачі в окремих частинах розподільних мереж з врахування впливу інших . Локальні: розв'язання задачі в окремих частинах розподільних мереж без врахування впливу інших .
2	За критерієм оптимізації	Забезпечення мінімумів втрат активної потужності або приведених затрат на генерацію та передачу реактивної потужності , підтримання заданих рівнів напруги .
3	За балансовою приналежністю	Розподільні мережі споживачів, та енергопостачальних компаній.
4	За постановкою задачі	Проектні: вибір місць розташування та потужностей КУ; експлуатаційні: підвищення ефективності використання існуючих КУ
5	За використанням математичного апарату	Метод дискретної оптимізації, градієнтний та ітераційний методи.

Розрахунок впровадження КУ в мережах ПАТ «Маяк»

Розв'язання задачі за економічною ефективністю

$$p_{ks}^{max} = \frac{\delta P_{pc} T \tau + \Delta \Pi(Q_k)}{c_k Q_k};$$

Максимальне значення економічної ефективності за певний період впровадження буде в тому випадку, якщо забезпечити максимальне значення ефективності на кожному етапі впровадження

$$p_{km}^{max} = \frac{\sum_{i=1}^m p_{ki}^{max}}{m}, \quad \sum_{i=1}^m Q_{kij} < Q_{cj},$$

$$p_{ki}^{max} = \max \{ p_{ki1}, p_{ki2}, \dots, p_{kin} \}.$$

Залежність $p_{km}^{max}(Q_{km\Sigma})$ відображає максимальну ефективність вкладення коштів величиною $Q_{km\Sigma} c_k$

$$Q_{kme} = p_3^{-1}(Q_{km\Sigma}),$$

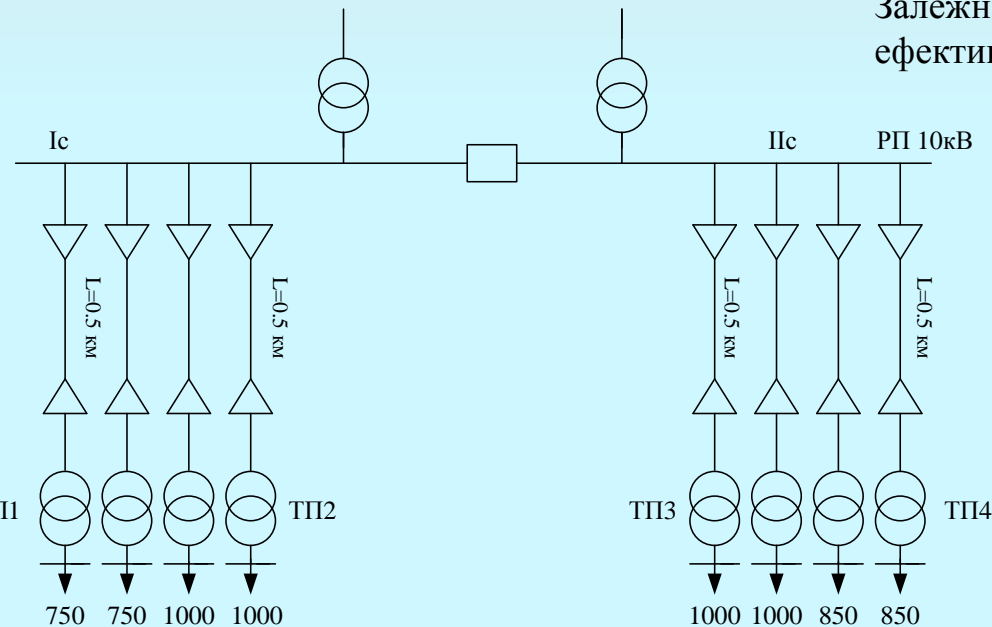
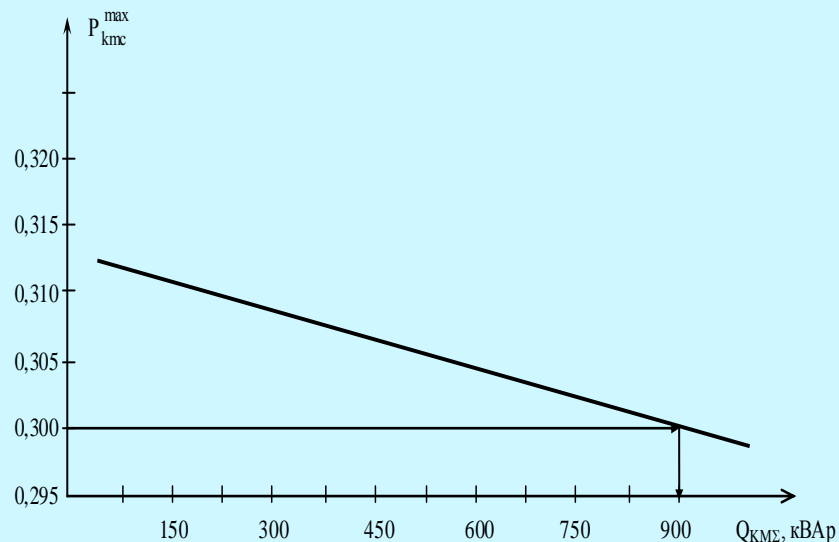


Рисунок 2 – Розрахункова схема ПАТ «Маяк»

Споживач може впроваджувати КУ відповідно заданій економічній ефективності при максимальному зниженню втрат



Розв'язання задачі за відносними спадами напруг

$$\Delta U_{*i}^{\max} = \max_{j=1}^n (\Delta U_{*j}),$$

$$\sum_{i=1}^g Q_{kij} < Q_{pj},$$

$$U_j^{\min} \leq U_j \leq U_j^{\max}$$

Математична модель i -ого етапу розрахунку

$$\Delta U_{*i}^{\max} = \begin{cases} \Delta U_{*1}, \text{ якщо } \Delta U_{*1} > \Delta U_{*2}, \Delta U_{*3}, \dots, \Delta U_{*n}; \Delta U_{*1} \leq \Delta U_{*}^{\text{доп}}; \\ \Delta U_{*2}, \text{ якщо } \Delta U_{*1} < \Delta U_{*2} > \Delta U_{*3}, \Delta U_{*4}, \dots, \Delta U_{*n}; \Delta U_{*2} \leq \Delta U_{*}^{\text{доп}}; \\ \Delta U_{*3}, \text{ якщо } \Delta U_{*1}, \Delta U_{*2} < \Delta U_{*3} > \Delta U_{*4}, \Delta U_{*5}, \dots, \Delta U_{*n}; \Delta U_{*3} \leq \Delta U_{*}^{\text{доп}}; \\ \dots \\ \Delta U_{*n}, \text{ якщо } \Delta U_{*n-n}, \dots, \Delta U_{*n-2}, \Delta U_{*n-1} < \Delta U_{*n} > \Delta U_{*n+1}, \Delta U_{*n+2}, \\ \dots, \Delta U_{*n+n}; \Delta U_{*j} \leq \Delta U_{*}^{\text{доп}}; \end{cases}$$

Графік функції зниження відносних втрат напруги ΔU_{*pR} у РМ від сумарної потужності КУ Q_k

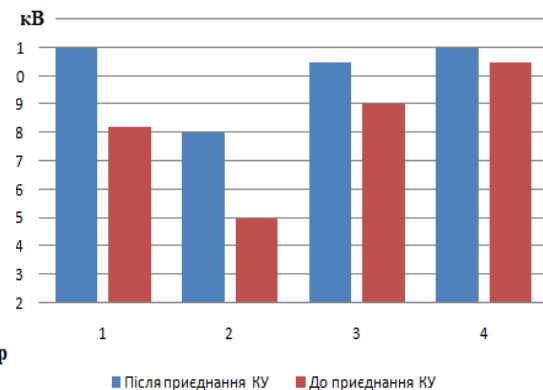
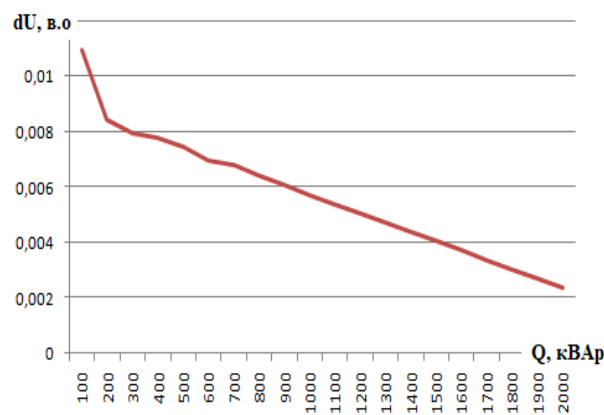
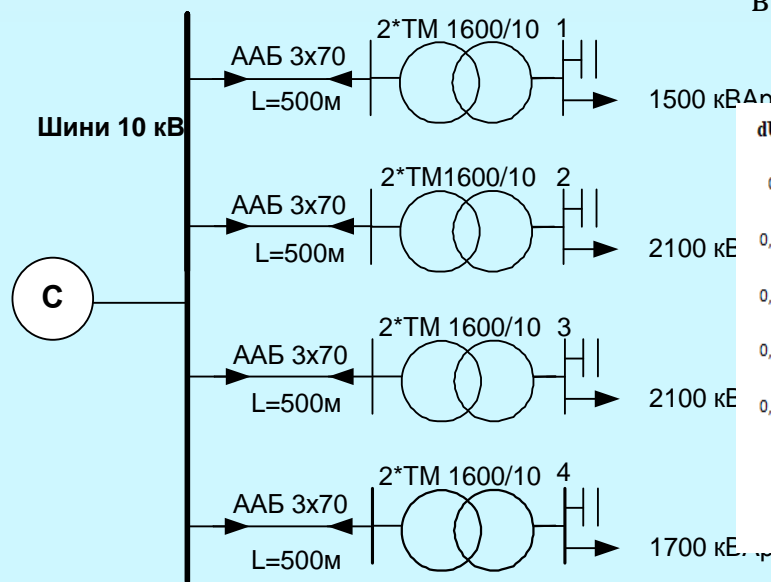


Схема розподільної мережі

Графік зміни значення напруг у вузлах РМ до і після встановлення КУ

Розрахунок аналізу взаємного впливу реактивних навантажень фідерів 185, 187 п/ст 110/10 “Західна” і заводу “Маяк” при розрахунку компенсації реактивних навантажень в їх мережах

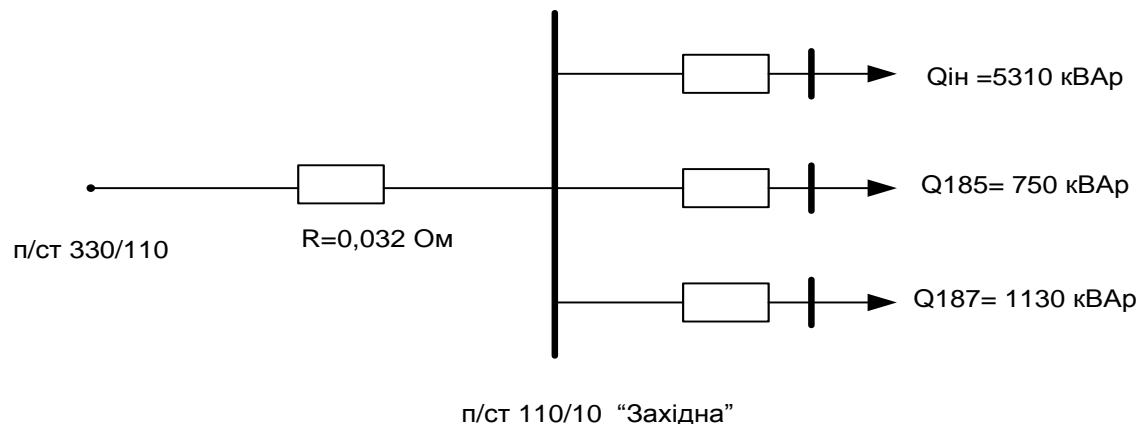


Рисунок 3 – Схема заміщення розрахункової мережі

Втрати, які створюються реактивним навантаженням фідера 185 визначаються за формулою:

$$\Delta P_{185} = \frac{Q_{185}^2}{U_{f11}^2} \cdot R + \frac{2 \cdot Q_{185} \cdot Q_{187}}{U_{f11}^2} \cdot R + \frac{2 \cdot Q_{185} \cdot Q_{3f}}{U_{f11}^2} \cdot R$$

Таблиця 3– Втрати, які створюються реактивним навантаженням фідера 185, при зміні реактивного навантаження фідера 187

$Q_{187}, \text{кВАр}$	$Q_{185}, \text{кВАр}$						
	100	200	300	400	500	600	750
200	0,356	0,718	1,087	1,462	1,843	2,231	2,825
400	0,368	0,744	1,125	1,513	1,907	2,308	2,921
600	0,381	0,769	1,164	1,564	1,971	2,385	3,017
800	0,394	0,795	1,202	1,615	20,35	2,461	3,113
1000	0,407	0,820	1,24	1,667	2,099	2,538	3,209
1130	0,415	0,837	1,265	1,7	2,141	2,588	3,271

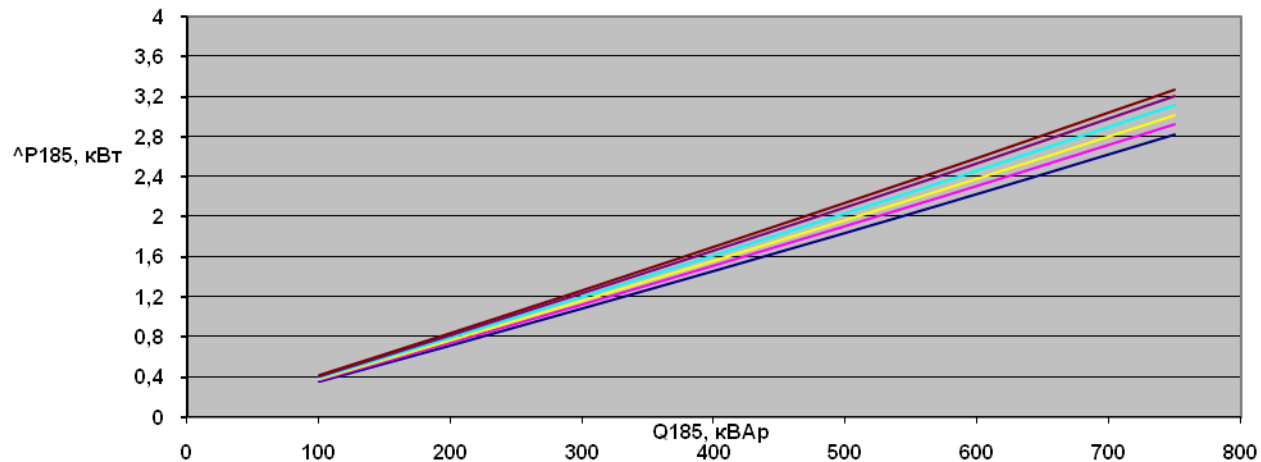


Рисунок 4 – Множина залежностей величини втрат від реактивного навантаження фідера 185 побудована при різних значеннях реактивного навантаження фідера 187 (1130, 1000, 800, 600, 400, 200 кВАр)

Напрямок модернізації та дослідження теплової схеми енергоблоку Ладжинської ТЕС

Через зношеність обладнання і зниження технічної можливості нести максимальне навантаження фактична питома витрата умовного палива на відпущену електроенергію Ладжинської ТЕС за 2015 рік перевищила проектну на 14,9 % і становила 399,3 г/кВт*год. В цей рік ТЕС виробила 5 288 млн кВт*год електроенергії, на що витратила 2,75 млн т вугілля, 19 875 т мазута, 7,5 млн м³ газу. Ціна вугілля склала 1,53 грн/кг, газу 6,6 грн/м³, мазуту – 7,15 грн/кг. Відповідно затрати на паливо склали 4,402 млрд грн. При проектній витраті палива затрати були б на 0,659 млрд грн меншими і собівартість (1,01 грн/кВт*год) та відпускна ціна електроенергії була б нижчою. Щорічні ремонти енергоблоків не вирішують головної задачі – виведення технології виробництва електроенергії на сучасний рівень. Термічний ККД циклу теплового двигуна складає:

$$\text{ККД} = 1 - T_2 / T_1$$

де T_1 , T_2 – температури підведеного та відведеного тепла.

Перевагою паротурбінних установок (ПТУ) є низькі T_2 а недоліком відносно низькі T_1 . Перевагою газотурбінних установок (ГТУ) є високі T_1 , недоліком високі T_2 .

Найбільші ККД мають комбінації ПТУ та ГТУ під назвою парогазові установки (ПГУ).

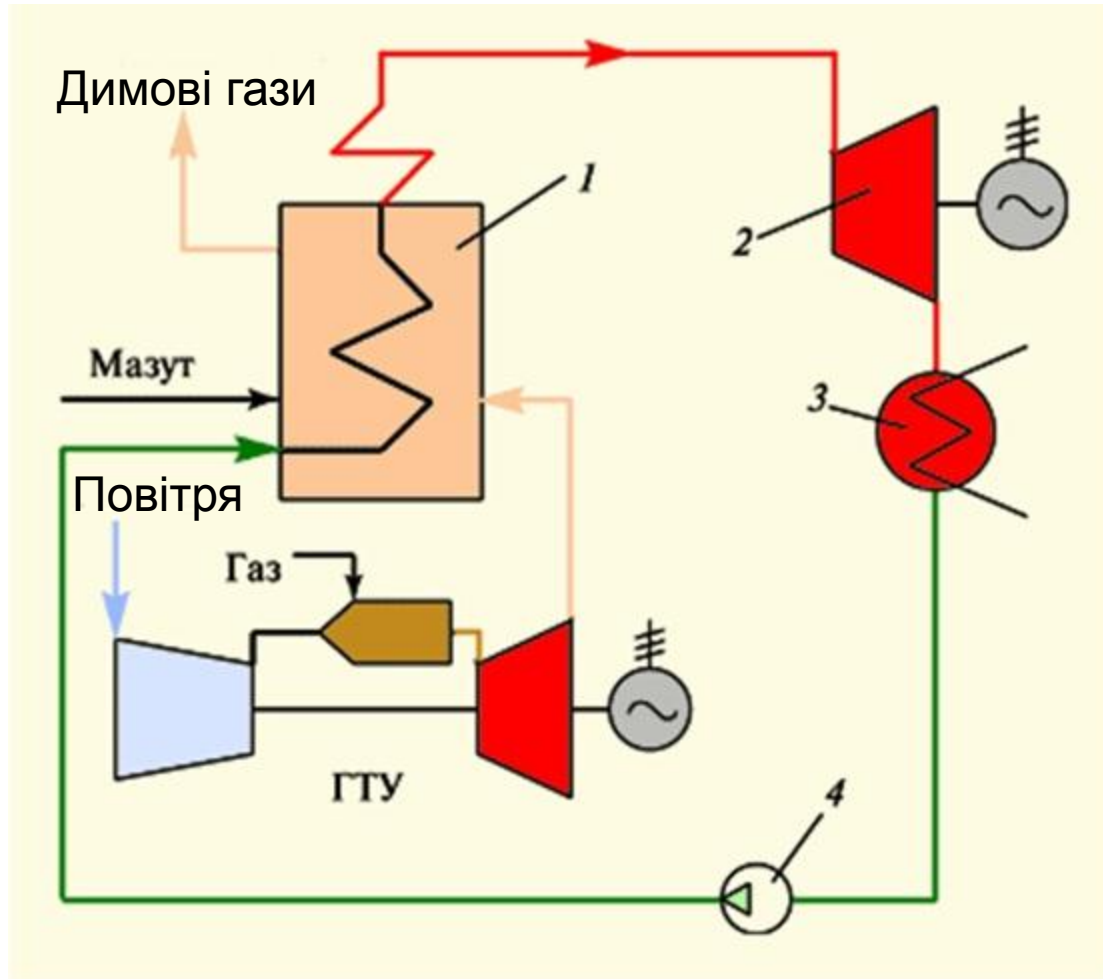


Рисунок 4 – Схема скидної ПГУ

Для роботи ПГУ потрібне газоподібне або рідке паливо, якого в Україні замало. Одним із суттєвих способів підвищення економічності ТЕС є підвищення параметрів паросилового циклу. В 1963 році був пущений енергоблок з харківською турбіною Р-100 на супернадкритичні параметри пари 29,4 МПа і 650 °С. Експлуатація блока була успішною, а його питома витрата умовного палива склала 315 г/кВт·год. Блок був дорожчий за звичайний, а відкриті поклади дешевого газу знизили гостроту проблеми підвищення ККД. Зараз модернізація енергоблоку Ладжинської ТЕС в напрямку використання пари супернадкритичних параметрів є доцільною.

При цьому паливоприготування, будівельну та електричну частини блоку, які не вичерпали свій ресурс, залишити як є, а замінити парогенератор та турбінну установку.

Першим етапом модернізації є проектування теплової схеми енергоблоку.



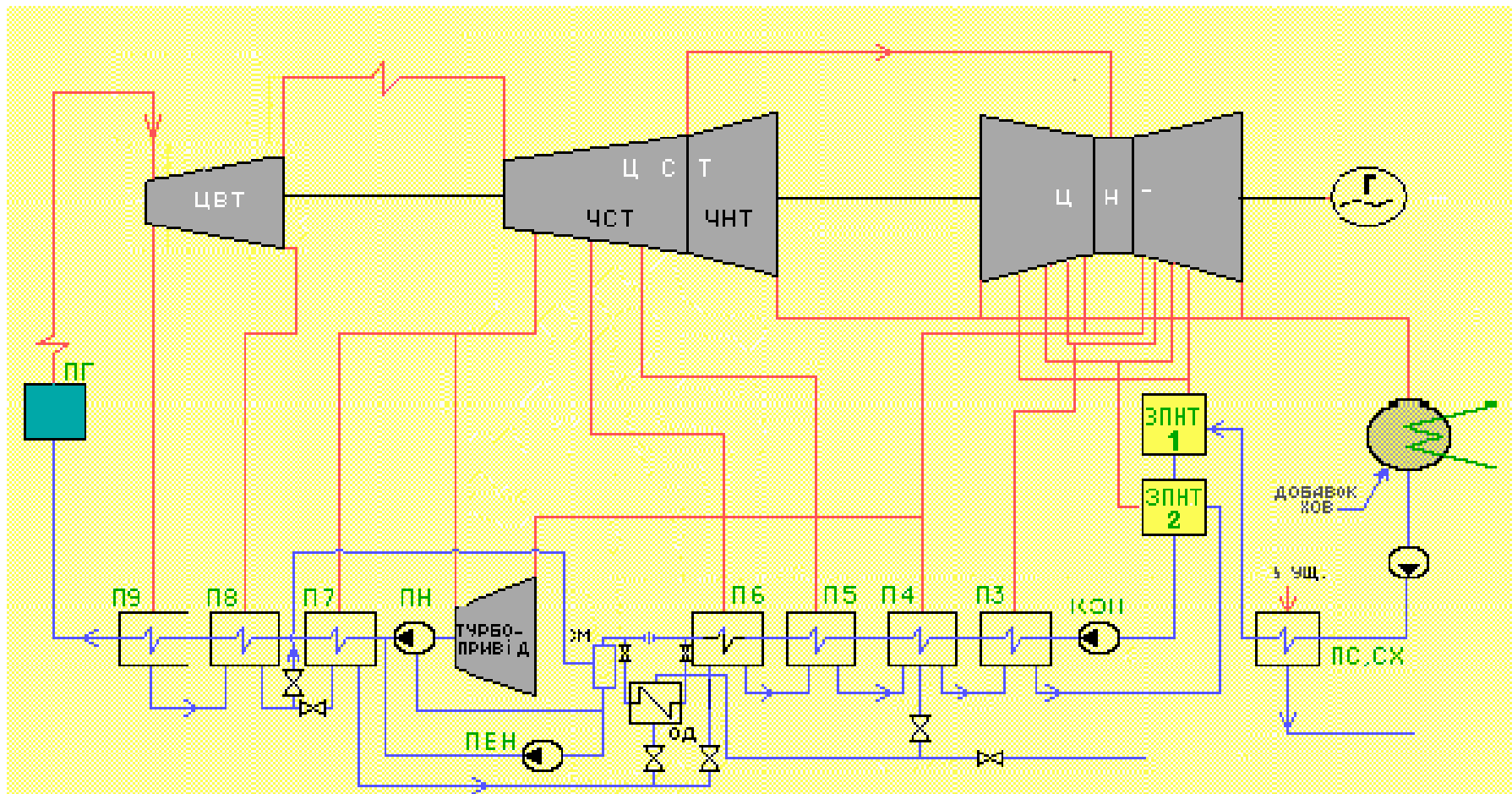


Рисунок 5 – Існуюча теплова схема енергоблока 300 МВт



Задачі дослідження :

1. Оптимізація теплової схеми енергоблока за допомогою програм термодинамічного та техніко-економічних розрахунків.
2. Тепловий, аеродинамічний та гідравлічний розрахунки парогенератора.

Результати розрахунку існуючої теплової схеми такі: потужність = 300 МВт, питома витрата умовного палива = 0,38 кг. у. п. / кВт·год. Теплова схема енергоблоку СНКП залишена існуючою. Розрахунками знаходимо таку витрату пари з парогенератора при якій потужність близька до 300 МВт. Ця витрата складає 850 т/год (236 кг/с). Результати розрахунку теплової схеми СНКП такі: потужність = 300,4 МВт, питома витрата умовного палива дорівнює 0,314 кг. у. п. / кВт·год. Зниження питомої витрати палива дозволить щорічно економити 128 700 тон вугілля.



Висновки до розділу:

1. Показано, що при роботі трьох блоків через їх зношеність ТЕС за рік переплачує за паливо 0,659 млрд грн. Обгунтована пропозиція модернізації енергоблока в напрямку підвищення параметрів паросилового циклу.

2. За результатами розрахунку теплової схеми СНКП підвищення початкових параметрів пари зменшує питому витрату умовного палива до 0,314 кг. у. п. / кВт·год. Зниження питомої витрати палива дозволить щорічно економити 128 700 тон вугілля.

3. Збільшення поверхонь нагріву конвективної частини первинного пароперегрівача, повітропідігрівача, проміжного пароперігрівника парогенератора СНКП в порівнянні з поверхнями нагріву існуючого парогенератора складає 2 676 м². Поверхня нагріву економайзера парогенератора СНКП менше поверхні нагріву економайзера існуючого парогенератора на 360 м². Аеродинамічним розрахунком парогенератора з підвищеними параметрами пари встановлена можливість використання існуючих вентиляторів повітряного та газового трактів парогенератора.

4. Для кожної зони підігрівників живильної води високого тиску визначені оптимальні значення поверхонь теплообміну, діаметрів труб, швидкостей води та числа ходів. Виконаний розрахунок на міцність підігрівника СНКП, що знаходиться під найбільшим тиском живильної води показав що його розрахункові товщини стінок елементів в більшості не перевищують товщини стінок елементів відповідного існуючого підігрівника.



Висновки

-----Проведено аналіз існуючих способів управління компенсувальними установками та в електричних мережах ПАТ «Маяк». Розглянуто поетапний розрахунок впровадження КУ в розподільні мережі заводу; розв'язана задача за економічною ефективністю з урахуванням впливу мереж енергопостачальної компанії та за відносними спадами напруг; також проведений розрахунок аналізу взаємного впливу реактивних навантажень фідерів 185 і 187 п/ст “Західна” при розрахунку компенсації реактивних навантажень в їх мережах.

Таким чином проведені дослідження в роботі дозволяють зробити наступні висновки:

- розрахунок впровадження КУ доцільно проводити поетапно, що дає можливість визначати максимальну ефективність цього впровадження на кожному з етапів.
- економічну ефективність впровадження КУ можна значно змінювати за рахунок зміни їх потужностей та місць установлення.
- величина потужності КУ, яку доцільно установити в мережах підприємства, визначається економічними можливостями підприємства в виробничій та комерційній діяльності.
- поетапний розрахунок впровадження КУ дає можливість враховувати їх дискретність, що підвищує точність розрахунків.
- обґрунтовано використання відносних втрат напруги як інтегрального показника, який дозволяє одночасно оцінювати втрати активної потужності під час передачі реактивної і втрати напруги.
- розроблено метод поетапного установлення КУ на основі відносних втрат напруги, який на відміну від відомих, дозволяє спростити процес оптимізації шляхом її лінеаризації.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

