

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

1

кваліфікаційна робота
за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр»

**«РОЗВИТОК КАЛИНІВСЬКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З
ДОСЛІДЖЕННЯМ ПРИСТРОЇВ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ
ПОТУЖНОСТІ»**

Виконав: ст.гр ЕСМ-18м Новіков Р.М.

Керівник: к.т.н., ст. викл.,каф. ЕСС Казьмірук О. І.

Мета і задачі дослідження. Метою магістерської роботи є розроблення оптимального варіанту схеми розвитку Калинівських електричних мереж з урахуванням компенсації реактивної потужності.

Відповідно до вказаної мети в роботі розв'язуються такі **основні задачі**:

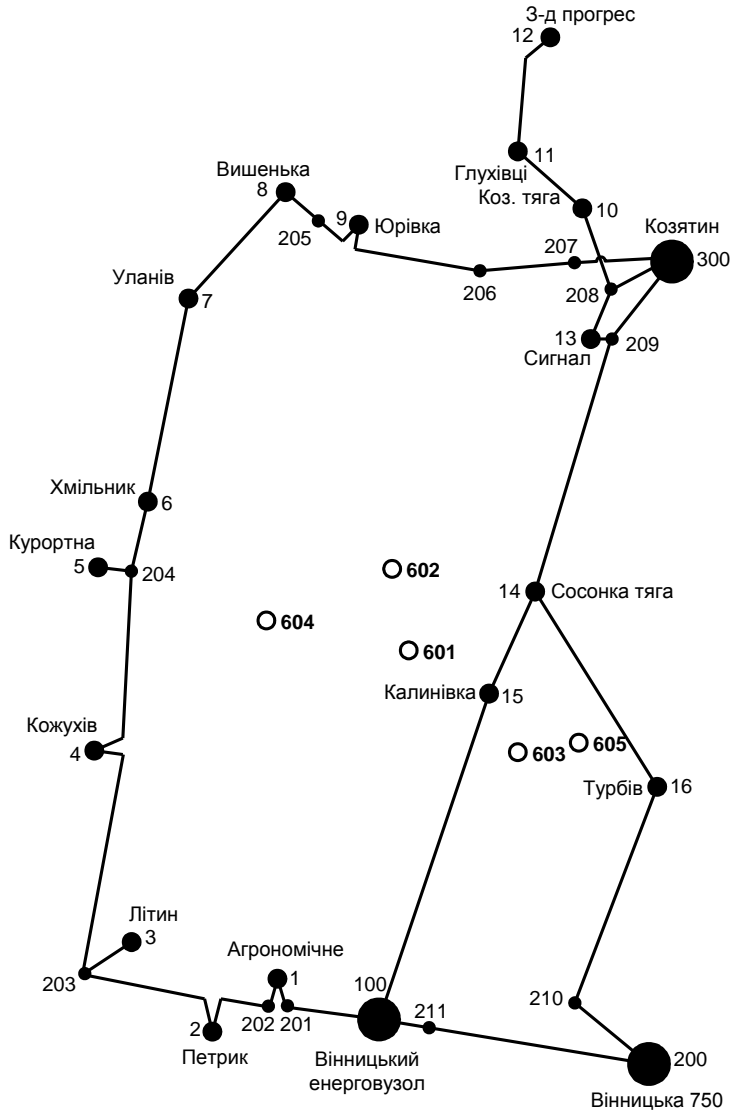
- аналіз різних варіантів приєднання споживачів до існуючої мережі;
- аналіз існуючих засобів компенсації реактивної потужності;
- дослідження можливості розвитку електричних мереж з урахуванням встановлення пристроїв компенсації реактивної потужності.

Об'єктом дослідження магістерської роботи є нормальні режими розподільних електричних мереж з джерелами компенсації реактивної потужності.

Предмет дослідження – методи і засоби проектування електричних мереж аналізу та оптимізації перетікань реактивної потужності в розподільних електричних мережах з джерелами КРП.

Методи досліджень. Для аналізу та розв'язання поставлених задач використано методи математичного моделювання. Усталені режими ЕМ моделюються і аналізуються на базі методу середніх навантажень. Для розроблення алгоритмів аналізу перетікань реактивної потужності в розподільних електромережах використовувались матрична алгебра, теорія графів та декомпозиція.

Вихідні дані для розрахунку: схема та параметри мереж



Таблиця 3 – Дані про лінії існуючої електричної мережі

№ номер початку	№ номер кінця	Назва лінії	Довжина	Марка
100	201	Вінницький енерговузол – 201	12,7	АС-95
201	1	201 – Агрономічне	2,8	АС-120
1	202	Агрономічне – 202	2,8	АС-120
202	2	202 – Петрик	16,3	АС-95
2	203	Петрик – 203	14,8	АС-95
203	3	203 – Літин	0,43	АС-95
203	4	203 – Кожухів	17,7	АС-95
4	204	Кожухів – 204	5,97	АС-95
204	5	204 – Курортна	1,8	АС-95
204	6	204 – Хмільник	10,4	АС-95
7	6	Уланів – Хмільник	22,5	АС-95
8	7	Вишенька – Уланів	22,4	АС-120
205	8	205 – Вишенька	10,3	АС-120
9	205	Юривка – 205	6,6	АС-150
206	9	206 – Юривка	20,8	АС-120
207	206	207 – 206	17,5	АС-150
300	207	Козятин – 207	3,1	АС-185
300	208	Козятин – 208	7,39	АС-185
208	10	208 – Козятинська тяга	12,56	АС-185
10	11	Козятинська тяга – Глухівці	8,3	АС-185
11	12	Глухівці – Завод Прогрес	18,5	АС-185
208	13	208 – Сигнал	0,06	АС-185
209	13	209 – Сигнал	0,01	АС-185
300	209	Козятин – 209	7,45	АС-185
209	14	209 – Сосонка тяга	45,18	АС-185
14	15	Сосонка тяга – Калинівка	5,22	АС-185
100	15	Вінницький енерговузол –	53,1	АС-185
100	211	Вінницький енерговузол – 211	1,35	АС-150
211	200	211 – Вінницька 750	15,75	АС-150
200	210	Вінницька 750 – 210	5,2	АС-120
210	16	210 – Турбів	19,0	АС-120
16	14	Турбів – Сосонка тяга	14,93	АС-120

Варіанти розвитку електричної мережі

Варіанти розвитку електричної мережі по роках

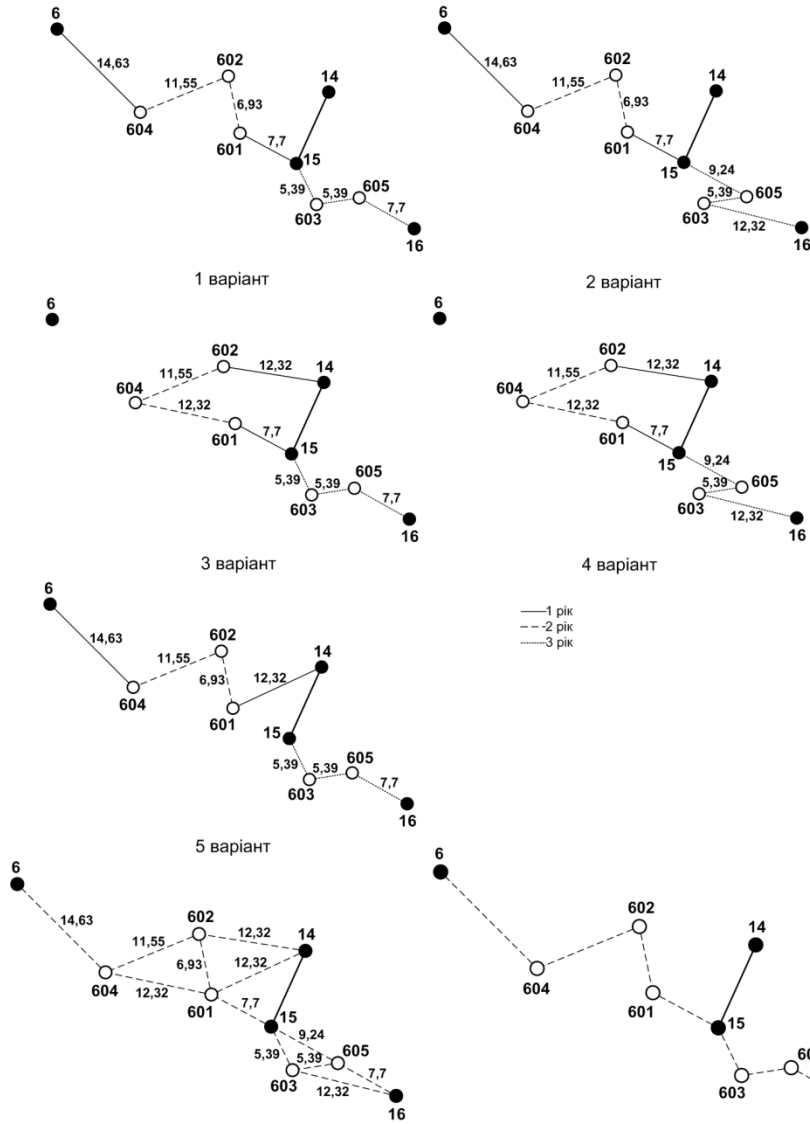
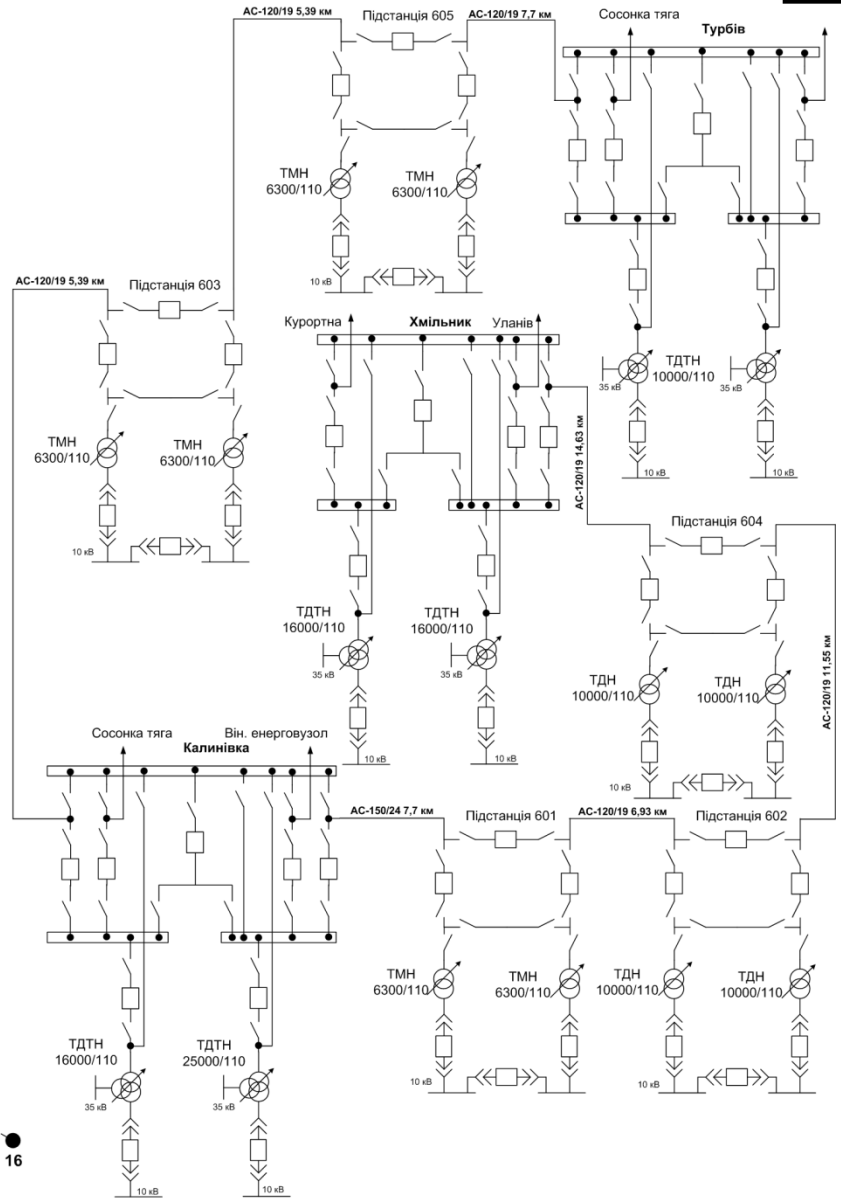


Схема максимального графа електричної мережі

Оптимальна схема електричної мережі



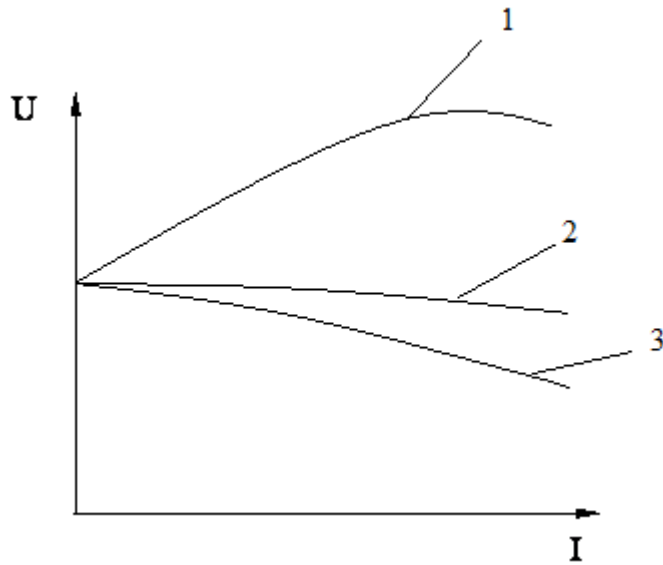


Рисунок 5.1 – Зовнішні характеристики: 1 – $\cos\varphi=0.8(\varphi<0)$; 2 – $\cos\varphi=1(\varphi=0)$; 3 – $\cos\varphi=0.8(\varphi>0)$

Основними джерелами реактивної потужності в системі є синхронні генератори (СГ) електростанцій. У номінальному режимі генератор, працюючи з номінальним коефіцієнтом потужності $\cos\varphi_{ном}$, виробляє номінальну активну та реактивну потужності.

Регулювання реактивної потужності СГ здійснюють шляхом зміни струму збудження. Зменшуючи струм збудження, можна зменшити реактивну потужність генератора і, навпаки, - при збільшенні струму збудження потужність СГ збільшується. Для того, щоб збільшити реактивну потужність, яку виробляє генератор, потрібно зменшити активну потужність навантаження. Таке збільшення реактивної потужності обмежується номінальними значеннями струмів статора і ротора СГ.

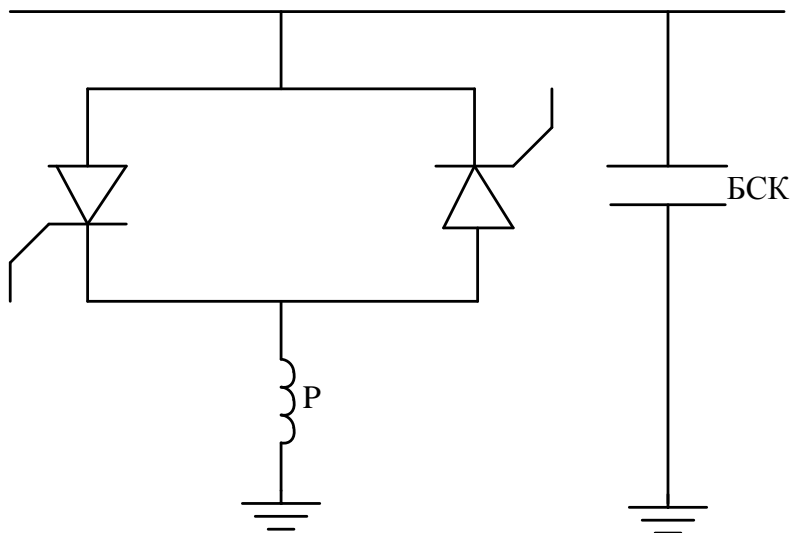


Рисунок 6.1 – Принципова схема СТК

Перспективними є статичні джерела з плавним регулюванням реактивної потужності – статичні тиристорні компенсатори (СТК). Однією з можливих принципівих схем СТК є схема, в якій паралельно з нерегульованою БСК увімкнений керований реактор (рис. 6.1). Струм у колі реактора регулюється за допомогою зустрічно-паралельно сполучених тиристорів, при цьому змінюється сумарна реактивна потужність СТК. Тому СТК може генерувати або споживати реактивну потужність, оскільки = а – кут регулювання вентилів. При цьому регулювання потужності СТК здійснюється з високою швидкістю. Недоліком СТК є генерація ним вищих гармонік у мережу. СТК є джерелами реактивної потужності, побудованими на принципі непрямого регулювання конденсаторних батарей без можливості форсування. Плавність та швидкодійність регулювання в них досягається шляхом тиристорного регулювання шунтових реакторів в складі СТК.

Конденсаторні батареї

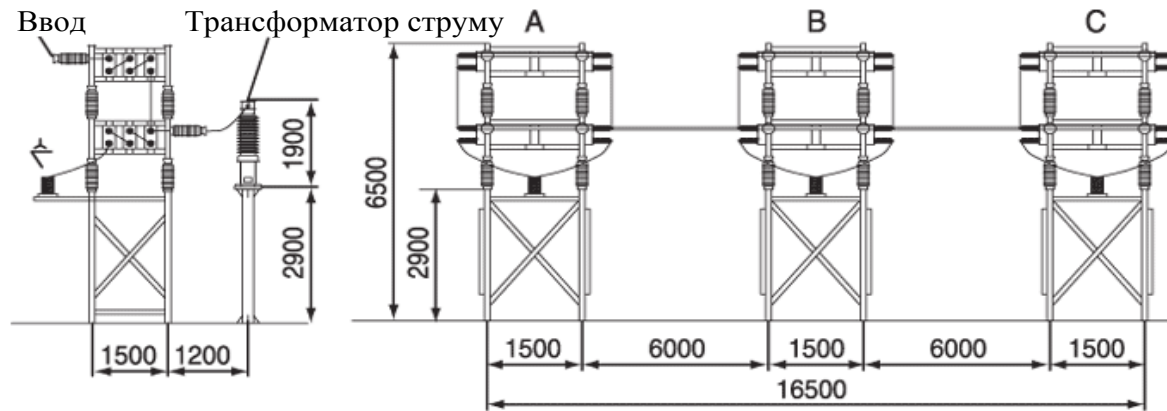


Рисунок 7.1 – Батарея статичних конденсаторів МВАр 35 кВ

Батареї статичних конденсаторів (БСК) використовуються для наступних цілей: компенсація реактивної потужності в мережі, регулювання рівня напруги на шинах, вирівнювання форми кривої напруги в схемах управління з тиристорним регулюванням. Передача реактивної потужності по лінії електропередачі призводить до зниження напруги, особливо помітного на повітряних лініях електропередачі, що мають великий реактивний опір. Крім того, додатковий струм, що протікає по лінії, призводить до зростання втрат електроенергії. Якщо активну потужність потрібно передавати саме такої величини, яка потрібна споживачеві, то реактивну можна згенерувати на місці споживання. Для цього і служать конденсаторні батареї. Найбільше споживання реактивної потужності мають асинхронні двигуни. Тому при видачі технічних умов споживачеві, що має в складі навантаження значну частку асинхронних двигунів, зазвичай пропонується звести $\cos\phi$ до величини 0.95. При цьому знижуються втрати активної потужності в мережі і падіння напруги на лінії електропередачі. У ряді випадків питання можна вирішити застосуванням синхронних двигунів.

Однак більш простим і дешевим способом отримання такого результату є застосування БСК. Впровадження батарей статичних конденсаторів дозволяє збільшити напругу на шинах підстанцій на 3-4% , знизити втрати в мережах 6-110 кВ, скорегувати перетоки енергії і врегулювати напругу в енергосистемі. Крім того, при перевазі тягового навантаження, внаслідок його нерівномірності і обумовленою тим самим нерівномірного завантаження ліній, виникає необхідність регулювати показники якості переданої електроенергії застосуванням компенсуючих пристроїв (БСК або реакторів , залежно від режиму).

Дослідження засобів компенсації реактивної потужності. Статичні вентильні джерела реактивної потужності

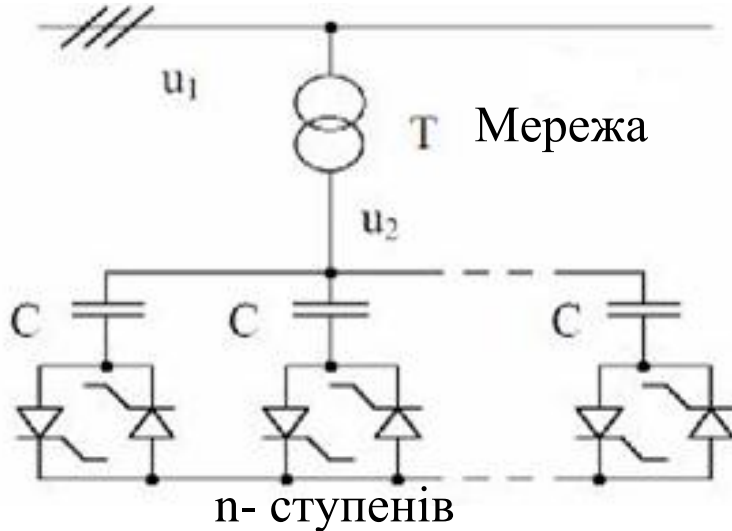


Рисунок 8.1 – Конденсатори, що комутуються тиристорами (ККТ)

Найбільш простими пристроями для компенсації реактивної потужності є конденсатори, що комутуються тиристорами (ККТ), і реактори, керовані тиристорами (РКТ). У тому випадку, коли компенсатор повинен додати в живильну мережу тільки ємнісний реактивний струм, використовують комутацію груп конденсаторів за допомогою паралельно з'єднаних тиристорів, як це показано на рис. 8.1. Переваги такого компенсатора — простота, недоліки — дискретність регулювання величини реактивної потужності, що видається в живильну мережу, і певна затримка підключення чергових ступенів, що можливо не раніше найближчого максимуму напруги мережі.

Для виключення гармонік у струмі, кратних трьом у трифазних мережах, зазначені компенсатори з'єднують у зірку без нульового проводу. Тоді форма струму компенсатора стає в кожній на півхвилі двоїмпульсною. При цьому зникає можливість роздільного регулювання реактивних потужностей за кожною фазою живильної мережі, тобто компенсатор втрачає здатність компенсувати реактивні потужності несиметрії у кожній фазі (по перших гармоніках).

Компенсатори типу ККТ компенсують відстаючий реактивний струм мережі, а типу РКТ — випереджаючий реактивний струм мережі. При необхідності компенсації кожного із цих струмів в одному пристрої застосовують конденсаторно-реакторні компенсатори (КРК). При цьому регулювання величини й виду вхідної реактивної потужності можна забезпечувати за рахунок виконання регульованих (конденсаторної або реакторної) частин компенсатора.

Дослідження засобів компенсації реактивної потужності.

Реактори

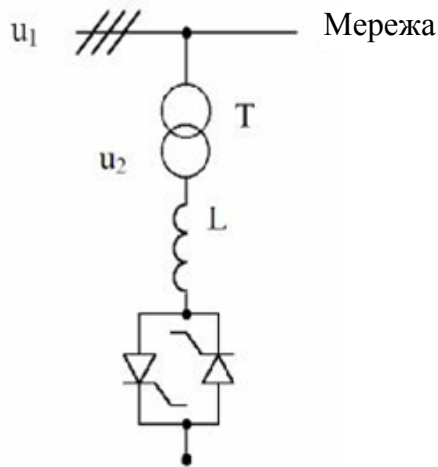


Рисунок 9.1 – Шунтуючий реактор

Шунтуючі реактори використовуються для компенсації ємнісної реактивної потужності, що генерується протяжними слабонагруженими лініями передач. Увімкнення та вимкнення шунтуючих реакторів виконується вимикачами, а підключення зазвичай виконується до третинної обмотки трансформатора.

Керовані шунтуючі реактори відносяться до класу пристроїв, зміна індуктивності в яких здійснюється насиченням магнітного ланцюга потоками підмагнічування[5,6].

Реактори призначені для автоматичної стабілізації напруги у вузлах навантаження, компенсації надлишкової зарядної потужності і зниження втрат електроенергії в електричній мережі, що дозволяє: нормалізувати рівні напруг до 1-2%, обмежити коливання напруги в електричній мережі; на 15-20% знизити втрати при транспортуванні і розподілі електроенергії споживачам; в десятки разів зменшити інтенсивність експлуатації комутаційного обладнання. В основі їх створення покладені дві оригінальні ідеї: збудження і управління потоками підмагнічування шляхом послідовного, періодично повторюваного замикання частини витків обмоток реактора напівпровідниковими ключами; сильне насичення магнітного ланцюга реактора в номінальному режимі, коли робоча точка магнітного потоку не менше половини періоду частоти мережі, знаходиться в області технічного насичення кривої намагнічування.

ВИСНОВКИ

- В магістерській роботі було спроектовано розвиток електричної мережі 110/10 кВ Калинівських електричних мереж ПАТ “Вінницяобленерго” з можливістю встановлення пристроїв КРП.
- Для спроектованої мережі було проведено розрахунки по визначенню прогнозу навантаження існуючих споживачів на наступний період (5 років) та перевірено необхідність заміни обладнання (трансформаторів на більш потужні) та перерізів проводів. Після обрахунку усталеного режиму існуючої електричної мережі з врахуванням прогнозу виявилось, що необхідно збільшити переріз проводів на лініях 110 кВ: 100-201 (з 95 до 150) та 202-2 (з 95 до 120).
- До існуючої схеми потрібно було підключити 5 додаткових навантаження (№601, 602, 603, 604 та 605). Було прийнято, що до даних пунктів під’єднані споживачі 1 категорії надійності електропостачання, тому електропостачання зазначених пунктів виконується по одноланцюговим лініям від двох джерел, також на споживаючих підстанціях передбачене встановлення двох трансформаторів марки ТМН-6300/110 (вузли 601, 603, 605) та ТДН-10000/110 (вузли 602, 604).
- Оптимальна схема, отримана за методом динамічного програмування, виявилася ідентичною зі доопрацьованою схемою, що була отримана за методом поконтурної оптимізації.
- Існуючі схеми підстанцій Хмільник (вузол 6), Калинівка (вузол 15) та Турбіва (вузол 16) були повністю реконструйовані. Для них було обрано новий варіант схем – одна секціонована система шин з обхідною з суміщеними секціонованим і обхідним вимикачами. При цьому, до існуючої схеми в загальному було приєднано 16 нових вимикача.
- Враховуючи результати попередніх розрахунків, схему електричних з’єднань спроектованої мережі, а також можливості її подальшого розвитку, для підстанцій вузлів 601, 602, 603, 604 та 605 було вибрано прохідну схему РП типу «місток з вимикачами в колах трансформаторів і ремонтною перемичкою зі сторони трансформаторів».
- Спроектована мережа характеризується достатніми втратами активної потужності – 4.09 МВт (3.1 %) при сумарній активній потужності генерації 144.2 МВт.