

ДОДАТОК Б

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Доповідь

до захисту магістерської кваліфікаційної роботи на тему:
Обмеження потужності групи несиметричних електроприймачів
під'єднаних до одного вузла електромережі

Доповідач: ст. гр. ЕСЕ-16м
Станіславов В.П
Науковий керівник: к.т.н професор
Терешкевич Л.Б

Вінниця 2018

Актуальність теми. В будь-якій електроенергетичній системі має місце виробнича задача забезпечення балансу потужності генерації та споживання електроенергії. Особливо важливою стає така задача в енергосистемах, яка має дефіцит потужності генерації. Такий дефіцит може скластися в наслідок недостатку генерованої потужності, або недостатку енергоносіїв в мережі, або як результат першого та другого одночасно.

Враховуючи високі ціни на енергоносії та тенденції до їх постійного зростання, можна стверджувати, що задача забезпечення балансу потужностей в електричних мережах виникає як в економічно розвинутих країн, так і в системах, в яких економіка недостатньо розвинута.

Один із шляхів вирішення даної проблеми це зменшення максимуму споживання потужності в енергосистемі шляхом зменшення потужності споживачів електроенергії в наслідок відключиння менш важливих споживачів.

Така задача вирішується в два етапа. На першому етапі приймається рішення на рівні енергосистеми, в результаті чого визначається, які саме споживачі будуть відімкнені та на яке значення потужності обмежується дана мережа. На другому етапі приймаються рішення на рівні споживача, які реалізуються шляхом вимикання технологічного обладнання або зміною робочого процесу в результаті переходу на інші технологічні режими, що сприяє зменшенню споживання електроенергії.

Від прийнятого рішення як на першому, так і на другому етапах залежать збитки, пов'язані із обмеженням потужності та із порушенням стандартного робочого процесу, їх величина визначається досконалістю математичних методів і методик по яким проводяться відповідні розрахунки.

В зв'язку з цим наукові роботи, спрямовані на розробку нових та удосконалення відомих методів прийняття рішень з обмеження потужності електроспоживачів однієї системи (в тому числі, що приймаються споживачем) є актуальними.

Мета. Метою магістерської роботи є зниження збитків, пов'язаних з обмеженням потужності групи однофазних електроприймачів шляхом впровадження моделей та методів, які дозволяють розрахувати оптимальний варіант реалізації вимкнень енергопостачальної організації, щодо зменшення потужності електроспоживання.

Задача дослідження.

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

- аналіз впливу однофазних навантажень на живильну мережу;
- дослідження існуючих методів симетрування, навантажень;
- математична постановка і розробка алгоритму розв'язку задачі обмеження потужності однофазних навантажень;
- розрахунок розробленим методом числової задачі
-
- **Об'єктом дослідження** магістерської роботи є електричні мережі та однофазні електроприймачі, що під'єднані до неї.
-
- **Предметом дослідження** є методи і засоби симетрування несиметричних навантажень.

В даній роботі було проведено аналіз наукових наробок з проблеми несиметрії та проведено дослідження впливу несиметричного режиму на роботу електрообладнання. В наукових роботах, де досліджується вплив несиметричних режимів на роботу електрообладнання, реалізовано диференційний підхід до вивчення даного явища. З огляду на переглянуті наукові роботи можна перелічити багато негативних факторів спричинених несиметрією, такі як нагрівання обладнання, старіння ізоляції, скорочення терміну служби обладнання і т.д. Лише через скорочення терміну служби АД, які обумовлені несиметрією режиму, збитки в США сягають 1,5 млрд. доларів за рік.

Всі можливі збитки від несиметрії режиму поділяють на електромагнітні та технологічні. Електромагнітна складова сумарних збитків – це збитки, зумовлені додатковими втратами активної потужності та енергії, недовиробництвом реактивної потужності конденсаторними установками та синхронними двигунами, прискоренням процесів старіння ізоляції, зниженням освітленості робочих місць та скороченням терміну роботи джерел світла. Технологічна складова з'являється внаслідок зниження обертового моменту асинхронних двигунів і як наслідок продуктивності механізмів, зниження якості продукції або появи браку.

Несиметричні режими виникають в мережах енергопостачальних організацій, системах електропостачання промислових підприємств, аграрних господарств, в мережах, що живлять комунально-побутові навантаження. Створюються такі режими електроприймачами несиметричного виконання (однофазними навантаженнями). Потужності таких електроприймачів можуть сягати десятки МВт. Прикладом можуть бути режими в мережах заводів електродної промисловості, до яких під'єднані потужні однофазні електроприймачі – електропічні установки, рис. 1.

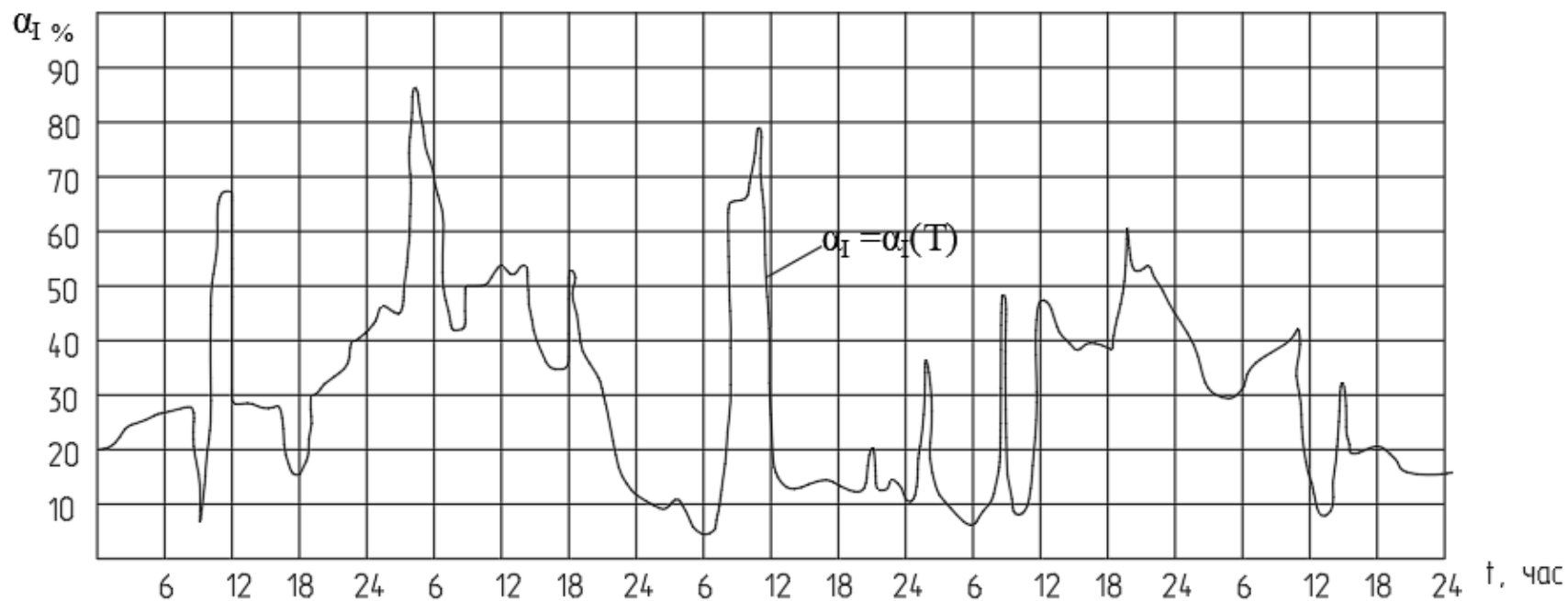


Рисунок 1. Траєкторія коефіцієнта несиметрії струмів одного з введів 35 кВ

Симетрування навантаження в мережах може бути забезпечено раціональним розподіленням навантаження на фазах. Вектор струму зворотної послідовності в лінії, що живлять групу однофазних навантажень, складається з суми векторів струмів зворотної послідовності, що утворюються кожним навантаженням.

Вектор струму зворотної послідовності, що утворюється однофазним навантаженням при вмиканні на лінійне навантаження U_{AB} , знайдемо на основі векторної діаграми, рисунок 2

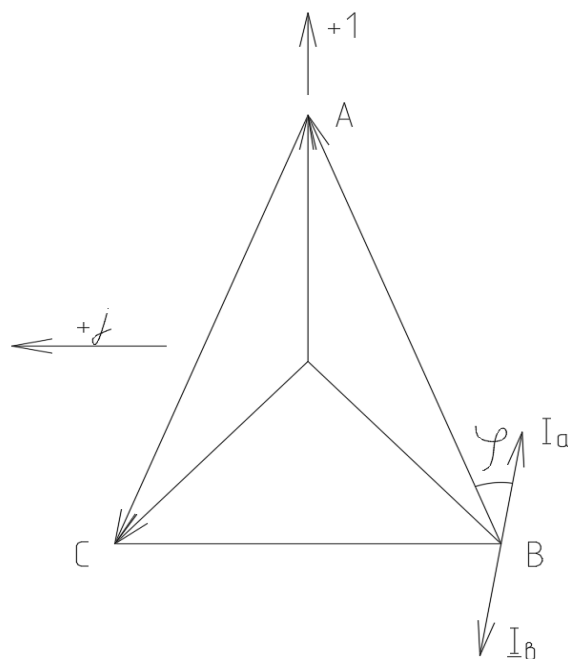


Рисунок 2 – Векторна діаграма

Задача обмеження потужності промислового підприємства є характерною як для підприємств-регуляторів, так і для інших споживачів. Полягає вона в тому, що відповідно до вимоги диспетчера енергопостачальної компанії необхідно зменшити потужність підприємства на величину ΔP . Варіантів її виконання безліч і реалізація кожного з них має певні наслідки для виробництва, які можна оцінювати за такими показниками:

- технологічні збитки (погіршення якості продукції, брак);
- недовідпуск продукції за обсягом;
- недовідпуск продукції за її видами (коли випускається продукція різної номенклатури).

До згаданих показників можна додати ще і показники, пов'язані із змінами параметрів режиму електричної мережі, адже будь-яке вимикання електроприймачів або зміна технології виробництва позначається на втратах електроенергії, показниках її якості, надійності електромережі і т. д. Зазначені показники можуть мати як позитивний, так і негативний характер зміни. Природньо, що приймаючи рішення про зменшення потужності підприємства, треба брати до уваги і ті зміни електричного режиму, які будуть наслідками їх реалізації.

Тому задача обмеження потужності підприємства є складною багатокритеріальною задачею.

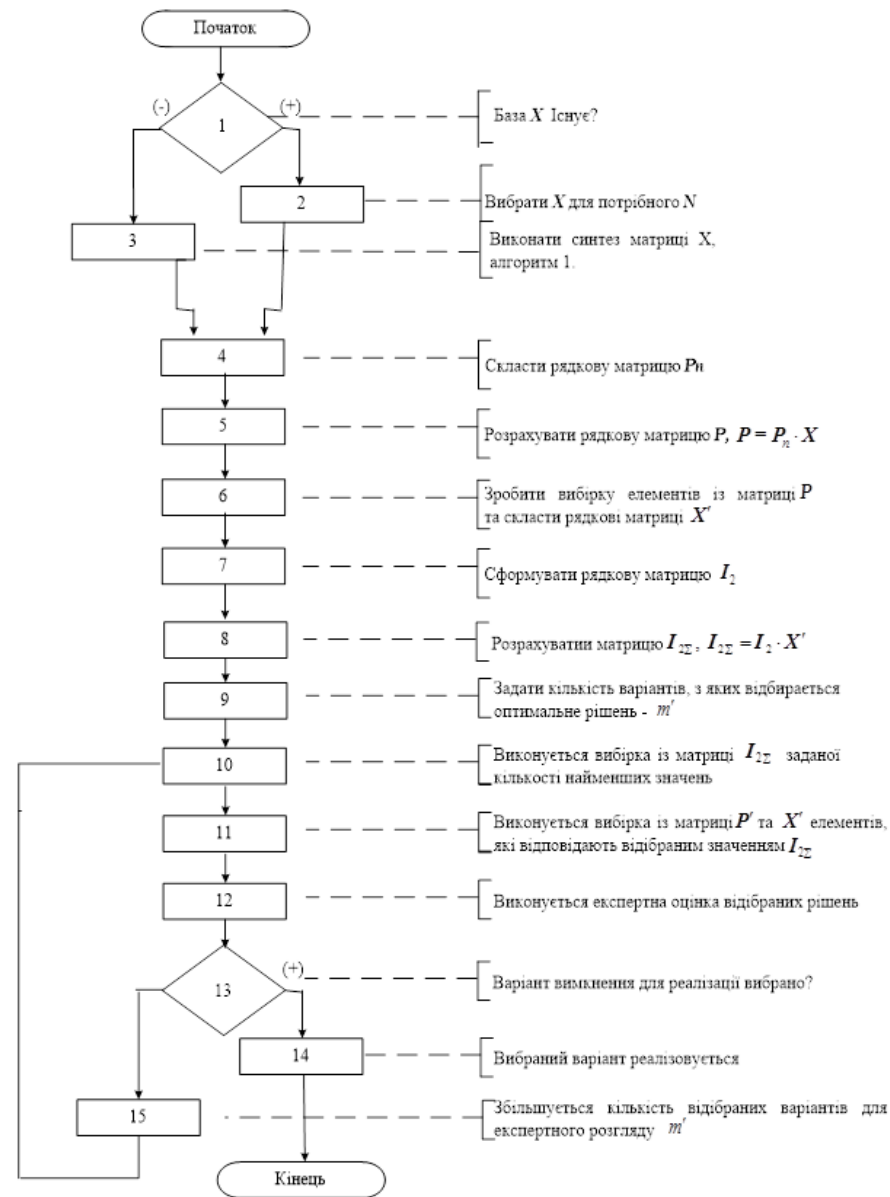
В цілому, математична модель обмеження потужності групи несиметричних електроприймачів має вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \left| \sum_{n=1}^m a_n x_n + j \sum_{n=1}^m b_n x_n \right| \rightarrow \min \\ \sum_{n=1}^m P_n x_n \leq \sum_{n=1}^m P_n - \Delta P \\ \sum_{n=1}^m P_n x_n \geq \sum_{n=1}^m P_n - \Delta P - 2P_n \max \\ x_n + \bar{x}_n = 1, n = 1, 2, \dots, m \\ x_n; \bar{x}_n \in \{1, 0\}. \end{array} \right.$$

Математична модель (3.8) потребує забезпечення мінімуму струму зворотної послідовності в вузлі навантаження за умови зменшення потужності у вузлі навантаження несиметричних електропримачів і відноситься до класу не скалярних. Для її аналізу слід скористатись одним із алгоритмів не скалярної оптимізації.

Практичне значення математична модель (3.8) має в комплексі моделей для інших рівнів прийняття керуючого рішення.

Математична модель (3.8) дозволяє визначити найкраще рішення, у разі, коли необхідно обмежити потужність групи несиметричних електроприймачів.



Модель розрахунку оптимального відключення однофазних електроприймчів

Розрахунок методом обмеження потужності однофазних навантажень на прикладі

До вузла навантаження трипровідної мережі під'єднано п'ять однофазних електроприймачів, що мають параметри та реалізоване фазування як показано в таблиці.

Загальна потужність споживання складає 90 кВт. Енергопостачальною компанією встановлено вимогу зменшити потужність споживання 60 кВт.

Електроприймач	Потужність кВт	Cosφ	Фазування
1	10	0,8	U_{AB}
2	10	0,8	U_{BC}
3	10	0,8	U_{CA}
4	30	0,9	U_{AB}
5	30	0,9	U_{BC}

Матриця всіх можливих варіантів вимикань для п'яти електроприймачів

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix}
 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1
 \end{pmatrix}$$

Крок 1. Синтез рядкової матриці потужностей струмоприймачів.

$$P_n = (10 \ 30 \ 40 \ 40 \ 40)$$

Крок 2. Розрахунок рядкової матриці потужностей по кожному варіанту вимикання.

$$P = (90 \ 80 \ 80 \ 80 \ 60 \ 60 \ 70 \ 70 \ 50 \ 30 \ 50 \ 50 \ 70 \ 50 \ 50 \ 60 \ 40 \ 20 \ 20 \ 40 \ 20 \ 40 \ 40 \ 40 \ 30 \ 10 \ 10 \ 10 \ 30)$$

Крок 3. Вибірка варіантів, які задовольняють умову та синтез матриці

$$x' = \begin{matrix} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 & 17 & 18 & 19 & 20 & 21 & 22 & 23 & 24 & 25 & 26 & 27 & 28 & 29 \\ & & & & & & & 60 & 60 & & & 50 & 30 & 50 & 50 & & 50 & 50 & 60 & 40 & 20 & 20 & 40 & 20 & 40 & 40 & 40 & 30 & 10 & 10 & 30 \end{matrix}$$

Крок 4. Вибираємо варіанти вимикань, що забезпечують допустиме значення потужності.

$$x' = (60 \ 60 \ 50 \ 30 \ 50 \ 50 \ 50 \ 50 \ 60 \ 40 \ 20 \ 20 \ 40 \ 20 \ 40 \ 40 \ 40 \ 30 \ 10 \ 10 \ 30)$$

Крок 5. Розрахунок матриці

$$\begin{aligned}
 \mathbf{I}_2 &= (0,663 + j0,283 \quad -0,577 + j0,433 \quad -0,0863 - j0,716 \quad 1,592 + j1,08 \quad -1,732 + j0,838) \times \\
 &\times (120 \ 120 \ 120 \ 120 \ 90 \ 80 \ 80 \ 110 \ 90 \ 110 \ 110 \ 90 \ 80 \ 70 \ 80 \ 70 \ 80) = \\
 &= (-3,24 - j2,63 \quad -1,73 + j0,84 \quad -1,59 + j1,08 \quad -3,41 + j1,2 \quad -2,66 + j2,2 \quad -1,65 + j1,55 \quad 0,00 + j0,00 \\
 &\quad -2,26 + j0,8 \quad -1,16 + j0,41 \quad -3,9 + j2,35 \quad -2,4 + j0,56 \quad -1,02 + j0,65 \quad -3,32 + j1,92 \quad -1,07 + j1,12 \\
 &\quad 0,09 + j0,72 \quad -0,66 - j0,28 \quad -0,58 + j0,43 \quad -2,17 + j1,51 \quad -0,93 + j1,36 \quad -1,73 + j0,84)
 \end{aligned}$$

Крок 6. Вибір конкуруючих варіантів для експертного відбору варіанту для реалізації

№	Модуль струму в лінії живлення I_2	Сумарна потужність по лінії живлення	Значення обмеження потужності по вузлу навантаження	Вектор вимикань
1	$0,00 + j0,00$	50	50	№10
2	$0,09 + j0,72$	20	20	№19
3	$-0,58 + j0,43$	20	20	№22
...				

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі розв'язана актуальна наукова задача оптимізації розподільної мережі за додатковими втратами електроенергії, шляхом впровадження моделей та методів, які дозволяють розрахувати оптимальний варіант реалізації вимкнень енергопостачальної. Основні теоретичні та експериментальні дослідження, які виконані в магістерській роботі, можуть бути узагальнені такими висновками:

1) Проведений аналіз технічної літератури свідчить, що можна суттєво поліпшити стан електричної мережі шляхом впровадження методу, який дозволить розрахувати оптимальний варіант реалізації вимкнень енергопостачальної. Задачею визначення оптимального варіанту вимкнень раніше не займалися та розрахунків не проводилося, тому загальний підхід до вирішення всього комплексу такої задачі для складної електричної мережі залишився не розробленим, а також не розглядалися окремі випадки, наприклад коли частина однофазних навантажень під'єднується до фазних, а частина до лінійних напруг.

2) Можливим підходом до розробки даного методу є підхід, що базується на вирішенні послідовності під задач складання логічного алгоритму, який показує всі можливі варіанти відключення та пропонує оптимальне рішення.

3) Розроблена математична модель, що дозволяють найкращим чином відключити частину однофазних електроприймачів, які підключені до трифазної мережі на різні фази з різними струмами зворотної послідовності.

4) Отримані розв'язки необхідно проаналізувати на практиці і це можна виконати за розробленим алгоритмом.

Розроблено алгоритм розрахунку оптимального рішення, який оснований на суцільному переборі всіх можливих варіантів.

Апробація роботи. Основні положення роботи та її результати доповідались і обговорювались на XLV науково-технічній конференції факультету електроенергетики та електромеханіки.

Публікації. Отримані результати опубліковані в збірнику праць XLV науково-технічній конференції факультету електроенергетики та електромеханіки.

Структура та обсяг роботи. Робота складається з вступу, шести розділів, списку літератури з 33 найменувань. Основний зміст викладено на 92 сторінках друкованого тексту, містить 7 рисунків, 12 таблиць. Загальний обсяг роботи 92 сторінок.