

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА ТЕ13

## Дослідження трифазних електричних кіл з несиметричним навантаженням

### 13.1. Мета роботи

Встановлення взаємозв'язків між струмами та напругами в трифазних електричних колах при несиметричних навантаженнях. Ознайомлення із методами вимірювання параметрів трифазної несиметричної системи і побудова векторних діаграм.

### 13.2. Основні теоретичні положення

Забезпечити симетричне навантаження в реальних системах неможливо. Несиметрія схеми може бути внаслідок наступних причин:

- неоднакові опори фаз;
- коротке замикання фаз;
- обрив фази.

При несиметричному навантаженні сила струму в нульовому проводі не дорівнює нулю, тому він обов'язково має бути. У разі відсутності нульового проводу або його обриву, при нерівномірному навантаженні виникає різка зміна напруги. Так, якщо у фазі А навантаження немає, а у фазах В і С навантаження однакові, то при відсутності нульового проводу навантаження у фазах В і С будуть ввімкнені послідовно на лінійну напругу, яка рівномірно розподілиться між ними (у разі однакових навантажень). Отже, опори навантажень у фазах В і С будуть під напругою, яка дорівнює половині лінійної напруги, тобто:

$$U_B = U_C = U_{л} / 2 = U_{\phi} \sqrt{3} / 2 = 0,86U_{\phi}.$$

Нейтральна точка зміститься так, що напруга фази А дорівнюватиме  $1,5U_{\phi}$ .

З цього можна зробити висновок, що від'єднання нульового проводу за нерівномірного навантаження недопустиме. Тому нульовий провід виконують завжди „глухим”, тобто в ньому не встановлюють запобіжників, вимикачів тощо.

### 13.3. Використання віртуальної лабораторії EWB для виконання роботи

Програма EWB дає змогу об'єднувати елементи електричного кола в субблоки. Наприклад, схему з'єднання трифазного джерела енергії (Рис.13.1а) замінимо субблоком. Для цього треба виділити ділянку кола з ним (залишаючи поза виділення виводи схеми: А, В, С, О) і вибрати пункт *Subcircuit* меню **Circuit**, або натиснути мишкою на піктограмі *Create Subcircuit*. З'явиться вікно *Subcircuit*. У рядку *Name* треба ввести ім'я субблоку, наприклад STAR, а потім натиснути одну з трьох кнопок: *Move from Circuit* (вилучити із схеми), *Replace in Circuit* (замінити в схемі), *Copy*

from Circuit (скопійовати із схеми). Якщо натиснути на кнопку *Move from Circuit*, виділена ділянка кола відокремиться від схеми і розміститься у вікні з

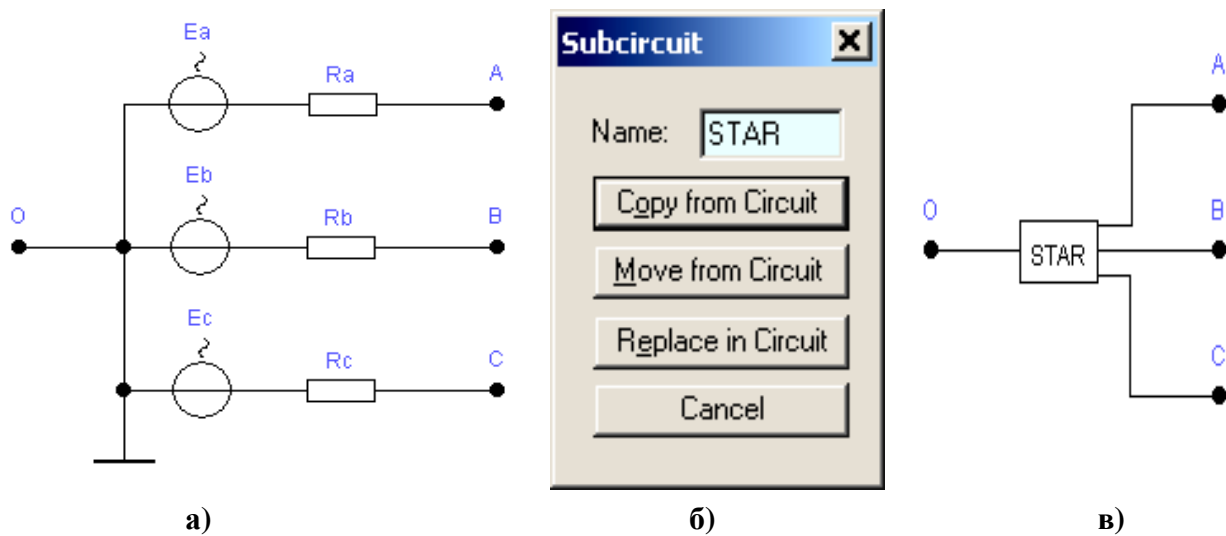


Рис. 13.1.

іменем, що присвоєне блоку. В нашому випадку треба натиснути кнопку *Replace in Circuit* і тоді виділена ділянка кола заміниться субблоком, до якого можна під'єднувати різне навантаження. Використання цієї опції спрощує, в деяких випадках роботу із складними схемами.

### 13.4. Порядок виконання роботи

13.4.1. Створити джерело трифазних напруг з активним опором, величина якого при номінальних струмах повинна створювати падіння напруги на лінії передачі електроенергії величиною, що не перевищує 5% від ЕРС. Для цього необхідно, щоб величина внутрішнього опору  $R_{вн} \leq 0,05 R_{нф}$ . Електрична схема джерела приведена на рис.13.1а. Для зручності роботи з таким трифазним джерелом зручно зробити його в вигляді згорнутого кола з виводами А, В, С, та 0.

13.4.2. До згорнутого кола створити несиметричне навантаження з активними опорами, величини яких вибираються з таблиці варіантів. Спочатку навантаження з'єднуємо в зірку (Рис.13.2). Виконуються три досліди по визначенню напруг та струмів в колі з несиметричним навантаженням:

- ✓ Перший дослід – з заземленим вузлом  $0_1$  через амперметр  $A_0$ . Заміряти струми і напруги кожної з фаз,  $I_A, U_A; I_B, U_B; I_C, U_C$ ; лінійні напруги  $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$ , а також струм нульового провідника  $I_0$ . Визначаються величини кутів зсуву між лінійними напругами. Повторюється дослід з розірваним провідником  $0-0_1$ .
- ✓ Другий дослід проводиться аналогічно, але з опорами, які мають більшу несиметричність навантаження. Дослід також проводиться при наявності і відсутності провідника  $0-0_1$
- ✓ Третій дослід проводиться при обірваному навантаженні однієї з фаз та симетричних навантаженнях двох інших фаз. Також треба заміряти

струми і напруги кожної з фаз,  $I_A, U_A; I_B, U_B; I_C, U_C$ ; лінійні напруги  $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$ , струм нульового провідника  $I_0$ . Дослід також проводиться при наявності і відсутності провідника  $0-0_1$

- ✓ Четвертий дослід проводиться при симетричному навантаженні двох фазі короткому замиканню третьої фази.
- ✓ П'ятий дослід проводиться при однакових модулях опорів, але різних по характеру – активний, індуктивний, ємнісний.

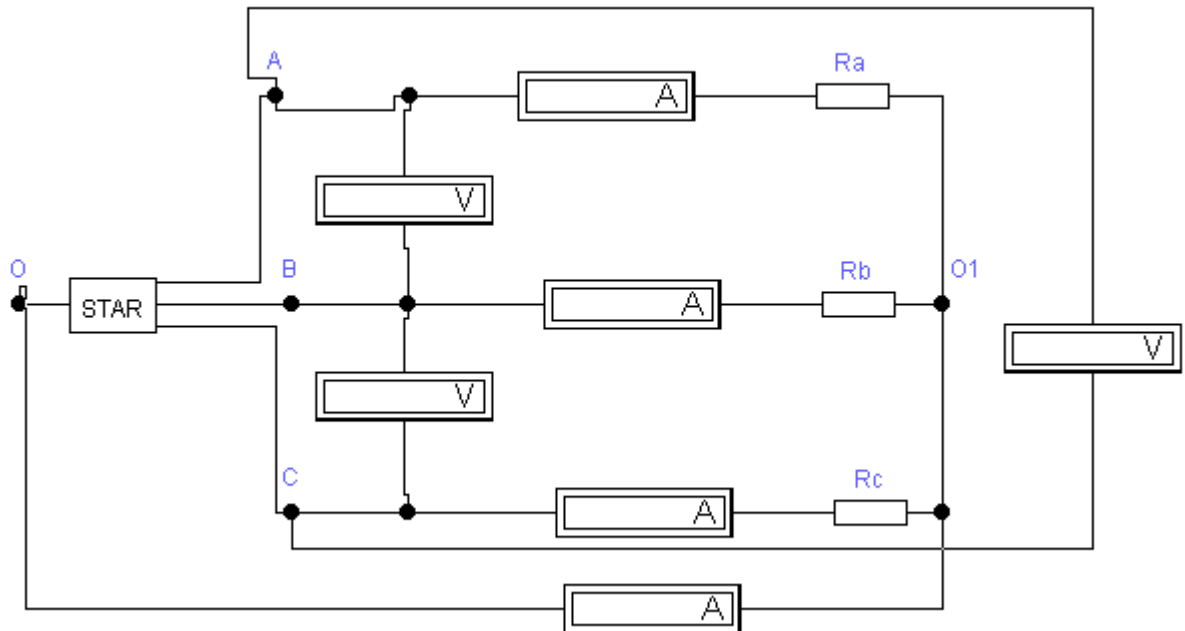


Рис. 13.2.

13.4.3. Провести досліди при з'єднанні навантаження в трикутник. До створеного субблоку приєднується навантаження в вигляді трикутника. Виконується перерахунок опорів „зірки” в „трикутник”.

- ✓ Перший дослід проводиться при таких відношеннях опорів  $R_{AB} : R_{BC} : R_{CA}$ , як  $1 : 0,8 : 1,2$ . Виконуються заміри лінійних струмів  $I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}$  і напруг  $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$ .
- ✓ Другий дослід повторює перший дослід, але відношення опорів –  $1 : 0,5 : 1,5$ . Виконуються ті ж заміри.
- ✓ Третій дослід виконується при  $R_{AB} = R_{CA}$  і обірваному навантаженні  $R_{BC} = \infty$ . Виконуються ті ж заміри.
- ✓ Четвертий дослід виконується при опорах  $R_{AB} = R_{CA}$  і  $R_{BC} = 0$ . Виконуються ті ж заміри.
- ✓ П'ятий дослід проводиться з навантаженнями  $R, X_L, X_C$  (опори повинні бути рівними за модулями). Виконуються ті ж заміри.

### 13.5. Вимоги до звіту

13.5.1. Привести схеми, що досліджувались.

13.5.2. Привести результати експериментальних досліджень.

13.5.3. Порівняти результати експериментальних досліджень з теоретично отриманими результатами.

13.5.4. Обґрунтувати особливості відхилення напруг і струмів при різних способах включення навантаження.

13.5.5. Порівняти різні способи включення навантаження.

13.5.6. Привести векторні діаграми напруг і струмів.

### ***13.6. Питання до атестації***

13.6.1. Пояснити причину несиметрії напруг в трифазних електричних колах.

13.6.2. Пояснити, яку роль відіграє нульовий провід при наявності несиметричного навантаження.

13.6.3. Пояснити, до яких наслідків приводить обрив нульового проводу при наявності значної несиметрії навантаження.

13.6.4. Пояснити, який з способів включення навантаження краще, з точки зору забезпечення симетрії напруг.

13.6.5. Пояснити роботу схем при аварійних режимах.

### ***13.7. Задачі***

13.7.1. Три приймачі, що з'єднані у трикутник, підімкнені до мережі, лінійні напруги якої симетричні, а діючі значення дорівнюють 380В. Комплексні опори дорівнюють:  $Z_{AB} = 33 + j19$  Ом;  $Z_{BC} = 33 - j19$  Ом;  $Z_{CA} = 38$  Ом. Визначити лінійні і фазні струми, побудувати векторну діаграму.

13.7.2. До трьохфазної чотирьохпровідної мережі з діючим значенням лінійної напруги 380В і частотою 50Гц під'єднали навантаження, що з'єднане зіркою. В фазу А ввімкнули котушку з індуктивністю 0,18Гн і активним опором 80 Ом, в фазу В – резистор з опором 69 Ом, в фазу С – конденсатор з ємністю 30мкФ з послідовно з'єднаним резистором з опором 40 Ом. Визначити діючі значення лінійних і фазних струмів.

13.7.3. В трьохфазну мережу з діючим значенням лінійної напруги 380В ввімкнено активне навантаження, що з'єднане зіркою. Опір резисторів в фазах А, В, С відповідно дорівнюють 15, 15 та 35 Ом. Визначити діючі значення напруг в фазах, якщо в фазі А – обрив. Побудувати векторну діаграму.

13.7.4. В фазах А, В, С споживача енергії, який ввімкнули в трьохфазну чотирьохпровідну мережу, діючі значення струмів відповідно дорівнюють 10, 30 і 50А. Визначити струм в нейтральному провіднику, якщо навантаження активне.

13.7.5. В чотирьохпровідну трьохфазну мережу ввімкнули несиметричне активне навантаження, що має значення опорів в фазах А, В, і С відповідно 20, 40 та 10 Ом. Визначити струми в фазах, потужність, що споживається і струм в нейтральному провіднику, якщо діюче значення лінійної напруги дорівнює 380В.

13.7.6. В чотирьохпровідну трьохфазну мережу с діючим значенням лінійної напруги 220В ввімкнули несиметричне активне навантаження с потужністю, що споживається в кожній фазі відповідно 2,1; 1,3 та 2,6 Вт. Визначити струм в нейтральному провіднику.

13.7.7. В трифазну чотирьохпровідну мережу з діючим значенням лінійної напруги 120В ввімкнули лампи розжарювання. В фази А і С ввімкнули

паралельно по 10 ламп потужністю по 40Вт кожна, а в фазу В – 16 ламп по 60Вт кожна. Визначити струми через кожну лампу, опір кожної лампи, струм в нейтральному проводі і повну потужність, що споживається. Як зміниться струм у нейтральному проводі, якщо в фазі В відімкнуті половину усіх ламп.

13.7.8. В трифазну мережу з діючим значенням лінійної напруги 120В ввімкнули навантаження, що з'єднане трикутником. В фази АВ і ВС ввімкнули котушки з активними опорами 80 Ом та індуктивними опорами 140 Ом. В фазу СА ввімкнули конденсатор послідовно з резистором опором 25 Ом. Ємнісний опір конденсатора дорівнює 25 Ом. Визначити лінійні струми і активний опір котушок.

13.7.9. В трифазну мережу з діючим значенням лінійної напруги 220В і частотою 50Гц ввімкнули навантаження, що з'єднане по схемі „трикутник”. В фазу АВ ввімкнули конденсатор ємністю 116мкФ, в фазу ВС – резистор з опором 27,5 Ом, в фазу СА – котушку з індуктивністю 87,5Гн. Визначити діючі значення фазних і лінійних струмів. Побудувати векторну діаграму струмів і напруг.

13.7.10. В трифазну мережу з діючим значенням лінійної напруги 220В ввімкнули несиметричне активне навантаження, що з'єднане по схемі „трикутник”. Потужності, що споживаються кожною з фаз дорівнюють:  $P_{AB}=660\text{Вт}$ ,  $P_{BC}=1100\text{Вт}$ ,  $P_{CA}=220\text{Вт}$ . Визначити діючі значення лінійних і фазних струмів, побудувати векторні діаграми.

13.7.11. Навантаження, що з'єднане по схемі „зірка”, споживає від трьохфазного джерела з діючим значенням лінійної напруги 120В активну потужність 800Вт при коефіцієнті потужності  $\cos\phi=0,8$ . Визначити, як зміняться фазні та лінійні струми, а також активна потужність, що споживається, якщо теж саме навантаження з'єднати по схемі „трикутник”.

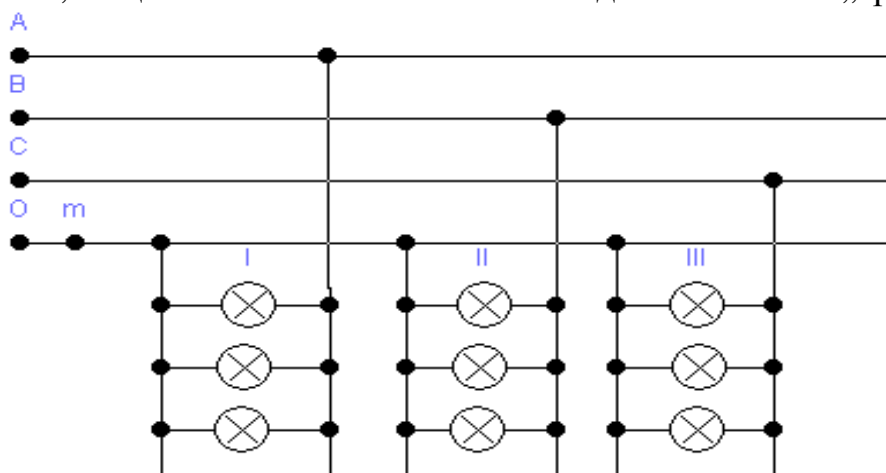


Рис. 13.3.

13.7.12. В чотирьохпровідну лінію трьохфазної симетричної мережі (Рис.13.3) з фазною напругою, що дорівнює  $U_{AO}=U_{BO}=U_{CO}=U_{\phi}=120\text{В}$ , ввімкнули три групи однакових електр. ламп: I = 30 ламп; II = 25 ламп; III = 20 ламп. Опір кожної лампи вважати незмінним і рівним 300 Ом.

Визначити струм в нейтральному проводі. Визначити, яка напруга буде на кожній групі ламп, якщо нейтральний провід обірветься.

13.7.13. До трьохфазної мережі підімкнули симетричне навантаження, що з'єднане зіркою. В фазі С є амперметр. Як зміниться його показання, якщо в фазі А буде обрив.

### 13.8. Додаток

Таблиця варіантів до лабораторної роботи.

Номер варіанту	$E_i, В$	$\Gamma_{ВН}, Ом$	Дослід 1			Дослід 2			Дослід 3		
			$R_A, Ом$	$R_B, Ом$	$R_C, Ом$	$R_A, Ом$	$R_B, Ом$	$R_C, Ом$	$R_A, Ом$	$R_B, Ом$	$R_C, Ом$
1	220	0,5	10	$1,2R_A$	$0,8R_A$	10	$1,5R_A$	$0,5R_A$	10	10	10
2	220	0,5	15	$1,2R_A$	$0,8R_A$	15	$1,5R_A$	$0,5R_A$	15	15	15
3	220	0,5	20	$1,2R_A$	$0,8R_A$	20	$1,5R_A$	$0,5R_A$	20	20	20
4	220	0,5	25	$1,2R_A$	$0,8R_A$	25	$1,5R_A$	$0,5R_A$	25	25	25
5	220	0,5	30	$1,2R_A$	$0,8R_A$	30	$1,5R_A$	$0,5R_A$	30	30	30
6	220	0,5	35	$1,2R_A$	$0,8R_A$	35	$1,5R_A$	$0,5R_A$	35	35	35
7	220	0,5	40	$1,2R_A$	$0,8R_A$	40	$1,5R_A$	$0,5R_A$	40	40	40
8	220	0,5	45	$1,2R_A$	$0,8R_A$	45	$1,5R_A$	$0,5R_A$	45	45	45
9	220	0,5	50	$1,2R_A$	$0,8R_A$	50	$1,5R_A$	$0,5R_A$	50	50	50
10	220	0,5	55	$1,2R_A$	$0,8R_A$	55	$1,5R_A$	$0,5R_A$	55	55	55
11	220	0,5	60	$1,2R_A$	$0,8R_A$	60	$1,5R_A$	$0,5R_A$	60	60	60
12	220	0,5	65	$1,2R_A$	$0,8R_A$	65	$1,5R_A$	$0,5R_A$	65	65	65
13	220	0,5	70	$1,2R_A$	$0,8R_A$	70	$1,5R_A$	$0,5R_A$	70	70	70
14	220	0,5	75	$1,2R_A$	$0,8R_A$	75	$1,5R_A$	$0,5R_A$	75	75	75
15	220	0,5	80	$1,2R_A$	$0,8R_A$	80	$1,5R_A$	$0,5R_A$	80	80	80