

Рис. 5. Заступна модель лінійного багатополосника з фіктивним джерелом напруги та активними елементами щодо однієї пари зовнішніх полюсів (для відповідної пари полюсів підсхеми N_r , вхідна величина – напруга, вихідна величина – струм)

Ошибка! Раздел не указан.

Рис. 6. Заступна модель лінійного багатополосника з фіктивним джерелом струму та активними елементами щодо однієї пари зовнішніх полюсів (для відповідної пари полюсів підсхеми N_r , вхідна величина – струм, вихідна величина – напруга).

Такий метод узгодження підсхем відповідає запропонованому в роботах [3] методу врахування внутрішніх опорів підсхем.

2. Одночасне нехтування реактивних складових і активних втрат у заступних схемах багатополосника приводить до рівняння $\mathbf{W}_{r*} = \mathbf{Z}_{r*}$, що означає повну заміну багатополосника певним числом фіктивних джерел (рис. 7). Саме такий метод узгодження підсхем широко вживається із-за простоти його програмної реалізації.

Ошибка! Раздел не указан.

Ошибка! Раздел не указан.

Рис. 7. Заступні моделі з фіктивними джерелами щодо однієї пари зовнішніх полюсів лінійного багатополосника

Висновки. Запропонований метод узгодження розв'язків підсхем застосовується й для більшої кількості підсхем. Алгоритмізація методу, який передбачає створення заступних моделей нелінійних підсхем у вигляді лінійних багатополосників з реактивними елементами, поданих системою алгебро-диференціальних рівнянь, і впровадження в діючі програмні комплекси розрахунку складних електричних кіл, істотно розширює сферу застосування діакоптических методів, зокрема методу роздільного інтегрування підсхем.

1. Хэчтел Г.Д., Санджованни-Винчентелли А. Обзор методов моделирования третьего поколения // ТИИЭР. – 1981. – 69. – № 10. – С. 100–119. 2. Newton A.R., Sangiovanni-Vincentelli A.L. Relaxation-Based Electrical Simulation // IEEE Trans. on Computer-Aided Design. – 1984. – Vol. CAD-3, N. 10. – P. 308–331. 3. Рендзіняк С.Й. Учет внутренних сопротивлений подсхем при анализе динамических режимов сложных нелинейных схем диакоптическими методами // Проблемы нелинейной электротехники: Тез. докл. III Всесоюз. науч.-техн. конф. – К.: Ин-т проблем моделирования в энергетике АН УССР, 1988. – Ч. 2. – С. 189–191. 4. Стахів П.Г., Рендзіняк С.Й. Врахування взаємного динамічного впливу підсхем в діакоптических релаксаційних методах розрахунку багатофункціональних систем // Електроніка і зв'язь: Міжнар. наук.-техн. конф. “Проблеми фізичної та біомедицинської електроніки”. – К., 8–10 червня 1999. – 1999. – № 6, т. 2. – С. 201–205. 5. Рендзіняк С. Визначення взаємних зв'язків підсхем та їхній вплив на стійкість методу роздільного інтегрування // Теоретична електротехніка. – 2004. – Вип. 57. – С. 38–49. 6. Воеводин В.В., Кузнецов Ю.А. Матрицы и вычисления. – М.: Наука, 1984. – 320 с.

УДК 621.314.222.6

М.С. Сегеда, О.С. Мін'яйло, В.П. Олійник, К.П. Нітруца
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра ЕС

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ПАРАЛЕЛЬНО-ПОСЛІДОВНОГО З'ЄДНАННЯ ТРАНСФОРМАТОРІВ

© Сегеда М.С., Мін'яйло О.С., Олійник В.П., Нітруца К.П., 2006

Досліджено вплив нерівності коефіцієнтів трансформації та приналежність до різних груп з'єднань для випадку паралельно-послідовного з'єднання трансформаторів.

Consider a case of roughness of their factors of transformation and an accessories to different groups of connections for in parallel – consecutive connection of transformers.

Постановка проблеми. З'єднання паралельних і послідовних трансформаторів набуло застосування в схемах самозбудження генераторів [1–3], але вплив коефіцієнтів трансформації та груп з'єднання на роботу таких схем ще не вивчений. Значення впливу цих параметрів на роботу схем має велике значення під час проектування установок за такими схемами.

Аналіз останніх досліджень. Останні десять років є спроби використати паралельно-послідовне з'єднання трансформаторів для безконтактного регулювання напруги на шинах власних потреб блоків з асинхронізованими турбогенераторами [5, 6]. Передбачається здійснити таке регулювання за допомогою послідовних трансформаторів звичайної конструкції, щоб мати значний опір взаєміндукції. Такі трансформатори мають значно менші габарити і вагу. Безконтактне регулювання замінило б РПН трансформатора власних потреб блока з АСТГ-200 в режимах циклічної зміни навантаження від видачі до споживання реактивної потужності, коли перемикач працює ненадійно. Послідовні трансформатори звичайного виконання для регулювання напруги поки що не використовували.

Задачі досліджень. У роботі ставиться задача дослідити вплив коефіцієнтів трансформації та їх груп з'єднань на роботу трансформаторів в таких схемах.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо випадок паралельної роботи трансформаторів у разі нерівності коефіцієнтів трансформації.

Припустимо, що два паралельно увімкнених трансформаторів I і II задовольняють всі умови, крім рівності коефіцієнтів трансформації. Щоб виявити суть явища, досить розглянути паралельну роботу однофазних трансформаторів чи відповідних фаз двох трифазних трансформаторів (рис. 1).

Вважаємо, що напруга первинної мережі дорівнює номінальній первинній напрузі першого трансформатора

$$U_1 = U_{IIH} = U_{IIIH} ,$$

вторинні напруги різні

$$U_{2I} = \frac{U_1}{k_I} > U_{2II} = \frac{U_1}{k_{II}} ,$$

причому вектори \dot{U}_{2I} і \dot{U}_{2II} збігаються по фазі.

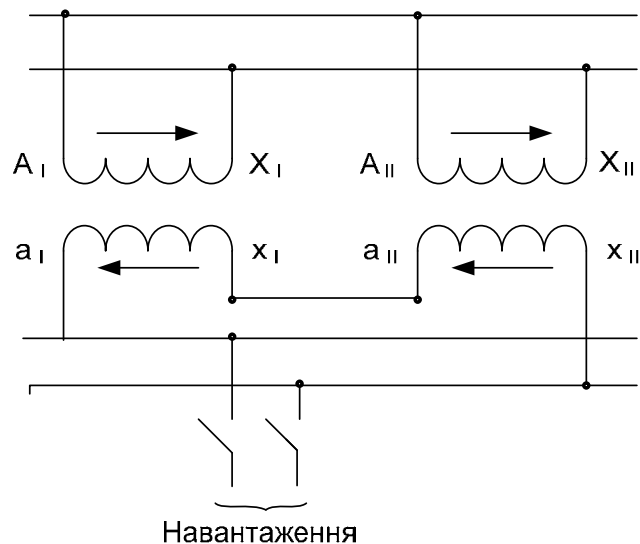


Рис. 1. Схема вмикання двох трансформаторів під час паралельно-послідовного з'єднання

Якщо \underline{Z}_{KI} і \underline{Z}_{KII} – повні опори короткого замикання трансформаторів I і II, а \underline{Z}_H – опір навантаження, то струм в колі навантаження, приведений до кількості витків вторинної обвитки, обчислюється

$$\dot{I}_H = \frac{\dot{E}_1 + \dot{E}_2}{\underline{Z}_{KI} + \underline{Z}_{KII} + \underline{Z}_H} = \frac{\dot{U}_1 \left(\frac{1}{k_I} + \frac{1}{k_{II}} \right)}{\underline{Z}_{KI} + \underline{Z}_{KII} + \underline{Z}_H} = \frac{\dot{U}_1 \frac{k_I + k_{II}}{k_I k_{II}}}{\underline{Z}_{KI} + \underline{Z}_{KII} + \underline{Z}_H} \quad (1)$$

Тут k_I , k_{II} – коефіцієнти трансформації трансформаторів I і II.

Випадок нерівності коефіцієнтів трансформації перевірений під час експериментів (див. табл. 1) на трансформаторах $S_H = 100$ ВА.

Як видно з табл. 1 $K_{TI} = 1,65$; $K_{TII} = 1,9$.

У рядках табл. 1 без * $K_{TI} = K_{TII} = 1,9$.

Таблиця 1

Результати вимірювань

$U_{II,II}$, В	I_{II} , А	$I_{I,II}$, А	U_{2I} , В	U_{2II} , В	$U_{\Sigma(H)}$, В	I_2 , А	R_H , Ом
380	0,53	0,505	44,5	44,7	89	0,91	100
380*	0,54	0,46	42,5	40,2	78,8	0,8	100
250	0,33	0,32	28	28,2	56,5	0,56	100
250*	0,32	0,27	28,5	26,4	50,7	0,48	100

* Коефіцієнт трансформації Т-I, Т-II:

$$K_{TI} = \frac{380}{230} = 1,65; K_{TII} = \frac{380}{200} = 1,9.$$

Враховуючи коефіцієнти трансформації, рівняння (1) запишемо у вигляді

$$\dot{I}_2 = \frac{1,13\dot{U}_1}{Z_{KI} + Z_{KII} + Z_H}$$

З аналізу даних табл. 1 бачимо, що струм навантаження зменшувався в 1,6 раза, а опір, відповідно, збільшується.

Нерівність коефіцієнтів трансформації призводить до зміни струму навантаження.

Розглянемо випадок паралельної роботи трансформаторів, що належать до різних груп.

Якщо трансформатори належать до різних груп, то вектори трикутників їх вторинних напруг повернуті один щодо одного на певний кут α (рис. 2).

Цей кут може мати значення 30, 60, 90° тощо.

Результуючий вектор напруги обчислюється

$$U_\Sigma = \sqrt{U_{2I}^2 + U_{2II}^2 - 2U_{2I}U_{2II} \cos(180 - \alpha)}$$

Якщо $\alpha = 0$, то

$$U_\Sigma = \sqrt{U_{2I}^2 + U_{2II}^2 - 2U_{2I}U_{2II}}$$

У випадку

$$U_{2I} = U_{2II} = U_2, \quad U_\Sigma = 2U_2,$$

а якщо $\alpha = 180^\circ$, то $U_\Sigma = 0$.

Струм навантаження

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_{2I} + \dot{U}_{2II}}{Z_{KI} + Z_{KII} + Z_H},$$

де Z_H – опір навантаження; Z_{KI} , Z_{KII} – половина опорів короткого замикання.

Для трансформаторів електричних мереж $Z_H \gg Z_{KI}$, Z_{KII} і він визначатиме I_H .

Паралельна робота трансформаторів для випадків незбігу фаз напруг перевірена під час експериментів з трансформаторами типу ТБСЗ – 0,63УЗ, $S_H = 630$ ВА, $U_1 = 380$ В, $U_2 = 110$ В (див. рис. 3).

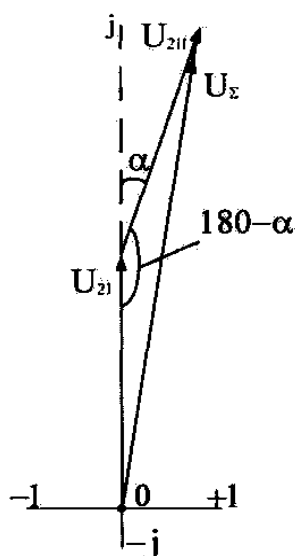


Рис. 2. Векторна діаграма вторинних напруг трансформаторів I і II

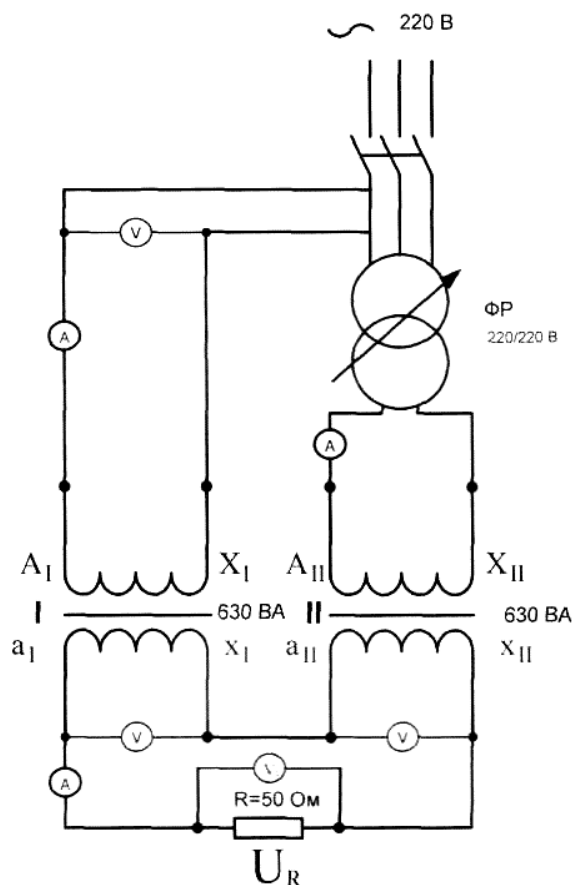


Рис. 3. Схема експериментальної установки для перевірки впливу кута зсуву напруг на роботу трансформаторів I і II

Результати експериментів наведені в табл. 2 і на графіках (рис. 4).

Таблиця 2

Результати вимірювань

α^0	0	30	60	90	120	150	180
$U_{II,II}, B$	232	224	224	224	224	224	224
I_{II}, A	0,82	0,81	0,75	0,65	0,5	0,3	0,09
* I_{III}, A	0,80	0,77	0,67	0,54	0,36	0,14	0,07
U_{2I}, B	65,8	66,9	67,5	67,9	68,6	69,3	69,4
U_{2II}, B	64,5	65,8	67,9	69	70	69,5	69,4
$U_{\Sigma(H)}, B$	130,3	128,1	117,3	96,8	69,3	36,1	0
I_2, A	2,6	2,55	2,28	1,95	1,35	0,65	0

$R_H = 50 \text{ Ом}$

* II – трансформатор увімкнений через фазорегулятор.

Як видно з табл. 2 і рис. 4, сумарна вторинна напруга U_{Σ} і струм вторинних обмоток I_2 змінюється залежно від кута зсуву α .

Якщо $\alpha=0$, то U_{Σ} і I_2 мають максимальні значення, а у випадку $\alpha=180^0$, то U_{Σ} і I_2 дорівнюють нулю.

Під час цього трансформатори I і II споживають тільки струм намагнічення.

Отже, приналежність трансформаторів до різних груп з'єднань приводить до обмеження споживача, зменшується сумарна напруга U_{Σ} і струм навантаження.

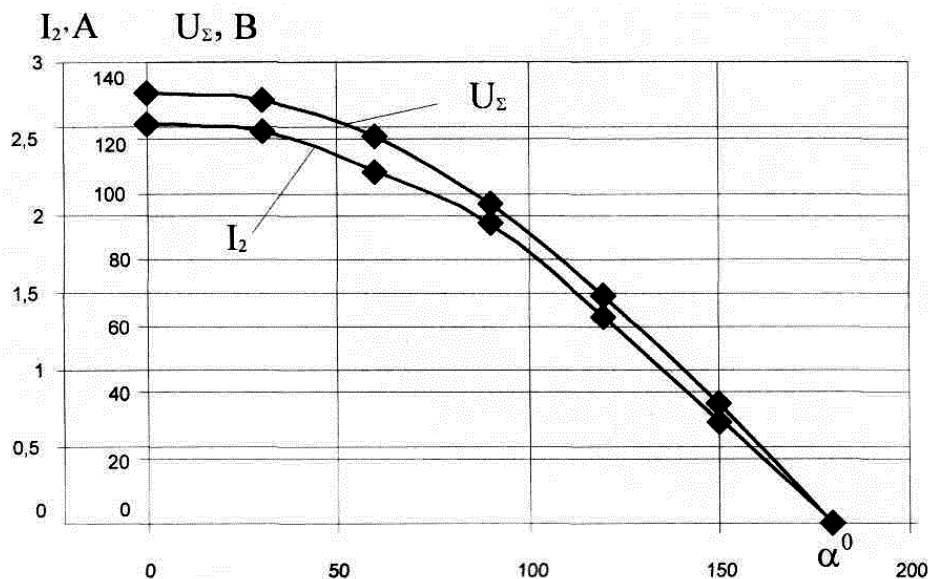


Рис. 4. Залежність сумарної вторинної напруги U_{Σ} і вторинного струму I_2 від кута зсуву напруг U_{2I} , U_{2II}

Висновки. Нерівність коефіцієнтів трансформації приводить до зростання чи зменшення струму навантаження стосовно струму за рівних коефіцієнтів.

Приналежність трансформаторів до різних груп з'єднання призводить до обмеження струму навантаження, зменшується сумарна напруга і струм навантаження.

1. Васильев А.А., Крючков И.П., Наяшкова Е.Ф. и др. Электрическая часть станций и подстанций / Под ред. А.А. Васильева. – М.: Энергоиздат, 1990. – 576 с. 2. Савченко Е.В. Ионное возбуждение турбогенераторов ТГВ-200. – К.: Техника, 1970. – с. 203. 3. Осин И.Л., Шакарян Ю.Г. Электрические машины. – М.: Высшая школа, 1990. – 304 с. 4. Вольдек А.И. Электрические машины. – Л.: Энергия, 1974. – 839 с. 5. Пат. на винахід 32558, UA, Н 02J 11/00. Спосіб живлення власних потреб блока з асинхронізованим або асинхронним генератором / О.С. Міняйло. – Заявл. 26.12.94, № 94128191. – 4 с.; Опубл. 15.02.2001, Бюл. № 1. 6. Пат. на винахід 27915 UA, Н 02J 11/00. Электрична мережа живлення власних потреб блока з асинхронізованим генератором / О.С. Міняйло, К.Б. Покровський. – Заявл. 11.01.1995, № 95010186. – 4 с.; Опубл. 16.10.2000, Бюл. № 5.