

Запропоновано евристичний алгоритм, який заснований на розбитті розкладу на блоки та впорядкування робіт всередині кожного блоку. Оскільки цей алгоритм не може гарантувати знаходження оптимального рішення, пропонується оцінка його ефективності, визначена на основі експериментальних досліджень. Для отримання точних розв'язків задачі застосовується метод гілок та меж. Було проведено експериментальне дослідження розробленого евристичного алгоритму, в результаті якого було підтверджено його достатньо високу ефективність для задач розмірності до 2000.

Список використаних джерел:

1. Лазарев А.А., Гафаров Е.Р. Теория расписаний. Задачи и алгоритмы. М.: Физический факультет МГУ, 2011. С. 72-75.
2. Abdul-Razaq T. and C. Potts. Dynamic Programming State-Space Relaxation for Single-Machine Scheduling. – 1988. – J. Opnl. Res. Soc. 39, pp. 141-152.
3. Ghaith R., Mansooreh M, Anagnostopoulos G. A branch-and-bound algorithm for the early/tardy machine scheduling problem with a common due-date and sequence-dependent setup time. Computers & Operations Research 31, 2004, pp 1727–1751.
4. Павлов О.А., Місюра О.Б., Мельников О.В. Дослідження властивостей та розв'язання задачі «Мінімізація сумарного штрафу як за випередження, так і за запізнення відносно директивних строків при виконанні незалежних завдань одним приладом» / Вісник НТУУ – КПІ. Інформатика, управління та обчислювальна техніка, 2008. – №48. – С. 3-6.

Худик О.І.

студент,

Науковий керівник: Кирик В.В.

доктор технічних наук, професор,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ВПЛИВ КВАЗІПОСТІЙНИХ СТРУМІВ НА РЕЖИМНІ ПАРАМЕТРИ МЕРЕЖІ ЗМІННОГО СТРУМУ НАПРУГОЮ 750КВ

Геоманітні індуквані струми (ГІС) є результатом коливань зазвичай статичного магнітного поля землі. Ці коливання викликані викидами плазми з Сонця (сонячні спалахи) [2].

В попередніх дослідженнях авторами була розроблена модель автотрансформатора для дослідження впливу квазіпостійних струмів в нейтралі на режимні параметри мережі змінного струму[1].

Електричні з'єднання нейтралей трансформаторів з обох сторін ЛЕП через землю обумовлюють протікання ГІС в ЛЕП. В середовищі matlab було досліджено роботу автотрансформатора АОДЦТН– 333000/750/330 кВ, який приєднаний до мережі лінією 750кВ. За нормованих робочих умов автотрансформатор працює в лінійній області кривої намагнічування. Нелінійність кривої насичення магнітопроводу створює несинусоїдальний

струм збудження з широким складом вищих гармонік. Встановлено, що значення струмів ГІС в ЛЕП можуть сягати 100÷200 А [3].

Для дослідження впливу квазіпостійних струмів на параметри мережі змінного струму була складена наступна схема в середовищі Matlab:

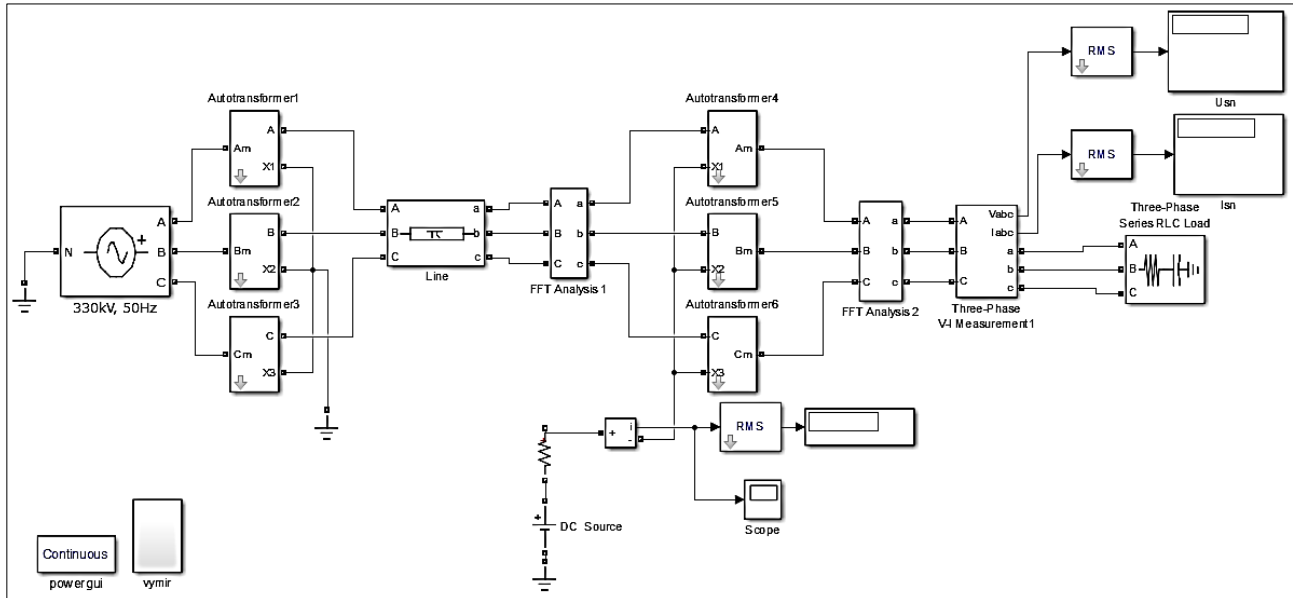
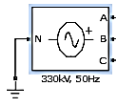


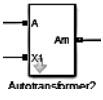
Рис. 1. Схема для дослідження впливу ГІС на режимні параметри мережі

Джерело: розроблено автором

На схемі:



– джерело змінного струму напругою 330кВ;



– автотрансформатор АОДЦТН– 333000/750/330кВ;



– трифазне симетричне навантаження;



– джерело постійного струму.

Усі інші елементи схеми необхідні для аналізу роботи.

Для дослідження вибираємо лінію 750кВ з проводом АС–400/51 з розчепленням на 5 провідників в кожній фазі з кроком розчеплення 400 мм, на опорах типу ПБ 750-1.

Розглянуто три випадки:

- чисто активне навантаження;
- активно-індуктивне навантаження, $\cos\varphi = 0.85$;
- активно-ємнісне навантаження, $\cos\varphi = 0.85$.

Для проведення дослідження було введено в нейтраль трансформатора джерело постійного струму і почергово значення струму змінювалось від 5 до 200А.

Для контролю форми кривої напруги та струму було вибрано 2 точки (див. рисунок 2).

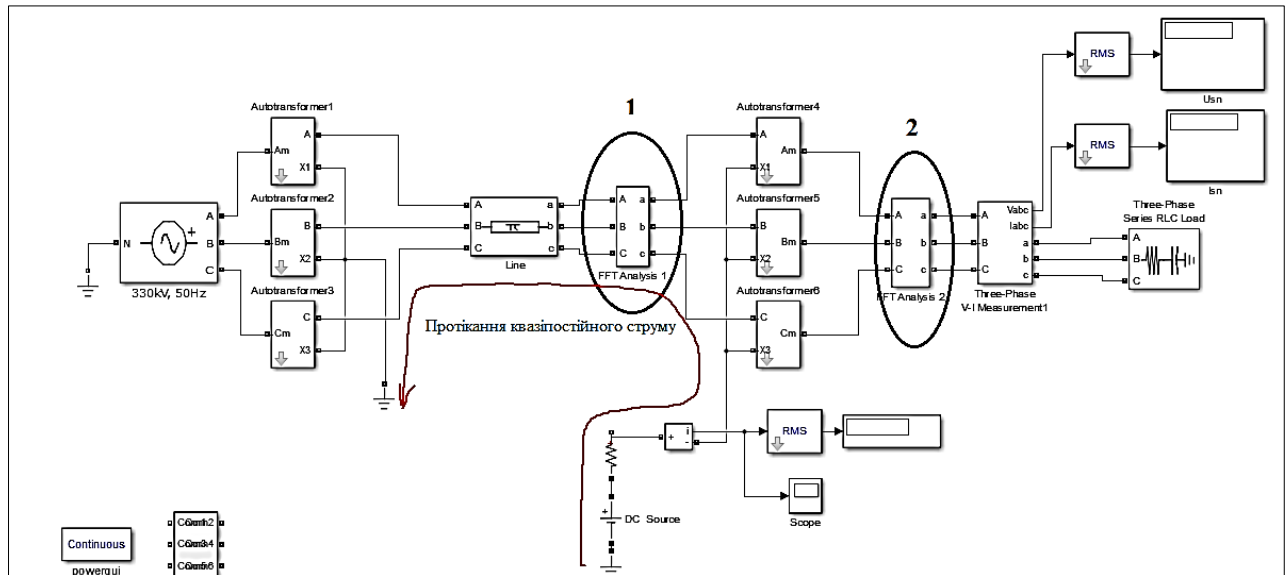


Рис. 2. Точки для контролю форми кривих струму та напруги

Джерело: розроблено автором

Квазіпостійні струми, величиною до 50А майже ніякого ефекту на режимні параметри мережі не здійснюють. Тому представимо результати впливу квазіпостійних струмів на мережу для 50, 100, 150 та 200А. Дані представлені у відсотках від основної гармоніки.

Таблиця 1

Гармонічний аналіз синусоїд струму та напруги при активному навантаженні

Струм в нейтралі		Загальне гармонічне викривлення		Постійна складова		Гармоніки							
		т.1	т.2	т.1	т.2	2		3		4		5	
						т.1	т.2	т.1	т.2	т.1	т.2	т.1	т.2
50 А	Струм	1,74%	0,68%	0,27%	0,65%	1,36%	0,20%	0,77%	0,58%	0,63%	0,20%	0,32%	0,13%
	Напруга	0,71%	0,68%	0,02%	0,65%	0,21%	0,20%	0,60%	0,58%	0,20%	0,20%	0,14%	0,13%
100 А	Струм	4,30%	1,25%	2,89%	0,74%	4,06%	0,51%	1,31%	1,04%	0,13%	0,03%	0,47%	0,17%
	Напруга	1,29%	1,25%	0,15%	0,74%	0,54%	0,51%	1,07%	1,04%	0,03%	0,03%	0,17%	0,17%
150 А	Струм	5,45%	1,00%	5,43%	0,84%	5,31%	0,65%	0,79%	0,64%	0,75%	0,21%	0,53%	0,17%
	Напруга	1,04%	1,00%	0,28%	0,84%	0,68%	0,65%	0,66%	0,64%	0,22%	0,21%	0,18%	0,17%
200 А	Струм	5,88%	0,83%	7,93%	0,83%	5,78%	0,55%	0,07%	0,12%	1,06%	0,27%	0,06%	0,06%
	Напруга	0,86%	0,83%	0,29%	0,83%	0,58%	0,55%	0,13%	0,12%	0,28%	0,27%	0,06%	0,06%

Джерело: розроблено автором.

Таблиця 2

Гармонічний аналіз синусоїд струму та напруги при активно-індуктивному навантаженні

Струм в нейтралі		Загальне гармонічне викривлення		Постійна складова		Гармоніки							
		т.1	т.2	т.1	т.2	2		3		4		5	
50 А	Струм	1,63%	0,42%	0,09%	0,76%	1,23%	0,12%	0,74%	0,29%	0,60%	0,08%	0,32%	0,05%
	Напруга	1,05%	1,04%	0,01%	0,65%	0,18%	0,17%	0,53%	0,52%	0,19%	0,19%	0,14%	0,13%
100 А	Струм	4,06%	0,86%	2,74%	0,89%	3,81%	0,35%	1,24%	0,56%	0,11%	0,00%	0,44%	0,07%
	Напруга	2,16%	2,14%	0,15%	0,75%	0,50%	0,48%	1,01%	1,00%	0,00%	0,00%	0,20%	0,19%
150 А	Струм	5,03%	0,63%	5,23%	1,01%	4,89%	0,45%	0,67%	0,32%	0,74%	0,10%	0,47%	0,06%
	Напруга	1,36%	1,35%	0,28%	0,86%	0,64%	0,61%	0,58%	0,57%	0,23%	0,22%	0,17%	0,17%
200 А	Струм	5,31%	0,79%	7,54%	1,00%	5,20%	0,37%	0,07%	0,04%	0,96%	0,12%	0,02%	0,02%
	Напруга	2,36%	2,35%	0,30%	0,84%	0,53%	0,51%	0,07%	0,07%	0,28%	0,27%	0,06%	0,06%

Джерело: розроблено автором.

Таблиця 3

Гармонічний аналіз синусоїд струму та напруги при активно-ємнісному навантаженні

Струм в нейтралі		Загальне гармонічне викривлення		Постійна складова		Гармоніки							
		т.1	т.2	т.1	т.2	2		3		4		5	
50 А	Струм	1,74%	1,32%	0,98%	0,02%	1,32%	0,96%	0,97%	0,62%	0,37%	0,61%	0,28%	0,23%
	Напруга	1,17%	1,16%	0,13%	0,94%	0,87%	0,86%	0,53%	0,53%	0,52%	0,52%	0,20%	0,20%
100 А	Струм	2,78%	2,00%	1,93%	0,03%	2,35%	1,68%	1,36%	0,89%	0,35%	0,60%	0,07%	0,04%
	Напруга	1,79%	1,77%	0,23%	1,03%	1,52%	1,50%	0,77%	0,76%	0,51%	0,51%	0,03%	0,03%
150 А	Струм	3,94%	2,73%	3,50%	0,02%	3,60%	2,52%	1,47%	0,98%	0,11%	0,17%	0,36%	0,30%
	Напруга	2,46%	2,42%	0,38%	1,16%	2,28%	2,24%	0,86%	0,84%	0,14%	0,14%	0,26%	0,26%
200 А	Струм	4,85%	3,20%	5,46%	0,00%	4,67%	3,03%	1,14%	0,77%	0,22%	0,48%	0,51%	0,43%
	Напруга	2,88%	2,84%	0,51%	1,28%	2,74%	2,70%	0,68%	0,67%	0,42%	0,42%	0,37%	0,37%

Джерело: розроблено автором

За допомогою імітаційної моделі автотрансформатора АОДЦТН-333000/750/330 в середовищі Matlab було змодельовано мережу змінного струму напругою 750 кВ, яка враховує вплив квазіпостійних струмів. Проведені дослідження для різних характеристик навантаження. По отриманим даним, можна стверджувати, що квазіпостійні струми, протікаючи по лінії через автотрансформатори, насичують магнітопровід трансформатора та генерують гармоніки. Виникнення таких гармонік є небезпечним та може призвести до перегрівання автотрансформаторів, хибного спрацювання захистів тощо. Тому необхідно досліджувати виникнення таких струмів та методи захисту від них.

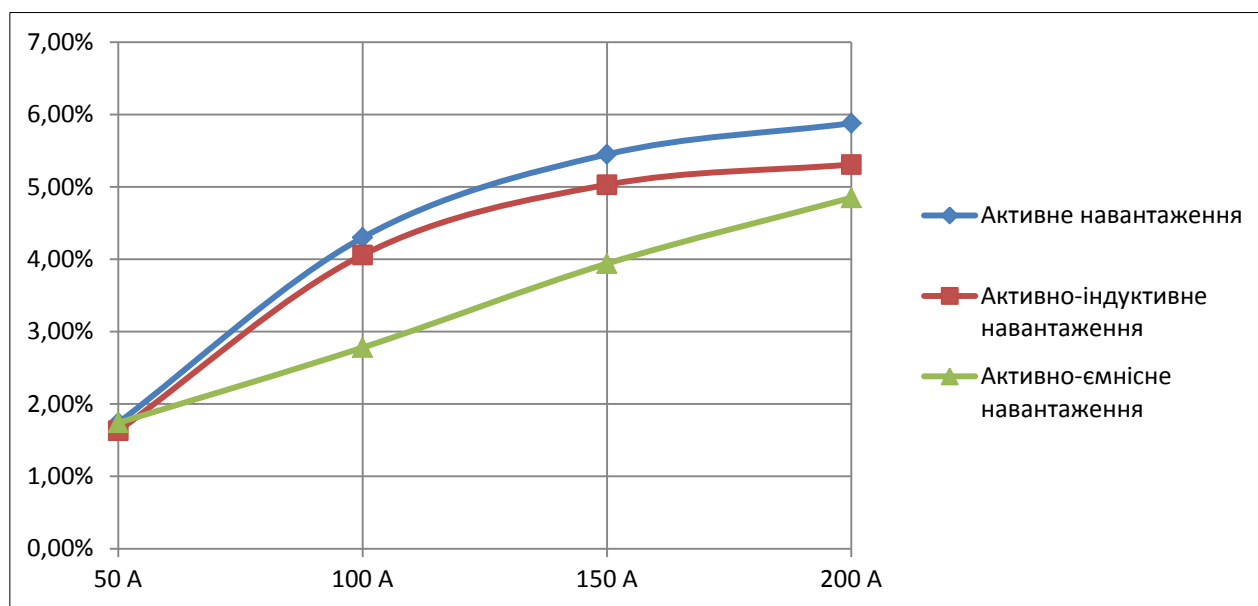


Рис. 3. Загальне гармонічне викривлення синусоїди струму в лінії 750 кВ при протіканні по ній квазіпостійного струму при різних типах навантаження

Джерело: розроблено автором

Список використаних джерел:

1. Кирик В.В., Худик О.І., Білик А.В. Розробка моделі автотрансформатора для дослідження впливу квазіпостійних струмів в нейтралі на режимні параметри мережі змінного струму // Енергетика: економіка, технології, екологія : науковий журнал. – 2017. – № 1(45). – 124 с.
2. Boteler D.H. Geomagnetic effects on the pipe-to-soil potentials of a continental pipeline // Advances in Space Research – ADV SPACE RES, 26. – 2000. – С. 15-20.
3. Кирик В.В., Нагорний Р. В. Дослідження розподілу геомагнітних індукційних струмів в магістральних електричних мережах 750 кВ // Енергетика: економіка, технології, екологія : науковий журнал. – 2014. – № 2(36). – С. 101-105.
4. Кириленко А.В., Кирик В.В., Подольцев А.Д. Геомагнитные индукционные токи в электрических сетях // Енергетика та електрифікація. – 2012. – №11. – С. 46-49.
5. Подольцев А.Д., Кучерявая И.Н. Мультифизическое моделирование в электротехнике – К.: Ин-т электродинамики НАН Украины, 2015. – С. 142-166.