

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ НА РОБОТУ ТРАНСФОРМАТОРІВ ТЕЦ

Гайденко Ю.А., к.т.н., доцент, Ковпак Я.В., магістрант
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електромеханіки

Вступ. Аварійні режими на теплових електростанціях (ТЕЦ) включають в себе різні ситуації, які можуть виникнути в процесі експлуатації і призводити до небезпеки для обладнання, персоналу та навколишнього середовища. Найбільш розповсюдженими аварійними режимами, як відомо, є різного виду короткі замикання та обриви фаз. Проте, на сьогоднішній день, в зв'язку з військовими діями, до вищезазначених «традиційних» аварійних режимів додаються й інші, наприклад, пошкодження електричного обладнання електричних станцій та підстанцій, як от турбогенератори, трансформатори, автотрансформатори, вимикачі, тощо.

Оскільки турбогенератори та трансформатори, що працюють на ТЕЦ, пов'язані між собою і впливають одне на одного, то аварія (або руйнування) будь-якого елемента обладнання ТЕЦ може спричинити перенавантаження або, навіть, вихід з ладу решти елементів електричної схеми станції. Зважаючи на це, актуальною задачею є дослідження впливу аварійної події, що може виникнути з одним елементом електрообладнання ТЕЦ на роботу інших «цілих» елементів. Результати такого дослідження допоможуть, в подальшому, створити інструкції для персоналу станцій покликані запобіганню значним пошкодженням електрообладнання ТЕЦ.

Мета роботи – дослідити вплив короткого замикання на роботу турбогенераторів та трансформаторів на прикладі Київської ТЕЦ-5.

Матеріали та результати досліджень. На рис. 1 зображений фрагмент принципової схема з'єднань ТЕЦ яка складається з основних елементів таких як турбогенератори (Г1 типу ТВФ-125-2У3 та Г2 типу ТВФ-120-2У3) [3, 4] та трансформатори (Тр1 – Тр4 типу ТДТН – 63000/110) [2].

Турбогенератори, що працюють на ТЕЦ є ключовими елементами, відповідальними за перетворення теплової енергії, отриманої від спалення палива, на електричну енергію. Основні компоненти турбогенератора в ТЕЦ включають в себе тепловий блок (теплогенератор) і електрогенератор [1].

Трансформатори на ТЕЦ використовуються для підвищення або зниження напруги згенерованої електроенергії перед її передачею через лінії електропередачі. Головна функція трансформаторів на ТЕЦ – це забезпечення оптимальної напруги для передачі електроенергії на великі відстані [1].

Коротке замикання на ТЕЦ є серйозною аварійною ситуацією, яка може виникнути в електричних системах та обладнанні. Коротке замикання виникає, коли два або більше електричних провідників з'єднуються безпосередньо між собою або через дуже низький опір, що призводить до значного збільшення струму в системі [1].

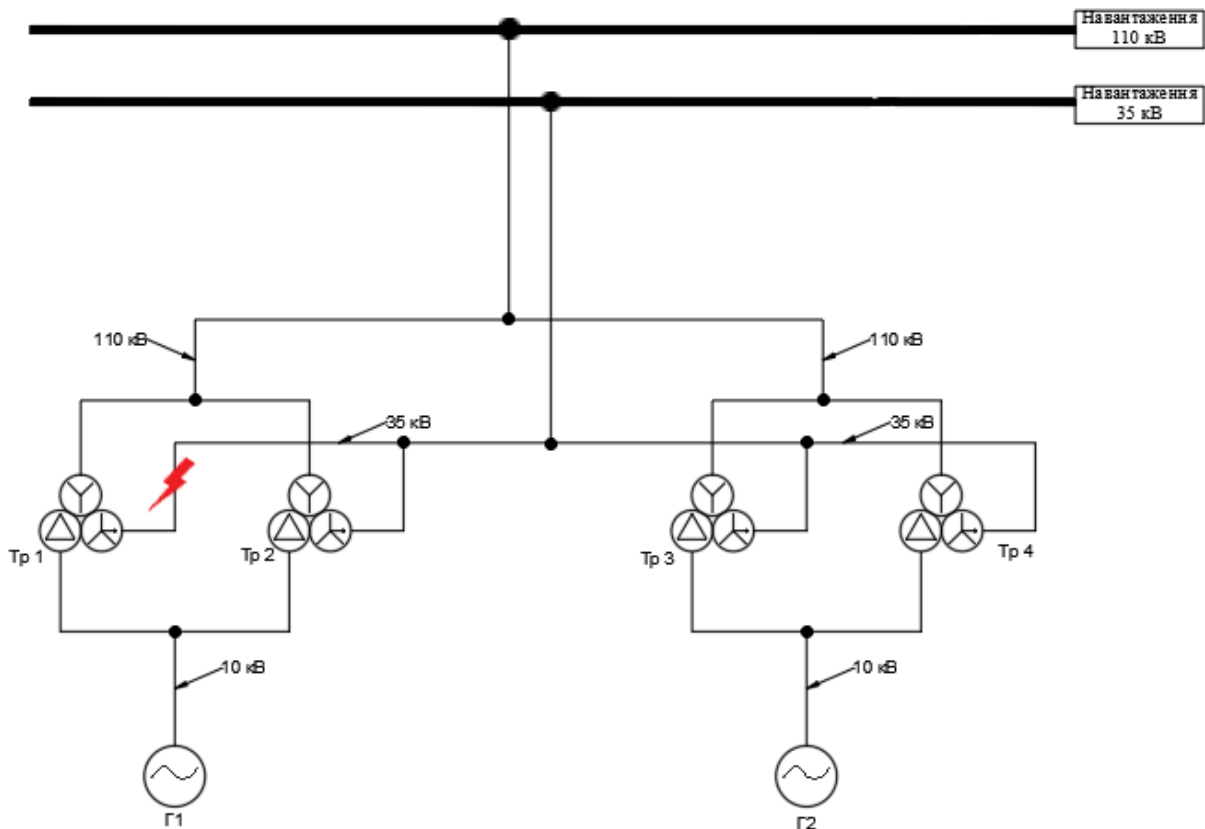


Рисунок 1 – Фрагмент схеми з'єднань ліній 110 кВ та 35 кВ на ТЕЦ-5

Основні можливі причини короткого замикання на ТЕЦ включають:

- *Механічні пошкодження*: пошкодження ізоляції, механічні удари або проколи можуть призвести до контакту провідників і спричинити коротке замикання.
- *Несправності обладнання*: дефекти або поломки в електричному обладнанні, такому як трансформатори, генератори, перемикачі та інші елементи системи.
- *Погана експлуатація*: неправильне використання або неправильна експлуатація електрообладнання.
- *Поломка ізоляції*: старіння або пошкодження ізоляційних матеріалів може призвести до прогнивання або зниження опору.
- *Несправності в електричних системах*: проблеми з розподільчими панелями, автоматикою, реле та іншими системами контролю.

В даній роботі дослідження проводилось методом математичного моделювання. Для цього в програмному пакеті MATLAB Simulink була розроблена відповідна S-модель.

Було змодельоване трифазне коротке замикання в точці, як показано на рис. 1, між вторинною обмоткою (на напругу 35 кВ) трансформатора **Тр1** і точкою з'єднання з паралельно працюючим аналогічним трансформатором **Тр2**. Коротке замикання відбувалось в часі в проміжку від 1.1 до 1.2 секунди.

На *рис. 2* зображені осцилограми фазних напруг і струмів обох вторинних обмоток (35 кВ і 110кВ) трьохобмоткового трансформатора **Тр1**.

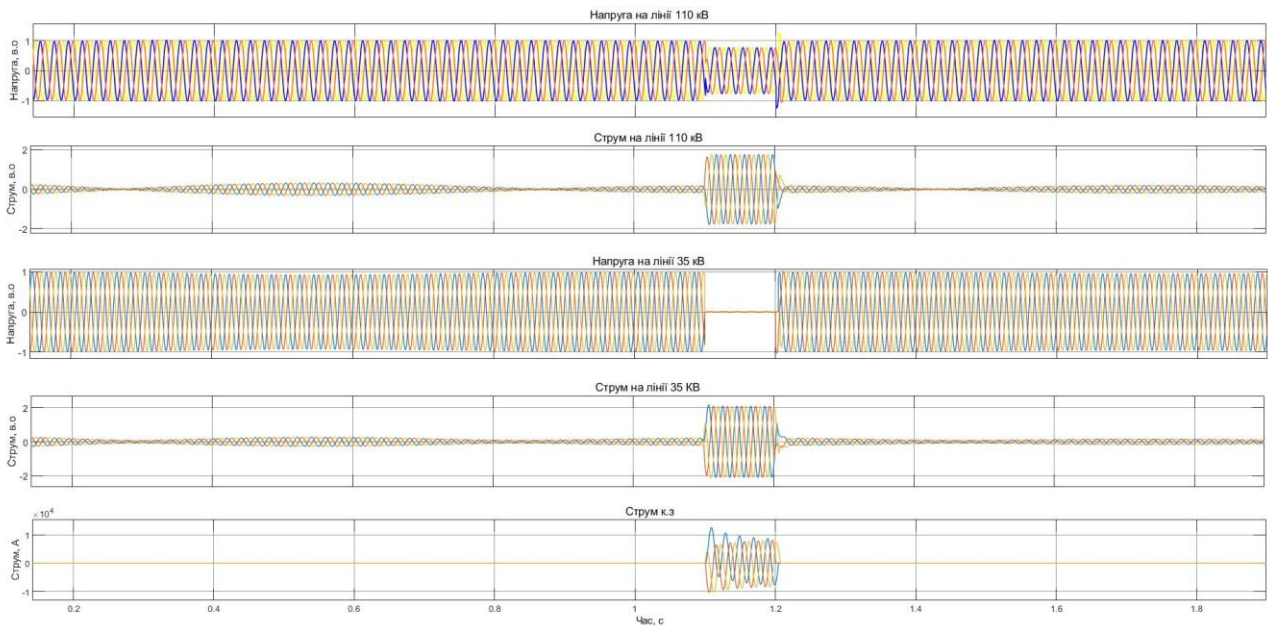


Рисунок 2 – Осцилограми напруг і струмів вторинних обмоток 35 кВ і 110 кВ трансформатора Tr1 (у відносних одиницях)

Трифазне КЗ є симетричним, тому що всі фази виявляються в однакових умовах, і симетрія струмів і напруг не порушується. На даних графіках показано, що на лінії 35 кВ напруга впала до 0, а на лінії 110 кВ напруга зменшилась приблизно на 10 %.

На *рис. 3* зображено реакція трансформатора Tr2, який працює паралельно з трансформатором Tr1 на виході якого (з боку вторинної обмотки 35 кВ) відбулось коротке замикання.

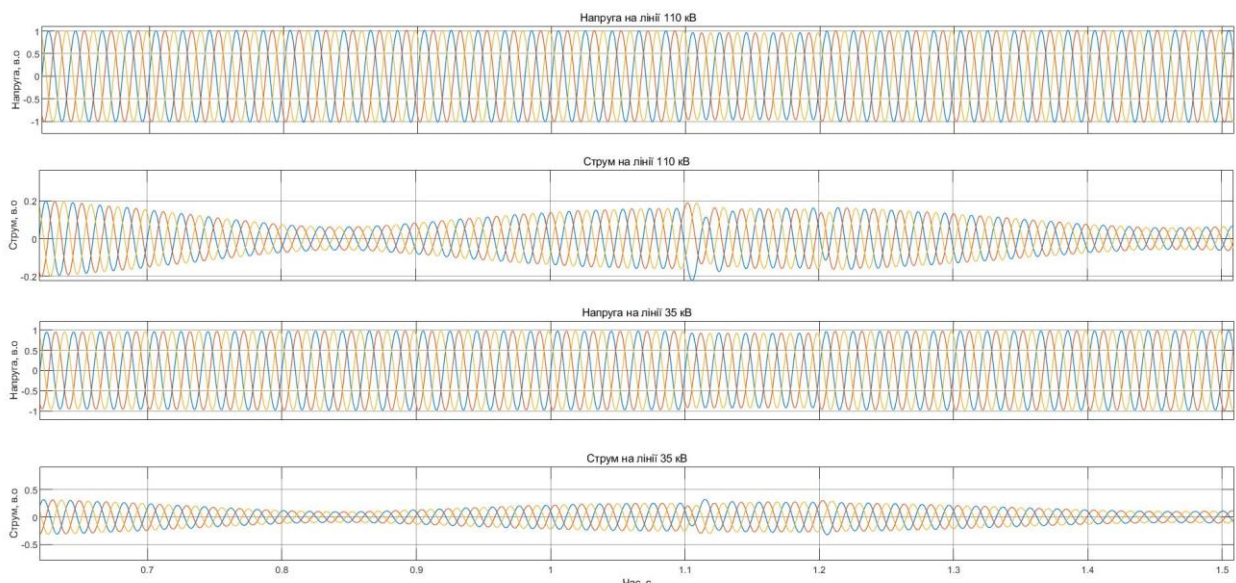


Рисунок 3 – Осцилограми напруг і струмів вторинних обмоток 35 кВ і 110 кВ трансформатора Tr2 (у відносних одиницях)

З графіків видно, що під час короткого замикання на паралельно працюючому трансформаторі також відчувався вплив але він не був значним.

Трифазне коротке замикання супроводжується різким падінням усіх лінійних напруг (як у місці замикання, так і поблизу нього). Як наслідок, трифазне коротке замикання є найнебезпечнішим пошкодженням паралельної стійкості енергосистем і споживачів струму.

На *рис. 4* і *рис. 5* наведені осцилограми фазних напруги (в кВ) на лінії 110 кВ та 35 кВ в точках між станцією і навантаженням.

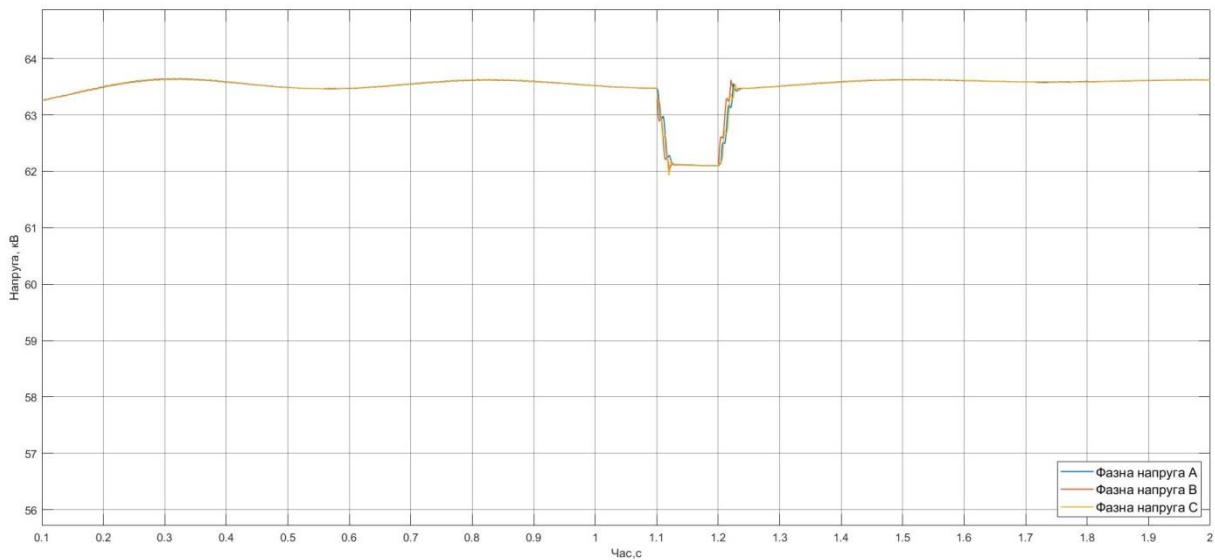


Рисунок 4 – Фазні напруги лінії 110 кВ

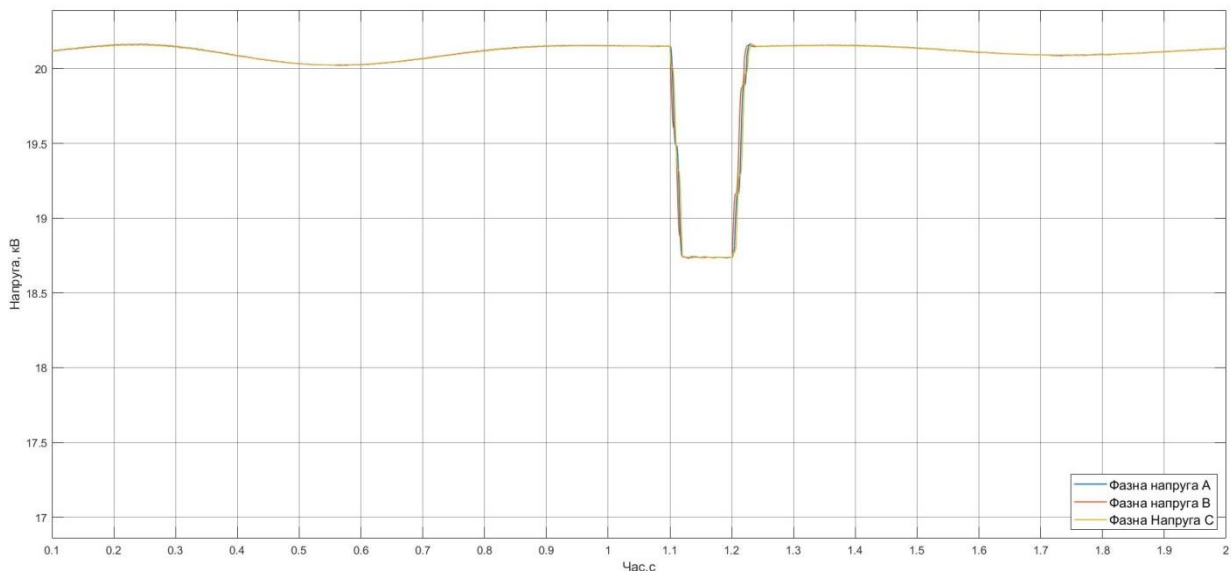


Рисунок 5 – Фазні напруги 35 кВ

За результатами дослідження виявилось, що фазні напруги також зменшились. Причиною може бути по-перше – перерозподіл струмів в мережі між вцілілими частинами системи, а по-друге – збільшення падіння напруги під впливом різко зростаючих струмів [5].

При достатньо тривалому режимі короткого замикання можливе випадання з синхронізму паралельно працюючих турбогенераторів, що безумовно призведе до відключення їх автоматикою від мережі [6].

Виникаючі при замиканнях на землю неврайоновані системи струмів здатні створити магнітні потоки, достатні для наведення в сусідніх електричних колах значних ЕРС, які будуть небезпечними для обслуговуючого персоналу та апаратури цих кіл [6].

Висновки. Дослідження показало, що трифазне коротке замикання навіть на одному з чотирьох паралельно включених трансформаторів, призводить до різкого збільшення струму як в обмотці «постраждалого» трансформатора так і в інших, хоча й в меншій мірі. Це, в свою чергу, може викликати перегрів обмоток, ізоляції та інших елементів трансформатора. Крім того, значне збільшення магнітного поля розсіювання в трансформаторі, може призвести до різкого збільшення електродинамічних сил, які діють на обмотки трансформатора.

Перелік посилань.

1. Бардик Є. І. Електрична частина станцій та підстанцій. Основне електрообладнання : навчальний посібник / Є. І. Бардик, М. П. Лукаш. – Київ : НТУУ «КПІ», 2011. – 220 с.
2. Інструкція з промислової експлуатації силових трансформаторів електростанції ПЕ-21/7-35-19 (отримано на СП «Київські ТЕЦ» КП «Київтеплоенерго»).
3. Інструкція з промислової експлуатації турбогенератора типу ТВФ-125-2УЗ ПЕ-21/7-26-19 (отримано на СП «Київські ТЕЦ» КП «Київтеплоенерго»).
4. Інструкція з промислової експлуатації турбогенератора типу ТВФ-120-2УЗ ПЕ № 21/7-25-19(отримано на СП «Київські ТЕЦ» КП «Київтеплоенерго»).
5. ДСТУ ІЕС 60909-0:2007 Струми короткого замикання у трифазних системах змінного струму. Частина 0. Обчислення сили струму Введ. 2009-01- 01. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 48 с.
6. https://podolyanchuk.ucoz.ua/load/elektrotehnika/materiali_dlja_uchniv/metodi_zakhistu_vid_korotkogo_zamikannya/29-1-0-214