

## АНАЛІЗ ПІКОВИХ СТРУМІВ У СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРАХ: ПРИЧИНИ ВИНИКНЕННЯ, ВПЛИВ НА НАДІЙНІСТЬ ТА МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНИХ НАСЛІДКІВ

Вінницький національний технічний університет

**Анотація:** В роботі було проведено аналіз пікових струмів у силових трансформаторах: причини виникнення, вплив на надійність та методи зниження негативних наслідків.

**Ключові слова:** силові трансформатори, пікові струми, фаза синусоїди,

**Abstract:** The paper analyzed surge currents in power transformers: causes, impact on reliability, and methods for reducing negative consequences.

**Keywords:** power transformers, shock currents, phase of the sinusoid.

### Вступ

Силові трансформатори забезпечують передачу та розподіл електричної енергії на різних рівнях напруги. Надійність та безперебійність роботи трансформаторів безпосередньо впливають на стабільність електропостачання промислових, комунальних і побутових споживачів. У процесі експлуатації трансформатори піддаються впливу різноманітних перехідних режимів, які можуть істотно відрізнятися від номінальних умов роботи. Серед таких режимів особливе місце займають пікові та ударні струми КЗ, що виникають при вмиканні трансформатора, під час коротких замикань у мережі, а також при різких змінах навантаження.

Пікові струми характеризуються значною амплітудою, короткою тривалістю та складною нестаціонарною формою. Їх поява може спричинити суттєві електродинамічні, теплові та механічні навантаження як на сам трансформатор, так і на елементи комутаційної та захисної апаратури. Тому дослідження причин виникнення пікових та ударних струмів КЗ, аналіз їх характеристик та оцінка впливу на елементи електроенергетичної системи є актуальним науково-технічним завданням, спрямованим на підвищення надійності, довговічності та безпеки експлуатації електрообладнання [1].

### Результати дослідження

Одним із найбільш поширених випадків виникнення пікових струмів у силових трансформаторах є момент їхнього вмикання в електричну мережу. Основною фізичною причиною цього явища є процес намагнічування магнітопроводу трансформатора, який супроводжується появою значної аперіодичної складової струму. Внаслідок насичення осердя магнітний потік може досягати значень, що значно перевищують номінальні, а відповідний струм намагнічування різко зростає. Амплітуда пікового струму при цьому у декілька разів перевищує номінальний струм трансформатора і в окремих випадках може наближатися до струмів короткого замикання.

Величина та форма пікового струму істотно залежать від низки факторів, зокрема від моменту вмикання напруги відносно фази синусоїди, наявності залишкової намагніченості магнітопроводу, параметрів живильної мережі та конструктивних особливостей трансформатора. Невдалий момент комутації, наприклад поблизу нульового значення напруги, може призвести до максимальних пікових значень струму [2].

Негативний вплив ударних струмів КЗ поширюється не лише на трансформатор, але й на інші елементи електроенергетичної системи. Високі пікові значення струму створюють додаткові теплові та механічні навантаження на автоматичні вимикачі, роз'єднувачі, струмопроводи та вимірювальні трансформатори струму. Окремою проблемою є можливість помилкового спрацювання пристроїв

релейного захисту, зокрема диференційного захисту трансформаторів, у разі якщо його уставки та характеристики не враховують особливості перехідних процесів і струмів намагнічування.

З метою зменшення негативного впливу електричних пікових струмів у практичній діяльності електроенергетичних підприємств застосовуються комплексні заходи, що включають як технічні, так і організаційні методи. Це зумовлено необхідністю забезпечення стабільності та безпеки роботи трансформаторного обладнання, запобігання його пошкодженню та підвищення довговічності.

До технічних заходів належить керування моментом вмикання трансформатора, яке здійснюється за допомогою керованих або синхронних систем вмикання, що дозволяє мінімізувати пускові перевантаження і, відповідно, пікові струми. Також широко застосовуються пристрої обмеження пускових струмів, зокрема автоматичні або ручні реактори, додаткові резистори та пристрої блокування, які зменшують різкі стрибки струму під час увімкнення обладнання. Важливим аспектом є оптимальні налаштування та селективність релейного захисту, що забезпечує своєчасне виявлення та ізоляцію несправностей без порушення стабільності роботи системи. Окрім цього, проводяться роботи з удосконалення конструктивних особливостей обмоток і магнітопроводів з метою підвищення їх механічної міцності та здатності витримувати значні навантаження під час аварійних режимів або коротких замикань [3].

Не менш важливу роль відіграють організаційні заходи, які передбачають розроблення та дотримання регламентів експлуатації трансформаторного обладнання, планування режимів його вмикання та вимикання, а також проведення регулярного технічного обслуговування і діагностики. Важливим є підвищення кваліфікації оперативного та інженерно-технічного персоналу, що забезпечує правильне реагування на нештатні ситуації та зменшує ймовірність помилок під час експлуатації. Крім того, організаційні заходи включають аналіз аварійних ситуацій, ведення технічної документації, впровадження систем моніторингу стану обладнання та використання результатів математичного моделювання перехідних процесів для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Застосування комплексу технічних і організаційних заходів сприяє підвищенню ефективності та безпеки електроенергетичних систем, дозволяє завчасно виявляти потенційні проблеми та запобігати їх виникненню, що є особливо важливим в умовах сучасних високотехнологічних електроенергетичних систем із високим рівнем автоматизації та складністю експлуатації [4].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ / Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи (частина 1) для студентів 3 (2 с.т.) курсу денної і заочної форм навчання, напрям підготовки 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Герасименко В.О., к.ф-м.н., доцент, Кравченко В.О., к.ф-м.н., доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем: Суми, 2021 рік, 121 ст., рис. 94, табл. 4, бібл. 10 URL: <https://itf.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2025/04/8.pdf>
2. Півняк Г.Г. Конспект лекцій з дисципліни «Перехідні процеси в системах електропостачання». Частина I: «Електромагнітні перехідні процеси» для студентів спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / Г.Г. Півняк, Ю.А. Папайка ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро: НТУ «ДП», 2021. – 164 с. URL: <https://ir.nmu.org.ua/entities/publication/c1c686ab-f063-4839-b502-5619c81a0197>
3. Гай О. В., Бодунов В. М. *Електромеханічні перехідні процеси в електричних системах: навчальний посібник*. Київ: Компринт, 2020. URL: <https://dglb.nubip.edu.ua/handle/123456789/6299>
4. Сірий, Д., Молчанова, К., & Дев'яткіна, С. (2024). Перехідний струм трифазного короткого замикання. *Scientific Collection «InterConf+»*, (47(209), 400–411. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.07.2024.038>

**Гладько Вікторія Вячеславівна** – студентка, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет.

**Тептя Віра Володимирівна** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [teptyavira@gmail.com](mailto:teptyavira@gmail.com)

**Gladko Victoria V.** – student, Vinnitsa National Technical University, student of the department of electric power stations and systems; Vinnitsa, Ukraine.

**Teptia Vira V.** - Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the department of electric power stations and systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: teptyavira@gmail.com