

УДК 621.316

Жорняк Л. Б.¹, Андрусишин М. В.², Ждан В. В.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-814м НУ «Запорізька політехніка»

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КЕРОВАНОГО ПІДМАГНІЧУВАННЯМ ШУНТУЮЧОГО РЕАКТОРА

В даний час в Україні та за кордоном існує безліч різних програм для розрахунку електромагнітних перехідних процесів (ЕМПП) у схемах різної складності. До основних програм таких розрахунків можна віднести MathLab з можливістю моделювання в середовищі Simulink та програмний комплекс ЕМТР/АТР, які науковцями західних країн вважаються основними інструментами для розрахунку перехідних процесів [1, 2]. Розрахунки ЕМПП у вибраному сучасному програмному комплексі ґрунтуються на імітаційному моделюванні магнітозв'язаного кола, який є методом математичного моделювання, при якому запис та розв'язання системи рівнянь, що описують електромагнітну систему, здійснюється з використанням стандартних

елементів (блоків). Застосування методу імітаційного моделювання дозволяє розраховувати перехідні процеси в магнітозв'язаних електричних колах з урахуванням реальної конфігурації електричної та магнітної систем пристрою, що моделюється. Він вважається більше простим і наочним порівняно з методами, заснованими на чисельному розв'язанні систем рівнянь, що описують перехідні процеси в електромагнітній системі. Застосування імітаційного моделювання виключає необхідність запису системи рівнянь великої розмірності для розрахункових перехідних процесів у розгалужених магнітозв'язаних електричних колах [1].

Розробка способів та алгоритмів більш ефективного використання керованих шунтувальних реакторів (КШР) в електричній мережі на основі математичного моделювання керованого підмагнічуванням шунтуючого реактора для дослідження комутаційних та динамічних режимів роботи КШР в складі електроенергетичної системи є важливою темою, також математичні моделі КШР у середовищі Simulink, які використовуються для аналізу комутаційних та динамічних процесів у реакторі при його роботі в енергосистемі дозволяють запобігти аврійним режимам всієї мережі. Проведення відповідних розрахунків фахівцями проєктних організацій затруднено без детального знання особливостей конструкції КШР, алгоритмів його роботи та наявності моделі реактора. Крім того, слід зазначити, що не тільки неправильна оцінка співвідношення параметрів лінії і параметрів керованого реактора, але і неправильна розробка алгоритмів керування КШР може призвести до небажаних наслідків, до яких можна віднести не тільки неуспішне автоматичне повторне включення (АПВ) високовольтних ліній з УШР, але і пошкодження [2].

У силу того, що керований підмагнічуванням реактор є складним електротехнічним пристроєм, який характеризується нелінійними властивостями електротехнічної сталі, то облік усіх фізичних явищ, що відбуваються в магнітній системі реактора, неминуче призведе до погіршення чисельного розрахунку моделі, що викличе неприпустимо велику тривалість обчислень [1].

Дуже важливо на початковому етапі створення моделі визначити низку основних припущень, які з одного боку призведуть до зниження часу розрахунку, з другого – не призведуть до спотворення результатів розрахунку. Серед яких є наступні:

- ярма магнітопроводу, які служать для замикання магнітного струму обмоток і як наслідок запобігання його виходу за межі магнітопроводу, не насичуються, у всіх аналізованих режимах їх магнітна проникність нескінченна ($\mu=0$);

- магнітна індукція у всіх точках стрижня до його насичення однакова, тобто весь стрижень насичується одночасно;

- плоскі поверхні широких ненасичених ярем прилягають до торців стрижня та концентричних рівномірних рівновисоких обмоток;
- обмотки тонкі;
- не враховуються втрати у сталі від вихрових струмів та явище гістерезу;
- довжина шляху потоків розсіювання обмоток приймається рівною висоті вікна магнітної системи автотрансформатора (довжині стрижня).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Афанасьєв, О.І. Електроапаратне обладнання систем електропостачання енергоємних виробництв [Текст] / О. І. Афанасьєв, Л. Б. Жорняк, О. В. Немикіна, В. М. Щусь; за заг. ред. П. Д. Андрієнко. – Запоріжжя : НУ Запорізька політехніка, 2023. – 432 с.
2. Афанасьєв, О.І. Електричні апарати високої напруги [Текст] / О. І. Афанасьєв, Л. Б. Жорняк, В. М. Щусь. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 356 с.