

к.пед.н. Мосієнко Г.М., к.т.н. Тарасенко А.І.

Українська інженерно-педагогічна академія, м. Харків

КОМПЛЕКСНА ТРИСКЛАДОВА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ

В сучасних умовах зростаючі вимоги до електротехнічних пристроїв ведуть до все більшого їх ускладнення. Такі пристрої все частіше мають у своєму складі елементи електроніки, елементи автоматичного керування та регулювання і розглядаються як комплектні електротехнічні пристрої промислового обладнання. Для того щоб визначити параметри елементів, які відповідають оптимальним режимам роботи таких складних пристроїв, необхідно провести загальний аналіз роботи відповідної електричної схеми. Для цього широко застосовуються, так звані, символні методи аналізу електричних кіл, які засновані на застосуванні матричної алгебри, теорії графів та теорії множин [1].

Розглянемо процес побудови складових комплексної моделі електротехнічного пристрою промислового обладнання. Розіб'ємо процес побудови моделі на кілька етапів. На першому етапі розробляємо першу складову (інформаційну), яка складається з виділення в різноманітні електротехнічних пристроїв інформаційних суттєвостей, їх атрибутів і зв'язків між ними. Інформаційне моделювання – процес описування або побудови моделі предметної галузі в тому вигляді або форматі, які по-перше, легко сприймаються людиною, і по-друге легко можуть бути перетворені в набір специфічних елементів інформаційного характеру.

На цьому етапі розробки інформаційної складової комплексної моделі скористаємося методикою побудови моделей будь-яких об'єктів [2], виділяючи з усієї безлічі ознак реального об'єкта лише ті, які дозволяють сформулювати

умови для створення цілісної моделі електротехнічного пристрою промислового обладнання

$$O = \{ R, S, D, H \},$$

де R, S, D, H – множини ознак, які визначають призначення, структуру, будову, принцип дії, параметри, характеристики та властивості електротехнічного об'єкта.

На другому етапі розглянемо побудову топологічної складової комплексної моделі, як еквівалентну схему взаємозв'язків параметрів, які характеризують конкретний пристрій в реальних умовах експлуатації, тобто нам необхідна схема заміщення фізичного об'єкта. Важливість схеми заміщення для аналізу роботи кола обумовлена тим, що ми маємо можливість отримати схемні зв'язки між елементами, а також високу ступінь формалізації. Найважливішим є завдання розглянути варіанти можливих схем в залежності від умов роботи та режимів.

Характеристики реальних двополюсних елементів резистора, котушки індуктивності та конденсатора відрізняються від характеристик ідеальних елементів. Це відбувається через те, що виникають втрати потужності в проводах, пластинах та діелектрику конденсатора, магнітопроводі котушки, а також від впливу супутніх параметрів елементів. Ці явища враховуються в схемах заміщення додатковими ідеальними елементами, які включаються послідовно або паралельно по відношенню до основного параметра, який характеризує фізичний об'єкт.

На третьому етапі створюємо третю складову - розрахункову модель.

Розрахункова модель передбачає наявність конкретного завдання по розрахунку необхідних параметрів, режимів, характеристик, експлуатаційних величин які необхідно знати для вирішення виробничих задач по експлуатації, модернізації, удосконаленню роботи промислового обладнання.

Фактично розрахункова модель – це математична модель, яка представляє собою систему математичних виразів, які описують характеристики об'єкта моделювання.

Розглянемо поетапну побудову моделі електротехнічного пристрою, як реального фізичного об'єкта на основі комплексної трискладової моделі. Для цього наведемо приклад побудови моделі електротехнічного елементу промислового обладнання – резистора.

Визначимо послідовність побудови моделей електротехнічних пристроїв, основне призначення яких – створення опору протіканню електричного струму в електричних колах різноманітного призначення. Під терміном «резистор» в даному випадку будемо розуміти всі ті електротехнічні пристрої, у яких основний параметр (параметр, за ради якого вони створювались) є параметр R , омичний або активний опір. Це перш за все безпосередньо резистори постійного та змінного опору, пускові та регулювальні реостати, зразкові резистори опору, з'єднувальні дроти та ін.

На першому етапі розглянемо побудову інформаційної складової комплексної моделі резистора за визначеними ознаками.

Ознака R : R_1 – створення опору протіканню електричного струму; R_2 – забезпечення необхідних режимів роботи електротехнічного об'єкта; R_3 – забезпечення безпечних умов експлуатації промислового обладнання.

Ознака S : S_1 – діелектрична основа основного елементу; S_2 – основний елемент з провідникового матеріалу; S_3 – виводи або затискачі.

Ознака D : D_1 – опір матеріалу провідника протіканню електричного струму; D_2 – перетворення електричної енергії в теплову.

Ознака H : H_1 – опір; H_2 – струм; H_3 – напруга; H_4 – потужність; H_5 – робоча температура; H_6 – масо-габаритні параметри; H_7 – вольт-амперна характеристика; H_8 – ВЧ-параметри.

На другому етапі побудови топологічної складової моделі розглянемо схеми заміщення резистора, як конструктивного елемента електротехнічного промислового обладнання. Структура схем залежить від цілого ряду факторів.

Перш за все необхідно враховувати умови експлуатації резистора, характеристики джерела живлення, конструктивні особливості та технологію виготовлення елемента.

Найпростіша модель резистора є ідеальною, так як представлена одним параметром R і не враховує інші супутні параметри, які мають місце в реальному елементі. Така модель може бути прийнята в таких випадках:

- резистор працює в колі постійного струму і враховує тільки омичний (активний) опір резистора і його властивість перетворювати електричну енергію в інші види енергії;

- резистор працює в колі змінного струму низької частоти (промислова частота) і супутні параметри на цій частоті мають малі значення по відношенню до основного параметра, тобто ними можна знехтувати без суттєвого впливу на результати розрахунку;

- резистор працює в колі змінного струму, але технологія його виготовлення не передбачає наявності супутніх параметрів, значення яких необхідно враховувати.

Більш складною є модель резистора, яка враховує такий супутній параметр, як індуктивність. Цей параметр залежить від багатьох факторів і перш за все від таких, що виводять параметр індуктивності на такий рівень, при якому опір, що створює цей параметр в електричному колі суттєво впливає на режим роботи навантаження. Серед таких факторів слід зазначити:

- технологію виготовлення резистора, при якій застосовувалась намотка дроту на діелектричний каркас. В цьому випадку резистор характеризується досить великою індуктивністю, тому що має місце поточкозчеплення магнітного потоку з витками резистора, що створюється особливостями конструкції (намотка котушки);

- конструкція резистору передбачає наявність відносно довгих виводів складної конфігурації. Індуктивність виводів такої форми може суттєво впливати на режими роботи резистора і її необхідно враховувати при побудові моделі елемента, особливо в колах високої частоти.

У більш складних варіантах моделі додаткова враховується міжвиткова ємність. Чим вище точність розрахунків, тим більша кількість факторів повинна враховуватись при побудові моделі і тим складніший вигляд буде мати еквівалентна схема кожного елемента предметної галузі. Разом з тим ускладнення еквівалентних схем суттєво збільшує трудомісткість розрахунків, тому при аналізі електричних кіл необхідно прагнути до використання спрощених схем заміщення реальних елементів, які б складались з мінімальної кількості обґрунтовано необхідних ідеалізованих елементів.

Але в кожному конкретному випадку схеми заміщення одного і того ж елемента можуть мати різний вигляд в залежності від робочого частотного діапазону.

На третьому етапі побудуємо розрахункову (математичну) модель фізичного об'єкта, тобто розглянемо визначення можливих математичних залежностей, які зв'язують основні електричні величини з параметрами схеми заміщення з урахуванням умов експлуатації електротехнічного пристрою. За результатами третього етапу моделювання з'являється можливість провести необхідні розрахунки параметрів та режимів роботи конкретних фізичних об'єктів.

Література:

1. Тарасенко А.І, Мосієнко Г.М. Узагальнена комплексна модель елементів електротехнічного обладнання. Trends of modern science – 2020 : Materials of the XVI International scientific and practical Conference. (Sheffield, May 30 – June 7, 2020). – Sheffield : Science and education Ltd, 2020. – Vol. 7. Pedagogical sciences. – S. 19 - 22.

2. Лазарєв М. І., Мосієнко Г. М., Тарасенко А. І. Узагальнена трискладова гібридна модель змісту навчання елементів електротехнічного обладнання. *Проблеми інженерно-педагогічної освіти*. Харків : УПА, 2019. Вип. 64. С. 81-91.