

ПРОБЛЕМИ МЕТОДИКИ ВИВЧЕННЯ ПИТАНЬ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

Валерій ЯГУП¹, Катерина ЯГУП²

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна, ORCID 0000-0002-7019-3499, e-mail: Yagup4519@gmail.com

²Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, ORCID 0000-0002-9305-8169, e-mail: kata3140@gmail.com

Моделювання електромеханічних систем складає важливий етап у формуванні системи знань і навичок при підготовці спеціалістів вищої кваліфікації за спеціальністю 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Роль моделювання підвищується у зв'язку з необхідністю забезпечення навчального процесу в умовах пандемії і воєнного стану нашої країни в зв'язку з переходом на дистанційну систему навчання. Правильна постановка методика і організації моделювання сприяє не тільки засвоєнню сучасних програмних пакетів, але й поглибленню розуміння фізичних процесів, що протікають у електромеханічних системах при різноманітних режимах їх роботи. Огляд літератури [1-8] дозволяє зробити висновок, що ці книги та навчальні посібники зазвичай перевантажені результатами наукових досліджень їх авторів і методично не продумані, бо не враховують необхідність раціональної подачі матеріалу з урахуванням психологічних властивостей студентів при засвоєнні нового матеріалу в умовах дефіциту часу і навчання у дистанційному режимі. Основним програмним комплексом для дослідження електромеханічних систем слід признати MATLAB з розширеннями Simulink/Simscape/SimPowerSystem. Саме в цьому пакеті містяться всі необхідні компоненти електромеханічних систем, а засоби візуального моделювання дозволяють швидко створювати необхідні моделі і досліджувати їх у перехідних та усталених режимах. При цьому студент позбавляється необхідності складати програми на основі спеціальних чисельних методів і налагоджувати ці програми, витрачаючи на це багато часу. Важливо підкреслити ці обставини, пояснивши при цьому, що всю необхідну роботу в цьому плані виконує сама система MATLAB, яка за топологією візуальної моделі складає матричні рівняння за методом змінних стану, розв'язує їх обраним чисельним методом і нараховує дискретні значення із призначеним кроком інтегрування за програмою, яку теж складає система і запускає її в режимі інтерпретатора. Такі відомості в загальному вигляді дозволяють студенту між іншим оцінити всю потужність і універсальність пакету MATLAB. З інших програмних засобів можна назвати пакети MathCAD і навіть MS Excel, які також

дозволяють вирішувати завдання, але потребують більших витрат часу.

Клас пристроїв, які підлягають дослідженню на моделях, визначається традиційним класичним набором електромеханічних пристроїв, що вивчаються в дисципліні «Електричні машини». Вкрай необхідним для спеціалістів за напрямом 141 спеціальності ретельне вивчення трансформаторів, оскільки ці пристрої є найбільш розповсюдженими електромеханічними пристроями в електроенергетиці і в електротехнічних комплексах взагалі. З електричних машин слід зосередитися на машинах постійного і змінного струму. Зокрема, двигуни постійного струму з незалежним і послідовним збудженням, а також генератори постійної напруги як приклад оберненої машини по відношенню до двигунів. Для машин змінного струму у програму дослідів раціонально включити асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором, а також синхронні двигуни з постійним магнітом в якості ротора (вони знаходять використання в електромобілях), і синхронні генератори, які становлять основу генерації в електроенергетиці. Перед проведенням моделювання раціонально відновити знання з фізики роботи пристрою, представляти його основні параметри, характеристики і режими роботи. Дуже корисним завданням для студентів є вивчення технічної документації на моделі пристроїв із бібліотеки компонентів SimPowerSystem в розділі Help відповідної моделі. Ця робота може проводитися у співпраці із кафедрою іноземних мов в якості завдань для самостійної роботи при вивченні завичок перекладу з англійської мови в професійній технічній літературі.

Важливими в практичному плані є вміння розраховувати параметри моделей, які потрібно вводити у вікно властивостей моделі досліджуваного електромеханічного пристрою. Слід приділити увагу розрахункам параметрів моделей за паспортними даними електромеханічного пристрою. Корисним є також ознайомлення з типовими паспортними даними, скажімо, трансформаторів, що їх можна залучити з сайтів виробників цих пристроїв, а також вивчення типових параметрів закордонних електричних машин, які представлені безпосередньо в моделях як варіанти для вибору конкретної електричної машини. Рекомендується також приділити увагу ознайомленню з можливостями завдання параметрів моделей електромеханічних пристроїв у відносних одиницях, що виражаються через базові параметри.

На початкових заняттях рекомендується продемонструвати студентам етапи складання віртуальної лабораторної установки для проведення дослідів. Тут важливо показати розділи бібліотек, з яких слід обирати елементи схеми дослідження і опис кожного з цих компонентів. Слід ознайомити студентів з основними вимірювальними віртуальними приладами, в тому числі приділити увагу спеціальним вимірювачам для двигунів і генераторів, які дозволяють дістати всі основні величини для досліджуваних режимів електричних машин. Створення моделі віртуальної установки рекомендується проводити поетапно, послідовно нарощуючи склад

компонентів на установці і поетапно перевіряючи працездатність набраної моделі. Треба обов'язково показати налаштування параметрів симуляції, приділивши увагу методу інтегрування, віддавши пріоритет методам інтегрування жорстких (stiff) систем диференціальних рівнянь.

Дослідження електромеханічних пристроїв по суті полягає в першу чергу у симуляції можливих режимів роботи пристроїв. До них можуть бути віднесені пускові режими, режими неробочого ходу, режими при номінальному навантаженні, режими з перевантаженнями і з крахом пуску, наприклад, вживання засобів для забезпечення пуску, і в першу чергу – для двигунів, коли перевантаження не дозволяє продовжити нормальну роботу пристрою. Раціональним і показовим представляється вживання одразу же заходів, які дозволяють забезпечити роботу пристроїв і з перевантаженнями. Наприклад, для асинхронного двигуна цікавим виглядає пуск при пониженій частоті, а для двигуна постійного струму перехід на схему з послідовним збудженням.

Важливими дослідженнями є перевірка балансів активної і реактивної потужностей в усталених режимах. Для трансформаторів раціональною представляється перевірка активних втрат в режимах неробочого ходу і в режимі короткого замикання. При дослідженні двигунів цікавим є співставлення механічної потужності на валу двигуна з електромагнітною потужністю, що вона розвивається ротором машини. При дослідженнях синхронного генератора слід оцінювати споживані від генератора потужності і потужності на навантаженнях.

В процесі вивчення студентами основ моделювання електромеханічної систем важливо підкреслювати, що тільки моделювання дозволяє провести всебічні і всеосяжні дослідження режимів електромеханічних систем.

Список використаних джерел

- [1]. А.В. Башарин, Ю.В. Постников Примеры расчета автоматизированного электропривода на ЭВМ: Учебное пособие для вузов.-3-е изд.-Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990.
- [2]. О.П. Чорний, А. В.Луговой, Д. Й. Родькін. *Моделювання електромеханічних систем: Підручник*. Кременчук, 2001.
- [3]. О.І. Толочко Моделювання електромеханічних систем. *Математичне моделювання систем асинхронного електроприводу: навчальний посібник*. Київ, НТУУ «КПІ», 2016.
- [4]. В.Ф. Шинкаренко, А. А. Шиманська, В. В. Котлярова *Моделювання електромеханічних систем*. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019.
- [5]. И.П. Копылов Математическое моделирование электрических машин : М. :

Высш. шк., 2001. –

- [6]. P. Krause, O. Wasynczuk. Analysis of electric machinery and drive systems. *IEEE Press*, 2002.
- [7]. С. Г. Герман-Галкин, Г. А. Кардонов. *Электрические машины: Лабораторные работы на ГТК*. СПб.: КОРОНА принт, 2003.
- [8]. А. О. Лозинський, В. І. Мороз, Я. С. Паранчук. Розв'язування задач електромеханіки в середовищах пакетів MathCAD і MATLAB. Львів: Видавництво НУ” ЛП, 2000.