

Моделювання авіаційного синхронного трифазного генератора в двигуновому режимі

В роботі складено математичну модель авіаційного трифазного генератора у двигуновому режимі, досліджено його роботу для визначення придатності його в якості стартера маршевих двигунів.

Для реалізації задачі з дослідження режимів роботи авіаційного генератора необхідно скласти комп'ютерну модель пуску синхронного двигуна. Синхронні машини мають складний математичний опис, який являє собою систему диференціальних рівнянь [1]. Для виконання цієї задачі був обраний пакет програм MatLab. Він призначений для аналітичного та чисельно вирішення різних математичних задач, а також для моделювання електротехнічних та електромеханічних систем, що стало доступним завдяки додаткам Simulink. Simulink працює з лійними, нелійними, неперервними, дискретними, багатовимірними системами. Набір стандартних блоків Simulink достатньо об'ємний, однак в практиці моделювання зустрічаються ситуації, коли потрібного блоку немає, або структурне моделювання робить модель занадто складною. В таких випадках є необхідним встановлення додаткових бібліотек. Однією з них є SimPowerSystem.

Бібліотека SimPowerSystems містить набір блоків для імітаційного моделювання електротехнічних пристроїв. В склад бібліотеки входять моделі пасивних і активних електротехнічних елементів, джерел електроенергії електродвигунів, трансформаторів, ліній електропередач і іншого обладнання.

Методика створенні моделі SimPowerSystems нічим не відрізняється від створенні моделі на основі базових бібліотек. Потрібно так само виконати розстановку блоків на схемі, задати їх параметри, з'єднати блоки і встановити параметри розрахунку моделі в цілому. Проте такі моделі мають і ряд відмінностей [19]:

1. Входи і виходи SPS-блоків, на відміну від блоків Simulink, не показують напрям передачі сигналу, оскільки фактично є еквівалентом електричних контактів. Таким чином, струм може через вхід або вихід блоку протікати в обох напрямках.

2. SPS-блоки і блоки Simulink не можна напрямку з'єднати один з одним. Їх можна передавати або через управляємі джерела струму (напрути) або через вимірювачі струму (напрути)

3. На схемі повинен бути присутній хоча б один вимірювальний блок. Це пов'язано з особливостями перетворення SPS моделі в еквівалентну модель Simulink.

Серед переваг даної бібліотеки можна виділити дві основні. По-перше, вона дозволяє моделювати складні електротехнічні системи, поєднуючи методи імітаційного і структурного моделювання. Другою її перевагою є

можливість створення власних блоків, за відсутності потрібних у стандартній бібліотеці. В бібліотеці Powerlib даного програмного продукту є готові моделі синхронних машин у вигляді окремих блоків.

Для моделювання процесу запуску двигуна була складена схема [3], що зображена на рис 1.

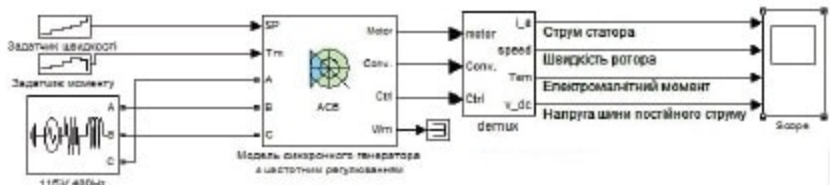


Рис. 1. Модель синхронного електроприводу з частотним регулюванням

Математичну модель можна орієнтовно розділити на 3 частини: блоки управління, блоки перетворювачів і власне модель двигуна. Блок джерела електроенергії вибираємо з підрозділу Electrical Sources бібліотеки SimPowerSystems. Він моделює трифазне джерело електроенергії. У нього задаються параметри мережі живлення: частота $f=400$ Гц, та фазна напруга $U=115$ В.

Розглянемо детальніше модель синхронного двигуна з частотним регулюванням [4].

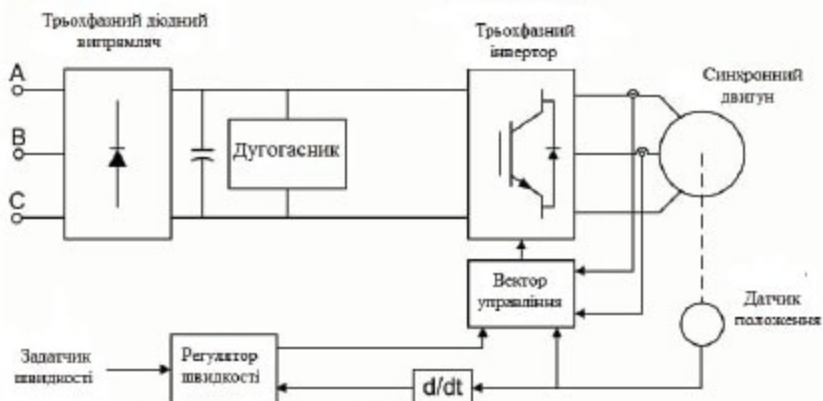


Рис. 2. Функціональна схема MatLab синхронного двигуна з частотним регулюванням

Програмний продукт MatLab має вбудовану модель синхронного двигуна з частотним регулюванням, розроблену за допомогою Simulink. Розглянемо детальніше її структуру.

З джерела живлення змінна напруга потрапляє на випрямляч. Потім постійний струм потрапляє на перетворювач струму і на інвертор, в якому він

знову перетворюється в постійний і живить сам синхронний двигун. В цей час з датчиків швидкості і моменту сигнал потрапляє на контролер швидкості, туди ж приходить сигнал зворотного зв'язку з механічної частини двигуна. Після всіх операцій сигнал з контролера швидкості формує управляючий вектор та потрапляє на вимірювач параметрів двигуна, де він опрацьовується і видає остаточне значення швидкості обертання двигуна [5].

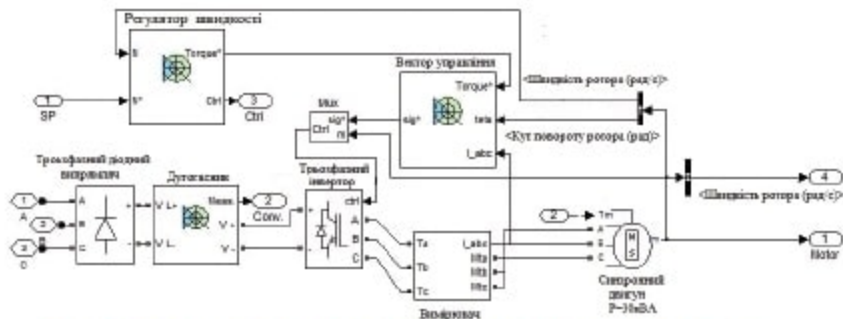


Рис. 3. Структура моделі Simulink синхронного двигуна з частотним регулюванням

В даному діалоговому вікні задаються усі необхідні параметри двигуна, які є в паспортних даних або були попередньо розраховані. В табл. описані всі входи і виходи даного блоку [6].

Таблиця

Опис функціональних входів та виходів блоку синхронного двигуна

Назва входу/виходу	Опис входу/виходу
SP	Задатчик швидкості або моменту. Швидкість уставки може бути кроковою функцією. Якщо моменти навантаження і швидкості мають протилежні знаки, момент прискорення буде сумою електромагнітних моментів і моментів навантаження
Tm або Wm	Механічний вхід: момент навантаження (Tm) або швидкість двигуна (Wm)
A, B, C	Три фазних клеми приводу двигуна
Wm або Te	Механічний вихід: швидкість двигуна (Wm) або електромагнітний момент (Ti)
Motor	Вектор вимірювання параметрів двигуна
Conv	Вектор вимірювання трифазного перетворювача. Цей вектор містить: напругу шини постійного струму; вихідний струм випрямляча; вхідний струм інвертора
Ctrl	Вектор вимірювання параметрів контролера. Цей вектор містить: заданий момент; помилку швидкості (рівень між заданою швидкістю і фактичною швидкістю); крутний момент

Після проведення настройки всіх блоків, вводимо параметри моделювання (час моделювання $T=65$ с, крок дискретизації $Ts=7,5e-005$ с) і

запускаємо моделювання [6]. На рис. 4 зображено графіки, що були отримані в результаті моделювання. На першому зображена залежність струму стартера у різні моменти часу.

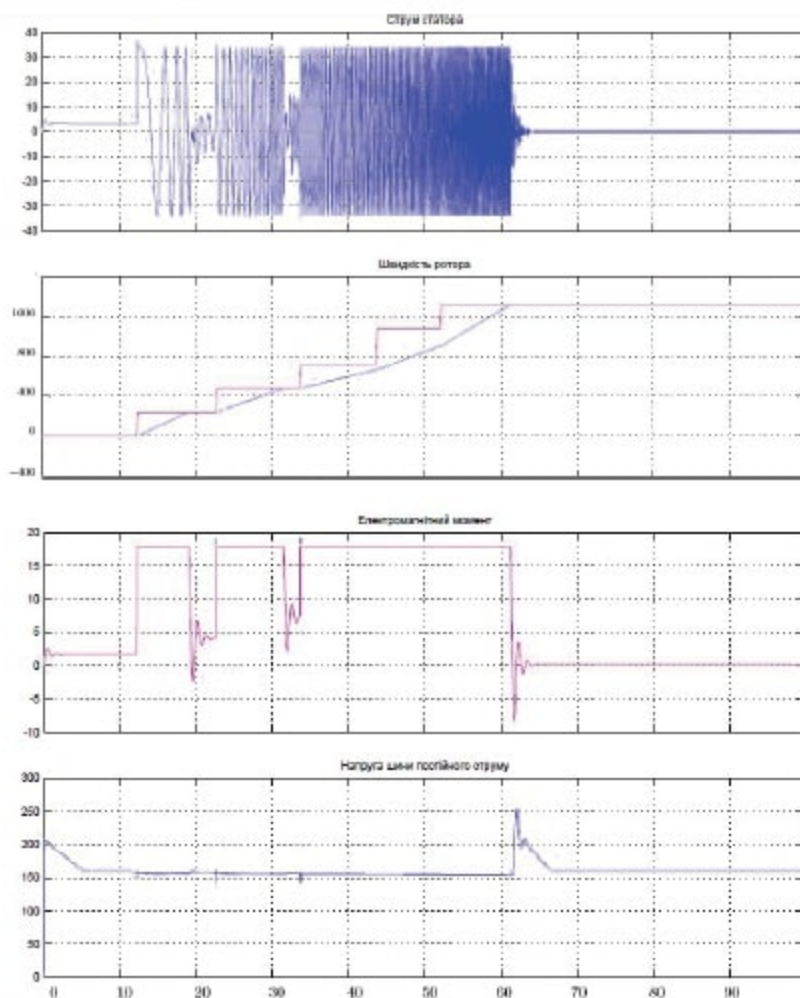


Рис. 4. Графіки залежності струму стартера, швидкості ротора, електромагнітного моменту та напруги шин постійного струму від часу обертання

Другий графік характеризує зміну швидкості обертання ротора в залежності від часу моделювання. На ньому видно, що двигун виходить на

необхідну швидкість обертання (1155 рад/с) за 61 секунду, що майже співпадає зі значеннями, отриманими при розрахунках.

На третьому та четвертому графіках показані відповідно залежності електромагнітного моменту та напруги шини постійного струму від часу моделювання.

Висновки

В результаті роботи над створенням комп'ютерної моделі була створена модель функціонального рівня системи синхронний двигун з частотним регулюванням. Проведене комп'ютерне моделювання показало можливість запуску двигуна в необхідний час зі вказаними параметрами. Наступним кроком є розробка системи імпульсно-фазового керування, яка буде опрацьовувати розраховані параметри двигуна та керувати процесом його запуску та зупинки.

Список літератури

1. Семёнов А.С. Моделирование режима пуска синхронного двигателя электропривода насоса ГрАТ-4000 // Наука в центральной России. – Москва, 2012. – С. 150.
2. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MatLab, SimPowerSystems и Simulink. - М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. - 288 с.
3. С.-М. Ong, Dynamic Simulation of Electric Machinery Using MatlabTM / Simulink. Prentice-Hall, Inc., 1998. – pp. 39.
4. Z. Spoljaric, K. Miklosevic, Z. Valter. Analysis of Synchronous Motor Drive using SimPowerSystems, DAAAM International, Vienna, Austria. – pp. 1133-1135.
5. Zh. Li, Y. Yang, X. Simulation and Analysis of the Third-order Model of Synchronous Generator Based on MFC, Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, Changchun, China. – pp. 452.
6. Jie Chen, Thomas Wu, Jay Vaidya. Nonlinear Electrical Simulation of High-Power Synchronous Generator System//2006 SAE Power Systems Conference. – pp. 141.