

ВІРТУАЛЬНА ЛАБОРАТОРІЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА В АВТОНОМНОМУ РЕЖИМІ РОБОТИ

¹Сперкач В.Ю., бакалавр, ¹Монахов Є.А., асистент, ²Святненко В.А., ст. викл.
КПІ ім. Ігоря Сікорського, ¹кафедра електромеханіки, ¹кафедра теоретичної електротехніки

Вступ. Дослідження електричних машин в лабораторних умовах є невід’ємною частиною при підготовці фахівців в області електромеханіки. Під час курсу підготовки в лабораторіях майбутні фахівці “закріплюють” отримані теоретичні знання та працюють з реальним обладнанням. Слід зазначити, що використання силових агрегатів в лабораторії електричних машин потребує значних енергетичних ресурсів, роботи обслуговуючого персоналу та додержання техніки безпеки під час проведення відповідних робіт. Окремим питанням є допуск студентів до лабораторних занять.

Для допуску та попереднього ознайомлення з лабораторною роботою пропонується проведення відповідної лабораторної роботи в “віртуальній лабораторії” на базі програми Matlab, яка дозволяє проводити моделювання електротехнічних пристроїв, в тому числі і моделювання та дослідження електричних машин. Наступний аналіз проведено для лабораторної роботи “Синхронний трифазний генератор в автономному режимі роботи”[1]. Схема лабораторної установки представлена на рис. 1.

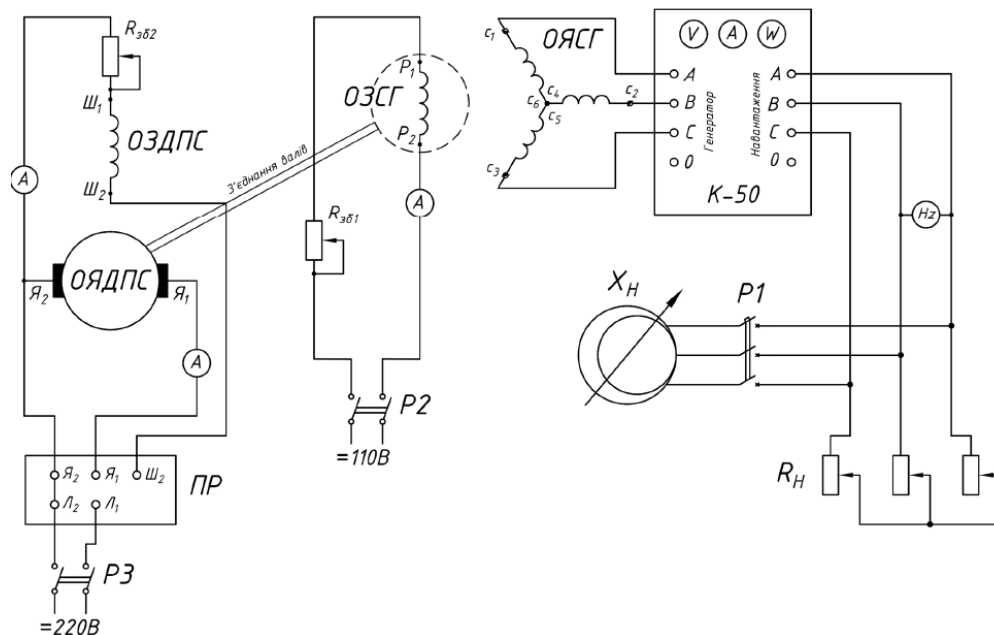


Рисунок 1 – Принципова схема випробувань синхронного генератора в автономному режимі роботи

При цьому необхідно забезпечити максимальне наближення “віртуальних лабораторних робіт” до реальних робіт, для чого необхідно вирішити наступні завдання:

- розробити достовірні математичні моделі та провести їх порівняння з відповідними експериментами, проведеними на реальних стендах;
- розробити інтерфейс взаємодії користувача (студента) з моделлю;
- розробити алгоритм взаємодії користувача (студента) з моделлю;
- розробити алгоритм виявлення «неправильних» сценаріїв роботи, які можуть допускатись студентами під час роботи та вивід відповідних повідомлень.

Для моделювання синхронного генератора було використано наступні рівняння, складені в системі координат ротора[2]:

$$\begin{cases} \frac{di_d}{dt} = \frac{1}{L_s} \left(u_d - R_s i_d - L_m \frac{di_f}{dt} + \omega L_s i_q \right); \\ \frac{di_q}{dt} = \frac{1}{L_s} \left(u_q - R_s i_q - \omega L_s i_d - \omega L_m i_f - \omega \psi_0 \right); \\ \frac{di_f}{dt} = \frac{1}{L_f} \left(u_f - R_f i_f - L_m \frac{di_d}{dt} \right); \\ \frac{d\omega_r}{dt} = \frac{1}{J} (M - M_c); \\ M = \frac{3}{2} Z_p \left[\psi_0 i_q \pm L_m i_q i_f \right], \end{cases}$$

Математична модель була побудована на основі Simulink-блоків на основі заданих диференційних рівнянь. Рівняння двигуна постійного струму не представлені в статті. Блок-схема представлена на рис. 2.

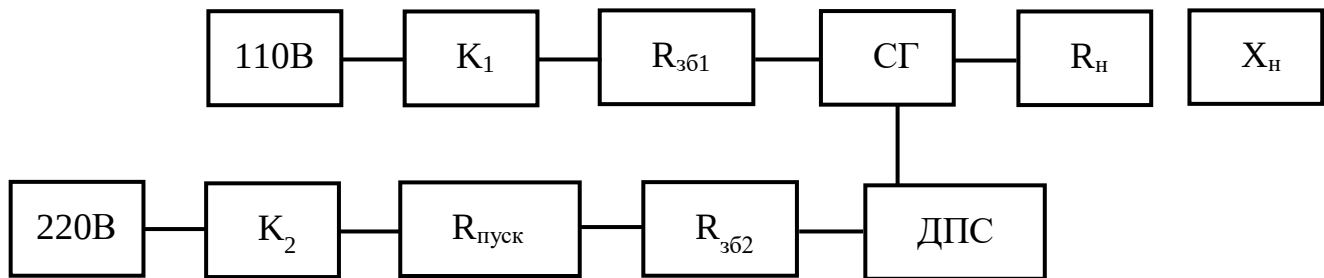


Рисунок 2 – Блок-схема

Взаємодія між користувачем та математичною моделлю відбувається за допомогою зв'язки між програмою Matlab та мікроконтролером Arduino, яка забезпечує зчитування фізичних показників з різноманітних електротехнічних пристроїв [2]. В таблиці 1 представлено електротехнічні елементи та відповідні об'єкти моделювання.

Таблиця 1

№ п/п	Об'єкт моделювання в роботі	Електротехнічні пристрої
1	Реостат в колі обмотки збудження ДПС (R_{361})	Потенціометр
2	Реостат в колі обмотки збудження СГ (R_{362})	Потенціометр
3	Навантажувальний реостат (R_H)	Потенціометр
4	Індуктивність (індукційний регулятор) (X_H)	Потенціометр
5	Пусковий реостат ($R_{пуск}$)	Потенціометр
6	Вимикач 110В постійного струму (K_1)	Кнопка
7	Вимикач 220В постійного струму (K_2)	Кнопка

В якості потенціометрів використано змінні резистори багатообертові. В якості мікроконтролера використано Arduino Nano та Arduino Uno.

Під час роботи з «віртуальним» стендом користувач (студент) повинен здійснити той же порядок дії, що й при роботі з реальним стендом, наприклад: перед запуском двигуна постійного струму перед його ввімкненням у мережу необхідно вивести опір в максимальне значення. Аналогічно при ввімкненні живлення обмотки збудження синхронного генератора попередньо треба вивести опір, ввімкнений в коло збудження до максимального значення. Існує низка сценаріїв «неправильних» дій користувача, тому важливим є виявлення «неправильних» сценаріїв та попередження користувача відповідними повідомленнями та можливими помилками, які б були допущені при роботі з реальним стендом, наприклад, при прямому пуску ДПС виводиться повідомлення: «Під час пуску двигуна постійного струму обмотка якоря була виведена із ладу через великі пускові струми».

Висновок. Використання віртуальних лабораторних робіт має перспективи по поліпшенню та прискоренню підготовки студентів та фахівців.

Перелік посилань

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Електричні машини» [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Ю.А. Гайденко, С.С. Цивінський. – Електронні текстові данні (1 файл: 2,07 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018- 69с.

2. Mathworks – Makers of MATLAB and Simulink – MATLAB & SIMULINK [Електронний ресурс]// <https://www.mathworks.com>