

РАЗРАБОТВАНЕ НА ЛАБОРАТОРНА СИСТЕМА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ДВИГАТЕЛ-ГЕНЕРАТОРНИ ГРУПИ

Васил Димитров, Петко Костадинов,
vdimitroff@abv.bg , petko_kostadinov@abv.bg

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”
гр. София, ул. „Гео Милев” 158
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: *електрозадвижване, синхронен генератор, асинхронен двигател, честотен преобразувател*

Резюме: *В съответствие с бързото технологично развитие и навлизането на промишлената електроника в тяговите и спомагателните задвижвания в електрически транспортни средства и автомобили все повече се налага повишаване на енергийната ефективност на задвижващите механизми и на системите за генериране на електроенергия. За тази цел е особено необходима не само теоретична подготовка на специалистите, занимаващи се с проектиране, изработване и настройка на системи за управление на електрозадвижвания, но и засилен практическа насоченост в обучението, отговаряща на тенденциите в развитието на съвременната техника. Осигуряването на оптимални работни режими и на максимална енергийна ефективност на синхронните генератори и асинхронните двигатели зависи в значителна степен от доброто познаване на техните характеристики.*

В тази връзка, в доклада е разработен лабораторен стенд за изследване на различни характеристики на синхронни и асинхронни машини с цел провеждане на лабораторни упражнения, научни изследвания и експерименти, който предоставя следните възможности:

- изследване на синхронен генератор при промяна на възбуждането и при различно натоварване.*
- изследване на алтернатор при промяна на възбуждането и при различно натоварване.*
- изследване на асинхронен двигател с честотно управление.*
- изследване на синхронна машина в двигателен режим.*

ВЪВЕДЕНИЕ

За осигуряване на непрекъснатото развитие и подобряване ефективността на електрозадвижванията се налага непрекъснато повишаване нивото на подготовката на специалистите, занимаващи се с проектиране, изработване и настройка на системи за управление на електрозадвижвания. Разработването на енергоефективни системи за управление на електродвигатели и внедряването на нови технологии и продукти в електрообзавеждането и автоматизацията е приоритет на много водещи фирми в областта на транспорта и

промишлеността [1-5]. Всичко това поставя по-високи изисквания по отношение на качеството на обучение на студентите, подготвяни за работа в тези области.

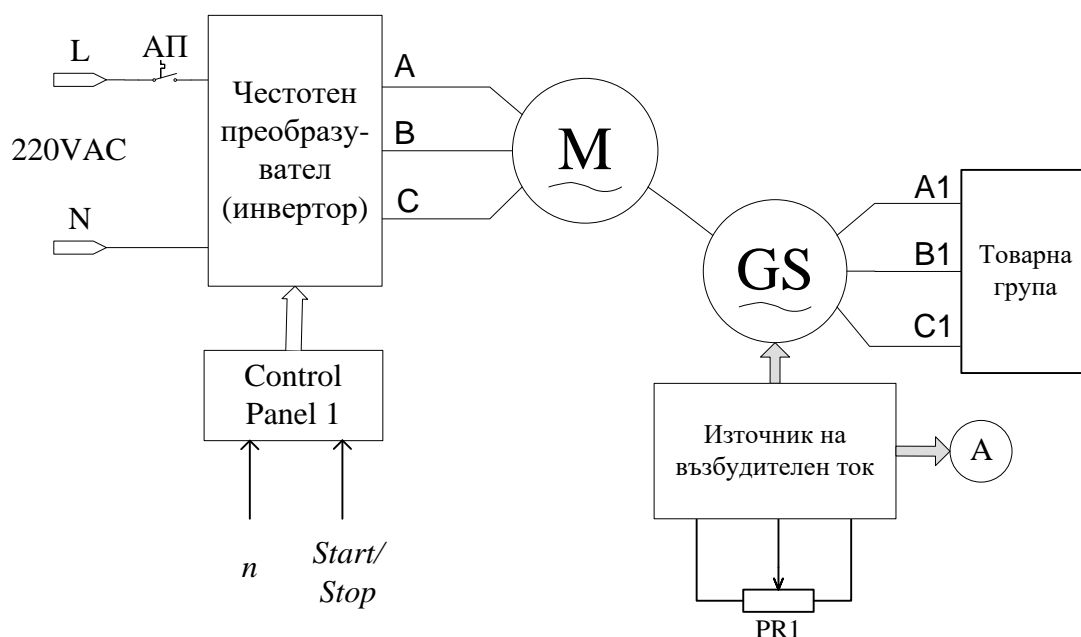
В настоящия доклад е разработен стенд, създаващ възможност за засилена практическа подготовка на студентите по редица основополагащи дисциплини от специалности „Електроенергетика и електрообзавеждане“, „Електромобили“, „Автомобилна техника“, „Железопътна техника“ и др.. Представени са методики за провеждане на изпитания и снемане на характеристики.

ЛАБОРАТОРНА СИСТЕМА

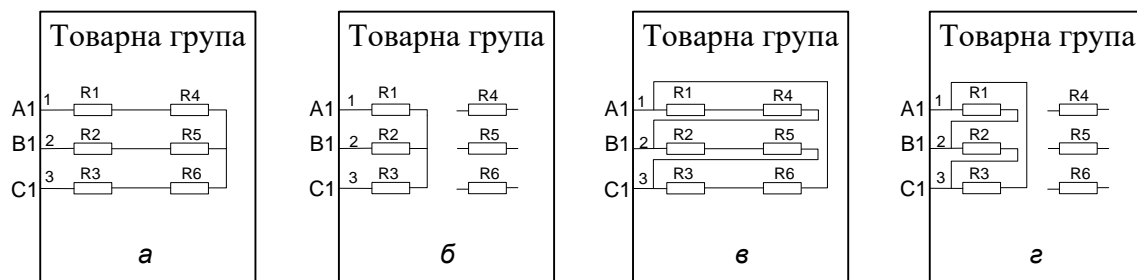
Основни елементи на лабораторната система са (фиг. 1): асинхронен двигател М (тип ТА1 80 2-4, $P_N = 0.75 \text{ kW}$, $U_N = 230/400 \text{ V } \Delta/Y$, $f_N = 50 \text{ Hz}$, $n_N = 1400 \text{ rpm}$ [7]) и синхронен генератор GS (автомобилен алтернатор BOSCH 14V 40/100A). Алтернаторът е преработен и са монтирани клеми, свързани към трите фази (съответно A1, B1 и C1). С тази преработка се създава възможност за работа като алтернатор и синхронен генератор. Захранването на електродвигателя се осъществява чрез еднофазен честотен преобразувател (VFD007EL21A Delta Electronics, Inc), създаващ възможност за промяна скоростта на въртене без загуба на въртящ момент [8]. Честотният преобразувател се захранва през автоматичния предпазител АП, а управлението се извършва посредством контролен панел (Control Panel 1), на който са разположени бутони Start и Stop (съответно за пускане и спиране на електродвигателя) и потенциометър за задаване на скоростта на въртене.

Механичната връзка между валовете на асинхронния електродвигател и на синхронния генератор (алтернатора) е осъществена чрез ремъчна предавка с предавателно съотношение 1,5:1. Това създава възможност при скорост на въртене на асинхронния електродвигател от 0 до номиналната да се провеждат изследвания на синхронния генератор в диапазона от скорости 0 – 2100 rpm. Скоростта на двигателя може да се увеличава и над номиналната ($f > f_N$), но намалява моментът.

Натоварването на синхронния генератор се осъществява чрез 6 броя товарни резистори ($4\Omega / 100W$), като промяната се извършва чрез различни схеми на свързване (фиг. 2). Осигурена е необходимата контролно-измервателна апаратура.

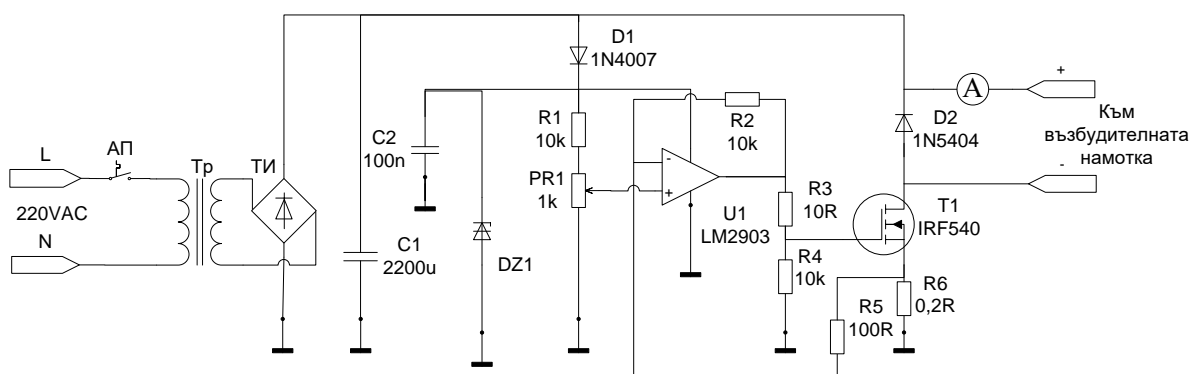


Фиг. 1. Лабораторна система



Фиг. 2. Товарна група – възможни схеми на свързване на товарните резистори

Възбудването на синхронния генератор се осъществява чрез специално проектиран за целта токоизточник, чиято схема е показана на фиг. 3. Токоизточникът работи в режим генератор на ток и осигурява постоянна стойност на тока през възбудителната намотка по време на измерванията. Поддържането на константен ток се извършва от компаратора U1 [9], извършващ сравнение между зададената стойност от потенциометъра PR1 и пада на напрежение върху резистора R6, показателен за достигнатата стойност на възбудителния ток. В случай на разсъгласуване между зададената и достигнатата стойност, грешката се усилва от U1 и се подава като управляващ сигнал на MOSFET транзистора T1 [10]. На изхода на токоизточника е свързан амперметър за отчитане на възбудителния ток, зададен от потенциометъра PR1.



Фиг. 3. Токоизточник за захранване на възбудителната намотка

МЕТОДИКА ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА ИЗСЛЕДВАНИЯ

Изграждането на лабораторната система създава възможности за провеждане на изпитания в различни аспекти при спазване на условията за безопасна работа:

- изследване на асинхронен електродвигател с честотно управление;
- снемане на характеристики на синхронен генератор и алтернатор: на празен ход, на късо съединение, товарна, външна, регулировъчни и др. характеристики;
- изследване на синхронна машина в двигателен режим.

Редът за провеждане на изпитанията в режим на синхронен генератор подробно е описан в [6] и съобразен със спецификите на настоящата система е следният:

- 1) Снемането на данни започва с режим на празен ход на генератора – свободни изводи на трите фази A1, B1 и C1;
- 2) Задава се скорост на въртене от контролния панел на честотния преобразувател;
- 3) Затваря се автоматичният предпазител АП;
- 4) Задава се стойност на възбудителния ток чрез потенциометъра PR1 (фиг. 1 и 3);

5) Двигателят се включва посредством натискане на бутон "Start" от контролния панел. Измерват се напрежението, приложено към асинхронния двигател, както и консумираният ток, генерираното напрежение на синхронния генератор, както и токът, консумиран от товарната група. Измерва се действителната скорост на въртене (чрез дигитален тахометър) и се изчислява ъгловата скорост:

$$(1) \quad \omega = \pi \cdot n / 30, \text{ rad/s};$$

където: n – е скоростта на въртене на синхронния генератор [rpm];

6) Увеличава се стойността на възбудителния ток чрез потенциометъра PR1;

7) Извършват се няколко измервания при различна скорост на въртене, като скоростта на електродвигателя се увеличава стъпално;

8) Двигателят се изключва посредством натискане на бутон "Stop";

9) Разкъсва се веригата чрез автоматичния предпазител АП.

Аналогично се провеждат изследвания за снемане на товарните характеристики при конфигурации на товарните съпротивления от фиг. 2 (a, b, v, z), след което се снемат характеристиките на двуфазно късо съединение (чрез свързване с мост на две от фазите на синхронния генератор) и трифазно късо съединение (чрез свързване с мост на трите фази на синхронния генератор). Снемането на характеристики на късо съединение се извършва при спазване на следното условие:

$$(2) \quad I_{SG} \leq I_{\max},$$

където:

I_{SG} – ток във всяка една от фазите на синхронния генератор, А.

I_{\max} – максимално-допустим ток във всяка една от фазите на синхронния генератор, в случая 100 А.

В същия ред се снемат характеристиките на автомобилен алтернатор, като изводи на трите фази А1, В1, и С1 се оставят свободни (несвързани). За снемането на товарната характеристика се използват товарните съпротивления от фиг. 2 (a, b, v, z), но извод „В+“ (кл. №30) на алтернатора се свързва към извод „1“ на товарната група, а извод „В-“ (кл. №31) на алтернатора се свързва към извод „2“ на товарната група. Снемането на характеристики на късо съединение се извършва при спазване на следното условие:

$$(3) \quad I_{DC} \leq I_{\max},$$

където:

I_{DC} – ток на извод „В+“ на алтернатора, А.

По този начин се получават товарни, регулировъчни, външни и характеристики на празен ход и късо съединение на синхронния генератор и автомобилен алтернатор.

Чрез използване на подходящи методики могат да бъдат снети механични и електромеханични характеристики на асинхронно електрозадвижване (натоварването се изменя чрез регулиране на възбудянето на синхронния генератор и превключвания в конфигурацията на товарните съпротивления), да се изследват принципите на честотното управление и да се провеждат редица изпитания и експерименти.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработването на лабораторната система създава предпоставки за изследване на асинхронно електрозадвижване с честотно управление и на синхронен генератор (алтернатор). Възможно е да провеждат изпитания с цел определяне на оптимални работни режими и постигане на максимална енергийна ефективност при конкретно приложение. Внедряването на лабораторната система в учебния процес е предпоставка за повишаване качеството на обучение по една перспективна съвременна тематика.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] A. Hughes, Electric Motors and Drives – Fundamentals, Types and Applications. Third edition, Elsevier Ltd, 2006
- [2] Bakshi U., M. Bakshi, Electrical Drives and Control, Technical Publications Pune, India, 2009
- [3] I. Boldea, A. Nasar, Electrical Drives, CRC/Taylor & Francis Group, NY, 2006
- [4] Dimitrova E., Building automation and control systems, Acad. Journal “Mechanics, Transport, Communications”, ISSN 1312-3823, art.ID: 1395, Issue 3/2, 2016
- [5] The essential guide of Automation & Control, Schneider Electric, 2012
- [6] Димитров В., Изследване на синхронни генератори – лабораторен стенд, н. сп. „Механика, транспорт, комуникации”, ISSN 1312-3823, ст. № 0859, т. 11, бр. 3, 2013.
- [7] Miksan Motor – Asynchronous Motors Catalogue, Miksan Motor San. ve Tig. A.S., 2016
- [8] Sensorless Vector Control Micro Drive – VFD-EL Series, User Manual, Delta Inc., 2016
- [9] LM393, LM293, LM193, LM2903 Dual Differential Comparators, Texas Instruments, Dallas, USA, 2017
- [10] <https://www.vishay.com/docs/91021/91021.pdf>

DEVELOPMENT OF A LABORATORY SYSTEM FOR RESEARCH OF MOTOR-GENERATOR GROUPS

Vasil Dimitrov, Petko Kostadinov

*Todor Kableshkov University of Transport
Sofia, 158 Geo Milev Str.
THE REPUBLIC OF BULGARIA*

Keywords: *electrical drive, synchronous generator, asynchronous motor, frequency converter, energy efficiency*

Abstract: *In accordance with the rapid technological development and the implementation of power electronics in traction and auxiliary drives in electric vehicles and automobiles, it is increasingly necessary to continuously increase the energy efficiency of drive mechanisms and power generation systems. Therefore, it is especially necessary not only theoretical training of specialists involved in the design, manufacture and setting up of control systems for electrical drives, but also enhanced practical orientation in education, in line with trends in the development of contemporary technologies. Ensuring optimal operating modes and maximum energy efficiency of synchronous generators and induction motors depends to a large extent on a good knowledge of their characteristics.*

In this regard, the paper presents the development of a laboratory stand for studying the various characteristics of synchronous and asynchronous machines, which should be used for conducting laboratory exercises, research and experiments and have to provide the following opportunities:

- *study of the characteristics of a synchronous generator at change of excitation and at different load.*
- *study of the characteristics of an alternator at change of excitation and at different load.*
- *study of the characteristics of a frequency controlled asynchronous drive.*
- *study of the characteristics of a synchronous motor.*