

DESIGN AND DEVELOPMENT OF TEST BENCH FOR SQUIRREL CAGE INDUCTION MOTOR⁴

Assistant. Prof Dimitar Trifonov, PHD

Department of Electronic,

University of Ruse „Angel Kunchev”, Ruse, Bulgaria

Tel.: 359883405725

E-mail: dtrifonov@uni-ruse.bg

Abstract: In industry electric drives a key point is knowledge of the operating characteristics of the electric motor driving them. The purpose of the study is developing a stand for measuring the characteristics of an asynchronous motors. Which will give the opportunity to study different modes of operation of the squirrel cage induction motors and will help for determining the optimal mode of operation.

Keywords: Squirrel cage induction motor, characteristics, modes, efficiency.

ВЪВЕДЕНИЕ

Асинхронните двигатели с накъсо съединен ротор са намерили най-широко приложение в промишлеността (Dimitrov, V., 2020; Hasuik, K. 1983). Това се дължи на високата им надеждност и конструктивна простота. От друга страна за управлението на двигатели до 2,2 kW не се изисква допълнителни устройства за използването им, а при мощни двигатели с цел ограничаване на пусковия ток е необходим инвертор или релейно контакторен пускател. Поради широко им използване в практиката, при проектирането на електро задвижванията е необходимо познаването на работните характеристики на задвижващия двигател (Hristova, M., 2022). Познаването на работните характеристики на един асинхронен двигател и режимите на работа е необходимо познание за всеки инженер, с цел проектирането на ефективно електро задвижване (Zhang, D., 2018). Това от своя страна поражда необходимост от снемане на работните характеристики на асинхронния двигател използван в задвижването и избиране на оптимален режим на работа.

Целта на настоящия доклад е да се разработи стенд за снемане работните характеристики на асинхронен двигател с кафезен ротор. Даващ възможност за реализиране на различни режими на работа и позволяващ използване на измервателни уреди.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Материали и методи

Обект на изследването е стенд за снемане на характеристиките на асинхронен двигател, намиращ приложение в обучението на студенти по дисциплината „Електротехника“ и „Електротехника и електроника“. При изграждането на такъв стенд са дефинирани следните критерии:

- възможност за реализиране на различни режими на работа; - необходимо е да дава възможност за реализиране на различните режими на работа на асинхронен двигател (звезда, триъгълник и аварийен режим при отпадане на една от фазите).
- възможност за осъществяване на измервания и включване на измервателни уреди; - с цел запознаване на студентите, стенда е необходимо да дава възможност за свързване на уреди като: - ампермерър, волтметър, ватметър и др.
- икономия на електрическа енергия;

⁴ Докладът е представен на 28 октомври 2022 с оригинално заглавие на български език: РАЗРАБОТВАНЕ И ПРИНЦИП НА ДЕЙСТВИЕ НА СТЕНД ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА АСИНХРОНЕН ДВИГАТЕЛ С КАФЕЗЕН РОТОР

- габаритни размери.

След проучване на съществуващите решения и в зависимост от дефинираните критерии е реализирано следното решение фиг. 1.



Фиг. 1 Стенд за изследване на характеристиките на асинхронен двигател

За изграждането на стенда за изследване на асинхронен двигател с кафезен ротор са използвани следните елементи:

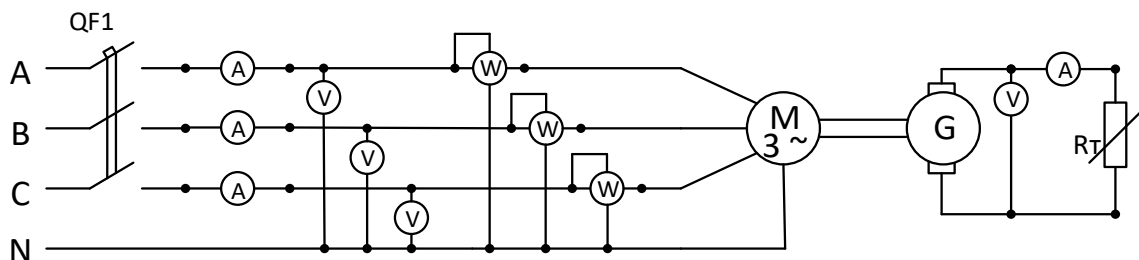
- трифазен асинхронен двигател тип MS562-4; с $P_H = 90 W$
- постояннотоков двигател с вграден тахогенератор тип PIVTM6-25-2; - с номинална мощност $P_H = 90W$
- автоматичен прекъсвач;
- клемна кутия за осъществяване на връзките в асинхронния двигател; - дава възможност за снемане на ток, напрежение и мощност. Чрез нея се реализират работните и авария режими на работа.
- клемна кутия за осъществяване на връзките в постояннотоковия двигател; - дава възможност за снемане на ток, напрежение и честота на въртене на генератора.
- електронен товар: PeakTech P 2275.

Използвана методика за получаване на работните характеристики на асинхронния двигател

Режим на работа в звезда

След реализирането на схемата от фиг. 2 студентите снемат от стенда *следните* величини:

- I_1 – ток на асинхронния двигателя, A;
- P_A, P_B и P_C – мощностите от ватметрите, включени към всяка от фазите, W.
- U_G и I_G – ток и напрежение на генератора, V и A.
- U_{TG} – напрежение на тахогенератора, V.



Фиг. 2 Режим на работа в звезда

Чрез измерените величини и от предложената методика получават следните величини:

Ток на асинхронния двигател I_1, A :

$$I_1 = \frac{(I_A + I_B + I_C)}{3}, \quad (1)$$

където I_A, I_B и I_C – са токът през всяка от фазите, A.

При нормален режим намотките на асинхронния двигател са симетрични, поради тази причина е достатъчно да се отчете тока на една от фазите и да се приеме следната зависимост:

$$I_1 = I_A \quad (2)$$

Трифазна входяща мощност P_1, W към асинхронния двигател:

$$P_1 = P_A + P_B + P_C, \quad (3)$$

където P_A, P_B и P_C са стойностите снети посредством ватметър за всяка от фазите, W.

Изходяща мощност от генератора P_G, W :

$$P_G = I_G \cdot U_G, \quad (4)$$

където I_G е тока на генератора, A;

U_G – напрежението на генератора, V.

Полезна мощност излизаща от асинхронния двигател P_2, W :

$$P_2 = \frac{P_G}{\eta_G}, \quad (5)$$

където η_G е коефициента на полезно действие на генератора посочен от производителя.

Честота на въртене получена от тахогенератора $n, \min^{-1}$:

$$n = \frac{U_G}{0,003} \quad (6)$$

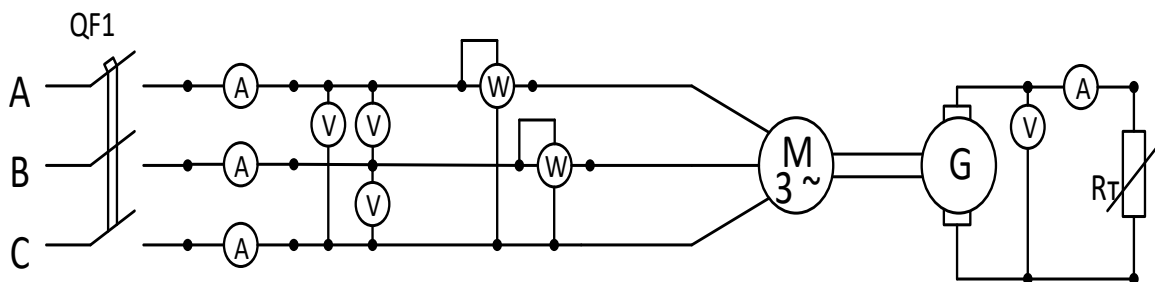
Полезният момент на оста на асинхронния двигател $M_2, N.m$:

$$M_2 = 9,55 \cdot \frac{P_2}{n}, \quad (7)$$

където n – честота на въртене, получена посредством тахо генератора, $\min^{-1}$.

Режим на работа в триъгълник

Осъществява се по схемата от фиг. 3, поради симетричността на намотките в този случай е удачно измерването на мощността посредством схема Аарон с два ватметъра свързани към линейно напрежение.



Фиг. 3 Режим на работа в триъгълник

В този случай използваме следната зависимост за изчисляване на входящата мощност P_1, W :

$$P_1 = P_{AB} + P_{BC}, \quad (8)$$

където P_{AB} и P_{BC} са показанията на ватметрите свързани към линейно напрежение, W.

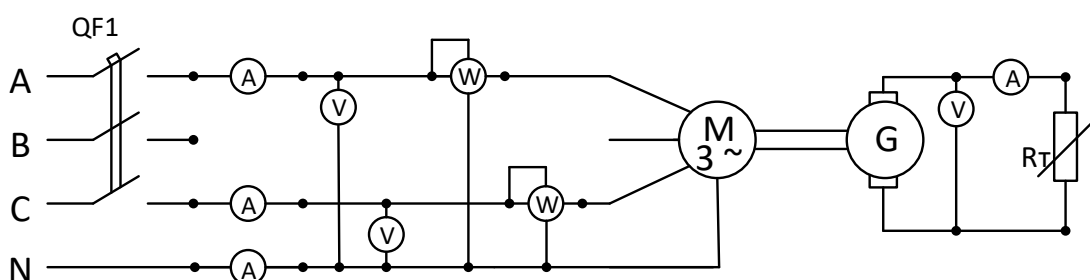
За построяването на работните характеристики на режима на работа в триъгълник се използват зависимости (4), (5), (6) и (7).

Аварийен режим при отпадане на една от фазите

За реализирането му се използва фиг. 4, а асинхронен двигател е свързан в звезда. Цел тук е да се демонстрира на студентите как отпадането на една от фазите влияе върху изходящата мощност и да се демонстрира протичащия през нулевия проводник ток. При този случай тривазната входяща мощност P_1 , се определя по формулта:

$$P_1 = P_A + P_C \quad (9)$$

За построяването на работните характеристики на режима на работа в триъгълник се използват зависимости (4), (5), (6) и (7).



Фиг. 4 Аварийен режим при отпадане на една от фазите.

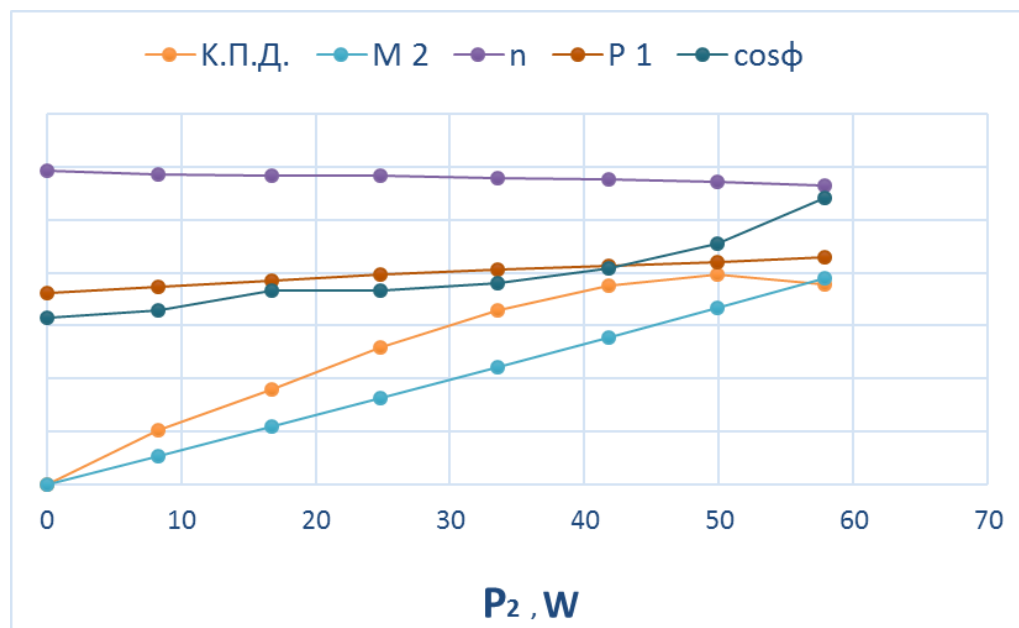
Тестване на разработения стенд и избраната методика

За да се провери, реализиран е режим на работа в звезда фиг. 2, а измерените данни са въведени в таблица 1.

Таблица 1. Работни характеристики при режим на работа в звезда

Измерени величини						Изчислени величини				
I_1 A	U_1 V	P_1 W	n min^{-1}	U_G V	I_G A	$\cos\varphi$	P_r W	P_2 W	η	M_2 N.m
0,362	220	25	1480	15,7	0	0,31	0	0	0	0
0,374	220	27	1467	15	0,33	0,33	5	8,25	0,102	0,054
0,385	220	31	1462	14,15	0,71	0,37	10	16,74	0,180	0,109
0,396	220	32	1457	13,3	1,12	0,37	15	24,83	0,259	0,163
0,407	220	34	1450	12,5	1,62	0,38	20	33,54	0,329	0,221
0,413	220	37	1442	11,6	2,16	0,41	25	41,76	0,376	0,277
0,420	220	42	1430	10,4	2,88	0,45	30	49,92	0,396	0,333
0,429	220	51	1413	8,61	4,03	0,54	35	57,83	0,378	0,391

От снетите и изчислените величини от табл. 1 се построяват работните характеристики на асинхронния двигател с кафезен ротор фиг. 5.



Фиг. 5. Работни характеристики на асинхронен двигател с кафезен ротор

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В текущия доклад е представен стенд за снемане на работните характеристики на асинхронен двигател с кафезен ротор, даващ възможност за включване на различни измервателни уреди, предимствата му са: неговите габаритни размери, ниската консумация на електрическа енергия и възможност за включване на измервателни уреди.

Разработеният стенд дава възможност за реализиране на различните режими на работа на асинхронния двигател, а чрез избраната методика могат да се получат работните му характеристики.

Разработеният стенд има практическа насоченост обучение на студентите по дисциплините „Електротехника“ и „Електротехника и електроника“, като с негова помощ те ще придобият знания за режимите на работа и работните характеристики на асинхронния двигател.

БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящото изследване е подкрепено по договор с № 2022-ФЕЕА-02 „Електронни системи за мониторинг и управление чрез приложение на Интернет на Нещата (IoT)“, финансиран от Фонд „Научни изследвания“ при Русенски университет „Ангел Кънчев“.

REFERENCES

Dimitrov, V., Kostadinov, P. (2020) Development of a laboratory system for the research of engine-generator groups. Mechanics Transport Communications-Scientific Journal, 2020.2020/3.

Hasuik, K. (1983) Efficiency improvement studies of low voltage three phase squirrel-cage induction motors for general purpose. IEEE transactions on power apparatus and systems, 12: 3803-3809.

Hristova, M., Ruseva V. and Krasteva A. (2022) Constant Losses in Induction Motors and Possible Solutions for their Reduction, 2022 8th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE), pp. 1-4, doi: 10.1109/EEAE53789.2022.9831226.

Zhang, D., Ruichi, A. N., Thomas, W. U. (2018) Effect of voltage unbalance and distortion on the loss characteristics of three-phase cage induction motor. IET Electric Power Applications, 12.2: 264-270.