

ЛАБОРАТОРНО УСТРОЙСТВО ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ЕДНОФАЗЕН КОЛЕКТОРЕН ДВИГАТЕЛ

Снежана Стоянова, Младен Прошков

Република България, 8000 Бургас, бул. „Проф. Яким Якимов“ №1, Университет „Проф. д-р. Асен Златаров“, Факултет по технически науки

Катедра „Електроника, електротехника и машинознание“, [sstoyanova_8000@abv.bg](mailto:ssoyanova_8000@abv.bg)

РЕЗЮМЕ

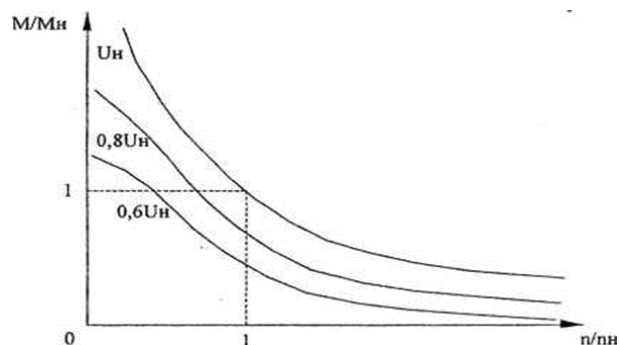
Изработен е лабораторен действащ макет за изследване на еднофазен променливотоков колекторен двигател. Използван е регулатор на оборотите на двигателя чрез промяна на захранващото напрежение. Управлението е ръчно с аналогов сигнал от 0 до 10 V. Осигурен е плавен пуск на двигателя при отсъствие на пусков ток.

Регулаторът е производство на фирма INTIEL – Поморие. Проведени са изследвания на двигателя на празен ход и под товар. Снети са регулировъчните характеристики на двигателя. С използвания регулатор могат да се регулират оборотите на двигатели, работещи при малки натоварвания (вентилатори).

ВЪВЕДЕНИЕ

Еднофазните колекторни двигатели с малка мощност имат широко приложение в промишлеността и битовата техника (ръчни електроинструменти, шевни машини, прахосмукачки, миксери, кухненски роботи и други), където се изискват високи скорости на въртене ($3000 \div 30000 \text{ min}^{-1}$). Регулирането на скоростта става чрез промяна на захранващото напрежение посредством автотрансформатор или полупроводников преобразувател.

Масовите колекторни двигатели за променлив ток са машини с последователно възбуждане и имат същото устройство на котвата и схема на свързване, както постояннотоковите двигатели с последователно възбуждане. В малките еднофазни колекторни двигатели не се поставят допълнителни полюси и компенсационна намотка. Те имат характерните за този тип машини меки механични характеристики (фиг.1). Скоростта на въртене при празен ход е много висока и далеч надвишава номиналната. Промяната на захранващото напрежение при постоянен момент $M = const$ води до промяна на скоростта на въртене. Този факт се използва за регулиране на скоростта посредством промяна на напрежението, подавано към двигателя.

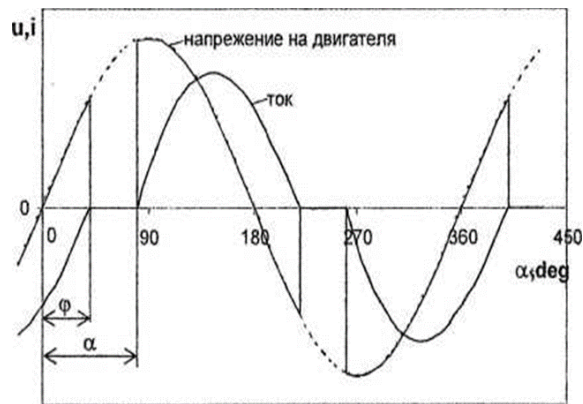


фиг.1. Механични характеристики на еднофазен колекторен двигател

ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

В съвременната практика най - често за регулиране на скоростта на въртене на този тип двигатели се използват променливотокови регулатори на напрежение с фазово управление. Регулиращият елемент е най - често симетричен тиристор (симистор), а управляващата схема се изгражда на базата на специализирани интегрални схеми (ИС). Такива ИС се произвеждат от много фирми и принципът им на действие е почти един и същ.

Примерни форми на тока и напрежението на двигателя са показани на фиг. 2. Симисторът се отпушва на ъгъл α след преминаването на мрежовото напрежение през нулата. Поради индуктивния характер на товара, токът е дефазирен и изостава от напрежението. Симисторът се запушва след момента на преминаването на напрежението през нулата (ъгъл φ) защото токът продължава да тече в същата посока поради индуктивния характер на веригата и условието за запушване се изпълнява едва когато токът спадне до нулата. При това кривата на тока не повтаря формата на приложеното напрежение.



фиг. 2. Форми на тока и напрежението при фазово управление на еднофазен колекторен двигател

Ъгълът φ се нарича фазов ъгъл на товара и се определя от параметрите му – индуктивност L_T и активно съпротивление R_T :

$$\varphi = \text{arctg} \left(\frac{\omega L_T}{R_T} \right) \quad (1)$$

Ъгълът φ представлява фазовата разлика между напрежението и тока във веригата в установен режим, ако не са включени тиристори. При ъгъл на управление $\alpha < \alpha_{zp} = \varphi$, токът има непрекъснат характер, докато при $\alpha > \alpha_{zp} = \varphi$ токът има прекъснат характер. Токът, който протича при $\alpha = 0$, има синусоидална форма и е дефазирен от напрежението на ъгъл φ .

Блоквата схема на регулатора е показана на фиг. 3. Напрежението на изхода на регулатора се променя чрез фазово управление, при което се регулира ъгъла на отпушване на симистора. В управляващата схема е въведена и обратна връзка по скорост на въртене на вала на двигателя. Датчикът е оптически и дава импулсна поредица на изхода си с честота, пропорционална на скоростта.

Тъй като регулаторът е аналогов, импулсната поредица се преобразува в напрежение, пропорционално на скоростта на въртене чрез преобразувател „честота – напрежение” ($f \rightarrow V$).

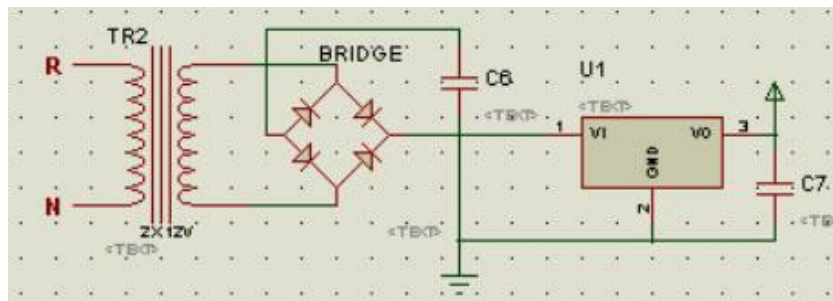
Посредством един усилвател на разликата между заданието и сигнала на обратната връзка се изработва сигнал на грешката, който се подава през оптрон към входа за управление на ИС, която от своя страна управлява ъгъла на отпушване на симистора. По този начин скоростта на двигателя се поддържа постоянна и пропорционална на заданието.



фиг.3. Блокова схема на регулатора

Предвидена е възможност за прекъсване на обратната връзка посредством ключ на предния панел на кутията на регулатора. Ключът прекъсва връзката между изхода на преобразувателя ($f \rightarrow V$) и входа на усилвателя на грешката. При това напрежението на изхода на усилвателя на грешката е пропорционално на задаващото и определя директно ъгъла на отпушване на симистора.

Принцип на работа на схемата



фиг. 4. Блок 1 - Захранващ блок

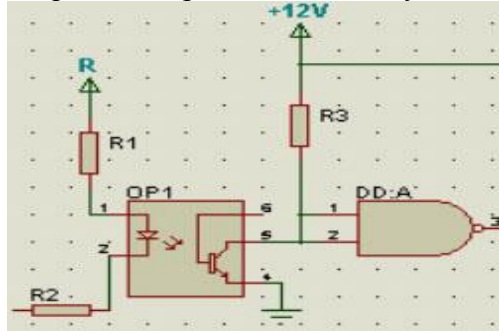
Блок 1 се състои от мрежов трансформатор TR_2 с две вторични намотки по 12 V всяка. Служи за понижаване на захранващото напрежение от 230 V на 12 V променливо напрежение. Пониженото напрежение преминава през изправителния блок $BRIDGE$, който е схема греб и неговата цел е да изправи променливото напрежение. Елементите U_1 , C_6 и C_7 представляват блока за филтриране и стабилизация на напрежението.

Блок 2 се състои от оптрон с фототранзистор $ОП$.

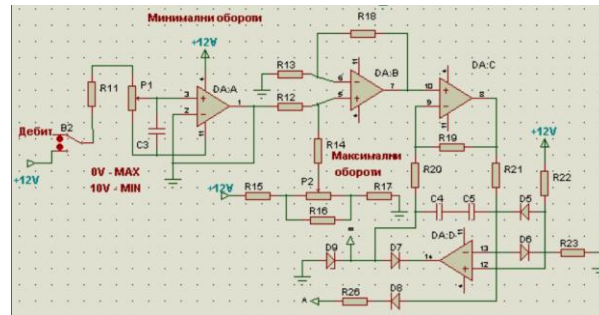
Блок 3 се състои четири операционни усилватели, които служат за настройка на минималните и максималните обороти на асинхронния двигател. С потенциометъра P_1 се настройват минималните обороти, а с потенциометъра P_2 се задават максималните. Диодите D_5 , D_6 , D_7 , D_8 и D_9 са защитни и защитават регулатора от превишаване на паспортните параметри на

захранващото напрежение, входното напрежение или индуцирани напрежения.

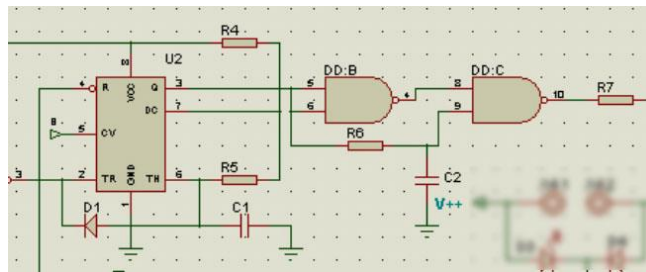
Блок4 - мултивибраторът изработва правоъгълни импулси с определена честота и период.



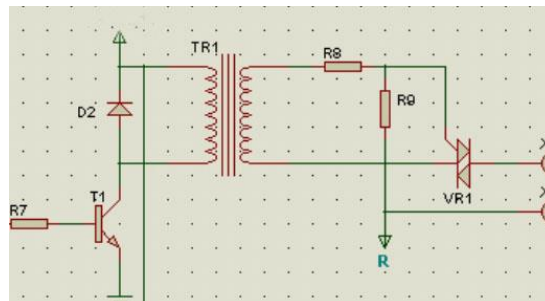
фиг. 5. Блок 2 - оптрон с фототранзистор ОП1



фиг. 6. Блок 3 - настройка на минимални обороти

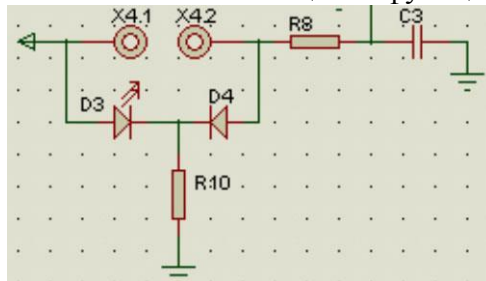


фиг. 7. Блок 4 - мултивибратор



фиг. 8. Блок 5 - управляващ блок

Блок 5 има управляваща функция. VR1 е симистор, с който се управлява колекторния асинхронен двигател. Останалите елементи имат защитна функция.



фиг. 9. Блок 6 - Индикационен блок

Блок 6 има сигнализационна функция. D3 е светодиода, който при включено състояние свети и отразява, че устройството работи.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Технически характеристики на регулатора

- Брой фази на товара - 1;
- Мощност - от 200W до 3,5kW;
- Номинално напрежение на захранващата мрежа – 220V;
- Вход за термоконтакт - 1;
- Управление от външен сигнал – от 0V до 10V или ръчно;
- Настройка на горна и долна граница на обхвата на регулиране.

X4 – защитен термоконтакт на двигателя (нормално затворен, отваря се при прегряване), при липса на такъв, към X4 се свързва външен мост;

P2 – настройка на максимални обороти;

P3 – настройка на минимални обороти;

P1 – ръчно регулиране;

D17 – индикатор "START / STOP";

D11 – индикатор "OVERHEATING" (прегряване);

J2 – джъмпер автоматично / ръчно управление (J2 в позиция 1 - ръчно управление чрез потенциометъра P1; J2 в позиция 2 - автоматично управление по сигнал 0V до 10V, P1 се завърта на максимум);

X3 – захранване (нула и фаза);

X2 – управляващи сигнали (1 – маса; 2 – управляващ сигнал 0V до 10V; 3 – външно стабилизирано захранване +12V, ако модулът е без собствено такова; 4 – външно нестабилизирано захранване, когато модулът е без собствено такова; 5 – цифров сигнал Старт/Стоп: 0V или 10V, 0V - стоп, 10V – старт);

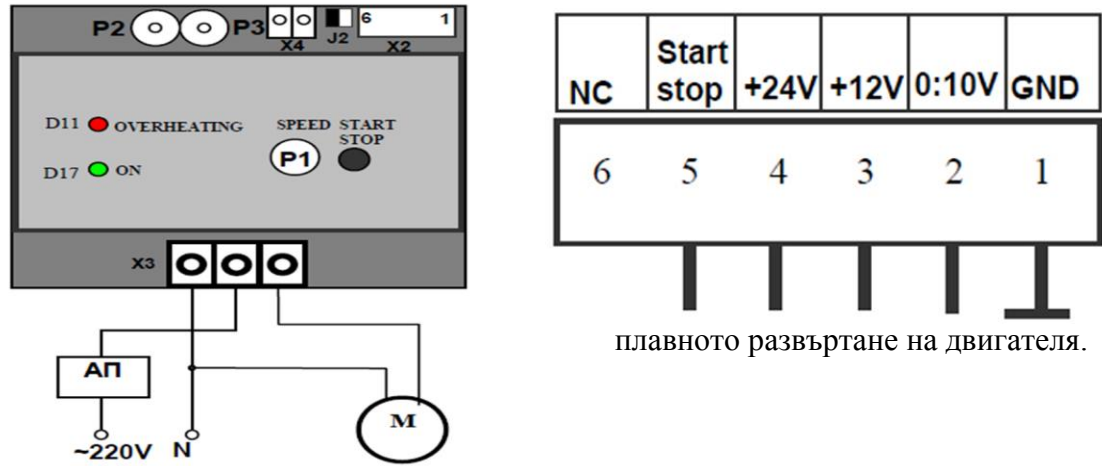
Настройка на регулатора

Пускане:

- Автоматичен прекъсвач AP (захранване) – изключен;
- Бутон "START/STOP" - поставя се в положение „STOP“;
- Потенциометри P₁ и P₃ се завъртат до упор по часовниковата стрелка, а P₂ се завърта до упор обратно на часовниковата стрелка;

- Автоматичен прекъсвач *AP* (захранване) – включен;
- Бутон ”*START/STOP*” се поставя в натиснато положение ”*START*“;
 - Индикатор *D17* – свети ”*ON*“; изчаква

се

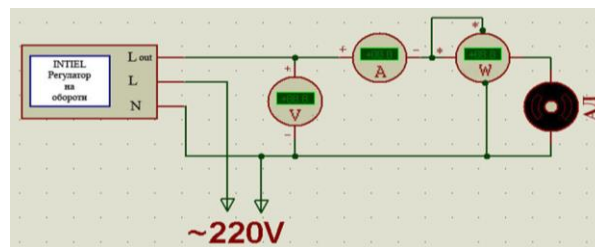


фиг. 10. Схема на свързване на регулатора

Максимални обороти - измерва се напрежението на входа и се запомня. След това се измерва напрежението между клемите на товара. След натискане на бутон ”*START/STOP*” се изчаква докато напрежението плавно се увеличи от $40 \div 60V$ до установена стойност. След достигане на установена стойност, *P₂* се върти на малки стъпки по часовниковата стрелка, с което напрежението на клемите на двигателя продължава да нараства. Необходимо е да се изчаква отработването на всяко ново преместване на *P₂* от двигателя до установяване на ново по-високо напрежение. Чрез *P₂* се увеличава установеното напрежение, измерено между изходната фаза и нула на клемите на товара, само докато стане по-ниско с около $20V$ от захранващото напрежение и се оставя така.

Минимални обороти - потенциометърът *P₁* се завърта до упор в посока обратна на часовниковата стрелка и чрез *P₃* се настройват минималните обороти, в зависимост от конкретните изисквания на обекта. Въртенето на *P₃* в посока обратна на часовниковата стрелка води до намаляване на минималните обороти. Чрез потенциометър *P₁* се извършва регулиране на оборотите в границите, определени от настройката на максималните и минималните обороти когато модулет е за ръчно управление.

Схема на опитната постановка



фиг. 11. Схема на опитната постановка

Проведени са няколко на брой опита с цел да се проверят параметрите на фазорегулатора и

на колекторния електродвигател. Изследван е променливотоков колекторен двигател от малък ъглошлайф със следните параметри: $U = 230V$, $I = 2,2A$, $P = 500W$, $n_n = 11000s^{-1}$. Използвани уреди: волтметър, тип *UT30F*; амперметър, тип *UT70A*; ватметър и оборотомер, тип *DT - 2234B*.



Фиг.12. Общ вид на устройството

Резултати от изследванията

таблица 1. Режим на празен ход

U	I	P	n
V	A	W	min-1
108	1,04	112	6000
126	1,17	147	6800
157	1,28	200	7300
192	1,35	259	8000
207	1,37	284	8900
218	1,38	300	9850
224	1,40	315	10580

таблица 2. Работа при товар $P_2=const$

U	I	P	n
V	A	W	min-1
106	1,3	138	4800
124	1,5	186	6100
155	1,8	279	6900
190	2,1	399	7300
205	2,2	451	7900
212	2,5	530	8350
220	2,8	616	8900

таблица 3. Работа при товар $P_1=const$

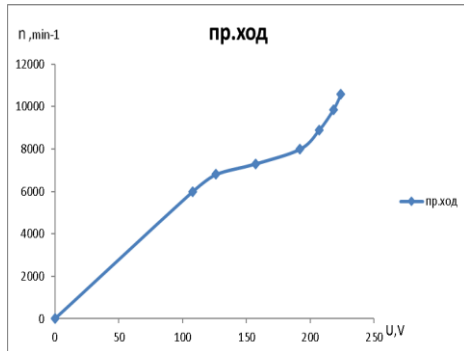
U	I	P	n
V	A	W	min-1
108	1,1	118	5000
126	1,3	163	6200
157	1,6	250	7100
192	1,9	365	7800
207	2,0	414	8500
218	2,2	480	9350
224	2,5	560	9800

таблица 4. Работа при товар $P_3=const$

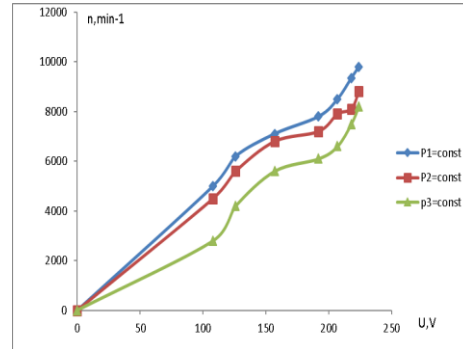
U	I	P	n
V	A	W	min-1
100	1,5	150	3000
120	1,7	204	3600
150	2,1	315	4100
190	2,3	437	5800
200	2,8	560	6500
210	3,1	651	7350
217	3,3	716	8500

Регулировъчни характеристики на двигателя

От регулировъчната характеристика на празен ход се вижда минималната настройка на сработване на фазорегулатора на колекторния електродвигател. От 0V до 109V започва първоначалното развъртане на колекторния електродвигател до достигане на минималните си обороти, настроени от потенциометъра за минимална настройка. В края на характеристиката се вижда максималното напрежение, настроено от потенциометъра за настройка на максималните обороти. След достигане на минималните обороти с потенциометъра за настройка се вижда плавното увеличаване на напрежението, съответно и на оборотите на електродвигателя.



фиг. 13. Регулировъчна характеристика на празен ход



фиг.14. Регулировъчна характеристика при товар $P1 < P2 < P3$

Характеристиката под товар си прилича с характеристиката на празен ход по това, че от 0V до 109V характеристиката е праволинейна поради факта, че се изчаква да се наберат необходимите обороти, а това са настроените минимални обороти на 109V. След това характеристиката придобива неравномерния си вид поради неравномерното натоварване под което е подложен електродвигателя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изработено е лабораторно устройство за регулиране оборотите на еднофазни колекторни електродвигатели. Изследването е извършено с колекторен електродвигател от малък ъглошлайф и регулатор на фирма „ИНТИЕЛ” гр. Поморие.
2. Избраният регулатор може да регулира оборотите на еднофазни променливотокови електродвигатели с мощност от 200W до 3,5кW.
3. Използваният фазорегулатор служи за регулиране на оборотите на двигатели, които работят с минимално натоварване (основно вентилатори), защото при натоварено състояние се променят характеристиките на електродвигателя.
4. Получени са регулировъчните характеристики на колекторния двигател.
5. Изработеното лабораторно действащо устройство може да се използва за лабораторни упражнения по дисциплините „Електрически машини и апарати“ и „Електрозадвижване“ със студентите от специалност „Електротехника”, ОКС „Магистър” и „Професионален бакалавър”.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ангелов, А. Д. Димитров. Електрически машини II-част, София, 1988.
2. Сотиров, Д., Зарков. Ръководство за лабораторни упражнения по електрозадвижване, ТУ- София, 2005.

Science & Technologies

3. Михоф, М. Системи за управление на електрозадвигванията, ТУ - София, 2009.
4. Стоянова С. Приложна електротехника - част първа. Издателство „Божич“, Бургас, 2012.
5. Шишков, А. Полупроводникова техника, ДИ „Техника“, София, 1989.
6. www.intiel.com