Технически университет – София Електротехнически Факултет Катедра "Обща електротехника" Презентация № 5

Постояннотокови електрически машини

дисциплина "Електротехника и електроника " – FBME27 ОКС "Бакалавър" от Учебните планове на специалности от МФ, МТФ, ЕМФ и ФТ



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Съдържание

- •Общи сведения за електрическите машини. Класификации.
- •Режими на работа на електрическите машини
- •Основни принципи при електрическите машини
- •Устройство на електрическите машини
- •Основни явлен<mark>ия при пр</mark>инципа на д<mark>е</mark>йствие на електрическите машини
- •Основни характеристики при електрическите машини
- •Процеси при работата на електрическите двигатели
- •Постояннотокови ел<mark>ек</mark>трически машини (ПТМ)
- •Литература



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"





Общи сведения за електрическите машини. Класификации

Електрическата машина е физично устройство, което преобразува електрическата енергия в механична или механичната в електрическа, т.е. това е електромеханичен преобразувател на енергия.

- Електрическите машини <u>според предназначението</u> си се подразделят на следните видове:
- Електрически генератори преобразуват механичната енергия в електрическа;
- Електрически двигатели преобразуват електрическата енергия в механична;
- Електромеханични преобразуватели преобразуват променливия ток в постоянен и обратно, променят големината на напрежението на променливия и постоянния ток, честотата и др.;
- ▶ <u>Електромеханични компенсатори</u> осъществяват генериране на реактивна мощност в електрически схеми за подобряване на енергетичните показатели на източници и консуматори на електрическа енергия;
- Електромеханични преобразуватели на сигнали те генерират, преобразуват и усилват различни сигнали.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Общи сведения за електрическите машини. Класификации.

- Електрическите машини <u>според зависимостта на тока от времето</u> се делят на:
- Електрически машини за променлив ток;
- Електрически машини за постоянен ток.
- □ Електрическите машини за <u>променлив ток</u> в зависимост от принципа на действие и особеностите на електромагнитната система се подразделят на:
- Асинхронни машини използват се главно като трифазни електрически двигатели. Простото устройство и високата надеждност позволяват да се използват в различни отрасли на промишлеността за задвижване на машини, товароподемни машини, компресори, вентилатори и др. В системите за автоматично регулиране широко приложение намират едно- и двуфазни управляеми асинхронни двигатели, асинхронни тахогенератори, а също и селсини;
- Синхронни машини използват се като генератори на променлив ток с промишлена честота в електрически станции и като генератори с повишена честота в автономни източници на захранване (на кораби, самолети и т.н.). В електрическите задвижвания с голяма мощност се използват синхронни електродвигатели. В устройствата на автоматиката широко приложение намират различни синхронни машини с малка мощност;



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



- Колекторни машини колекторните машини за променлив ток се използват сравнително рядко и главно като електродвигатели. Те имат сложна конструкция и изискват специални грижи. В устройствата от автоматиката, а също и в различни видове битови електроприбори се използват универсални колекторни двигатели, работещи както с постоянен, така и с променлив ток.
- Електрическите машини за <u>постоянен ток</u> се използват като генератори и електродвигатели в електрозадвижващи устройства, изискващи регулиране на честотата на въртене в широка граници: железопътен и морски транспорт, товароподемн<mark>и машини</mark>, сложни ме<mark>т</mark>алообработващи машини и т.н., както и електрическа когато за източници на енергия за захранване на батерии (стартерни двигатели, служат ак<mark>умулато</mark>рни електродвигатели двигатели на п<mark>одводни лодки</mark>, космически кораби и т.н.).

Генераторите за постоянен ток често се използват за захранване на комуникационни устройства, зареждане на акумулаторни батерии, като основен източник на захранване на транспортни средства (автомобили, самолети, пътнически вагони). В последно време генераторите за постоянен ток се заменят с генератори за променлив ток, работещи съвместно с полупроводникови изправители.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Общи сведения за електрическите машини. Класификации.

- В зависимост от предназначението електрическите микромашини в автоматичните устройства се подразделят на следните групи:
- силови микродвигатели завъртащи различни механизми в автоматични устройства;
- управляеми (изпълнителни) двигатели преобразуващи приведения към тях електрически сигнал в механично преместване на вала, т.е. изпълняващи определени команди;
- <u>тахогенератори</u> преобразуващи механичното завъртане на вала в електрически сигнал напрежение, което е пропорционално на честотата на въртене на вала;
- синхронни машини (селсини , магнесини) осъществяващи синхронен и във фаза ред или въртене на няколко механични несвързани помежду си оси;
- микромашини за жироскопични инструменти (жироскопични двигатели, датчици за ъгъл, датчици за момент) – осъществяващи въртене на ротора на жироскопи с висока честота и корекция в тяхното положение;
- електромеханични преобразуватели и усилватели.
 - Електрическите микромашини от първите две групи често се наричат *силови*, а останалите *информационни*.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Общи сведения за електрическите машини. Класификации.

- Електрическите машини по мощност условно се подразделят на:
- микромашини до 500 W. Тези машини работят както на постоянен, така и на променлив ток с нормална и повишена (400 – 2000 Hz) честота;
- машини с малка мощност от 0,5 до 10 kW. Тези машини работят както на постоянен, така и на променлив ток с нормална и повишена честота;
- машини с голяма мощност повече от няколко стотин киловата.
 - Машините със средна и голяма мощност оби<mark>кновено са</mark> предназначени да работят с постоянен или променлив ток с нормална честота.
- Според честотата на въртене електрическите машини се подразделят на :
- ▶ бавно въртящи се с честота на въртене до 300 об/min;
- средно бързо въртящи се 300 1500 об/min;
- бързо въртящи се 1500 6000 об/min;
- ▶ свръхбързо въртящи се над 6000 об/min.

Микромашините се изпълняват за честота на въртене от няколко стотин оборота за минута до 60000 об/min; машините с голяма и средна мощност – обикновено до 3000 об/min.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



- □ Електрическите машини се различават <u>по особености в конструкцията,</u> определени от <u>условията на експлоатация</u>:
- ➤ Защита от външни въздействия. Конструктивното изпълнение на електрическите машини в значителна степен се определя от изискванията, предявени към защита от външни въздействия.

Индекса за защита (**IP**) е разработен от Европейския комитет за електротехническа стандартизация (CENELEC) и е дефиниран в БДС EN 60034-5:2007.

IP (International Protection Rating или често наричан Ingress protection) код показва защитата на машината от околната среда.

Означава се: ІР ХХ (на мястото на Х има цифра), където

първата цифра (от 0 до 6) показва <u>защита от твърди предмети или материали</u> втората цифра (от 0 до 8) показва <u>защита от течности (вода)</u>.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Първа цифра

0	Няма специална защита
1 Ø 50mm	Защитен от твърди предмети до 50мм, също така срещу случайно докосване с ръка
2 0 12,5mm	Защитен от твърди предмети до 12 мм, също така и от случайно докосване от човешки пръсти
3 0 2,5mm	Защитен от твърди предмети над 2,5мм (инструменти и кабели)
4 0 0 1mm	Защитен от твърди предмети над 1мм (инструменти, кабели и малки кабели)
5	Ограничена защита от проникване на прах
6	Напълно защитен от проникване на прах



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Втора цифра

0		Няма защита
1		Защитен от вертикално падащи капки вода
2		Защита от пръскане на вода до 15°
3	60)	Защитен от директно впръскване на вода до ъгъл 60°
4	0	Защитен от впръскване на вода, възможно е ограничено проникване
5	*	Защитен от струи вода с ниско налягане във всички посоки - ограничено проникване
6	*************************************	Защитен от времено наводняване, пример корабни палуби - възможно е ограничено проникване
7		Защитен при потапяне между 15 см. и 1 м.
8		Защитен при дълги периоди на потапяне под налягане



ПРОЕКТ ВG051РО001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Различават се следните видове изпълнения на електрически машини:

- ✓ <u>Открито изпълнение</u> (IP00) машината няма специална защита;
- ✓ <u>Защитено изпълнение</u> (IP21 IP22 и др.) машината има специални приспособления, напр. кожух, щит. Такива машини се използват в закрити помещения;
- ✓ <u>Водоустойчиво и капкоустойчиво изпълнение</u> (IP23 –IP24 и др.) машината е снабдена с приспособления за защита от проникване на капки и пръски вода към токопроводящи и въртящи се части. Такива машини могат да се използват на открито;
- ✓ <u>Водозащитено изпълнение</u> (IP55 IP56) мащината е защитена от проникване на водна струя с произволна посока. Такива машини имат морско приложение;
- √ <u>Прахозащитено изпълнение</u> (IP65 IP66) машината е защитена от попадане на прах в опасни за нормалната работа количества;
- ✓ <u>Закрито изпълнение</u> (IP44 IP54) вътрешното пространство на машината е изолирано от външната среда. Такива машини се използват в прашни помещения, в транспортни средства, в авиацията и т.н.;
- √ Херметическо изпълнение (IP67 IP68) машината се изпълнява с особено плътна изолация от околната среда. Такива машини могат да работят под вода (водонепроницаеми), в газови камери (газонепроницаеми) и в други подобни среди.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Общи сведения за електрическите машини. Класификации.

Различават се <u>специални видове изпълнения</u> на електрически машини, предназначени за работа в *особени условия*:

- ✓ <u>Взривозащитно изпълнение</u> електрическата машина може да работи във взриво- и пожароопасни среди;
- ✓ Влагоустойчиво изпълнение електрическата машина може да работи в условия с висока влажност;
- ✓ <u>Студоустойчиво изпълнение</u> електрическата машина може да работи при особено низки температури и при възможност от заледяване;
- ✓ <u>Химическоустойчиво изпълнение</u> електрическата машина може да работи в условия при наличие на изпарения на агресивни химически вещества и при въздействие на химикали;
- √ *Тропическо изпълнение* електрическата машина може да работи в тропически условия при възможност от образуване на плесени.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



▶ Начини за охлаждане. За да се предотврати нагряването на електрическите машини, се използват различни начини за тяхното охлаждане. Начина на охлаждане зависи от вида на изпълнение на електрическата машина и от нейната мощност. С повишаване на мощността се изисква и увеличаване на интензивността на нейното охлаждане.

IC (International Cooling) код показва начина на охлаждане на електрическата машина – дефиниран в БДС EN 60034-6:2002.

Означава се: ІС ХХ (на мястото на Х има цифра), където

първата цифра (om 0 до 6) условно означава устройството на веригата за циркулация на охладителя;

втората цифра (от 0 до 7) начина за движение на охладителя.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



- ✓ Електрическите микромашини обикновено нямат изкуствено охлаждане отвеждането на топлината на от нагретите части се осъществява за сметка на естествения топлообмен с околната среда → машини с естествено охлаждане.
- ✓ Въртящите електрически машини с малка, средна и голяма мощност се изпълняват с изкуствено охлаждане. В тези машини обикновено с помощта на на специални приспособления се постига увеличение на скоростта на движение на охладителя. Такива машини се наричат вентилируеми. Вентилируеми машини, при които охлаждащият въздух или друг газ преминава през вътрешното пространство на машината, се наричат продухваеми; ако се обдухва само външната повърхност наричат се обдухваеми.
- ✓ Електрическите машини с малка и средна мощност обикновено се изпълняват със самовентилация. В този случай охлаждането на нагретите части се осъществява чрез вентилатор, монтиран на вала на ротора на машината.
- ✓ Електрически машини закрито изпълнение обикновено се изпълняват обдухваеми. В такива машини вентилатор обдухва външната повърхност на корпуса и това спомага за интензивното му охлаждане (*IC01*).



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



За увеличаване на охлаждащата повърхност машините закрито изпълнение обикновено са снабдени с *охлаждащи ребра*. Понякога на вала на ротора се монтира вътрешен вентилатор, който обезпечава допълнително циркулацията на въздуха вътре в машината и засилва интензивността на топлообмена между закритите части на машината и корпуса. В машините за големи мощности, които са закрито изпълнение, често се използва *независима вентилация*, при която охлаждащият въздух преминава през машината благодарение на спомагателен вентилатор, задвижван от отделен електродвигател (*IC17*).

В машините открито, защитено, водоустойчиво и капкоустойчиво, и водозащитено изпълнение охлаждащият въздух обикновено се задвижва чрез вентилатор около намотките и по вентилационни канали, намиращи се в статора и ротора на електрическата машина.

Охладителната система може да бъде <u>аксиална</u> и <u>радиална</u>. При аксиалната система охлаждащият въздух преминава през машината по направление на вала, а в случая на радиална – в радиално направление.

В машините с голяма мощност за охладител понякога се използва водород. Това позволява да се намалят загубите на мощност, дължащи се на триенето между частите на машината и потока охлаждащ газ, и да се подобри отвеждането на топлина, тъй като водородът има по-малка плътност и по-голяма топлопроводимост отколкото въздуха.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



▶ Монтаж и закрепване. За подходящ монтаж и закрепване на електрическата машина, в нейната конструкция трябва да бъдат предвидени съответни възли – лапи на тялото на машината, фланци на лагерните щитове, стойкови лагери и др. В зависимост от начина на монтажа и закрепването, направлението на оста на вала и конструкцията на лагерните възли, електрическите машини се разделят на конструктивни групи, различни видове и форми на изпълнение.

IM (International Mounting) код показва начина на монтаж и закрепване на електрическата машина – дефиниран в БДС EN 6<mark>0034</mark>-7:1993/A1:2002 .

Означава се: **IM XXXX** (на мястото на **X** има цифра), където

първата цифра опр<mark>еделя конструкт</mark>ивн<mark>ат</mark>а група на електрическата машина;

втората и третата цифри определят начина на монтаж на електрическата машина;

четвъртата цифра (от 0 до 8) определя формата на края на вала на машината.



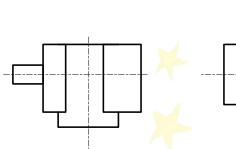
ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"

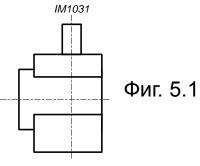


<u>Конструктивни групи:</u>

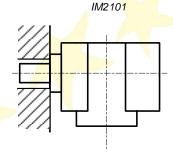
IM1 – електрическа машина на лапи, с лагерни щитове (фиг. 5.1);

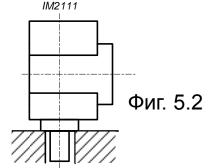


IM1001

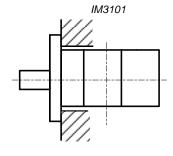


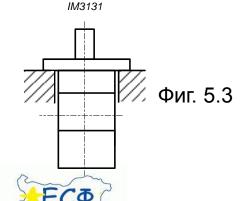
IM2 – на лапи, с лагерни щитове и фланец на един<mark>ия щит (ф</mark>иг. 5.2);





IM3 – без лапи, с лагерни щитове и фланец на единия щит (фиг. 5.3);





Европейски социален фонд



ПРОЕКТ ВG051РО001--4.3.04-0042

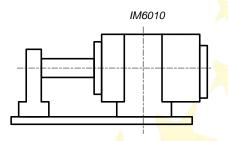
"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"

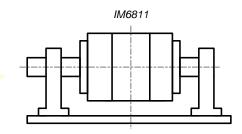
Общи сведения за електрическите машини. Класификации.

IM4 – без лапи, с лагерни щитове и фланец на корпуса;

IM5 – без лагери;

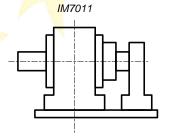
IM6 – с лагерни щитове и стойкови лагери (фиг. 5.4);

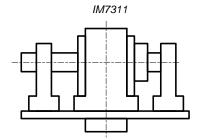




Фиг. 5.4

IM7 — със сто<mark>йкови лагери (без</mark> щитове) (фиг. 5.5);





Фиг. 5.5

IM8 — с вертикален вал (които не са включени в гр. IM1 – IM4);

IM9 – специално изпълнение.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"





Режими на работа на електрическите машини

Електрическата машина е електромеханичен преобразувател на енергия.

- ❖Ако една електрическа машина преобразува електрическата енергия в механична, машината работи в <u>двигателен режим</u>.
- ❖Ако електрическата машина преобразува механичната енергия в електрическа, машината работи в <u>генераторен режим</u>.
- ❖Ако ъгловата скорост на вала на една електрическа машина е постоянна (Ω=const.) и основните електрически величини имат установени стойности, машината работи в <u>установен режим.</u>
- ❖Ако ъгловата скорост на вала на една електрическа машина не е постоянна (Ω≠const.) и основните електрически величини и характеристики се променят, машината работи в <u>динамичен режим</u>.
- ❖Електрическата машина може да има <u>специални функции</u> електромеханични преобразуватели, електромеханични компенсатори, електромеханични преобразуватели на сигнали, селсини, тахогенератори.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"





Основни принципи при електрическите машини

<u>Принцип на обратимостта на електрическите машини</u> − възможността една електрическа машина да работи както в генераторен режим, така и в двигателен режим, в зависимост от посоката на преобразуване на енергията. Това е фундаментален принцип в теорията на електрическите машини.

По някои конструктивни съображения обикновено машините се произвеждат с определено предназначение – за работа като генератори или за работа като двигатели, при което техните възможности се използват най-ефикасно. На табелките на електрическите машини се отбелязва режимът на работа, за който те са предназначени.



<u>Принци<mark>п на сам</mark>орегули</mark>ра<mark>не</mark>то</u>.

√При асинхронните машини при всеки товар хлъзгането *s* има такава стойност, че моментът на машината уравновесява съпротивителния момент.

√При постояннотоковите машини при изменение на товара се изменя котвеният ток I_a и ъгловата скорост Ω , при която машината работи устойчиво.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"





Устройство на електрическите машини

Всяка електрическа машина има *активна* и *конструктивна* част.

Активната част се състои от магнитна система и електрическа система – намотки. В нея се извършва процесът на преобразуване на енергията.

Конструктивната част е механична система, върху която са закрепени намотките и магнитната система. Тя ги защитава от действието на външната среда. Най-общо конструктивната част се състои от тяло, лагерни щитове, вал, лагери.

Магнитната система е изработена от електротехническа стомана с голяма магнитна проницаемост за провеждане на основния магнитен поток.

Във въртящата се електрическа машина има неподвижна част, наречена <u>статор</u>, и въртяща се част, наречена <u>ротор</u>. Статорът и роторът са коаксиални цилиндри, отделени с въздушна междина. От въздушната междина се определят до голяма степен електромагнитните характеристики на електрическата машина. Обикновено статорът е разположен отвън, а роторът отвътре.

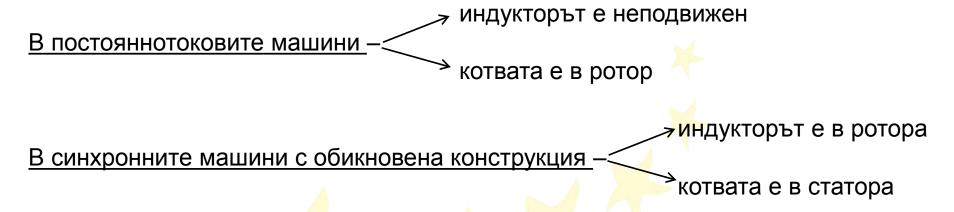
Частта от електрическата машина, в чиято намотка се индуктира е.д.н. се нарича *котва*. Частта от електрическата машина, в която се възбужда магнитното поле, се нарича *индуктор*.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"





В синхронните и постояннотоковите машини магнитното поле се възбужда от постоянен ток или постоянен магнит.

<u>В асинхронните машини</u> и променливотоковите колекторни машини магнитното поле се възбужда от променлив ток. В такива електрически машини е.д.н. се индуктира в намотките на <u>статора и ротора</u> от магнитното поле, което се създава от токовете в <u>статора и ротора</u>.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Основни явления при принципа на действие на електрическите машини

Явлението, при което в резултат от изменението на магнитния поток през повърхността, ограничена от даден проводящ контур, в този контур се създава електродвижещо напрежение (е.д.н.), се нарича <u>електромагнитна индукция.</u> Ако контурът е затворен, в резултат на електромагнитната индукция, в контура протича индуциран електрически ток.

Действието на електрическата машина се основава на явлението електромагнитната индукция има две страни:

- ▶Индуктиране на електродвижещо напрежение (е.д.н.) в проводник, който се движи в магнитно поле или е неподвижен спрямо променливо във времето магнитно поле.
- ▶Създаване на механична сила от електромагнитен произход; тя действа върху проводник, през който протича ток, и се намира в магнитно поле.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"





Основни характеристики при електрическите машини

Електрическите машини преобразуват електрическа енергия в механична (електрически двигатели) или обратно – механична в електрическа (електрически генератори). Полезната мощност, за която е изчислена една електрическа машина, се нарича номинална мощност.

- **♣При електрическите генераторите** полезната електрическа мощност, която те отдават на потребителите (или на електрическата мрежа), се нарича номинална;
- *♣При електрическите двигатели* изходната механична мощност на техния вал, която се предава на задвижвания работен механизъм, се нарича номинална.

Величин<mark>ите, които</mark> характеризи<mark>рат работата на електрическата машина с номинална мощност са:</mark>

- ♦номинално напре<mark>жение $U_{\scriptscriptstyle H}$;</mark>
- lacktriangleноминален ток I_{H} ;
- **◈**номинален к.п.<mark>д.</mark> η_н;
- lacktriangleноминална честота $oldsymbol{\mathsf{Ha}}$ въртене n_{H} ;
- lacktriangleноминална честота f_H ;
- lacktriangleноминален фактор на мощността $cos arphi_H$.



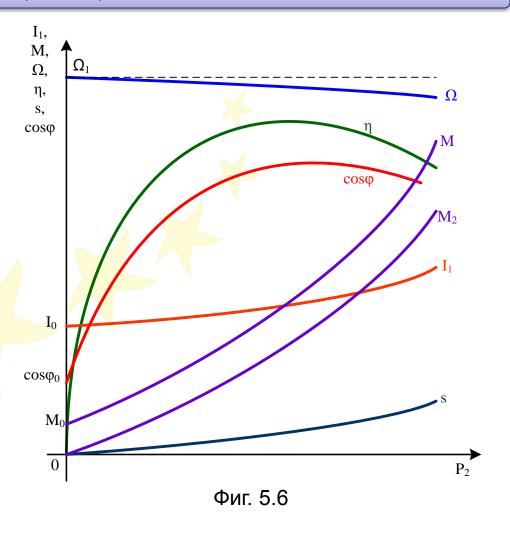
ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Работните характеристики на асинхронния двигател дават представа за неговите свойства. Те показват зависимостите на:

- •ъгловата скорост Ω ;
- •хлъзгането s;
- •въртящия момент М;
- •токът в статорната намотка I₁;
- фактора на мощността соѕф;
- •к.п.д. η от полезната мощност на вала P_2 (фиг. 5.6) при постоянно захранващо напрежение U_1 =const. и честота на променливия ток f=const.





ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

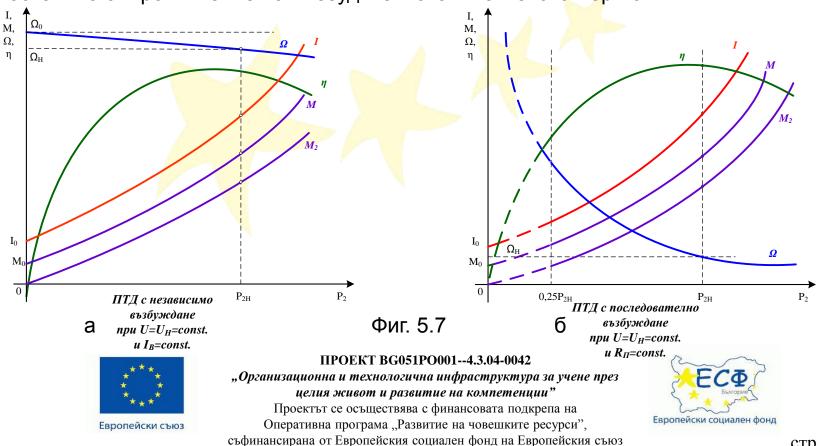
"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



<u>Работните характеристики</u> на двигателите за постоянен ток представляват зависимостите на:

- •ъгловата скорост Ω;
- •електромагнитният момент М (или полезният момент М₂);
- •токът I_a;
- •к.п.д. ŋ

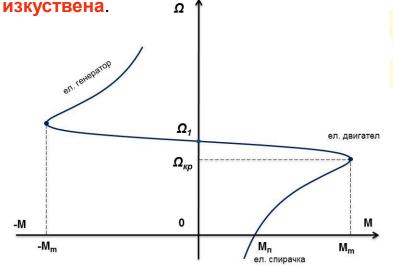
от полезната мощност на вала P_2 (фиг. 5.7) при постоянно напрежение U_1 =const. и постоянно съпротивление на възбудителната и котвената верига.

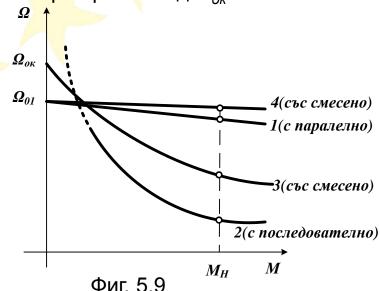


Инвестира във вашето бъдеще!

Механичната характеристика на двигател асинхронния $\Omega = f(M)$. При зависимостта <u>номинално напрежение</u> U_{IH} , <u>номинална</u> <u>честота f_H и <u>липса</u> на допълнителни</u> резистори или индуктивни съпротивления във веригата на статора и ротора механичната характеристика се нарича естествена. Ако някое от тези условия не е изпълнено, характеристиката е

Механичната характеристика на постояннотоковия двигател зависи от начина възбуждане (фиг. 5.9). Механичната характеристика (крива 3) на двигател възбуждане смесено заема междинно положение между характеристиките на двигател паралелно (крива 1) и с последователно възбуждане (крива 2). Характеристиката му е понаклоне<mark>на (по-мека)</mark> и има СИЛНО стойност при празен ход $\Omega_{o\kappa}$.





Фиг. 5.8



ПРОЕКТ ВG051РО001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Процеси при работата на електрическите двигатели На електрическите двигатели са присъщи някои общи свойства :

- ❖Устойчива работа под устойчива работа се разбира способността на двигателя да заеме отново състоянието на равновесие ($M=M_C$) при извеждането му от него;
- ❖Пускане преходен процес, който започва от момента на включването на двигателя. към захранващата мрежа и завършва с достигането на установена ъглова скорост. Пускането се характеризира със следните показатели:

 - Кратност на пусковия ток $k_{\Pi T} = \frac{I_{\Pi}}{I_{H}}$; Кратност на пусковия момент $k_{\Pi M} = \frac{M_{\Pi}}{M_{H}}$;

☑Продължителност на пусковия процес.

 $k_{_{IIT}}$ е малък, $k_{_{IIM}}$ е $\,$ голям $\,$ Най-благоприятен е този пусков процес, при който двигателят бързо преодолява съпротивителния и инерционния момент и се ускорява.

- ❖ <u>Електрически спирачни режими</u> в системите за автоматизирано електрозадвижване много често е необходи<mark>мо да се ускори не</mark> само процесът на пускане, но и спирането на електрическите двигатели. Електрическият спирачен режим се характеризира с това, че електромагнитният им момент M става съпротивителен. Използват се:
- ☑Генераторно спиране с връщане на енергия в мрежата (генераторен режим);
- ☑Динамично спиране;
- ☑Спиране с противовключване.



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Процеси при работата на електрическите двигатели

- Саморегулиране при асинхронния двигател при всеки товар хлъзгането s има такава стойност, че моментът на двигателя уравновесява съпротивителния момент; при постояннотоковите двигатели при изменение на товара се изменя котвеният ток I_a и ъгловата скорост Ω , при която двигателят работи устойчиво;
- ❖ Регулиране на ъгловата скорост или честотата на въртене регулирането на скоростта на електрическите двигатели представлява изкуствено (принудително) изменение на скоростта им независимо от натоварването. Процесът на регулиране се характеризира с показателите:
- ☑ Обхват;
- ☑ Плавност;
- ☑ Стабилност
- ☑ Икономичност.

Най-благоприятен про<mark>це</mark>с на регулиране на скоростта имаме, когато *обхватът* е достатъчно голям, регулирането е *плавно* (безстепенно), запазва се наклонът на механичната характеристика и загубите на електрическа енергия са минимални.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"





Електрическите машини за постоянен ток са *обратими*, т.е при захранване с постоянно напрежение работят като двигатели, а при задвижване от вън работят като генератори. Използват се главно като двигатели и сравнително по-рядко като генератори. Двигателите имат възможност за плавно и икономично регулиране на честотата на въртене в широки граници и за получаване на желани механични характеристики и голям пусков момент. Използват се като тягови двигатели в електротранспорта, за задвижване на металорежещи машини, подемно-транспортни машини, като изпълнителни звена в системи за автоматично регулиране. Генераторите се използват за захранване на двигатели за постоянен ток, електрозаваръчни агрегати, електромагнити и апаратура за управление и контрол, а някои специални генератори – като усилватели на управляващи сигнали и като тахогенератори за измерване на честота на въртене.

Основен недостатък на машините за постоянен ток е наличието на колекторно-четков апарат. Неговото предназначение е да превключва по подходящ начин котвената намотка така, че във външната верига (в консуматора) да се получава постоянно по посока е.д.н. в генераторен режим или на вала на машината да се създава постоянен по посока електромагнитен момент при двигателен режим.



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

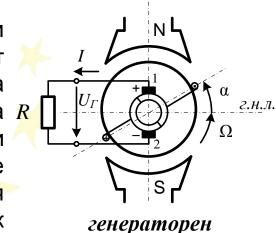
"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Принципът на действие на *генераторите за постоянен ток* се

основава на явлението електромагнитна иднукция.

Нека между полюсите N и S на постоянен магнит или електромагнит се върти с постоянна скорост цилиндър от феромагнитен материал С навивка, разположена диаметрално върху него (фиг. 5.10). Краищата на Rнавивката са свързани с два изолирани един от друг медни сегмента, които се въртят заедно с нея. Върху сегментите опират неподвижни четки, които са свързани с потребителя (резистора *R*). При въртенето се изменя магнитният поток Φ , обхванат от намотката, и съгласно електромагнитната индукция във всеки активен проводник (частта от навивка<mark>та, която пресича ма</mark>гнитните линии на



режим

Фиг. 5.10

, където l и V са съответно дължината и полето) се индуктира е.д.н. $e_x = B_x lV$ линейната скорост на проводника, B_x - магнитната индукция в мястото, където се намира проводникът. Тъй като l и V са постоянни величини, е.д.н. eпропорционално на магнитната индукция и следователно то се изменя във времето по същия начин както магнитната индукция под полюсите. Поради наличието на оформени полюсни накрайници разпределението на специално магнитната индукция под полюсите е близко до трапецовидно (фиг. 5.11).



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Следователно по същия начин се изменя и е.д.н. при B_x изменение на положението на навивката (ъгъл α) в e междуполюсното пространство. При това е.д.н. се изменя не само по големина, но и по посока, т.е. индуктираното е.д.н. е променливо, защото активните проводници на навивката пресичат последователно магнитното поле под разноименните полюси (фиг. 5.11 а).

От фиг. 5.10 се вижда, че четка 1 през съответния сегмент има връзка само с проводник, който се намира под полюса N, а четка 2-c проводник под полюса S. При смяна на полюса, под който се намира проводникът, се сменя и четката, към която контактува съответният сегмент, поради което е.д.н. e между четките и токът i през потребителя R запазват посоката си постоянна (фиг. 5.11 б)

 B_{cp} 2π $\alpha(t)$ τ \boldsymbol{a} Фиг. 5.11

независимо от това, че индуктираното е.д.н. е променливо. Устройството, съставено в случая от два сегмента, с които контактуват четките, се нарича *колектор* и служи като токоизправител – променливият ток в навивката протича през товарния резистор като пулсиращ ток. Пулсациите на е.д.н. и тока се намаляват при увеличаване на броя на навивките, които се разпределят равномерно по повърхността на цилиндъра, като съответно се увеличава и броя на сегментите (колекторните пластини).

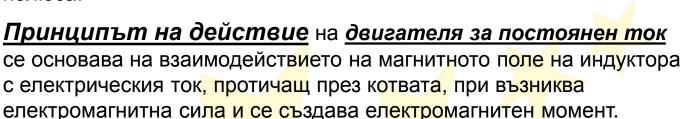


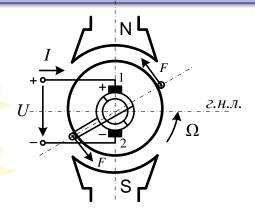
ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



За най-пълно и ефективно (без искрене) изправяне на променливия ток е необходимо смяната на четката да става в момент, когато индуктираното е.д.н. в навивката е нула, т.е. активните й проводници да се намират на **геометричната неутрална линия (г.н.л.)** (фиг. 5. 12), която лежи в равнината, разделяща пространството между два съседни разноименни полюса.





режим режим

Фиг. 5.12

Ако резисторът от фиг. 5.10 се изключи и към четките се включи източник със същия поляритет (фиг. 5.12), през навивката ще протече ток с посочената на фигурата посока. От взаимодействието на този ток и магнитното поле възникват електромагнитни сили F. Те създават двигателен момент, който завърта навивката. За да се запази посоката на момента постоянна, когато активните проводници преминават от един полюс към друг, е необходимо в съответния момент да се промени посоката на тока в навивката. Следователно предназначението на **колектора** при двигателен режим е да преобразува постоянния ток (във вътрешната верига) в променлив (в навивката), за да се получи постоянен по посока момент.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



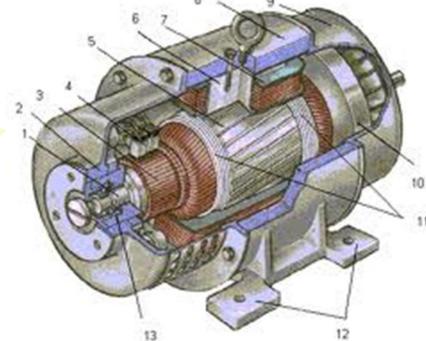
При двигателен режим под действие на електромагнитния момент навивката се върти, активните й проводници пресичат магнитните линии на полето и в тях се индуктира е.д.н. Неговата посока е обратна на посоката на тока, поради което се нарича противо - е.д.н.

При генераторен режим, когато към четките се свърже потребител, през навивката протича ток. Той си взаимодейства с магнитното поле и възниква електромагнитна сила, която създава момент. Неговата посока е обратна на посоката на

механичния момент, който върти вала.

На фиг. 5.13а е показан общият вид на електрическа машина за постоянен ток:

1 — вал; 2 — лагерен щит; 3 — колектор; 4 — четкова система; 5 — котвен пакет; 6 —полюсно тяло; 7 — възбудителна бобина; 8 — тяло; 9 — лагерен щит; 10 — вентилатор; 11 — укрепване на челните съединения на котвената намотка; 12 — тяло.



Фиг. 5.13 а

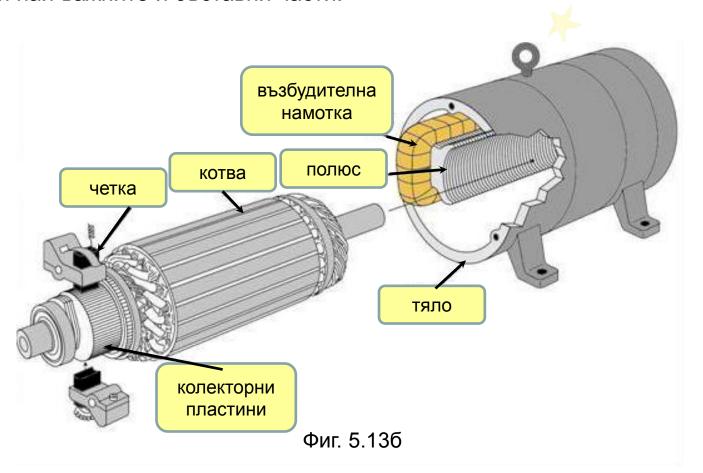


ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



На фиг. 5.13б е показана разглобена електрическа машина за постоянен ток и означени най-важните й съставни части:





ПРОЕКТ ВG051РО001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Е.д.н. и електромагнитен момент на машините за постоянен ток

Е.д.н. на машината е равно на алгебричната сума от моментните стойности на е.д.н. e_r в активните проводници на секциите, включени в един паралелен клон.

$$E = \frac{pN}{2\pi a} \Omega \Phi = c\Omega \Phi$$

$$E=rac{pN}{2\pi a}\Omega \Phi=c\Omega \Phi$$
 , където $c=rac{pN}{2\pi a}$; $N-$ броя на активните проводници на

секциите, включени в един паралелен клон; p — броят на двойките полюси; 2a — броят на паралелните клонове; $oldsymbol{arOmega}$ — ъгловата скорост на машината; $oldsymbol{arOmega}$ — магнитният поток на един полюс, Wb.

Ако вместо с ъглова скорост Ω се работи с честота на въртене $n=\frac{60\Omega}{2\pi a}$, min^{-1} ,

за е.д.н. се получава
$$E = \frac{pN}{60a} n\Phi = c_E n\Phi$$
 , където $c_E = \frac{pN}{60a}$.

От изразите за е.д.н. следва, че е.д.н. на машините за постоянен ток е пропорционално на магнитния поток на полюса и на ъгловата скорост $\, arOle\, 2 \,$ или честотата на въртене n на котвата.

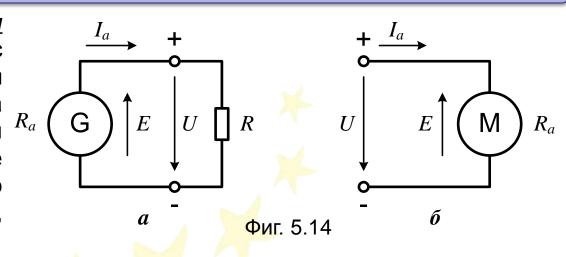


ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



При <u>генераторен режим</u> посоката на е.д.н. Е съвпада с посоката на тока и то определя напрежението U на изводите на генератора (фиг. 5.14 а). <u>двигателен режим</u> посоката му е обратна на посоката на тока и то уравновесява напрежението захранващо двигателя (фиг. 5.14 б).



Уравненията на електрическото състояние или у<mark>равнен</mark>ията на напреженията на машината при установен режим ($I_a = const.$ и $\Omega = const.$). за електрическите схеми от фиг. 5.14 се получават съгласно втория закон на Кирхоф и имат вида:



$$U=E-R_aI_a$$
 – при генераторен режим; $U=E+R_aI_a$ – при двигателен режим.

$$U = E + R_a I_a$$
 – при двигателен режим.

Токът във всеки активен проводник на котвената намотка е равен на тока в един

паралелен клон
$$i_a = \frac{I_a}{2a}$$
 , където I_a е общият ток на машината.



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



При взаимодействието на магнитния поток и тока в проводника възниква електромагнитна сила F_{x} , която създава електромагнитния момент на вала на машината. Електромагнитният момент на машината се получава като се сумират моментите, действащи върху всички проводници, или като се умножи сумата от моментите, действащи върху проводниците под един полюс, чийто брой е N/2p, по броя на полюсите 2p:

$$M=rac{pN}{2\pi a}\Phi I_a=cI_a\Phi$$
 , където $c=rac{pN}{2\pi a}$; $N-$ броя на активните проводници на

секциите, включени в един паралелен клон; p - 6роят на двойките полюси; 2a - 6роят на паралелните клонове; Ω – ъгловата скорост на машината; I_a – общият ток на машината; Φ – магнитният поток на един полюс, Wb.

🥂 Както се <mark>вижда,</mark> момен<mark>тът е п</mark>ропо<mark>р</mark>ционален на произведението на магнитния поток на всеки полюс и котвения ток на машината. Той е <u>съпротивителен при ген</u>ераторен ре<mark>ж</mark>им на машината и <u>въртящ</u> при двигателен режим на машината.

При празен ход на машината на валай действа и т.нар. момент на празен ход M_0 . Той съответства на мощността P_{θ} , която машината трябва да получи при празен ход, за да се покрият загубите от триене и загубите в магнитопровода от хистерезис и вихрови

токове: $M_0 = \frac{P_0}{\Omega}$. Този момент е съпротивителен и много по-малък от M.



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



При <u>двигателен режим</u> въртящ е моментът M, а съпротивителни са моментът на задвижвания механизъм M_2 и моментът на празен ход M_0 .

При установен режим (I_a =const. и Ω =const.) на работа на машината съществува равновесие между въртящия и сумата от съпротивителните моменти. Уравненията за механичното състояние или уравненията на моментите на машината при установен режим са :

$$M_1 = M_C = M + M_0 \approx M$$
 – при генераторен режим;

$$M = M_C = M_2 + M_0 \approx M_2$$
 – при двигателен режим.

⚠ Двигателните моменти са положителни, ако действат по посока на движението, а съпротивителните – ако са насочени обратно на движението.



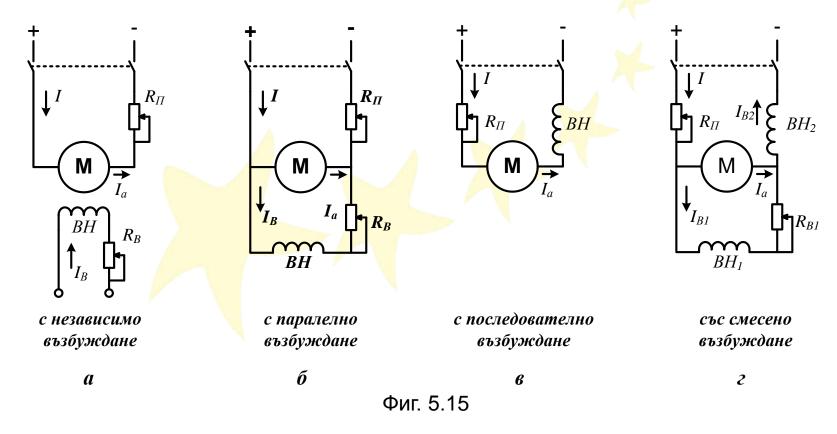
ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Начини за възбуждане на машините за постоянен ток.

В зависимост от начина на захранване на възбудителната намотка машините за постоянен ток биват:





ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



- 1. <u>Машини с паралелно възбуждане (шунтови)</u> възбудителната намотка се включва паралелно на котвената намотка (фиг. 5. 15 а) и $I = I_a I_e$ за генераторен, а $I = I_a + I_e$ за двигателен режим;
- 2. <u>Машини с независимо възбуждане</u> възбудителната намотка не е свързана с котвата, а се захранва от отделен (независим) източник (фиг. 5. 15 б) (в малките машини магнитният поток може да се създава от постоянни магнити);
- 3. <u>Машини с последователно възбуждане (серийни)</u> възбудителната намотка се включва последователно на котвената намотка (фиг. 5. 15 в) и $I = I_a = I_g$;
- 4. Машини със смесено възбуждане (компаундни) имат две възбудителни намотки, едната от които се включва паралелно (BH_1), другата последователно (BH_2) на котвената намотка (фиг. 5. 15 г) и $I=I_{B2}=I_a-I_{B1}$ за генераторен, а $I=I_{B2}=I_a+I_{B1}$ за двигателен режим.

Възбудителната намотка за последните три вида машини е свързана с котвата. Те се наричат **машини със смесено възбуждане.**



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Механични характеристики на двигателите за постоянен ток

Под механична характеристика се разбира зависимостта между ъгловата скорост и момента $M=f(\Omega)$. Изменението на ъгловата скорост зависи от наклона на механичната характеристика спрямо абсцисната ос. Колкото помалък е този наклон, т.е. колкото "по-твърда" е механичната характеристика, толкова изменението на скоростта ще се влияе по-малко от изменението на натоварването на двигателя.

За постояннотоковите двигатели е характерно свойството саморегулиране. Саморегулирането се изразява в това, че при изменение на статичния съпротивителен момент на вала се изменят автоматично котвеният ток и ъгловата скорост, при които двигателят работи устойчиво. Ролята на регулатор играе противо-е.д.н. $E = c \Phi \Omega$, индуктирано в котвената намотка.

Електродвигателите задвижват съответни производствени механизми и заедно с тях образуват агрегати. Под устойчива работа на агрегата се разбира способността на двигателя да заеме отново състояние на равновесие ($M=M_c$) при извеждането му от него. Условието за устойчива работа изисква определено съответствие между механичните характеристики на двигателя $M=f(\Omega)$ и задвижвания механизъм $M_c=f(\Omega)$.



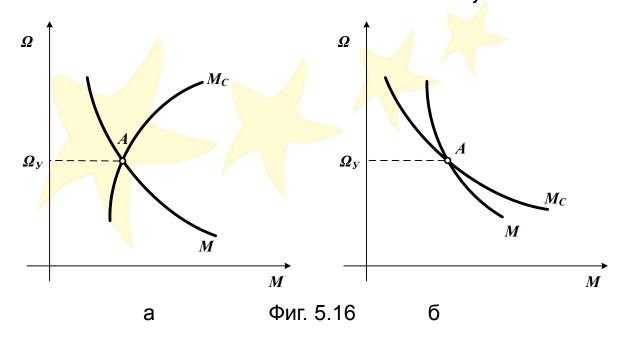
ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



При механичните характеристики, показани на фиг. 5. 16 а, агрегатът ще работи устойчива, защото при всяка промяна на ъгловата скорост по отношение на установената Ω_y , отговаряща на т. А, се появява неуравновесен момент, под действие на който агрегатът се връща към установената скорост Ω_y .

При механичните характеристики, показани на фиг. 5. 16 б, работата на агрегата ще бъде неустойчива, защото неуравновесеният момент при $\Omega \neq \Omega_y$ действа в посока на отдалечаване на ъгловата скорост от установената скорост Ω_v .





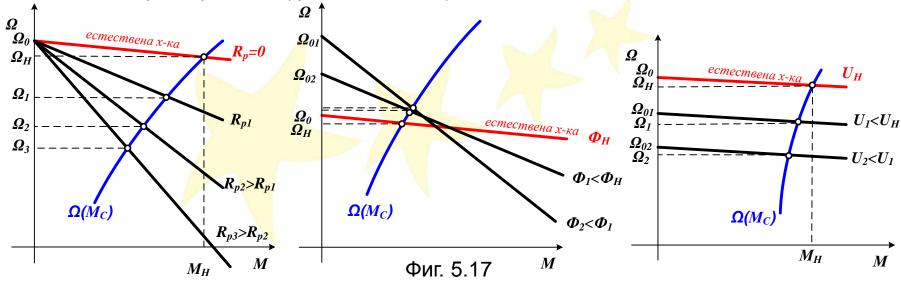
ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



Механични характеристики на постояннотоков двигател с независимо възбуждане

Двигателят с независимо възбуждане намира най-широко приложение. Когато двигателят работи при естествени условия, а именно $U=U_H$, $I_B=I_{BH}$ ($\Phi=\Phi_H$), и в котвената му верига **не** са включени допълнителни резистори, съответната му механична характеристика се нарича **естествена**. Ако не е изпълнено някое от тези условия, механичната характеристика е **изкуствена**. Различаваме следните видове изкуствени механични характеристики (фиг. 5.17 а, б, в):



а) при включване на допълнителен резистор в котвената намотка



б) при намаляване на възбудителния ток чрез регулиращ реостат се намалява магнитният поток

ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"

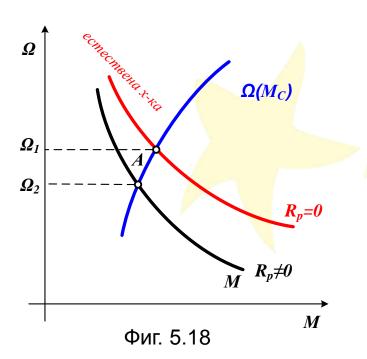
в) при изменение (намаляване) на захр. напрежение



Механични характеристики на постояннотоков двигател с последователно възбуждане

При двигателя с последователно възбуждане последователно на котвената и възбудителната намотка е включен пусков резистор, който може да бъде оразмерен и за продължителна работа и да служи като регулиращ.

Двигателите за постоянен ток с последователно възбуждане са подходящи за работа при тежки условия и при претоварване.



Механичната характеристика $M=f(\Omega)$ е показана на фиг. 5.18. Естествената механична характеристика на двигателя с последователно възбуждане при $U=U_H=const$. и $R_{II}=0$ е близка до хипербола. Ако съпротивлението на резистора R_{II} е различно от нула, се получават семейство изкуствени характеристики, които са разположени под естествената.

<u>Съществена особеност на двигателя</u> с последователно възбуждане е, че той не трябва да работи ненатоварен. При празен ход $M=0,\ I_a=0$ и $\Phi\equiv\ I_a\approx 0,\$ при което ъгловата скорост достига опасни стойности $(\Omega\to\infty).$



ПРОЕКТ ВG051РО001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



<u>Пускане и регулиране на скоростта на двигатели за постоянен ток</u> Пускане , U-E

Токът в котвената намотка е $I_a = \frac{U - E}{R_a}$. В първия момент след включването роторът на двигателя не се върти, поради което липсва противое.д.н. ($\textbf{\textit{E}=c}\Phi\Omega=0$) и началният пусков ток е $I_{II} = \frac{U}{R_a}$. Тъй като съпротивлението на котвената намотка е малко, пусковият ток превишава номинални 10 – 30 пъти. Този голям пусков ток е опасен за колектора и четките. Освен това води и до голям пусков момент $\textbf{\textit{M}}_{II}$. Пусковият ток може да се намали по два начина:

- •Чрез включване в котве<mark>на</mark>та намотка на пу<mark>сков</mark> резистор (реостатно пускане);
- •Чрез намаляван<mark>е на зах</mark>ранващ<mark>ото н</mark>апре<mark>жение (когато това е технически възможно.</mark>

<u>Реостатно пускане.</u>

След включване на двигателя той се ускорява, противо- е.д.н.се увеличава и пусковият ток намалява. Това позволява постепенно да се намалява съпротивлението на пусковия резистор в процеса на пускане на двигателя. Обикновено пусковият резистор има няколко степени. Те се оразмеряват така, че при изключването им пусковият ток, съответно моментът на двигателя, да се изменя в определени граници ($I_{\Pi 1}$ и $I_{\Pi 2}$, съответно $M_{\Pi 1}$ и $M_{\Pi 2}$).

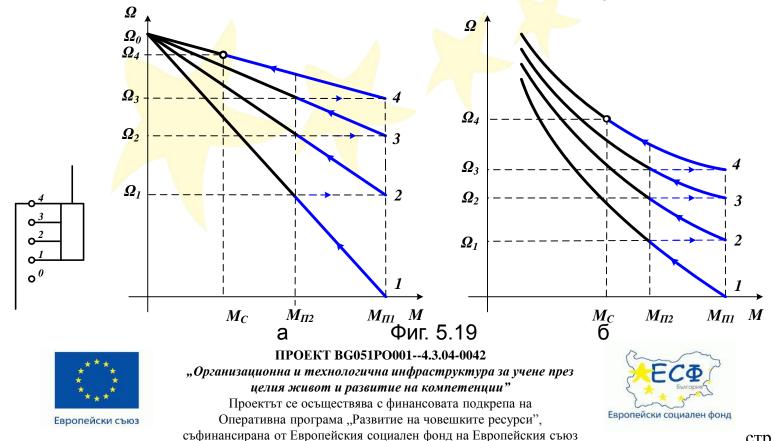


ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



На фиг. 5.19 са показани механичните характеристики и е изяснен пусковия процес при постояннотоков двигател с паралелно възбуждане (фиг. 5.19а) и постояннотоков двигател с последователно възбуждане (фиг. 5.19б). В ляво е показан пусков резистор с четири степени. Пусковият процес започва от механична характеристика 1 при $M_{\Pi 1}$ < M_{C} . След като ъгловата скорост нарасне до Ω_{1} , при която $M=M_{\Pi 2}$, се изключва първата степенна пусковия резистор и т.н. След изключване на последната степен на пусковия резистор процесът протича по естествената механична характеристика 4 до Ω_{4} , съответстваща на установен режим ($M=M_{C}$).



Инвестира във вашето бъдеще!

<u>Регулиране на скоростта</u>

От зависимостта $\Omega = \frac{U}{c\Phi} - \frac{R_a}{\left(c\Phi\right)^2} M$ става ясно, че ъгловата скорост на двигателя за

постоянен ток може да регулира чрез:

ШИзменение на съпротивлението в котвената верига (R_a + R_p);

 \square Изменение на магнитния поток ϕ , т.е. на възбудителния ток;

 \square Изменение на захранващото напрежение U,

при което се получават съответните изкуствени механични характеристики.

1.Двигатели с независимо <mark>и</mark> паралелно възбужд<mark>ане.</mark>

•Регулиране на ъгловата скорост чрез изменение на съпротивлението на котвената верига – от фиг. 5.17а се вижда, че при увеличаване на съпротивлението на регулиращия реостат двигателният и съпротивителният момент ($M=M_C$) се изравняват при по-ниска ъглова скорост, т.е. ъгловата скорост намалява.

Предимства:

- ○Широк обхват на регулиране;
- оЛесно осъществяване.

Недостатъци:

- оГолеми загуби на електрическа енергия в регулиращия реостат;
- оНамаляване на твърдостта на механичната характеристика при понижени скорости.

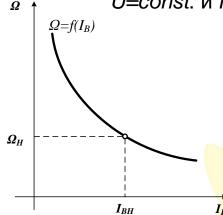


ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



• <u>Регулиране чрез изменение на магнитния поток</u> — осъществява се чрез резистор, включен във възбудителната верига. От фиг. 5.17б се вижда, че чрез изменение на магнитния поток ъгловата скорост може да се изменя в широки граници. Зависимостта на ъгловата скорост от възбудителния ток $\Omega = f(I_B)$ при U = const. и $M_C = const.$ се нарича P = const. и P = const. се нарича P = const.



Фиг. 5.20

При ненаситена машина $\Phi = I_B$ регулиращата характеристика е хипербола.

Предимства:

- оПлавно;
- оИкономично;
- оПри нарастване на ъгловата скорост нараства к.п.д. и полезната мощност.
- Регулиране чрез изменение на напрежението

Предимства:

- √ Широк обхват;
- Плавност;
- Икономичност и запазване на стабилността (твърдостта) на характеристиката.

Недостатъци:

Европейски съюз

о Висока стойност; понижен к.п.д. на устройството за изменение на напрежението



"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма "Развитие на човешките ресурси", съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз Инвестира във вашето бъдеще!

Европейски социален фонд

- 2. Двигатели с последователно и смесено възбуждане
- <u>Регулиране на ъгловата скорост чрез изменение на съпротивлението на котвената верига</u> осъществява се чрез регулиращ резистор, включен в котвената верига (фиг.5.18).

Предимства:

Простота и сигурност;

Недостатъци:

- Висока стойност;
- <u>Регулиране чрез изменение на магнитния поток</u> пара<mark>лелн</mark>о на възбудителната или на котвената намотка се включва шунтиращ резистор, чрез който може да се регулира възбудителния ток.
- 3. Импулсен метод за регулиране на ъгловата скорост на двигателите за постоянен ток осъществява се чрез управляеми включващо изключващи прекъсвачи, които се включват в котвената верига на постояннотоковия двигател. Регулирането се извършва практически без загуба на мощност, особено при високи ъглови скорости.

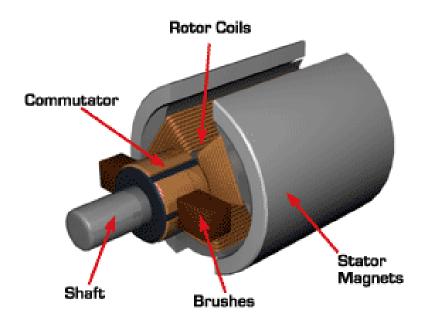
Двигателите за постоянен ток се използват, когато е необходимо плавно регулиране на ъгловата скорост в широки граници, при необходимост от високи ъглови скорости, голям пусков момент и специални механични характеристики.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"









ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"



9 Литература

Основна:

- 1. Цветков Д. и др., Електротехника и електроника, печат ЕТ "Здравков", София, 1997.
- 2. Цветков Д. и др., Основи на електротехниката и електрониката, изд. Техника, София, 1989.
- 3. Димитров Д., А. Ангелов, Електрически машини, част втора, изд. Техника, София, 1988.
- 4. Брускин Д. Э., А. Е. Зорохович, В. С. Хвостов, Электрические машины, изд. Высшая школа, Москва, 1987.

Допълнител<mark>на:</mark>

- 1. Хвостов В. С., Электрические машины Машины постоянного тока, изд. Высшая школа, Москва, 1988.
- 2. Попов И., Еле<mark>кт</mark>рически машини, книга първа, изд. Техника, София, 1959.
- 3. http://model.exponenta.ru/electro/kz_09.htm
- 4. http://hoster.bmstu.ru/~fn7/lec/8/index.html#83



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции"

