Технически университет – София Електротехнически Факултет Катедра "Обща електротехника" Презентация № 8

Асинхронен двигател. Устройство и принцип на действие. Уравнения при неподвижен и въртящ се ротор. Електромагнитен момент и диаграма на мощностите

дисциплина "Електротехника и електроника 1" – ВІМ16 ОКС "Бакалавър" от Учебен план на специалност Индустриален мениджмънт, Професионално направление 5.13. Общо инженерство





Съдържание

- Асинхронни машини въведение
 - Конструкция видове
 - Създаване на въртящо се магнитно поле
 - Взаимодействие с роторната намотка
 - Хлъзгане
 - Възможни работни режими
- Двигателен режим на АМ
 - Уравнени<mark>я при неп</mark>одвижен ротор
 - Уравнени<mark>я при на</mark>личие на движение
 - Еквивалентна схема
- Електромагнитен момент
 - Определяне
 - Особености при изменението му
- •Енергийна диаграма
 - Загуби в АД
 - Диаграма на мощностите
- •Литература



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042



1 Асинхронни машини – въведение

<u>Асинхронните машини</u> са машини за променлив ток. Те преобразуват променливотоковата електрическа енергия в механична е<mark>н</mark>ергия.

Както всички електрически машини и те са обратими, т.е. могат да работят и <u>в</u> <u>двигателен</u> и <u>в генераторен режим</u>, но на практика се използват изключително като двигатели.

Асинхронните двигатели се отличават с проста конструкция, сигурна работа, ниска цена, просто обслужване и висок к.п.д. и затова са найразпространените електродвигатели.

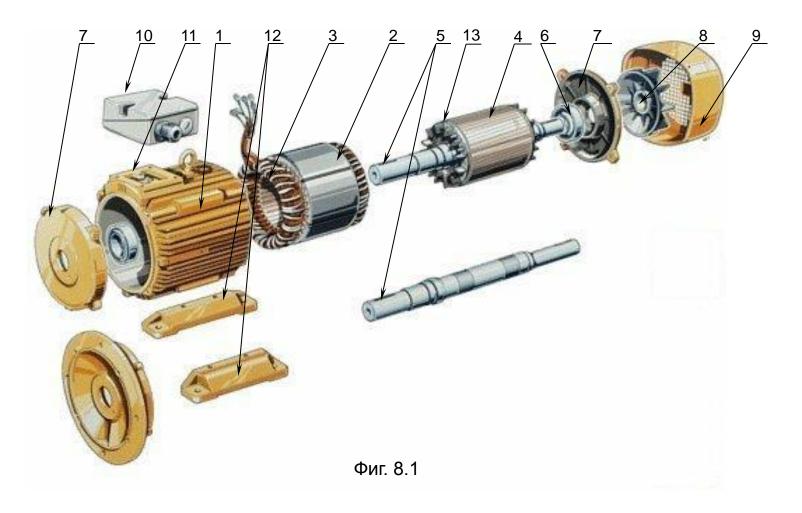
Конструкция на АД (фиг. 8.1): Асинхронният двигател се състои от две основни части: неподвижна – <u>статор</u> и въртяща се – <u>ротор</u>.

Неподвижната част на двигателя (статорът) се състои от следните съставни части: тяло 1, статорен пакет 2 и статорна намотка 3. Въртящата се част (роторът) се състои от роторен пакет 4, накъсо съединена роторна намотка и вал 5. За да може роторът да се върти, върху вала са монтирани лагерите 6, чиито външни гривни са разположени в гнезда на лагерните щитове 7. Лагерните щитове се присъединяват от двете страни на тялото с болтове и затварят вътрешността на машината. Вентилаторът 8 е монтиран върху вала и охлажда двигателя.





Асинхронни машини - въведение





ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042



Вентилаторът духа въздух между надлъжните ребра на тялото. Той е защитен с вентилаторен кожух 9. Изводите на статорната намотка са свързани към клемно табло 11, разположено върху тялото. То е защитено чрез клемна кутия 10. Изводите на статорната намотка се свързват с мрежата, затова тя се нарича първична (индекс 1).

Тялото е основна конструктивна част на двигателя. То дава механичната якост на цялата конструкция. Чрез лапите му 12 машината се захваща за фундамента. Тялото на двигателите с малка мощност се отлива от алуминий, а на двигателите с малка и средна мощност – от чугун. При големи мощности тялото се изработва във вид на заварена от стомана конструкция.

Статорният пакет е част от магнитната система на асинхронния двигател. Магнитният поток в пакета е променлив. За да се намалят загубите от вихрови токове, статорният пакет се набира от отделни листове електротехническа стомана с дебелина 0,5 mm. Статорните и роторните листове са изработени чрез щанцоване. Формата им е такава, че след набирането на пакетите се получават равномерно разпределени статорни и роторни канали и зъби. В съответните канали са разположени статорната и роторната намотка.



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042 "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!



Асинхронни машини - въведение

Статорната намотка е трифазна, еднослойна или двуслойна. Секциите на намотката са изработени от изолирани проводници с кръгло или правоъгълно напречно сечение. Те са изолирани от стените на статорните канали с подходяща изолация. Шестте извода на трифазната статорна намотка са изведени на клемно табло, което дава възможност намотката да се свърже в "звезда" или "триъгълник".

Роторният пакет също е набран от отделни листове електротехническа стомана. Той е закрепен към вала с шпонка или накатка, така че да може да се предава моментът на двигателя.

В зависимост от вида на *роторната намотка 13* асинхронните двигатели биват:

- ≻Двигател с накъсо съединен (кафезен) ротор;
- *≻Двигател* с фазов (навит) <mark>рото</mark>р.

Валът на асинхронния двигател служи за монтиране на всички въртящи се детайли на ротора. Чрез свободния край на вала двигателят се свързва със задвижваната машина посредством съединител или някаква предавка.

Детайлите на асинхронния двигател се изработват така, че да се осигури равномерна въздушна междина между статора и ротора. Въздушната междина δ оказва съществено влияние върху характеристиките на двигателя.

Роторната намотка се нарича още вторична (индекс 2).



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042 "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

Накъсо съединената роторна

на двигатели С малка намотка мощност средна ce отлива алуминий. Разтопеният метал запълва роторните канали, където се образуват роторните пръчки. Едновременно с роторните пръчки се отливат и двата пръстена и вентилаторните перки върху тях. По такъв начин се получава кафезната роторна намотка, в която пръчките са свързани накъсо чрез пръстените. При двигателите с голяма мощност накъсо съединената роторна намотка има заварена конструкция и се изработва от мед или медни сплави.



Фиг. 8.2





ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042



роторните канали асинхронния двигател с навит <u>(фазов) ротор</u> (фиг. 8.3) се полага трифазна намотка от изолирани брой секции. която има на полюсите, еднакъв с броя на статорната намотка. Изводите на роторнаа намотка, 🔥 която свързана в "звезда", са свързани с три контактни пръстена. Те са монтирани върху вала, така че да са изолирани от него и помежду си. Чрез контак<mark>тните</mark> пръстени четков апарат изводите на въртящата се роторна намотка са изведени навън и могат да се свържат с външна верига.



Фиг. 8.3



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042



Работата на асинхронните двигатели се основава на действието на въртящото се магнитно поле.

Принципът на получаване на въртящо се магнитно поле в трифазните електрически машини може да се изясни по следния начин. В каналите от вътрешната страна на цилиндър от листова електротехническа стомана са поставени три еднакви намотки с начала **A**, **B**, **C** и краища **X**, **Y**, **Z**, чиито оси са отместени една спрямо друга на 120°. Намотките са свързани в звезда и са включени към симетрична трифазна система напрежения. Токовете в намотките са:

$$i_{A} = I_{Am} \sin(\omega t)$$

$$i_{B} = I_{Bm} \sin(\omega t - 120^{\circ})$$

$$i_{C} = I_{Cm} \sin(\omega t + 120^{\circ})$$

В центъра на трите неподвижни на мотки, разположени на 120° една спрямо друга, магнитните индукции, създадени от токовете i_A , i_B , i_C са:

$$B_{1} = B_{m} \sin(\omega t)$$

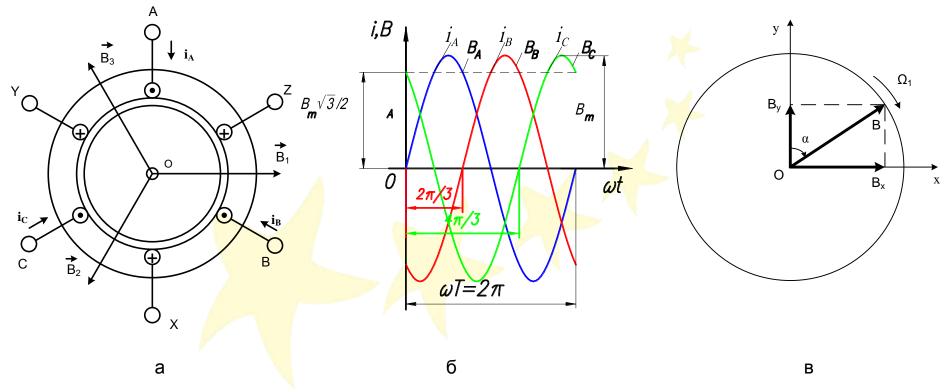
$$B_{2} = B_{m} \sin(\omega t - 120^{\circ})$$

$$B_{3} = B_{m} \sin(\omega t + 120^{\circ})$$

И направленията им съвпадат с осите на съответните намотки.







Фиг. 8.4 Създаване на въртящо магнитно поле

Измененията на токовете и на магнитните индукции във времето са показани на фиг.8.4 б





От фиг. 8.4 се вижда, че резултатното поле се върти от фаза A към фаза B и т.н. и за един период на променливия ток прави едно завъртане. Магнитната иднукция на резултантното магнитно поле се получава чрез наслагване на трите пулсиращи полета на отделните намотки. Проекциите $\mathbf{B}_{\mathbf{x}}$ и $\mathbf{B}_{\mathbf{y}}$ на вектора на магнитната индукция на резултантното магнитно поле върху осите \mathbf{x} и \mathbf{y} представлява сума от съответните проекции на векторите на магнитните индукции на трите пулсиращи полета

$$B_{x} = \frac{3}{2} B_{m} \sin \omega t \qquad B_{y} = \frac{3}{2} B_{m} \cos \omega t$$

Векторът на магнитната индукция на резултантното магнитно поле има големина

$$B=\sqrt{B_x^2+B_y^2}=rac{3}{2}B_m$$
 и сключва с оста y ъгъл $lpha$, като $tg\,lpha=rac{B_x}{B_y}=tg\,\omega t$.

Следователно $\alpha = \omega t$, т.е. ъгълът α нараства линейно с времето, или резултантното магнитно поле се върти с ъглова скорост Ω_1 , равна на кръговата честота ω на променливите токове, които го създават:

$$\Omega_{\text{\tiny 1}} = \omega = 2\pi f$$
 , rad/s , където f е честотата на променливите токове.





Резултантната магнитна индукция е постоянна по големина – $B=rac{3}{2}B_m=const$

Следователно полученото поле е *кръгово въртящо се маг<mark>ни</mark>тно поле*.

В най-общия случай, ако в каналите на феромагнитния цилиндър се разположат p групи от по три намотки, така че през тях да се пропусне трифазна система токове , се създават p на брой въртящи се магнитни полета или едно резултантно магнитно поле с p "еквивалентни" чифтове (двойки) полюси. Неговата ъглова скорост е p пъти по-малка от ъгловата честота ω на променливите токове:

$$\Omega_1 = \frac{\omega}{p} = 2\pi f_1 \frac{1}{p}$$
, rad/s

В практиката се използва **честома на въртене** n_1 , s⁻¹ или min⁻¹,

тъй като
$$\Omega_1=2\pi n_1$$
 или $\Omega_1=2\pi n_1$, когато n_I се измерва в min⁻¹, За n_I се получава $n_1=\frac{f_1}{n}$, s⁻¹ или $n_1=60.\frac{f_1}{n}$, min⁻¹.

Инвестира във вашето бъдеще!





Честома на въртене n_1 на въртящото се магнитно поле, създадено от трифазната статорна намотка на асинхронния двигател се нарича *синхронна*. Полето пресича както статорните, така и роторните намотки и индуктира в тях съответни е.д.н. E_1 и E_2 . Е.д.н. E_1 заедно с напрежителните падове в статорната намотка уравновесява захранващото напрежение U_1 . Под действие на е.д.н. E_2 в затворената роторна намотка протича ток I_2 . От взаимодействието на този ток и въртящото се магнитно поле възниква електромагнитна сила, която създава момент M, под чието действие роторът се върти по посока на полето със скорост

$$\Omega \leq \Omega_1$$

Големината на е.д.н. $\boldsymbol{E_2}$ и съответно тока $\boldsymbol{I_2}$ зависи от скоростта, с която въртящото се поле пресича проводниците на ротора, разликата между ъгловата скорост на полето Ω_1 и на ротора Ω . При изравняване на двете скорости ($\Omega_1 = \Omega$) в роторната намотка няма да се индуктира $\boldsymbol{E_2}$ и съответно токът $\boldsymbol{I_2}$ и моментът \boldsymbol{M} ще бъде нула.



Следователно необходимото условие за възникване на електромагнитен въртящ момент M е да съществува разлика между Ω_1 и Ω . Затова двигателят се нарича асинхронен, т.е. роторът на асинхронния двигател се върти несинхронно по отношение на полето на статора.





Относителната разлика между ъгловата скорост на полето и на ротора се нарича хлъзгане: хлъзгането може да се определи и чрез честотите на въртене

$$s = \frac{\Omega_1 - \Omega}{\Omega_1}$$
 или $s = \frac{\Omega_1 - \Omega}{\Omega_1}.100$, % $s = \frac{n_1 - n}{n_1}$ или $s = \frac{n_1 - n}{n_1}.100$, %

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$
 или $s = \frac{n_1 - n}{n_1}.100$, %

Хлъзгането има фундаментално значение в работата и теорията на машини<mark>.</mark> Чрез него се осъществява асинхронните свойството <u>"саморегулиране"</u> на ас<mark>ин</mark>хронния дви<mark>г</mark>ател.

<u>Режимът на работа на асинхронната машина</u> се определя от стойността на хлъзгането.

- •Когато е ненатоварена, създаденият електромагнитен момент преодолява само силите на триене и скоростта й Ω е много близка до синхронната Ω_1 – хлъзгането при празен ход е $s_0 = 0.001 - 0.005$.
- •Ако на вала на машината се приложи съпротивителен момент, роторът започва да изостава от въртящото се магнитно поле $\left(\Omega < \Omega_{_{1}}\right)$ и хлъзгането нараства, като при номинален товар е $s_{\mu} = 0.015 - 0.08$.
- •При неподвижен ротор (Ω =0) хлъзгането s=1.

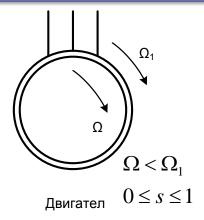


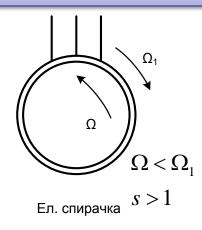
ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042 "Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции" Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма "Развитие на човешките ресурси", съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз

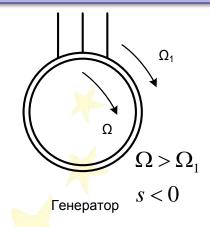
Инвестира във вашето бъдеще!



Асинхронни машини - въведение







Фиг. 8.5

- Двигателен режим когато хлъзгането е от 0 до 1 (0 < s < 1) , асинхронната машина работи в двигателен режим получава електрическа енергия и я преобразува в механична, преодолявайки съпротивителния момент, приложен на вала.
 </p>
- ightharpoonup <u>Спирачен режим</u> когато посоката на въртене на ротора е противна на посоката на въртящото се магнитно поле, хлъзгането става по-голямо от единица (s>1). В този случай електромагнитният момент на двигателя е спирачен и той работи в спирачен режим на противовключване.
- ightharpoonup тогава когато статорната намотка остава включена към мрежата, а роторът се върти от първичен двигател със скорост $\Omega > \Omega_1$, т.е. s < 0. В този случай се променя относителната посока на пресичане на проводниците на ротора от въртящото се магнитно поле на статора, при което се променя посоката на е.д.н. E_2 , на тока I_2 и на електромагнитния момент M, който става съпротивителен.





2 Двигателен режим на асинхронните машини

В електромагнитно отношение асинхронната машина се отличава от трансформатора само по това, че магнитната връзка между двете намотки се осъществява през въздушната междина δ между статора и ротора, която е относително малка ($\delta = 0.25 \div 0.4$ mm).

- □ Затова електромагнитните процеси в асинхронния двигател са аналогични на тези в трансформатора, особено при неподвижен ротор (s=0).
- □ При въртящ се ротор (s≠1) асинхронният двигател може да се разглежда като трансформатор, в който се преобразуват не само напреженията и токовете, но и честотата им.





ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

АСИНХРОНЕН ДВИГАТЕЛ ПРИ НЕПОДВИЖЕН РОТОР

⚠ I Ако се разгледа АД с навит ротор и роторната му верига е отворена (без резистори), то режимът на работа в този случай наподобява режима на празен ход на трансформатора със следните различия:

•Магнитното поле е въртящо се, а не синусоидално както при трансформатора и поради това е.д.н индуктирани в отделните секции на статорната намотка са дефазирани. За да се отчете това се въвежда т.нар. коефициент на намотката k_w <1 (k_{w1} и k_{w2}).

•Поради н<mark>аличието</mark> на въздушн<mark>а</mark> междина δ , токът на празен ход I_{I0} е значително по-голям от този при трансформатора $\to I_{I0} = (35 \div 50)\% I_{IH}$.

Индуктираните е.д.н. в двете намотки за една фаза ще бъдат определени така:

$$egin{aligned} E_1 = 4,44f_1w_1m{k}_{w_1}\Phi_0 &$$
 , където индексът (в) означава въртящ се ротор $E_{2(H)} = 4,44f_{2(H)}w_2m{k}_{w_2}\Phi_0 &$ индексът (н) означава неподвижен ротор

отношението

$$\frac{E_1}{E_{2(H)}} = \frac{w_1 k_{w_1}}{w_2 k_{w_2}} = K_{TP}$$

се нарича коефициент на трансформация на напреженията на асинхронния двигател



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042



Уравне<mark>нията има</mark>т вида:

$$\dot{U}_{1K} = -\dot{E}_{1K} + \dot{I}_{1K} ig(R_1 + j X_{1\sigma} ig)$$
 $\dot{I}_{1K} = \dot{I}_{10} + igg(-rac{w_2 k_{w_2}}{w_1 k_{w_1}} \dot{I}_{2K} igg)$, където $I_{1K} = I_{1H}$; $I_{2K} = I_{2H}$ $E_{2(H)} = \dot{I}_{2K} ig(R_2 + j X_{2\sigma(H)} ig)$

Трябва да се отбележи, че в този режим (опит на к.с.) честотата на роторните величини f_2 е равна на тази на статорните f_1 .

$$f_2 = s.f_1$$

$$s_{(H)} = 1 \longrightarrow f_{2(H)} = 1.f_1 = f_1$$

$$\Rightarrow f_{2(H)} = f_1$$



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042



АСИНХРОНЕН ДВИГАТЕЛ ПРИ ПОДВИЖЕН РОТОР

Когато двигателят работи в нормален режим при някакво хлъзгане s се правят следните извеждания за въртящ се ротор.

$$\begin{split} E_{2(B)} &= 4,44 f_2 w_2 k_{w_2} \Phi_0 = 4,44 s f_1 w_2 k_{w_2} \Phi_0 = s E_{2(H)} \\ e_{2\sigma(B)} &= -L_{2\sigma} \frac{d i_2}{dt} \, ; \dot{E}_{2\sigma(B)} = -j w_2 L_{2\sigma} \dot{I}_2 = -j x_{2\sigma(B)} \dot{I}_2 \\ x_{2\sigma(B)} &= w_2 L_{2\sigma} = 2\pi f_2 L_{2\sigma} = 2\pi s f_1 L_{2\sigma} = s x_{2\sigma(H)} \end{split}$$

Уравнението на роторната верига за една фаза ще бъде:

$$\dot{E}_{2(B)} = \dot{I}_2 \left(R_2 + j X_{2(B)} \right)$$

$$omкьдето \longrightarrow \dot{I}_2 = \frac{\dot{E}_{2(B)}}{R_2 + j X_{2(B)}}$$



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042 "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!



Двигателен режим на асинхронните машини



- за да се ползват резултатите от анализа на трансформатори и да се приложат за асинхронни двигател, е необходимо да се приведе АД с въртящ се ротор към АД с неподвижен ротор;
- затрудненията се появяват от факта, че статорните и роторни величини се изменят с различна честота и не могат да се изобразят в обща векторна диаграма. Също така голямата част от получената електрическа енергия от АД се превръща в механична енергия, което също така не може да бъде непосредствено отразено. Тази механична енергия следва да бъде отчетена чрез еквивалентна електрическа енергия, която да се консумира в роторната верига.

Изразът за ефективната стойност на роторния ток се получава от записания компл<mark>ексен вид по следния</mark> начин:

$$I_{2} = \frac{E_{2(B)}}{\sqrt{R_{2}^{2} + x_{2(B)}^{2}}} = \frac{sE_{2(B)}}{\sqrt{R_{2}^{2} + s^{2}x_{2(B)}^{2}}} = \frac{E_{2(B)}}{\sqrt{\left(\frac{R_{2}}{s}\right)^{2} + x_{2(H)}^{2}}}, \kappa \delta \delta emo \rightarrow \psi_{2} = arctg \frac{x_{2(H)}}{R_{2}}$$

 ψ_2 е фазовата разлика между I_2 и $E_{2(H)}$



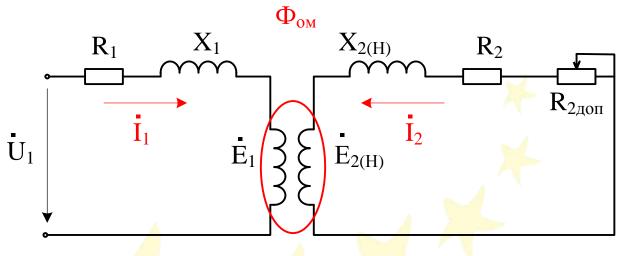


От израза за I_2 е ясно, че във въртяща се роторна намотка той се изменя в зависимост от хлъзгането s, както токът в неподвижна намотка с индуктирано е.д.н. с постоянна ефективна стойност $E_{2(H)}$, в която е свързано постоянно $X_{2(H)}$, но с променливо по стойност активно съпротивление R_2/s . Следователно активното съпротивление на неподвижната роторна намотка следва да се увеличи спрямо физическото й съпротивление R_2 с добавъчно съпротивление, определено така:

$$R_{2\partial on} = \frac{R_2}{s} - R_2 = \left(\frac{1-s}{s}\right)R_2$$







Фиг. 8.6

На фиг. 8.6 е показана заместващата схема ва една от фазите на АД

$$\dot{U}_{1} = -\dot{E}_{1} + \dot{I}_{1}(R_{1} + jX_{1\sigma})$$

$$\dot{I}_{1} = \dot{I}_{10} + \left(-\frac{w_{2}k_{w_{2}}}{w_{1}k_{w_{1}}}\dot{I}_{2}\right)$$

$$E_{2(H)} = \dot{I}_{2}\left(\frac{R_{2}}{s} + jx_{2\sigma(H)}\right)$$



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042



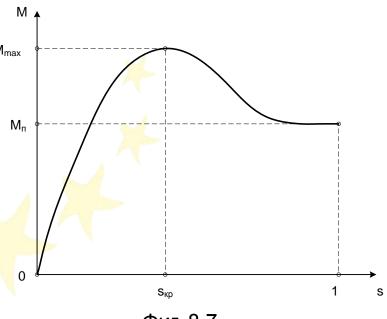
Електромагнитен момент

Електромагнитният момент асинхронния двигател се определя чрез електромагнитната мощност предавана по електромагнитен ПЪТ OT статора към ротора през въздушната междина, и Ω_1 .

От механика е известно, че $P=M.\Omega$.

Следователно
$$M=rac{P_{e_{\it LM}}}{\Omega_1}$$
 , т.е. $P_{e_{\it RM}}$ се

предава OT въртящото електромагнитно поле.



Ако във формулата за **M** заместим
$$\rightarrow$$

$$P_{\rm enm} = 3.E_{2(H)}.I_2.\cos\psi_2, \kappa \upsilon \partial emo$$

$$E_{2(H)} = 4,44 f_{2(H)} w_2 k_{w_2} \Phi_0$$

ще получим $M=rac{3}{\Omega_{\cdot}}4,\!44f_{2(H)}w_{2}k_{w_{2}}\Phi_{0}I_{2}\cos\psi_{2}=K\!I_{2}\Phi_{0}\cos\psi_{2}$



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042



Електромагнитен момент

$$ightarrow M = K\!I_2 \Phi_0 \cos \psi_2$$
 , където

$$rac{3}{\Omega_1}$$
4,44 $f_{2(H)}w_2k_{w_2}=K$ (обща константа)
$$I_2=rac{E_{2(H)}}{\sqrt{\left(rac{R_2}{s}
ight)^2+\left(X_{2\sigma_{(H)}}
ight)^2}}$$
 $\psi_2=arctgrac{X_{2\sigma_{(H)}}}{rac{R_2}{s}}$

От получ<mark>ения изр</mark>аз за мо<mark>мента M е ясно, че моментът е сложна функция на хлъзгането s, която представлява т.нар. *механична характеристика* M = f(s) на $A\mathcal{L}$. Анализът на тази характеристика (фиг. 8.7) показва:</mark>

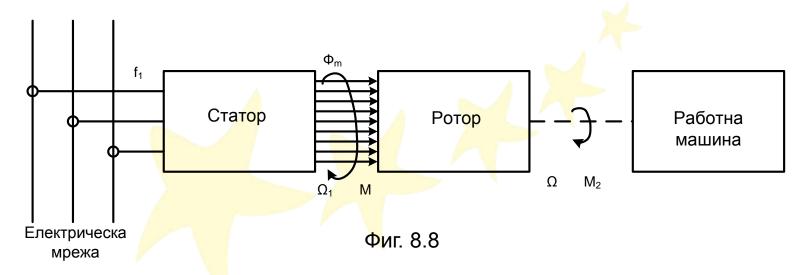
- ✓ Функцията има максимум M_{max} , който отговаря на т. нар. критично хлъзгане s_{kp} .
- ✓ На хлъзгане s=1 (пусков режим) отговаря пусков момент M_Π , който е много важна характеристика на двигателя.
- ✓ Двигателят работи устойчиво в областта $0 \le s_{_{\!H}} \le s_{_{\!R\!P}}$, моментът е почти пропорционален на хлъзгането и мех. характеристика е почти права линия.
- √При $s_{\kappa p} < s < 1$ двигателят работи неустойчиво





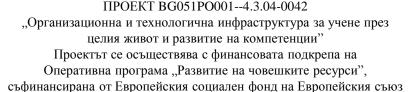
4 Енергийна диаграма

Асинхронният двигател представлява преобразувател на електрическа енергия в механична енергия, като преобразуването естествено е съпроводено със съответни енергийни загуби.



На фиг. 8.8 е показан асинхронен двигател, захранен от симетричен трифазен източник и свързан към работна машина.

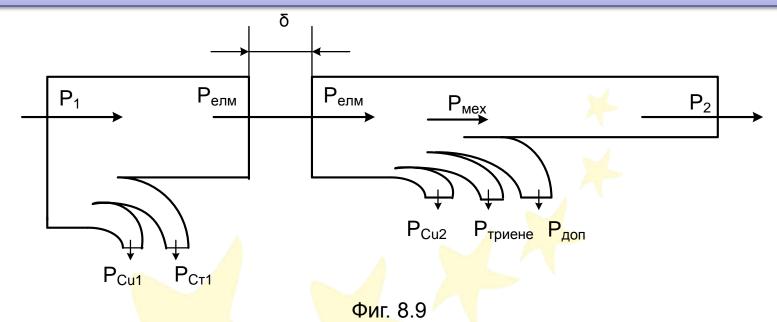




Инвестира във вашето бъдеще!



Енергийна диаграма



Двигателят консум<mark>ира активна м</mark>ощност от мрежата

$$P_1 = 3U_1 I_1 \cos \varphi_1$$

 $P_{cm1} = P_{xucm} + P_{\Phi y \kappa o} = (2-5)\% P_H$ ➤ Основната част от магнитните загуби ca съсредоточени в статора, защото неговият магнитопровод се пренамагнитва с честота f, докато магнитната система на ротора при въртене се пренамагнитва с честота f_2 (ниска). $P_{Cu1} = 3R_1I_1^2$ or ToBapa.

> Загубите в медните проводници на статорната намотка





ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042 "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!

Електромагнитната мощност

$$P_{enm} = P_1 - \left(P_{Cu1} + P_{cm1}\right)$$

предава през

въздушната междина δ по електромагнитен път чрез въртящото се магнитно поле от ротора към статора. Тази електромагнитна мощност може да се изрази чрез

е.д.н.
$$\textbf{\textit{E}}_{\mathbf{2}}$$
 и тока $\textbf{\textit{I}}_{\mathbf{2}}
ightarrow \left[P_{e_{\mathit{TM}}} = 3E_{2(H)}I_{2}\cos\psi_{2} = 3I_{2}^{2}\frac{R_{2}}{s} = 3 \left[I_{2}^{2}R_{2} + I_{2}^{2} \left(\frac{1-s}{s} \right) R_{2} \right] \right]$

Част от електромагнитната мощност се губи в намотките на ротора $P_{Cu2} = 3R_2I_2^2$

а останалата се п<mark>реобразува в механична м</mark>ощност $P_{\text{мех}} = P_{\text{елм}} - P_{\text{Cu2}}$.

$$P_{\scriptscriptstyle M\!e\!x}=P_{\scriptscriptstyle e\!\scriptscriptstyle T\!M}-P_{\scriptscriptstyle C\!u2}$$

Полезната мощност се получава, като от $P_{\text{мех}}$ се извадят механичните загуби от

триене в лагерите и от охлаждане
$$P_{mp} = (0.8 - 1.5)\% P_H$$
 и допълнителните загуби

$$P_{oon} = 0.5\% P_H$$

 $P_{Oon} = 0.5\% P_{H}$, които се дължат на пулсациите на магнитния поток,

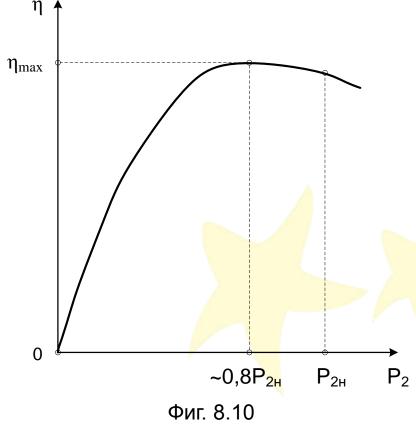
предизвикани от каналите на статора и ротора

$$P_2 = P_{\text{mex}} - \left(P_{mp} + P_{\partial on}\right)$$



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042 "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!



Отношението на полезната мощност P_2 на вала на двигателя към мощността P_1 , получена от мрежата, определя к.п.д. (фиг. 8.10) на асинхронния двигател:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

Съвременните асинхронни двигатели имат висок к.п.д.→ (0,7÷0,95). Тази стойност обезателно е записана на табелката на асинхронния двигател, заедно с другите номинални параметри на двигателя.



ПРОЕКТ ВG051РО001--4.3.04-0042







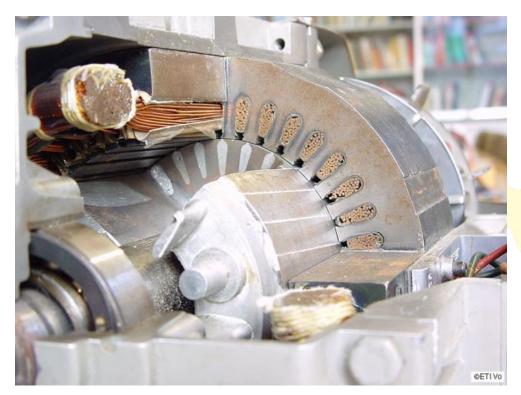


ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"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!









ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"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!



5 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 първа, изд. Техника, София, 1976.

Допълнител<mark>на:</mark>

1. Kuphaldt T. R., Lessons In Electric Circuits, Volume II – AC, Sixth Edition, 2006, Open Book Project collection.



ПРОЕКТ ВG051PO001--4.3.04-0042

"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!

