

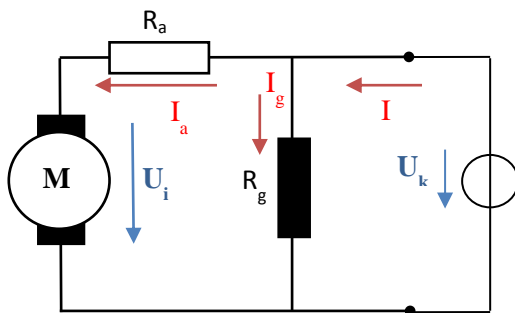
Egyenáramú gépek

(Az 1. példa adatai Uray-Szabó: Elektrotechnika c. (Nemzeti Tankönyvkiadó) könyvéből vannak.)

1. Párhuzamos gerjesztésű egyenáramú motor

500 V kapocsfeszültségű, párhuzamos gerjesztésű egyenáramú motor armatúra ellenállása 0,5 Ω, gerjesztőköri ellenállása 250 Ω. Egy bizonyos terhelésnél a hálózatról 20 A áramot vesz fel és ekkor a fordulatszáma 409 1/min. Mekkora a motor indukált feszültsége, hatásfoka, terhelőnyomatéka, ha a vas és a súrlódási veszteség együttes értéke 900 W?

A motor kapcsolási rajza:



A motor által a hálózatról felvett teljesítmény:

$$P_1 = U_k \cdot I = 500 \cdot 20 = 10000 \text{ W}$$

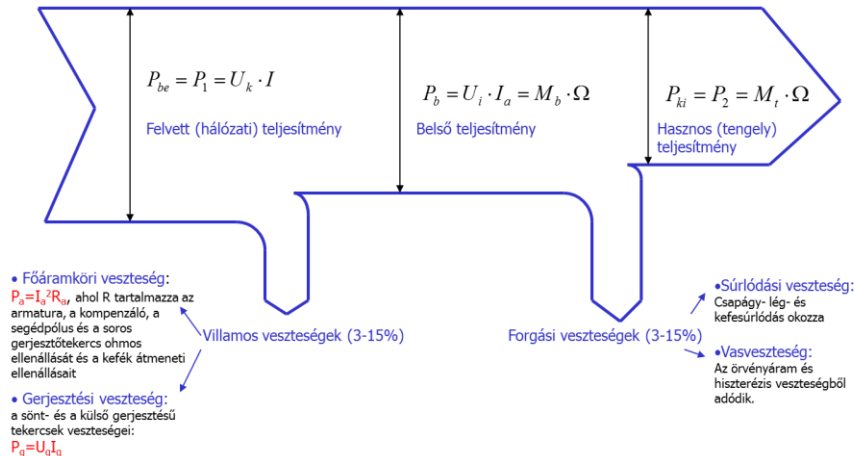
A gerjesztő áram:

$$I_g = \frac{U_k}{R_g} = \frac{500}{250} = 2 \text{ A}$$

Az armatúra áram (a csp-i törvényből):

$$I_a = I - I_g = 20 - 2 = 18 \text{ A}$$

A motor teljesítménye, veszteségei:



A motor indukált feszültsége (armatúra körre felírt hurokegyenletből):

$$U_k - U_i - I_a \cdot R_a = 0$$

$$U_i = U_k - I_a \cdot R_a = 500 - 18 \cdot 0,5 = 491 \text{ V}$$

A belső teljesítmény:

$$P_b = U_i \cdot I_a = 491 \cdot 18 = 8838 \text{ W}$$

A felvett és a belső teljesítmény közötti különbség a villamos veszteségekből adódik:

$$P_1 - P_b = 10000 - 8838 = 1162 \text{ W} = P_{av} + P_g$$

ebből $P_g = U_k \cdot I_g = 500 \cdot 2 = 1000 \text{ W}$ a gerjesztési teljesítmény és $P_{av} = I_a^2 \cdot R_a = 18^2 \cdot 0,5 = 162 \text{ W}$ az armatúra veszteség.

A leadott (hasznos) teljesítményt megkapjuk, ha a belső teljesítményből kivonjuk a vas és a súrlódási veszteséget:

$$P_2 = P_b - P_{vas+súrl} = 8838 - 900 = 7938 \text{ W}$$

$$\text{így a hatásfok: } \eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{7938}{10000} = 0,7938$$

A tengelyen leadott nyomaték kiszámításához először számítsuk ki a szögsebességet:

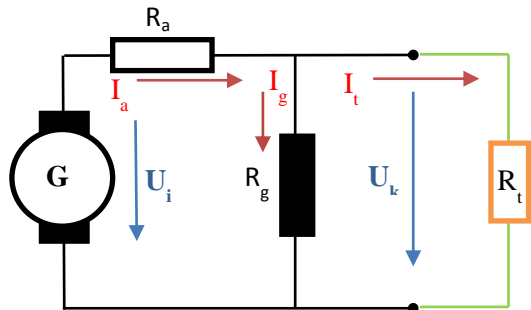
$$\Omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} = \frac{2\pi \cdot 409}{60} = 42,83 \text{ 1/s}$$

$$M_t = \frac{P_2}{\Omega} = \frac{7938}{42,83} = 185,33 \text{ Nm}$$

2. Párhuzamos gerjesztésű egyenáramú generátor

Nézzük meg ugyanezt a gépet generátorként üzemelve: 500 V kapcsolófeszültségű, párhuzamos gerjesztésű egyenáramú generátor armatúra ellenállása 0,5 Ω, gerjesztőköri ellenállása 250 Ω. A generátor kapcsaira 25 Ω-os fogyasztót kapcsolunk. Mekkora a generátor indukált feszültsége, hatásfoka, ha a vas és a súrlódási veszteség együttes értéke 900 W? Milyen fordulatszámra kell a generátor tengelyét forgatni, ha a hajtónyomaték 100 Nm?

A kapcsolási rajz:



A fogyasztó áramfelvétele:

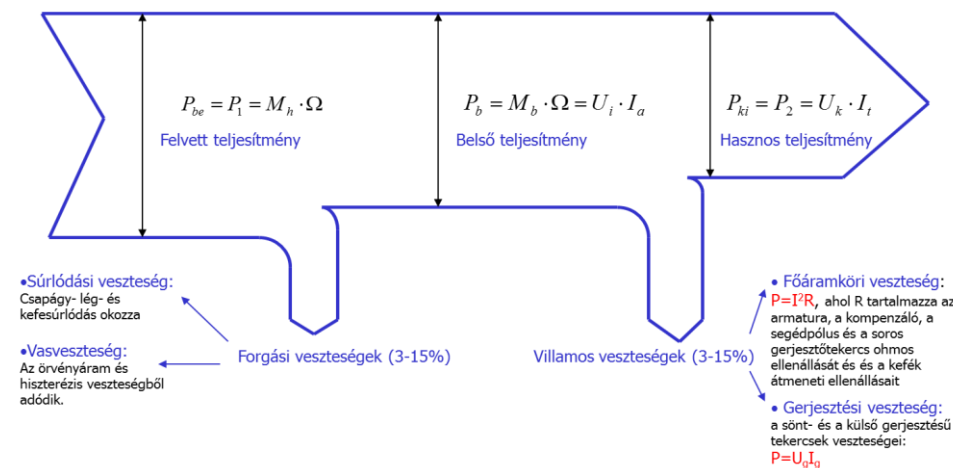
$$I_t = \frac{U_k}{R_t} = \frac{500}{25} = 20 \text{ A}$$

A gerjesztő áram:

$$I_g = \frac{U_k}{R_g} = \frac{500}{250} = 2 \text{ A}$$

Az armatúra áram (a csp-i törvényből):

$$I_a = I_t + I_g = 20 + 2 = 22 \text{ A}$$



A generátor hasznos teljesítménye:

$$P_2 = U_k \cdot I_t = 500 \cdot 20 = 10000 \text{ W}$$

A generátor indukált feszültsége (armatúra körre felírt hurokegyenletből):

$$U_k - U_i + I_a \cdot R_a = 0$$

$$U_i = U_k + I_a \cdot R_a = 500 + 22 \cdot 0,5 = 511 \text{ V}$$

A belső teljesítmény:

$$P_b = U_i \cdot I_a = 511 \cdot 22 = 11242 \text{ W}$$

A belső és a leadott teljesítmény közötti különbség a villamos veszteségekből adódik:

$$P_b - P_2 = 11242 - 10000 = 1242 \text{ W} = P_{av} + P_g$$

ebből $P_g = U_k \cdot I_g = 500 \cdot 2 = 1000 \text{ W}$ a gerjesztési teljesítmény és $P_{av} = I_a^2 \cdot R_a = 22^2 \cdot 0,5 = 242 \text{ W}$ az armatúra veszteség.

A felvett teljesítményt megkapjuk, ha a belső teljesítményhez hozzáadjuk a vas és a súrlódási veszteséget:

$$P_1 = P_b + P_{vas+súrl} = 11242 + 900 = 12142 \text{ W}$$

$$\text{Így a hatásfok: } \eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{10000}{12142} = 0,8235$$

A fordulatszám kiszámításához először számítsuk ki a szögsebességet:

$$\Omega = \frac{P_1}{M_h} = \frac{12142}{100} = 121,42 \text{ 1/s}$$

$$n = \frac{\Omega}{2\pi} \cdot 60 = \frac{121,42}{2\pi} \cdot 60 = 1159,47 \text{ 1/min}$$

3. Üresjárás

Számítsuk ki az előbbi egyenáramú gép üresjárási fordulatszámát motoros üzemben!

A számításhoz az egyenáramú gépek alapegyenleteit használjuk: (levezetést ld. előadás jegyzet)

$U_i = k \cdot \Phi \cdot \Omega$, vagy írhatjuk, hogy

$U_i = k \cdot \Phi \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot n$, ha bevezetjük k helyett a $c = k \cdot \frac{2\pi}{60}$ konstanst, az egyenletet az alábbi módon is írható:

$U_i = c \cdot \Phi \cdot n$ (ez sok esetben hasznos lehet, mert így megspórolhatjuk az $\Omega \rightarrow n$, $n \rightarrow \Omega$ átváltást)

$M_b = k \cdot \Phi \cdot I_a$

(k a gépállandó, Φ fluxus, Ω a szögsebesség és I_a az armatúra áram)

Üresjáráskor a gép terheletlenül forog: $M_t = 0 \Rightarrow P_2 = 0$

a) Először a veszteségek elhanyagolásával számítsuk ki az ún. ideális üresjárási fordulatszámot!

Ha elhanyagoljuk a veszteségeket ($P_{vas}=0$, $P_{súrl}=0$), a motor belső teljesítménye is $P_b=0$

$P_b = M_b \cdot \Omega \Rightarrow M_b = 0 \Rightarrow I_a = \frac{M_b}{k \cdot \Phi} = 0$, mivel a motor változatlanul az 500 V-os egyenáramú feszültségforráshoz van kötve, ezért a gerjesztőkör árama, így a fluxus is változatlan. Ha nem folyik áram az armatúrán, nincs feszültesítés az armatúrakör ellenállása miatt, ezért $U_i = U_k$, vagyis az indukált feszültség a kapocsfeszültséggel megegyezik. Így az ideális üresjárás fordulatszám az alábbi összefüggésből számítható:

$$n_{0id} = \frac{U_k}{c \cdot \Phi}$$

A fluxus és a gépállandó értékét nem tudjuk, de a szorzatukat ki tudjuk számítani az 1. pontban kiszámított értékekből:

az 1. pontban $n=409$ 1/min fordulatszámhoz, azaz $\Omega=42,83$ 1/s szögsebességhez $U_i=491$ V indukált feszültség tartozott, ezek hányadosa:

$$c \cdot \Phi = \frac{U_i}{n} = \frac{491}{409} = 1,2 \text{ Vmin} \text{ és } k \cdot \Phi = \frac{U_i}{\Omega} = \frac{491}{42,82} = 11,463 \text{ Vs}$$

$$\text{így } n_{0id} = \frac{U_k}{c \cdot \Phi} = \frac{500}{1,2} = 416,67 \text{ 1/min}$$

(Ez az érték nem sokkal nagyobb, mint az 1. pontban megadott 409 1/min fordulatszám, amikor a motor 185 Nm nyomatékot adott le a tengelyén. Látjuk, hogy a terhelés változása nem befolyásolja túl nagy mértékben a fordulatszámot, ezért nevezik a párhuzamos gerjesztésű egyenáramú motort fordulatszám tartónak.)

b. Vegyük figyelembe a veszteségeket:

A tengelyen leadott nyomaték most is $M_t=0$. A motor által a villamos hálózathoz felvett összes teljesítményt (a gerjesztési teljesítményen kívül) a veszteségek emésztik fel.

Így a belső teljesítmény:

$P_b = P_{vas+súrl} = 900 \text{ W}$, mivel a vasvesztés és súrlódási veszteség a terheléstől függetlenül állandónak tekinthető.

A belső nyomaték így $M_b = \frac{P_b}{\Omega_0} = \frac{P_{vas+súrl}}{\Omega_0} \approx \frac{P_{vas+súrl}}{\Omega} = \frac{900}{42,83} = 21 \text{ Nm}$ (mivel Ω_0 értékét nem ismerjük, $M_b - t$ közelítőleg, a névleges szögsebességéből számítjuk ki.)

A 21 Nm belső nyomaték fenntartásához $I_{a0} = \frac{M_b}{k \cdot \Phi} = \frac{21}{11,46} = 1,83 \text{ A}$ üresjárás armatúra áramra van szükség. Így az üresjárás indukált feszültség:

$$U_{i0} = U_k - I_{a0} \cdot R_a = 500 - 1,83 \cdot 0,5 = 499,083 \text{ V}$$

Az üresjárás fordulatszám:

$$n_0 = \frac{U_{i0}}{c \cdot \Phi} = \frac{499,083}{1,2} = 415,9 \text{ 1/min}$$

(Ez az eredmény alig különbözik az ideális üresjárás fordulatszámától, így az a számítási módszer is teljesen megfelelő az üresjárás fordulatszám meghatározásához.)

4. Indítás

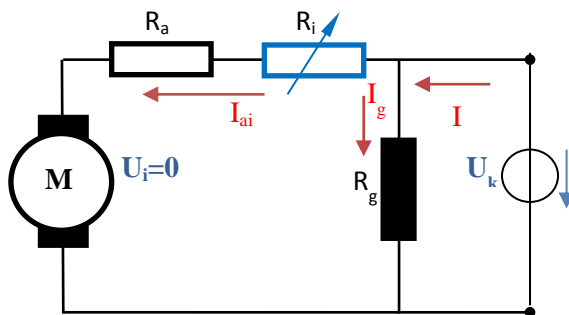
Mekkora indítóellenállásra van szüksége az 1. feladatban megadott motornak, ha indításkor a maximálisan megengedett armatúra áram a névleges érték másfélszerese lehet?

Az indítás pillanatában még nem alakul ki a gép belsejében a főpólus mágneses tere, ezért az indukált feszültség is nulla. Ez azt jelenti, hogy a teljes kapcsolófeszültség a kis ellenállású armatúra tekercsen esik:

$$U_k - U_i - I_a \cdot R_a = 0$$

$U_k = I_a \cdot R_a \Rightarrow I_a = \frac{U_k}{R_a} = \frac{500}{0,5} = 1000 \text{ A}$ indítási armatúra áram alakulna ki, ami megengedhetetlenül magas érték.

Ennek csökkentésére a legegyszerűbb megoldás, ha az armatúra ellenállását megnövelik egy, az armatúrával sorba kapcsolt indítóellenállással:



A megengedett indítási áram:

$$I_{ai} = 1,5 \cdot I_a = 1,5 \cdot 18 = 27 \text{ A}$$

R_i kiszámítása:

$$I_{ai} = \frac{U_k}{R_a + R_i}$$

$$R_i = \frac{U_k}{I_{ai}} - R_a = \frac{500}{27} - 0,5 = 18,01 \text{ A}$$

5. Fordulatszám szabályozás

$$n = \frac{U_i}{c \cdot \Phi} = \frac{U_k - I_a \cdot R_a}{c \cdot \Phi}$$

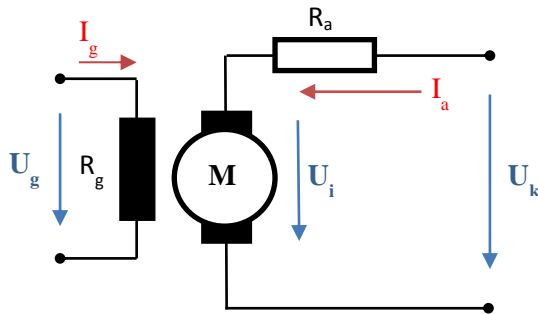
a fenti összefüggésből kiolvashatók a fordulatszám változtatás lehetőségei:

- U_k kapcsolófeszültség változtatásával
- az armatúra kör ellenállásának változtatásával, azaz az armatúrával sorba kapcsolt ellenállással
- a fluxus, vagyis a gerjesztőáram változtatásával

a. A kapcsolófeszültség változtatásának hatását vizsgáljuk meg három különböző gerjesztésű motor esetén

a1. Külső gerjesztésű egyenáramú motor

500 V kapcsolófeszültségű külső gerjesztésű egyenáramú motor armatúra ellenállása 0,5 Ω . Egy bizonyos terhelésnél a hálózatból 20 A áramot vesz fel, ekkor a fordulatszáma 1000 1/min. Számítsuk ki, hogyan változik a fordulatszám, ha változatlan terhelés mellett a kapcsolófeszültséget 400 V-ra csökkentjük!



A külső gerjesztésű motornál a gerjesztőkör független az armatúrától, ezért az armatúra kapocsfeszültségének változás nincs hatással a gerjesztő áramra és ezáltal a fluxusra sem:

$$c\Phi = \frac{U_{i1}}{n_1} = \frac{U_{i2}}{n_2} = \text{áll.}$$

Mivel a terhelés állandó, ezért az armatúra áram sem változik ($M_b = k \cdot \Phi \cdot I_a$)

$$U_{i1} = U_{k1} - I_a \cdot R_a = 500 - 20 \cdot 0,5 = 490 \text{ V}$$

$$U_{i2} = U_{k2} - I_a \cdot R_a = 400 - 20 \cdot 0,5 = 390 \text{ V}$$

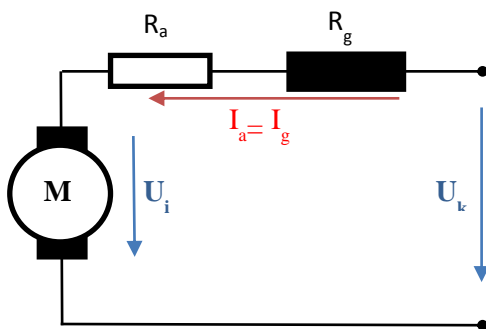
így

$$n_2 = \frac{U_{i2}}{U_{i1}} \cdot n_1 = \frac{390}{490} \cdot 1000 = 795,91 \text{ 1/min}$$

A fenti összefüggésből látjuk, hogy a fordulatszám a kapocsfeszültség változásának arányában változik.

a2. Soros gerjesztésű egyenáramú motor

500 V kapocsfeszültségű soros gerjesztésű egyenáramú motor armatúra és gerjesztőköri ellenállása összesen 5 Ω. Egy bizonyos terhelésnél a hálózatról 20 A áramot vesz fel, ekkor a fordulatszáma 1000 1/min. Számítsuk ki, hogyan változik a fordulatszám, ha változatlan terhelés mellett a kapocsfeszültséget 400 V-ra csökkentjük!



Ennél a motornál a fluxust a terheléstől függő armatúra áram hozza létre. Ha a terhelés (a tengelyen leadott nyomaték) állandó, a motor áramfelvétele is állandó, így a fluxus is állandó marad. ($M_b = k \cdot \Phi \cdot I_a = k' \cdot I_a^2$)

$$c\Phi = \frac{U_{i1}}{n_1} = \frac{U_{i2}}{n_2} = \text{áll.}$$

$$U_{i1} = U_{k1} - I_a \cdot (R_a + R_g) = 500 - 20 \cdot 5 = 400 \text{ V}$$

$$U_{i2} = U_{k2} - I_a \cdot (R_a + R_g) = 400 - 20 \cdot 5 = 300 \text{ V}$$

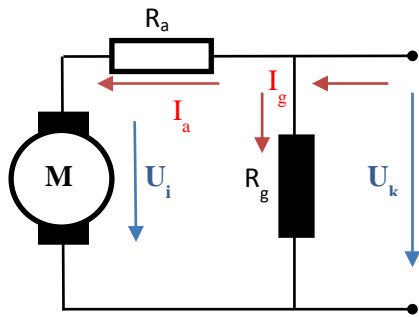
így

$$n_2 = \frac{U_{i2}}{U_{i1}} \cdot n_1 = \frac{300}{400} \cdot 1000 = 750 \text{ 1/min}$$

Az eredmény hasonló, mint a külső gerjesztésű motornál.

a3. Párhuzamos gerjesztésű egyenáramú motor

Nézzük az 1. példában megadott motort, számítsuk ki a fordulatszámát, ha változatlan terhelés mellett a kapocsfeszültségét 400 V-ra csökkentjük!



Az ábrán látszik, hogy a kapocsfeszültség változása a gerjesztőáramot is megváltoztatja:

$$I_{g2} = \frac{U_{k2}}{R_g} = \frac{400}{250} = 1,6 \text{ A}$$

A fluxus a gerjesztőáramtól függ, ezért, ha a gerjesztőáramot csökkentjük, a fluxus is jó közelítéssel ugyanolyan arányban fog csökkenni.

A motor fordulatszáma $U_{k1}=500 \text{ V}$ kapocsfeszültségnél

$U_{i1}=491 \text{ V}$ indukált feszültségnél $I_{g1}=2\text{A}$ gerjesztőáramnál $n_1=409 \text{ 1/min}$ volt (1. feladat):

$I_{g1}=2\text{A}$ gerjesztőáramnál $c\Phi_1=1,2 \text{ Vmin}$

$$I_{g2}=1,6\text{A gerjesztőáramnál } c\Phi_2 = \frac{I_{g2}}{I_{g1}} \cdot c\Phi_1 = \frac{1,6}{2} \cdot 1,2 = 0,96 \text{ Vmin}$$

Ha a terhelés állandó, a fluxus csökkenése miatt ugyanakkora nyomaték fenntartásához nagyobb armatúra áramra van szükség:

$$M_b = k \cdot \Phi_1 \cdot I_{a1} = k \cdot \Phi_2 \cdot I_{a2} = \text{áll.}$$

$$I_{a2} = \frac{k \cdot \Phi_1}{k \cdot \Phi_2} \cdot I_{a1} = \frac{c \cdot \Phi_1}{c \cdot \Phi_2} \cdot I_{a1} = \frac{1,2}{0,96} \cdot 18 = 22,5 \text{ A}$$

Az indukált feszültség:

$$U_{i2} = U_{k2} - I_{a2} \cdot R_a = 400 - 22,5 \cdot 0,5 = 388,75 \text{ V}$$

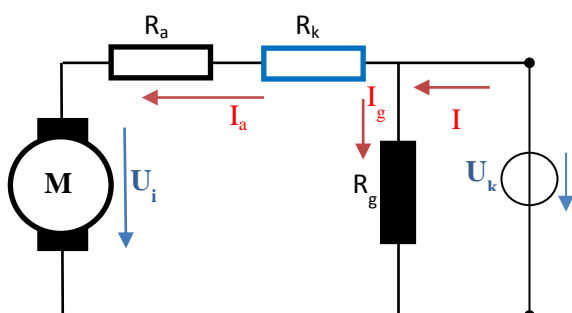
A fordulatszám:

$$n_2 = \frac{U_{i2}}{c \cdot \Phi_2} = \frac{388,75}{0,96} = 404,94 \text{ 1/min}$$

Az eredményből látható, hogy ennél a motornál a kapocsfeszültség változtatása nem befolyásolta jelentősen a fordulatszámot, mivel a fluxus változása a fordulatszám változás ellen hatott.

b. Fordulatszám változtatás az armatúrával sorba kapcsolt ellenállással.

Mekkora ellenállást kell az armatúrával sorba kapcsolni, ha az 1. feladatban megadott motor fordulatszámát változatlan terhelés mellett 300 1/min-re szeretnénk csökkenteni?



A gerjesztőáramot a kapocsfeszültség és a gerjesztőkör ellenállásának hányadosa határozza meg, mivel egyik sem változik, így a fluxus állandó marad:

$$c\Phi = \frac{U_{i1}}{n_1} = \frac{U_{i2}}{n_2} = \text{áll.}$$

$$U_{i2} = \frac{n_2}{n_1} \cdot U_{i1} = \frac{300}{409} \cdot 491 = 360,15 \text{ V}$$

$$U_{i1} = U_{k1} - I_a \cdot R_a = 500 - 18 \cdot 0,5 = 491 \text{ V}$$

$$U_{i2} = U_{k2} - I_a \cdot (R_a + R_k) \Rightarrow R_k = \frac{U_{k2} - U_{i2}}{I_a} - R_a = \frac{500 - 360,15}{18} - 0,5 = 7,27 \Omega$$

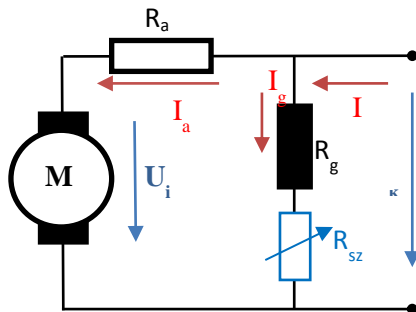
Számítsuk ki az ellenálláson hővé alakuló teljesítményt:

$P_{R_k} = I_a^2 \cdot R_k = 18^2 \cdot 7,27 = 2355,48 \text{ W}$ vagyis az ellenállás használata ekkora veszteséget okoz, ami a motor teljesítményéhez képest nagyon jelentős mértékű!

c. Fordulatszám változtatás a fluxus változtatásával

A motor fluxusát a gerjesztő árammal tudjuk befolyásolni. A gerjesztő áramot pedig legegyszerűbb módon a gerjesztőkör ellenállásának megváltoztatásával, vagyis a gerjesztő tekercsekkel sorba kapcsolt szabályozó ellenállással változtathatjuk.

Az 1. feladatban megadott motor gerjesztő körébe kapcsoljunk sorba egy 150Ω -os szabályozó ellenállást. Számítsuk ki, hogyan változik a fordulatszám, ha a terhelés nem változik!



A gerjesztőáram:

$$I_{g2} = \frac{U_k}{R_g + R_k} = \frac{500}{250 + 150} = 1,25 \text{ A}$$

A fluxus változását a gerjesztőárammal arányosnak vesszük:

$$I_{g1} = 2 \text{ A gerjesztőáramnál } c\Phi_1 = 1,2 \text{ Vmin, így}$$

$$I_{g2} = 1,25 \text{ A gerjesztőáramnál}$$

$$c\Phi_2 = \frac{I_{g2}}{I_{g1}} \cdot c\Phi_1 = \frac{1,25}{2} \cdot 1,2 = 0,75 \text{ Vmin}$$

Mivel a fluxus csökken, változatlan terhelés mellett nagyobb áramfelvételre van szükség:

$$M_b = k \cdot \phi_1 \cdot I_{a1} = k \cdot \phi_2 \cdot I_{a2} = \text{áll.}$$

$$I_{a2} = \frac{k \cdot \phi_1}{k \cdot \phi_2} \cdot I_{a1} = \frac{c \cdot \phi_1}{c \cdot \phi_2} \cdot I_{a1} = \frac{1,2}{0,75} \cdot 18 = 28,8 \text{ A}$$

Az indukált feszültség:

$$U_{i2} = U_{k2} - I_{a2} \cdot R_a = 500 - 28,8 \cdot 0,5 = 485,6 \text{ V}$$

A fordulatszám:

$$n_2 = \frac{U_{i2}}{c \cdot \Phi_2} = \frac{485,6}{0,75} = 647,47 \text{ 1/min}$$

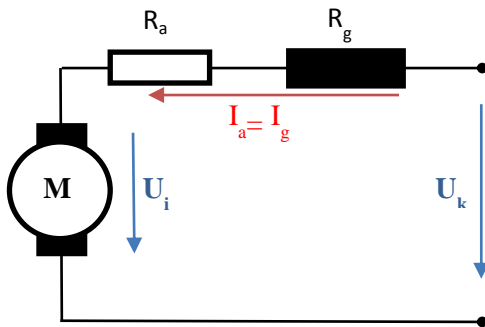
Látható, hogy ezzel a módszerrel jelentős fordulatszám változás érhető el.

Számítsuk ki, mekkora veszteséggel jár a szabályozó ellenállás használata:

$$P_{R_{sz}} = I_g^2 \cdot R_{sz} = 1,25^2 \cdot 150 = 234,375 \text{ W}$$

az eredmény egy nagyságrenddel kisebb, mint az armatúra körbe iktatott ellenállás alkalmazása esetén.

6. 50 kW névleges teljesítményű 550 V kapcsolófeszültségű **soros gerjesztésű** egyenáramú motor armatúra ellenállása 0,2 Ω, gerjesztőköri ellenállása 0,1 Ω. Névleges terhelésen 100 A áramot vesz fel a hálózatról, ekkor a fordulatszáma 650 1/min. Számítsa ki motor hatásfokát, veszteségeit, indukált feszültségét és a tengelyen leadott nyomatékát!



A motor katalógusban megadott ún. *névleges teljesítménye* mindig a leadott, vagyis a hasznos teljesítményt jelenti. (Ez az a *maximális* teljesítmény, amely leadására *túlmelegedés nélkül* elvileg korlátlan ideig képes.)

A motor tengelyen leadott névleges

nyomatéka:

$$M_t = \frac{P_2}{\Omega} = \frac{P_2}{2\pi \cdot n} \cdot 60 = \frac{50000}{2\pi \cdot 650} \cdot 60 = 734,56 \text{ Nm}$$

A felvett teljesítmény:

$$P_1 = U_k \cdot I_a = 550 \cdot 100 = 55000 \text{ W}$$

A hatásfok:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{50000}{55000} = 0,909$$

Az indukált feszültség:

$$U_i = U_k - I_a \cdot (R_a + R_g) = 550 - 100 \cdot (0,1 + 0,2) = 520 \text{ V}$$

A belső teljesítmény:

$$P_b = U_i \cdot I_a = 520 \cdot 100 = 52000 \text{ W}$$

A veszteségek:

Armatúra veszteség: $P_{av} = I_a^2 \cdot R_a = 100^2 \cdot 0,2 = 2000 \text{ W}$

A gerjesztési teljesítmény: $P_g = I_g^2 \cdot R_g = 100^2 \cdot 0,1 = 1000 \text{ W}$

A vas és a súrlódási veszteség összesen: $P_{vas+súrl} = P_b - P_2 = 52000 - 50000 = 2000 \text{ W}$

7. Számítsuk ki, hogyan változik az előbbi motor fordulatszáma, ha a terhelése felére csökken!

A motor terhelése a tengelyen leadott nyomatékkal jellemezhető.

A motor nyomatéka és árama közötti összefüggés:

$$M_b = k\Phi \cdot I_a$$

Soros motor esetén a fluxust létrehozó gerjesztő áram a gerjesztő- és az armatúra tekercsek soros kapcsolása miatt az armatúraárammal megegyezik. Ha a fluxust a gerjesztő árammal arányosnak tekintjük, így a motor áramfelvétele a nyomaték négyzetével arányosan változik:

$$M_b = k' \cdot I_a^2$$

A motor áramfelvételének kiszámítása $M_{t2} = \frac{M_{t1}}{2} = \frac{734,56}{2} = 367,28 \text{ Nm}$ esetén:

$$\frac{M_{b1}}{I_{a1}^2} = \frac{M_{b2}}{I_{a2}^2} \Rightarrow I_{a2} = I_{a1} \cdot \sqrt{\frac{M_{b2}}{M_{b1}}} = 100 \cdot \sqrt{0,5} = 70,71 \text{ A}$$

$n_1=650 \text{ 1/min}$ fordulatszámnál az indukált feszültség $U_{i1}=520 \text{ V}$ volt (6.példa), így:

$$c\Phi_1 = \frac{U_{i1}}{n_1} = \frac{520}{650} = 0,8 \text{ Vmin}$$

A fluxust az armatúraáram hozza létre, ezért $I_{a2}=70,71 \text{ A}$ áramfelvételnél a fluxus is az áram csökkenésének arányában kisebb lesz:

$$c\phi_2 = \frac{I_{a2}}{I_{a1}} \cdot c\phi_1 = \frac{70,71}{100} \cdot 0,8 = 0,5657 \text{ Vmin}$$

Az indukált feszültség:

$$U_{i2} = U_k - I_{a2} \cdot (R_a + R_g) = 550 - 70,71 \cdot (0,1 + 0,2) = 528,787 \text{ V}$$

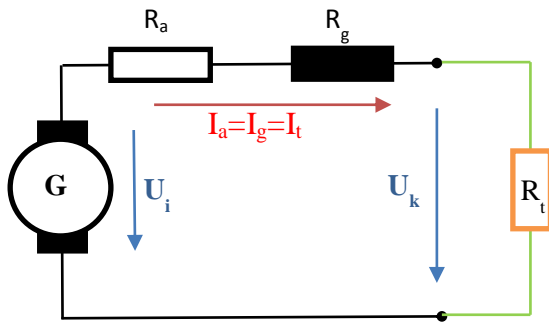
Így a fordulatszám:

$$n_2 = \frac{U_{i2}}{c\Phi_2} = \frac{528,787}{0,5657} = 934,75 \text{ 1/min}$$

Az eredményből jól látszik, hogy a soros motor fordulatszáma a terhelés változásával *jelentősen* változik!

8. Soros gerjesztésű egyenáramú generátor

Soros gerjesztésű egyenáramú generátor kapcsolási rajza 10 Ω-os fogyasztónál 500 V. Az armatúra és a gerjesztőkör együttes ellenállása 1 Ω. Számítsa ki a generátor hatásfokát, ha a vas-és a súrlódási veszteség együttes értéke 1,5 kW. Számítsa ki a generátor fordulatszámát, ha hajtónyomaték 240 Nm.



Soros generátor terhelő- gerjesztő és armatúra árama megegyezik:

$$I_a = I_g = I_t = \frac{U_k}{R_t} = \frac{500}{10} = 50 \text{ A}$$

A generátor leadott (hasznos) teljesítménye:

$$P_2 = U_k \cdot I_t = 500 \cdot 50 = 25000 \text{ W}$$

Az indukált feszültség:

$$U_i = U_k + I_a \cdot (R_a + R_g) = 500 + 50 \cdot 1 = 550 \text{ V}$$

A belső teljesítmény:

$$P_b = U_i \cdot I_a = 550 \cdot 50 = 27500 \text{ W}$$

A felvett teljesítmény:

$$P_1 = P_b + P_{vas+súrl} = 27500 + 1500 = 29000 \text{ W}$$

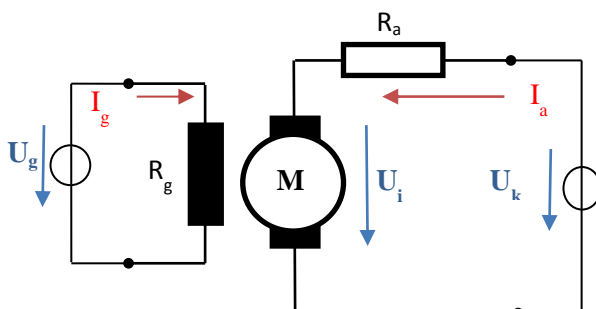
A hatásfok:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{25000}{29000} = 0,862$$

A fordulatszám:

$$n = \frac{60}{2\pi} \cdot \Omega = \frac{60}{2\pi} \cdot \frac{P_1}{M_h} = \frac{60}{2\pi} \cdot \frac{29000}{240} = 1153,87 \text{ 1/min}$$

9. Külső gerjesztésű egyenáramú motor névleges kapcsolási rajza 400 V, névleges árama 22 A, névleges fordulatszáma 955 1/min, armatúra ellenállása 2 Ω. Gerjesztő tekercsének ellenállása 200 Ω, feszültsége 400 V. Számítsa ki a motor indukált feszültségét, veszteségeit, hatásfokát és nyomatékát a névleges üzemi állapotban, ha a vas és a súrlódási veszteség együttes értéke a névleges teljesítmény 4%-a?



A felvett teljesítmény:

$$P_1 = U_k \cdot I_a = 400 \cdot 22 = 8800 \text{ W}$$

A gerjesztési teljesítmény:

$$P_g = U_g \cdot I_g = \frac{U_g^2}{R_g} = \frac{400^2}{200} = 800 \text{ W}$$

Az indukált feszültség:

$$U_i = U_k - I_a \cdot R_a = 400 - 22 \cdot 2 = 356 \text{ V}$$

A belső teljesítmény:

$$P_b = U_i \cdot I_a = 356 \cdot 22 = 7832 \text{ W}$$

A felvett és a belső teljesítmény közötti különbség az armatúrán hővé alakuló armatúra veszteség:

$$P_1 - P_b = P_{av} = I_a^2 \cdot R_a = 22^2 \cdot 2 = 968 \text{ W}$$

A leadott teljesítményt megkapjuk, ha a belső teljesítményből levonjuk a vas és a súrlódási veszteséget, aminek az összege a leadott (névleges) teljesítmény 4%-a:

$$P_2 = P_b - P_{vas+súrl} = P_b - 0,04 \cdot P_2$$

A fenti összefüggésből:

$$P_2 = \frac{P_b}{1,04} = \frac{7832}{1,04} = 7530,77 \text{ W}$$

Így

$$P_{vas+súrl} = 7832 - 7530,77 = 301,23 \text{ W}$$

A hatásfok kiszámításánál figyelembe kell venni, hogy a gerjesztőkör energia ellátását külön feszültség forrás biztosította, ezért ennek teljesítményét a bemenő teljesítményhez hozzá kell adni:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1 + P_g} = \frac{7530,77}{8800 + 800} = 0,784$$

A motor nyomatéka:

$$M_t = \frac{P_2}{\Omega} = \frac{P_2}{2\pi \cdot n} \cdot 60 = \frac{7530}{2\pi \cdot 955} \cdot 60 = 75,29 \text{ Nm}$$

10. A párhuzamos gerjesztésű motornál leírtak alapján válaszoljon az alábbi kérdésekre:

a) Hogyan változik a fenti motor fordulatszáma, ha az armatúra kapocsfeszültségét 300 V-ra csökkentjük?

b) Hogyan változik a fenti motor fordulatszáma, ha a gerjesztőkör kapocsfeszültségét 300 V-ra csökkentjük?

c) Hogyan változik a fenti motor fordulatszáma, ha az armatúra körbe egy 45 Ω-os ellenállást iktatunk?

d) Mekkora indító ellenállást kell alkalmazni, ha az armatúra áram maximális értéke a névleges érték másfélszerese lehet?

További gyakorló példák:

1. Egy 220 V feszültségű soros gerjesztésű egyenáramú motor belső ellenállása $0,5\Omega$, névleges teljesítménye 10 kW, névleges fordulatszáma 1500 1/min, hatásfoka 85%. Számítsa ki az indukált feszültséget, a tengelyen leadott nyomatékot és a tekercsveszteséget!
2. Egy külső gerjesztésű egyenáramú generátor kapocsfeszültsége 220 V, belső ellenállása $0,3\Omega$, hatásfoka 65%, a gerjesztőkörön kívüli összes vesztesége 3,5kW. A gerjesztő feszültség 220 V, a gerjesztőáram 2 A. Számítsa ki a hasznos teljesítményt, az armatúra áramot és az indukált feszültséget!
3. Egy 220 V névleges feszültségű, soros gerjesztésű egyenáramú motor belső ellenállása $0,4\Omega$, névleges fordulatszáma 1500 1/min, névleges árama 20 A, hatásfoka 80 %. Mekkora legyen az indítóellenállás, ha kétszeres áramot engedünk meg? Mekkora a motor névleges nyomatéka és a belső teljesítménye?
4. Párhuzamos gerjesztésű egyenáramú *generátor* névleges feszültsége 220V, belső ellenállása $0,4\Omega$, névleges árama 20 A, a gerjesztőkör ellenállása 220Ω . Mekkora az indukált feszültség, a hatásfok és a névleges nyomaték, ha a névleges fordulatszám 1500 1/min és a mechanikai veszteség 500 W? Rajzolja le a kapcsolást a helyes feszültség- és áramirányokkal!
5. Párhuzamos gerjesztésű egyenáramú *motor* névleges feszültsége 220V, belső ellenállása $0,4\Omega$, névleges árama 20 A, a gerjesztőkör ellenállása 220Ω . Mekkora az indukált feszültség, a hatásfok és a névleges nyomaték, ha a névleges fordulatszám 1500 1/min és a mechanikai veszteség 200 W? Rajzolja le a kapcsolást a helyes feszültség- és áramirányokkal!