

KÜLSŐGERJESZTÉSŰ EGYENÁRAMÚ MOTOR MECHANIKAI JELLEGGÖRBÉJÉNEK FELVÉTELE

A mérés célja: az egyik leggyakrabban alkalmazott egyenáramú géptípus $n=f(M)$ jelleggörbéinek megismerése és méréssel történő felvétele.:

A felkészüléshez ajánlott irodalom:

Farkas András, Gemeter Jenő, dr. Nagy Lóránt: Villamos gépek, KKM-F-1176
dr.Tóth Ferenc : Elektrotechnika II.

A méréssel kapcsolatos kérdésekre adandó válaszok:

1., Hogyan számítható egyenáramú gépeknél a belső (indukált) feszültség?
.....

2.,Hogyan számítható egyenáramú gépek nyomatéka?
.....

3.,Milyen összefüggés alapján vehető fel az egyenáramú gép fordulatszám
armatúra áram jelleggörbéje?
.....

4.,Milyen összefüggés alapján vehető fel az egyenáramú gép fordulatszám
nyomaték jelleggörbéje?
.....

5.,Miért kell egyenáramú motoroknál indításánál indító ellenállást alkalmazni?
.....

6.,Hogyan változtatható meg az egyenáramú motorok fordulatszáma?
.....

7.,Mia mérleg gép funkciója és felépítése?
.....

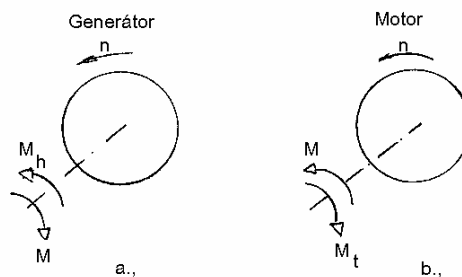
8., Hogyan változtatható meg a mérleg-gép nyomatéka?
.....

A mérés elméleti alapjai:

1. Motoros és generátoros állapot

Az egyenáramú gép - a többi forgó villamos géphez hasonlóan működhet motorként és generátorként.

Generátoros üzemben az armatúrát (förgórész) hajtómotorral forgatjuk. Az armatúrában feszültség indukálódik, amely áramot hajt át a fogyasztóból, a vezetékéből és a generátor armatúratekereséből álló áramkörön. A generátorban az armatúraáram és a belső feszültség (indukált) ellentétes irányú. Az elektromágneses nyomaték ekkor fékezőnyomaték, amelyet a hajtómotornak le kell győznie. A hajtómotor tehát mechanikai teljesítményt táplál be a generátor tengelyén, ezt alakítja át a generátor villamos teljesítménnyé. Az elektromágneses nyomaték tehát a forgásiránnyal ellentétes értelmű. (Lásd 1/a. ábra)



1. ábra.

A generátor kapcsain üresjárásban a belső feszültség mérhető:

$$U_b = k_u \cdot \phi \cdot n$$

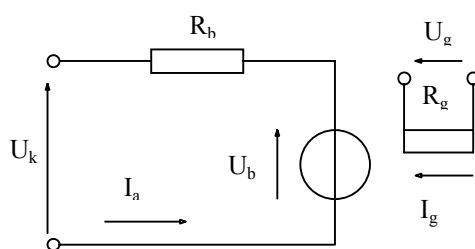
Terheléskor az armatúrára átfolyó I_a áram a főáramkör hatásos ellenállásán (ebbe beleértendő az armatúratekeres, a kompenzáló tekercs, segédpólustekercs, a kefekommutátor átmeneti ellenállások) $I_a \cdot R_b$ nagyságú belső feszültségesést hoz létre. Ez a feszültségesés levonódik a belső feszültségből és a gép kapcsain mérhető kapocsfeszültség:

$$U_k = U_b - I_a \cdot R_b \quad 1.2$$

Motoros üzemben az armatúra kapcsait egyenfeszültségű tápforráshoz csatlakoztatjuk, amely áramot hajt át az armatúrára. Motoros üzemben a hajtónyomaték (elektromágneses nyomaték) iránya megegyezik a gép forgásirányával, a gép mechanikai teljesítményt ad le a tengelyén. (Lásd. 1/b. ábra) Forgás közben motoros üzemben is jelentkezik egy belső (indukált) feszültség az armatúratekereselésében, amelyet a tápfeszültségnek le kell győznie, és ezáltal villamosteljesítményt vesz fel a tápforrásból. Ezt a teljesítményt alakítja át a motor mechanikai teljesítménnyé. Motoros üzemben állandósult állapotban a kapocsfeszültséggel a gép belső feszültsége és feszültségesések összege tart egyensúlyt. A motor feszültségegyenlete:

$$U_k = U_b + I_a \cdot R_b \quad 1.3$$

Az 1.3-as összefüggésnek megfelelően az egyenáramú motor állandósult állapotra vonatkozó helyettesítő kapcsolása a 2. ábrán látható.



2. ábra

A motor állandósult állapotában mindig a terheléshez szükséges armatúraáramot veszi fel a hálózatról. A terhelés növekedésekor a motor fordulatszáma csökken és (állandó gerjesztést feltételezve) a motor belső feszültsége is csökken. Mivel a hálózati feszültség állandó, a megnövekedett feszültségkülönbség a motoron a nagyobb armatúraáramhoz, nagyobb villamos nyomaték tartozik, mert:

$$M = k_m \cdot I_a \cdot \phi \quad 1.4$$

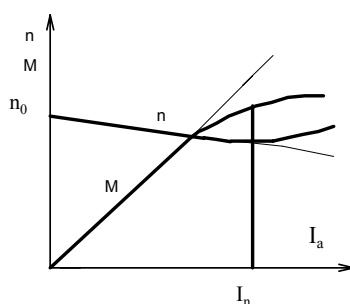
és ez a mechanikai nyomatékkal már egyensúlyban van.

2. Az egyenáramú motor jelleggörbéi

Az egyenáramú motor üzemeltetése szempontjából legfontosabb, hogy a motor fordulatszáma ill. nyomatéka hogyan függ az armatúraáramtól. A fordulatszám kifejezését az 1.1 és az 1.3 összefüggés felhasználásával vezethetjük le, amelyekből kapjuk:

$$n = \frac{U_k - I_a \cdot R_b}{k_u \cdot \phi} = n_0 - \frac{I_a \cdot R_b}{k_u \cdot \phi} \quad 1.5$$

ahol $n_0 = (U_k / k_u)$ az un. ideális üresjárás fordulatszám. Az armatúraáram és a főfluxus közötti kapcsolatot, ezáltal a jelleggörbe menetét a gerjesztés módja határozza meg. Külsőgerjesztésű (és söntgerjesztés) esetén az $n=f(I_a)$ és $M=f(I_a)$ jelleggörbék a 3. ábrán láthatók.



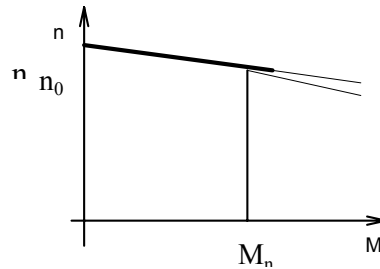
3. ábra

A gép üzemeltetőjét általában közvetlenül az érdekli, hogy a motor fordulatszáma hogyan változik a terheléssel, azaz az un. mechanikai jelleggörbe

- $n=f(M)$ - fontos. Az 1.4 és az 1.5 felhasználásával ez is egyszerűen meghapható:

$$n = n_0 - \frac{R_b}{k_u \cdot k_m \cdot \phi^2} \cdot M \quad 1.6$$

A külsőgerjesztésű (és söntgerjesztésű) motorok $n=f(M)$ jelleggörbéje a 4. ábrán látható.



4.ábra

3. Az egyenáramú motorok indítása

Vizsgáljuk meg a motor áramát az indítás folyamán, ezért az 1.3-as összefüggésből fejezzük ki az armatúraáramot:

$$I_a = \frac{U_k - k_u \cdot \phi \cdot n}{R_b} \quad 1.7$$

Az indulás pillanatában $n=0$, ezért az 1.7-ben $k_u \cdot \phi \cdot n$ is nulla. A motor áramfelvétele tehát az indulás pillanatában:

$$I_{ai} = U_k / R_b \quad 1.8$$

Az I_{ai} indulási áram független a gerjesztés módjától, értéke csak a kapocsfeszültségtől és az R_b armatúraköri ellenállástól függ. Az armatúrakör ellenállását a hatásfok javítása céljából minnél kisebbre igyekeznek megválasztani, ezért az indulási áram a névlegesáram 30...50-szeresét is elérheti. Ez a nagy indítási áram sem a hálózat sem pedig a motor szempontjából nem engedhető meg.

Az I_{ai} indítási áram csökkentése szempontjából két lehetőség adódik:

1. **A kapocsfeszültség csökkentése.** Ez a megoldás nyilvánvalóan csak akkor jöhet számításba, ha a kapocsfeszültséget csökkenteni tudjuk (pl. vezérelt félvezetős táplálás esetén), és csak külsőgerjesztésű motor esetén. (MIÉRT!)

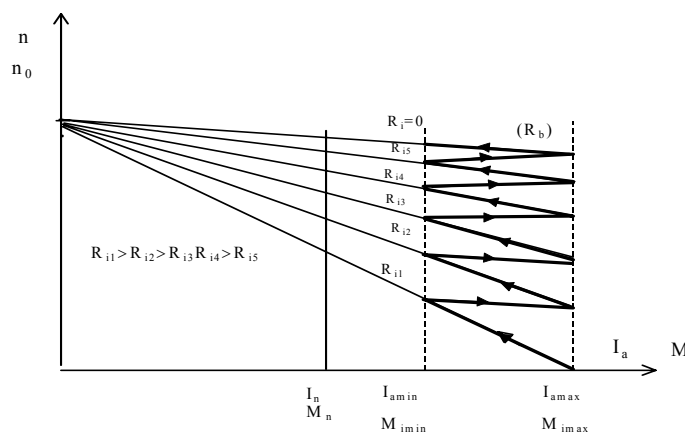
2. **A motort** változtatható indítóellenálláson keresztül kapcsoljuk a hálózatra. Az indítási armatúraáramot az indítóellenállás (R_{i1}) és az R_b összege határozza meg. Az 1.8 alapján az indítási áram:

$$I_{ai} = U_k / (R_b + R_{i1}) \quad 1.9$$

Az 1.9-es összefüggésből látható, hogy R_{i1} meghatározásához ismerni kell az U_k kapocsfeszültséget, az R_b belső ellenállást, és az indítási áramértékét. Az indítási áram megengedhető legnagyobb értéke $1.5 \dots 2.5 \cdot I_n$ szokott lenni, ami függ a hálózat terhelhetőségétől és az indítás körülményeitől. Jelöljük a megengedhető legnagyobb indítási áramot I_{imax} -al! Az 1.9-be I_i helyébe I_{imax} -ot helyettesítve, rendezés után az indítóellenállás:

$$R_{i1} = (U_k / I_{imax}) - R_b \quad 1.10$$

Egy külsőgerjesztésű motor indítási folyamata látható a 5. ábrán. A motor indulási árama I_{imax} , amely fokozatosan csökken I_{imin} értékre. Ha a motor indítónyomatéka nagyobb a terhelőnyomatéknál, a motor gyorsulni kezd, fordulatszámja és belsőfeszültsége növekszik az armatúraárama és nyomatéka csökkenni kezd. A motor addig gyorsul, míg a nyomatéka a terhelőnyomatékkal egyensúlyba kerül. Ekkor az R_{i1} értékéből egy fokozatot kiiktatunk úgy, hogy ebben a pillanatban az indítási áram újra I_{imax} legyen. Az előbbi folyamat folytatódik amíg az utolsó ellenállásfokozatot ki nem iktatjuk, amikor is csak az R_b marad az armatúra körében (lásd 5. ábra).



5.ábra

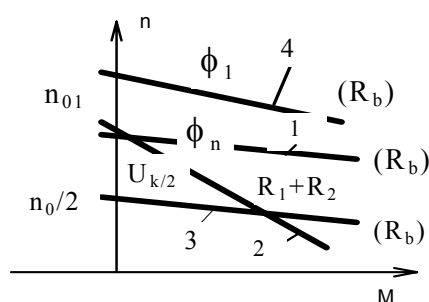
4. Az egyenáramú motor fordulatszám változtatása

Az egyenáramú motor fordulatszámának megváltoztatási lehetőségeire az 1.4 összefüggésből kiindulva mutathatunk rá, ahol is:

$$n = \frac{U_k}{k_u \cdot \phi} - \frac{R_b}{k_u \cdot \phi} \cdot I_a \quad 1.11$$

Az 1.11-es összefüggésből belátható, hogy a fordulatszámot a kapocsfeszültséggel, a fluxussal és a főáramkörüi soros ellenállással tudjuk megváltoztatni:

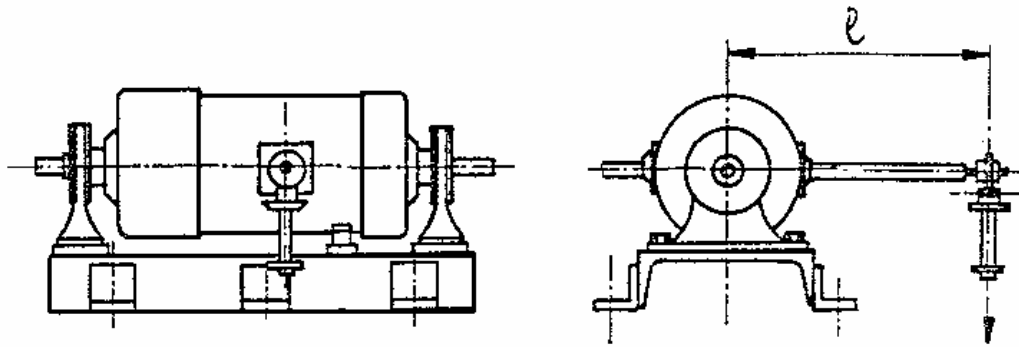
1. Ha a motor armatúrakörébe iktatunk be egy külső ellenállást, akkor a fordulatszámot - a természetes jelleggörbéhez képest - csak csökkenteni lehet (lásd 6. ábra 2-es görbe).
2. A kapocsfeszültség változtatásával (rendszerint csak csökkentésével) a fordulatszám veszteségmentesen változtatható (lásd 3-as görbe).
3. A fluxus változtatásával (csökkentésével) az 1.11-ből következően az n_0 üresjárási fordulatszám nő, de az $(R_b / k_u \cdot \phi)$ növekedése miatt az $n=f(I_a)$ jelleggörbe meredeksége nő a természetes jelleggörbéhez viszonyítva (lásd 4-es görbe).



6. ábra

5. A mérleggenerátor

A mérleggenerátor az erőgépek terhelésére és tengelyteljesítményük pontos mérésére szolgáló berendezések. A terhelő teljesítmény, mint a villamosan terhelt generátor hajtásához szükséges tengelyteljesítmény jön létre. A tengelyteljesítményt a szögsebesség és a nyomaték mérésével határozzuk meg. A mérleggép állórésze és forgórésze is súlyokkal, vagy villamos erőmérő berendezéssel pontos mérleggép kialakítása látható a 7. ábrán.

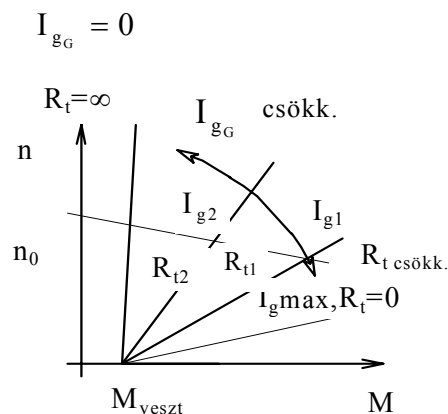


7. ábra

A legegyszerűbb mérleggenerátor a hatásos ellenállás tehelésű külsőgerjesztésű egyenáramú generátor, amelynek nyomatéka az

$$M = M_{\text{veszt}} + \frac{k_u \cdot k_m \cdot \phi^2}{R_t + R_a} \cdot n \quad 1.12$$

összefüggés alapján a gerjesztés (I_g gerjesztő árammal) és az R_t terhelőellenállással változtatható. Adott beállításnál a nyomaték közel arányos a fordulatszámmal (lásd 8. ábra).



8. ábra

A 8. ábrába a berajzoltuk szaggatott vonallal a mérleggenerátorral tengelykapcsolatban lévő vizsgált motor $n=f(M)$ jelleggörbáját is. Ismerve a mérleggenerátor karjának hosszúságát, az egyensúlyi állapothoz tartó súlyerőt a motor nyomatéka számítható ($M=mg1$). A mérésben alkalmazott mérleggép karjának hossza $l=0,62$ m.

6. A tachogenerátor

A mérés folyamán a fordulatszámot tachogenerátorral fogjuk megmérni. A tachogenerátor egy permanensmágnes gerjesztésű egyenáramú generátor, amelynél a veszteségek elhanyagolásával igaz, hogy:

$$U_k \cong k_u \cdot \phi \cdot n, \quad 1.13$$

így mérve a generátor kapocsfeszültségét, ez arányos lesz a mindenkori fordulatszámmal.

A felkészülést ellenőrző kérdések:

1. Rajzolja fel egy külsőgerjesztésű egyenáramú motor $n=f(M)$ jelleggörbáját az alábbi esetekben:
 - a) a természetes jelleggörbét,
 - b) armatúrakörbe ellenállás beiktatásával,
 - c) a pólusfluxus csökkentésével,
 - d) a kapocsfeszültség felére csökkentésével.
2. Rajzolja fel a külsőgerjesztésű egyenáramú motor indítási $n=f(M)$ jelleggörbeseregét, ha az indítóellenállás négyfokozatú. Hogyan lehet meghatározni az első fokozat indítóellenállásának értékét?
3. Egy külsőgerjesztésű egyenáramú motor adattábláján a következő jellemzők láthatók:
 $P_n = 12,5 \text{ kW}$; $U = 220 \text{ V}$; $\xi = 84 \%$; $n_n = 1000 \text{ 1/min}$.

Határozza meg:

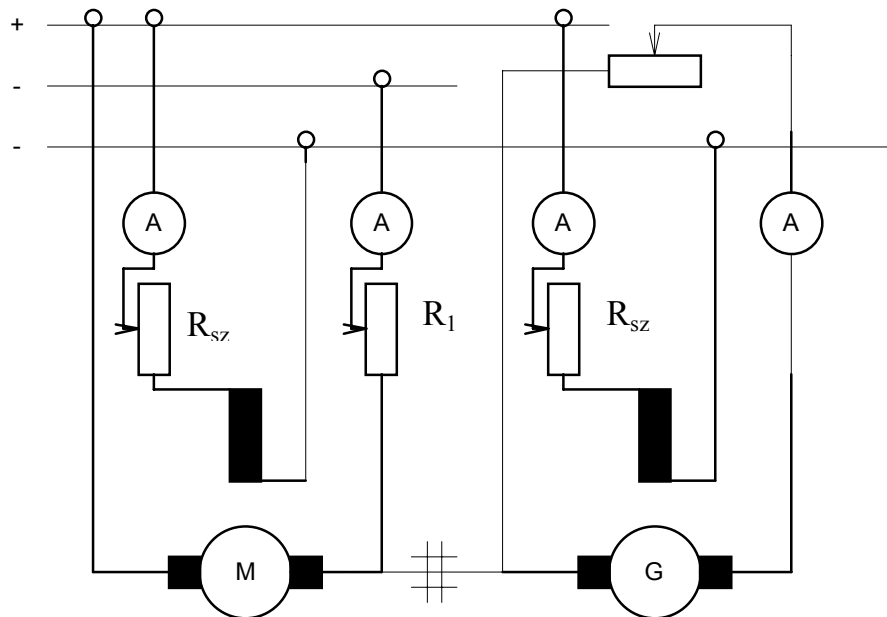
- a) a motor névleges áramát és nyomatékát ($I_n; M_n$)
 - b) a főáramköri veszteséget (P_{vb}), ha $R_b = 0,52 \text{ ohm}$
 - c) az indítóellenállás fokozat első értékét, ha $I_{imax} = 2,5 \cdot I_n$
4. Mekkora a mérleggép karjának hossza?

Mérési feladatok:

1. Ellenőrizze le a kapcsolást a méréshelyen található kapcsolási rajz szerint. (Tájékoztató jelleggel lásd 9. ábra)
2. Vegye fel a motor $n=f(M)$ jelleggörbéit az alábbi pontok szerint:
 - a) természetes, (itt legalább egy mérési pontban olvassa le az armatúraáramot is)
 - b) félnévleges feszültséggel,
 - c) mezőgyöngítéssel,
 - d) armatúrával sorbakötött ellenállással.

3. A mérés alapján felvett jelleggörbét ábrázolja mm-papíron.

- határozza meg a százalékos fordulatszámesést mind a négy esetben egy kiválasztott nyomaték-értéknél (pl. 20 Nm-nél); vonja le a következtetéseket
- Határozza meg a $k_m \cdot \phi$ -jét (a leolvasott armatúraáramértéknél)
- Szagatott vonallal rajzolja be a természetes jelleggörbéhez tartozó generátor jelleggörbét is.



9. ábra