
VILLANYSZERELŐ KÉPZÉS

2015

VILLAMOS GÉPEK 4.

ASZINKRON GÉPEK

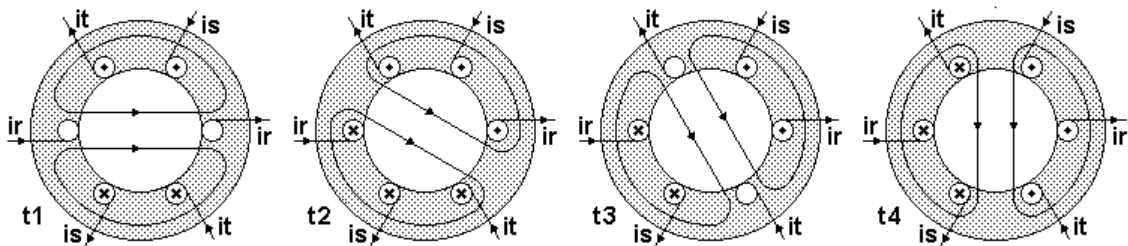
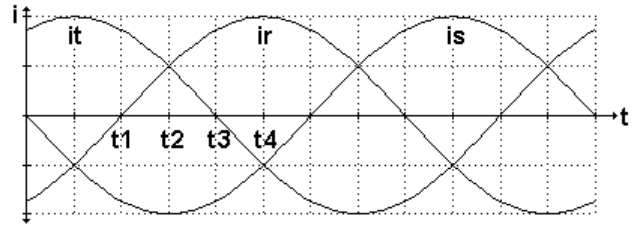
ÖSSZEÁLLÍTOTTA
NAGY LÁSZLÓ
MÉRNÖKTANÁR

Tartalomjegyzék

Aszinkron gépek felépítése	3
Aszinkron gépek működési elve, a szlip fogalma	4
Üzemi állapotok a szlip függvényében.....	4
Aszinkron motorok mérése	5
Aszinkron motor energia szalagja és hatásfoka	6
Aszinkron gépek fordulatszám nyomaték jelleggörbéje	6
Aszinkron motorok indítási módjai	8
Aszinkron motorok forgásirány változtatása	11
Aszinkron motorok fékezési módjai.....	11
Aszinkron motorok fordulatszám változtatása.....	12
Aszinkron motorok felhasználási területei.....	13
Egyfázisú aszinkron gépek.....	13

Aszinkron gépek felépítése

Az aszinkron gépek állórészből és forgórészből épülnek fel. Az állórész az örvényáramú és hiszterézis veszteség csökkentése érdekében, $0,35 \div 0,5$ mm-es dinamó lemezekből összeállított hengeres test, belső palástján a tekercselés befogadására szolgáló hornyokkal. A hornyok száma és egyenletes elosztása biztosítja, hogy a három fázis tekercseit egymástól 120° -ban lehessen elhelyezni. Ha a tekercsekben háromfázisú váltakozó áram folyik, akkor az állórész belsejében ún. forgófluxus jön létre.

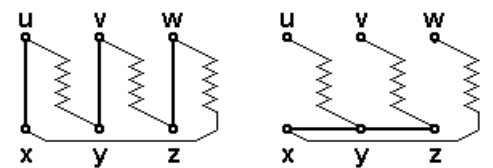


A kerület mentén létrejövő É-D pólusok, azaz a póluspárok száma (p) a forgófluxus fordulatszámát határozza meg. Ha egy fázis árama csak egy tekercsen folyik, akkor a $p = 1$, ha két egymástól 90° -al eltolt tekercseken folyik, akkor a $p = 2$, ha három egymástól 60° -al eltolt tekercseken folyik, akkor $p = 3$, és így tovább. A fluxus egy póluspár esetén egy, két póluspár esetén kettő, három póluspár esetén három periódus idő alatt, stb. fordul körbe.

Ennek megfelelően a szinkron fordulatszám:

$$n_0 = 60 \cdot \frac{f}{p}$$

A tekercsvégek kapocstáblára csatlakoznak, lehetőséget biztosítva a kapcsolási mód megválasztására. A 3 db. rövidre záró lemezkével a felhasználó háromszög vagy csillagkapcsolást hozhat létre.



A forgórész szintén lemezelt henger alakú test, a külső paláston hornyokkal. Csúszógyűrűs kialakítás esetén a forgórész tekercselés egyik vége közös (csillagpont), a másik vége csúszógyűrűkre csatlakozik. A forgórészben csak akkor folyhat áram és a motornak nyomatéka is csak akkor lehet, ha a csúszógyűrűvel érintkező keféket ellenállás zárja le. A kialakítással az indítási tulajdonságokat lehet javítani. Rövidrezárt forgórész esetén a tekercselés alumíniummal kiöntött vagy a hornyokba sajtolt vörösréz vezető rudakból és az ezeket összekötő rövidre záró gyűrűkből áll (kalicka). Ha a rudazat sugárirányú mérete nagyobb mint a keresztirányú, akkor mélyhornyú, ha a rudazat két részre bontásával egy nagyobb ellenállású külső és egy kisebb ellenállású belső kalicka van kialakítva, akkor kétkalickás a forgórész. A módosítások az indítási tulajdonságokat javítják. A forgórész tekercselése az álló-

rész tekercseléséhez igazodik.

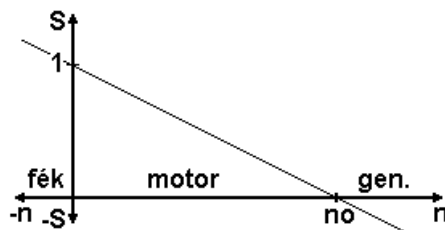
Aszinkron gépek működési elve, a szlip fogalma

Az állórész tekercseiben folyó háromfázisú váltakozó áram forgófluxust gerjeszt. A forgófluxus metszi a forgórész vezetőit, és abban feszültséget indukál. Ha a forgórész áramköre zárt, akkor az indukált feszültség áramot hoz létre a forgórész tekercselésében. A forgófluxus és a forgórész áram kölcsönhatása nyomatékot hoz létre. Lenz törvénye szerint az indukált feszültség által hajtott áram mágneses tere a feszültséget indukáló fluxus ellen hat, így a forgórész forgásiránya forgófluxus irányával azonos. (másképpen értelmezve úgy néz ki, mintha a forgófluxus maga után húzná a forgórészt) A működési elvből következik, hogy a forgórész fordulatszáma törvényszerűen különbözik a forgófluxus fordulatszámtól. A forgórész fordulatszáma relatív eltérése a forgófluxus n_0 szinkron fordulatszámahoz viszonyítva a csúszás, melyet angolból átvett kifejezéssel szlipnek nevezünk:

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0}$$

Üzemi állapotok a szlip függvényében

Motorüzemben a szlip értéke 0 és 1 között van. A felvett villamos energia nagyobb része a forgórész tengelyén mechanikai energia formájában hasznosítható, a kisebb része veszteségként a gép belsejében hővé alakul. Lefogott forgórész esetén az $n = 0$, az $s = 1$, és a felvett villamos energia teljes egészében hővé alakul. Ha az $n = n_0$, akkor a gép szinkron fordulatszámmal jár és az $s = 0$. Ebbe a munkapontba csak külső mechanikai energia segítségével juthat el a gép, mivel szinkron fordulatszámon a forgórész együtt forog a forgófluxussal, így nincs erővonalmetszés, nincs indukált feszültség nincs forgórész áram és nincs nyomaték sem. Névleges terhelés esetén a szlip a gép nagyságától függően 1 - 10 %, üresjárásban valamivel nagyobb mint 0. Generátorüzemben a szlip értéke negatív, a forgórészt külső mechanikai nyomaték a szinkron fordulatszám fölé gyorsítja, tehát $n > n_0$. A tengelyen át bevitt mechanikai energia kisebb része a gépben hővé alakul, a nagyobb része villamos energia formájában a kapcsokon jelenik meg. Féküzemben a szlip nagyobb mint 1, a külső mechanikai energia a forgórészt a forgófluxussal ellentétes irányban forгатja, a fordulatszám tehát negatív. A tengelyen bevitt mechanikai és a kapcsokon felvett villamos energia a gép belsejében hővé alakul.



Aszinkron motorok mérése

Az aszinkron motor üresjárási mérése terheletlen forgórész mellett történik. Az állórészre kapcsolt névleges feszültség hatására a forgórész igen kis szlippel, közel szinkron fordulatszámon forog. A forgórészben, az alacsony (néhány Hertz) frekvencia miatt az indukált feszültség és így az áram is igen kicsi. Emiatt a forgórész réz és vasvesztései elhanyagolhatók. A hálózathoz felvett P_0 hatásos teljesítmény, ami az Áron kapcsolású wattmérők által mutatott teljesítmények összege, az állórész üresjárási réz és vasvesztéséből, a forgórész csapágy, illetve szénkefe súrlódási és ventillációs veszteségéből tevődik össze. A rézvesztesség ($P_{t1} = 3 I_0^2 R_f$) a fázisáram négyzetével és az egyes fázistekercsek ellenállásával arányos. A vasvesztességet (P_{v1}) jellemzően az állórész vasmagjának hiszterézise és örvényárama hozza létre. Értéke a motor terhelésétől függetlenül jó közelítéssel állandónak tekinthető. A forgórész súrlódási vesztesége (P_s) állandó fordulatszám miatt szintén állandó. A hálózathoz felvett wattos teljesítmény tehát: $P_0 = P_{t1} + P_{v1} + P_s$

A méréssel kapott fázisáramok átlaga és a fázisfeszültség alapján számítható az üresjárási látszólagos teljesítmény:

$$S_0 = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_0$$

Az üresjárási wattos és látszólagos teljesítmények viszonya az üresjárási teljesítménytényezőt határozza meg:

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{S_0}$$

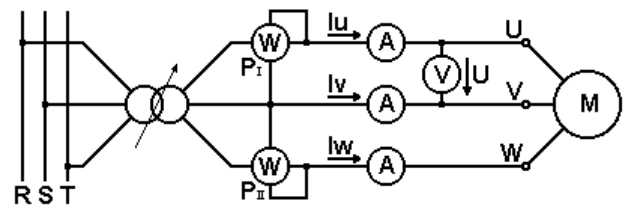
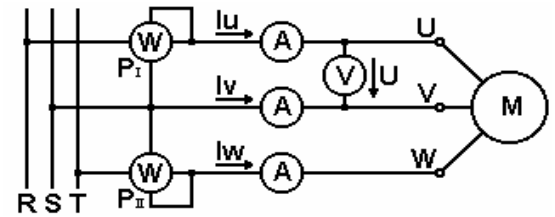
Az üresjárási áram nagyobb teljesítményű motoroknál a névleges áram 25 ÷ 40 %-a, kisebb, néhány kW-os gépek esetén 60 ÷ 70 % is lehet. Nagyobb motorok üresjárási teljesítmény tényezője 0,08 ÷ 0,1 körül van, kisebb motoroknál ennél nagyobb. Csúszógyűrűs motor mérésekor a szénkeféket rövidre kell zárni.

Az aszinkron motor zárlati mérése lefogott forgórész mellett történik. A motor kapocsfeszültségét nulláról indítva a névleges áram eléréséig kell növelni. A forgórészben a szinkron fordulatszámmal forgófluxus miatt nagy feszültség és így nagy áram jön létre. A hálózathoz felvett P_z hatásos teljesítmény, ami az Áron kapcsolású wattmérők által mutatott teljesítmények összege, az álló- és forgórész réz és vasvesztéseire fordítódik. Mivel a kisebb kapocsfeszültség (U_z) miatt az indukált feszültség és az indukció is kisebb, ezért a vasvesztesség a rézvesztességhez viszonyítva elhanyagolható. Ennek alapján a zárlati teljesítmény:

$$P_z = P_{t1} + P_{t2}$$

A méréssel kapott fázisáramok átlaga és a rövidzárási feszültség alapján számítható a rövidzárási látszólagos teljesítmény:

$$S_z = \sqrt{3} \cdot U_z \cdot I_n$$



A rövidzárási wattos és látszólagos teljesítmények viszonya a rövidzárási teljesítménytényezőt határozza meg:

$$\cos \varphi_z = \frac{P_z}{S_z}$$

A rövidzárási feszültség a névlegesnek $10 \div 30$ %-a. A rövidzárási teljesítménytényező értéke $0,3 \div 0,5$ körül van. Az álló forgórész miatt a motornak nincs hűtése, ezért a mérést a túlmelegedés elkerülése érdekében, rövid idő alatt kell elvégezni.

Az aszinkron motort a terheléses méréskor a forgórészszel tengelykapcsolatban lévő valamilyen terhelőgép (pl. mérlegdinamó) névleges nyomatékkal terheli. A mérési elrendezés az előzőkkel azonos, de a szlip megállapításához fordulatszám-mérő műszer (kézi tachométer, sztriboszkóp, stb.) is szükséges. A villamos mérések alapján a névleges teljesítmény, a fázistényező ($\cos \varphi_1$) és a hatásfok határozható meg.

Aszinkron motor energia szalagja és hatásfoka

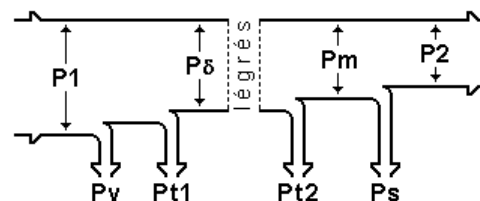
Az aszinkron motor üzemszerű működés során $P_1 = 3 U_f I_f \cos \varphi_1$ teljesítményt vesz fel a hálózatról. Ennek a teljesítménynek egy része az üresjárási méréssel meghatározott álló és forgórész vasvesztésére valamint az áramerősségtől függő tekercsvesztésre fordítódik. A fennmaradó részt (P_δ) a forgómező viszi át a légrésen keresztül a forgórészre. A légrés teljesítmény egyrészt fedezi a forgórész tekercsvesztését (P_{Σ}), másrészt mint mechanikai teljesítmény (P_m) a súrlódási és ventillációs veszteség levonódása után a tengelyen leadott hasznos teljesítményként (P_2) adódik. Az aszinkron motor tengelyteljesítményét az adattábláról leolvassva, a P_0 vasvesztéséget üresjárási méréssel, a P_z rézvesztéséget zárlati méréssel lehet megállapítani. Ezek alapján a hatásfok közelítő értéke, mely a gyakorlat számára elfogadható eredményt ad:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_0 + P_z}$$

Az állórész és a súrlódási veszteségeket elhanyagolva a hatásfok tájékoztató jelleggel a szlip alapján:

$$\eta = 1 - s$$

A valóságos hatásfok az elhanyagolások miatt ennél kisebb (kb. $70 \div 90$ %).



Aszinkron gépek fordulatszám nyomaték jelleggörbéje

Általános értelemben a nyomatékot egy karon fellépő erő hozza létre ($M = F \cdot s$). Az aszinkron gépek esetén, a forgórész palástján lévő tekercselésben folyó áram és az állórész fluxu-

sa közötti kölcsönhatás miatt $F = B I l$ nagyságú erő keletkezik. Ennek az erőnek a forgórész tengelyére merőleges (tangenciális) összetevője állítja elő a forgórész sugarának megfelelő hosszúságú karon a forgatónyomatékok. A nyomaték az állandó értékű mechanikai jellemzőkön kívül az erőből és ezen keresztül az indukcióból valamint a forgórész áramából függ. Mivel a forgófluxus a gép üzemmódjától függetlenül, közel állandó nagyságúnak tekinthető, ezért az erő indukcióból való függése elhanyagolható. A forgórészben folyó áram nagyságát és fázisszögét a pillanatnyi fordulatszám határozza meg. Lefogott forgórész esetén a nagy indukált feszültség ellenére, a forgórész önindukciója következtében csak viszonylag kis áram tud létrejönni. Az induktív jellegből eredő fázistolás miatt az áram munkát végző, tehát indító nyomatékokat előállító wattos összetevője is kicsi lesz. A fordulatszám emelkedésével a forgórész önindukciós hatása a szlippel együtt csökken, így az áram nagysága és wattos összetevője is növekszik. Ennek következtében egyre nagyobb lesz a forgatónyomaték. Szinkron fordulatszám közelében a forgórész induktív jellege a nagyon alacsony frekvencia miatt megszűnik, a nyomatékok létrehozó áramot az indukált feszültség és a forgórész ellenállása határozza meg. Mivel az indukált feszültség a szlippel arányosan változik, ezért fordulatszám csökkenéshez, növekvő feszültség és így növekvő áram tartozik. Ennek eredményeként fordulatszámra vagy nyomatékokra nézve egyensúlyi helyzet jöhet létre. A nyomaték, a szinkron fordulatszámmal forgó fluxus által, a forgórészre átvitt teljesítmény alapján:

$$M = P_{\delta} / \omega_0$$

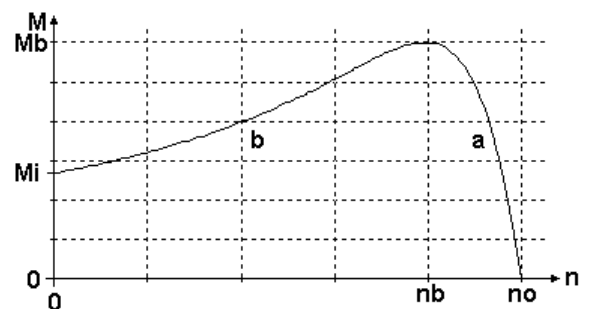
A rövidrezárt forgórészes aszinkron motor fordulatszám-nyomaték jelleggörbéjét méréssel vagy matematikai úton (a légrés teljesítményt a hálózati feszültséggel, a forgórész ellenállásával és szórásával, valamint a szlippel kifejezve) lehet meghatározni.

A jelleggörbe nevezetes pontjai:

- M_i indítónyomaték, mely lefogott forgórész esetén jelenik meg a tengelyen. Ha a forgórész terhelő nyomatéka ennél nagyobb, akkor az aszinkron gép nem tud elindulni.
- M_b billenő nyomaték, mellyel a forgórész nem üzemszerűen, de még átmenetileg terhelhető. Ez a szlip általában $0,15 \div 0,2$ tartományba esik.
- n_0 szinkron fordulatszám, a forgófluxus fordulatszáma.
- n_b billenési fordulatszám, ami a billenő-nyomatékhoz tartozik, értéke tipikusan a szinkron fordulatszám $80 \% \div 85 \%-a$.

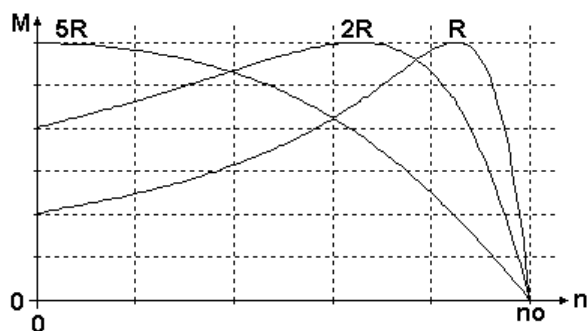
A jelleggörbe nevezetes szakaszai:

- "a" stabilis szakaszon az aszinkron gép működése stabil, mert a terhelés okozta fordulatszám csökkenéshez, növekvő nyomaték tartozik. Változó terhelés esetén a fordulatszám kis változásával a gép egyensúlyi helyzetben marad.
- "b" labilis szakaszban az aszinkron gép működése labilis, mert a terhelés okozta fordulatszám csökkenéshez csökkenő nyomaték tartozik. Ezen a szakaszon a terhelés határoz-

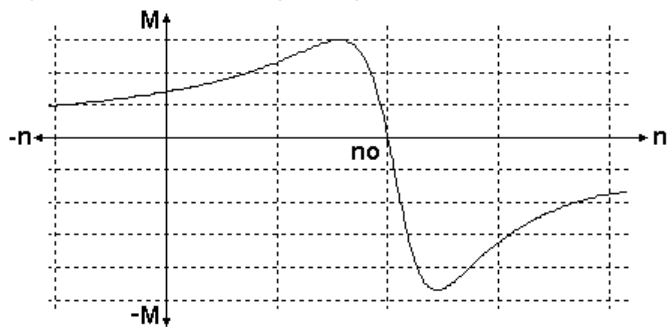


za meg a fordulatszámot.

Az aszinkron gép adattábláján feltüntetett M_n névleges nyomaték a stabilis szakasz közepe táján, $0,4 \div 0,625 M_b$ tartományban helyezkedik el. Az indítónyomaték a gép kialakításától függően, kb. azonos nagyságú a névleges nyomatékkal, de annál kisebb vagy nagyobb is lehet. A forgórész ellenállásának megváltoztatásával az indítónyomaték is megváltozik, de a billenő nyomaték állandó marad. Kisebb forgórész körüli ellenállás esetén a stabilis szakasz meredeksége nagyobb, az aszinkron motor fordulatszám tartó jelleget mutat. Nagyobb forgórész körüli ellenállás a jelleggörbét balra tolja el. Megfelelően megválasztott ellenállás esetén elérhető, hogy az indítónyomaték a billenőnyomatékkal legyen egyenlő. Ez az elv használható akkor, ha az aszinkron motort terheléssel kell elindítani. A forgórész körüli ellenállás változtatása természetesen csak a csúszógyűrűs gépek esetén lehetséges.



A fordulatszám-nyomaték jelleggörbe nemcsak a nulla és szinkron fordulatszám közötti tartományra értelmezhető, hanem a $\pm$ végtelen tartományban is. A generátoros billenő nyomaték nagyobb, mint a motoros. Ha a forgórészt valamilyen külső hatás a szinkron fordulatszám fölé gyorsítja, akkor a nyomaték negatívvá válik, mert a forgófluxus a nála nagyobb szögsebességű forgórészt fékezni igyekszik. A nyomaték jelleggörbe meredek emelkedése miatt a fordulatszám kis növekedésére a gép erőteljes fékezőhatással válaszol. Generátoros üzemben csak az áram wattos összetevőjének előjele változik meg, míg a meddő összetevőt változatlan nagyságban továbbra is a hálózatról veszi fel a gép. Emiatt a meddőteljesítmény igény miatt, az aszinkron gépeket, kifejezetten villamos energia termelésére ritkán alkalmaznak. Negatív fordulatszám tartományban az ellentétes forgásirány miatt a forgórészben nagy feszültség indukálódhat, ami csúszógyűrűs forgórész tekercselését átütheti.



Aszinkron motorok indítási módjai

A kisebb (50 kW alatti) teljesítményű rövidrezárt forgórészes aszinkron motorok legegyszerűbben közvetlen hálózatra kapcsolással indíthatók. A hálózatra kapcsolás pillanatában a tengelyen az indítónyomaték jelenik meg és az áramfelvétel a névlegesnek $3 \div 9$ -szerese. Emiatt az áramlökés miatt a közvetlen indítás csak akkor alkalmazható, ha a beépítés helyén a hálózat zárlati teljesítménye legalább százszorosa a motor névleges teljesítményének.

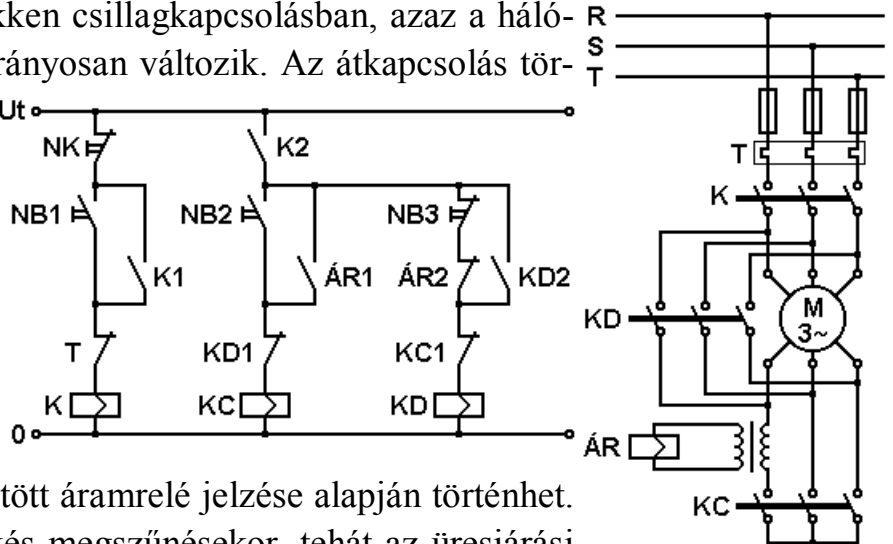
Kisteljesítményű fogyasztói hálózatról csak néhány kW-os motorok indíthatók közvetlenül, mert a nagyobb motorok a felgyorsulás időtartamára, meg nem engedhető mértékű feszültségeseést, feszültségletörést okozhatnak, károsítva ezzel a világítási fogyasztókat. Az indítóáram dinamikus hatása a tekercsfejek deformálódását is előidézhetheti. A forgórész veszélyes túlmelegedésének elkerülése érdekében, a gyártó megadhatja az indítás gyakoriságát.

A kalickás motorok indítási áramlökését a kapocsfeszültség csökkentésével lehet elfogadható értékre korlátozni. A kisebb kapocsfeszültség háromfázisú transzformátorral vagy a fázisokba sorosan kötött ellenállásokkal esetleg reaktanciákkal állítható elő. Transzformátoros indítás esetén az állórészt egy takarékkapcsolású transzformátor a névlegesnél kisebb feszültséggel táplálja. Amikor a forgórész fordulatszáma állandósul, akkor motor megkapja a névleges kapocsfeszültséget. Ellenállásos vagy fojtótekercses indítás a legegyszerűbb módja áramlökés csökkentésének. A soros alkatrészeket az indulási tranziens lezajlása után, ki kell iktatni az állórész áramköréből. Kedvezőtlen az ellenálláson fellépő veszteség és a fojtótekercs költségesebb előállítása. Mindhárom indítási mód az indítónyomaték négyzetes csökkenése miatt, kizárólag terheletlenül indítható motorok esetén használható.

A rövidrezárt forgórészes aszinkron motorok leggyakrabban alkalmazott indítási módja a csillag-háromszög vagy csillag-delta átkapcsolás. Az indítási folyamat első lépése a csillagba kötött állórész tekercsekre a névleges feszültség közvetlen rákapcsolása. A névleges fordulatszám elérése után második lépésben az állórész tekercsek bekötése átkapcsolódik deltába és motor a továbbiakban a névleges feszültséggel üzemel. Csillagkapcsolásban $\sqrt{3}$ -al kisebb feszültség jut a tekercsekre mint háromszöghkapcsolásban. A hálózatot terhelő indítási áram $1/3$ -a annak, ami háromszöghkapcsolásban közvetlen indításkor fellépne. Az indítónyomaték is harmadrésze csökken csillagkapcsolásban, azaz a háló-

zatot terhelő indítási árammal arányosan változik. Az átkapcsolás történhet kézzel vagy valamilyen elektromechanikus vezérlés alkalmazásával. Az önműködő csillag-delta vezérlés átkapcsolási késleltetése, tapasztalati időzítési értékek szerint beállított szinkronmotoros, bimetálos esetleg elektronikus időkapcsoló vagy valamelyik fázisba bekötött áramrelé jelzése alapján történhet.

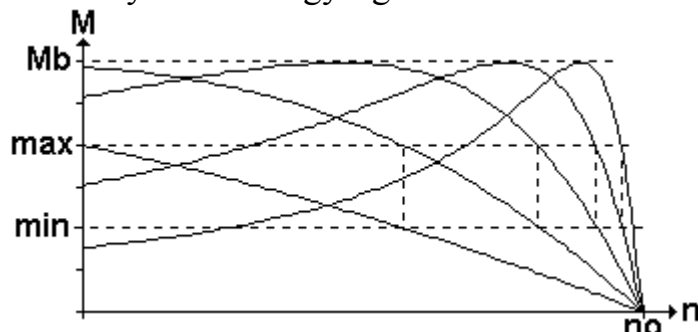
(az áramrelé az indítási áramlökés megszűnésekor, tehát az üresjárási áram elérésekor ad jelzést) A csillag-delta indítás alkalmazása akkor célszerű, ha a motor terheletlenül indítható, de üzemszerű terhelése nagyobb, mint a csillagkapcsolásban szolgáltatott névleges nyomaték. A motorok kapcsolási módjának megválasztása a tényleges és a névleges teljesítmények viszonya alapján történhet, mely szerint kb. 40%-os terhelésig célszerű a motort csillagkapcsolásban járatni és 40%-nál nagyobb terhelésnél átkapcsolni



háromszögbe.

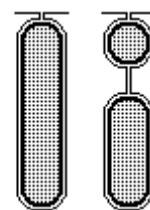
A csúszógyűrűs motorok indítása a forgórészre kapcsolt általában csillagkapcsolású ellenállások fokozatos kiiktatásával történik. A forgórész ellenállás növelésének hatására a nyomaték jelleggörbe a kisebb fordulatszámú tartomány felé tolódik el. Az eltolódás miatt az indítónyomaték nagyobb lesz, miközben a billenő nyomaték nagysága változatlan marad.

Megfelelően megválasztott indító ellenállással elérhető, hogy az indítónyomaték a billenőnyomatékkal legyen egyenlő. Az indítónyomaték és így az indítási áram lökés is egy max. és egy min. érték közé szorítható az ellenállás fokozatok számának és értékének helyes megválasztásával.



Az indító ellenállás a forgórész csúszógyűrűihez szénkeféken keresztül csatlakozik. Kialakítása lehet többfokozatú huzal vagy fokozat nélküli folyadék ellenállás. A folyadék indítóellenállás néhány százalékos szódás oldatból és elektródákból áll. Az ellenállás értékét az elektródák bemerülési mélysége határozza meg. A nagyobb teljesítményű motorok vezérlése reteszeléssel is el van látva, hogy az indító ellenállás kikapcsolása (rövidrezárása) esetén ne lehessen a motor indítani. A hálózati feszültség rövid idejű kimaradásakor a motor lelassulhat vagy leállhat. A visszatérő hálózati feszültség a tekercsek túlmelegedését esetleg leégését okozhatja, mivel a motor rövidrezárt forgórészrel önmagától elindulni nem tud. Állandó felügyelet nélkül működő gépeket feszültség kimaradás elleni védelemmel kell ellátni. Ez a kapcsoló berendezés a feszültség kb. 70-75% -ra csökkenésekor automatikusan leválasztja a motort a hálózatról.

A mélyhornyú és a kétkalickás motorokat a kedvezőbb indítási tulajdonságok miatt fejlesztették ki. A mélyhornyú kialakítás esetén a rudazat sugárirányú mérete nagyobb mint a tangenciális irányú, a kétkalickás esetben egy nagyobb ellenállású külső és egy kisebb ellenállású belső rudazat van kialakítva. Az indítás pillanatában a rudazatokban meginduló áram eloszlása nem egyenletes, hanem az áramkiszorítás jelensége miatt a forgórész palástja (légrés) felé nagyobb az áramsűrűség mint a tengely felé eső részben. A hatás olyan, mintha megnőtt volna a forgórész ellenállása. Névleges fordulatszám tartományban az áramkiszorítás megszűnik, a kialakítás nincs hatással a stabilis szakaszra.



Kisteljesítményű 1-2 kW-os motorok lassított, rántás nélküli indítására alkalmazható a lágyműindítás. A motor, az egyik fázisba kötött nagy értékű ellenállás miatt nem tud elindulni. Az ellenállás csökkentésével a forgómező kialakul és a fordulatszám felfutása fékezett lesz. Felhasználási terület pl. papír, textil, stb. iparban.

Aszinkron motorok forgásirány változtatása

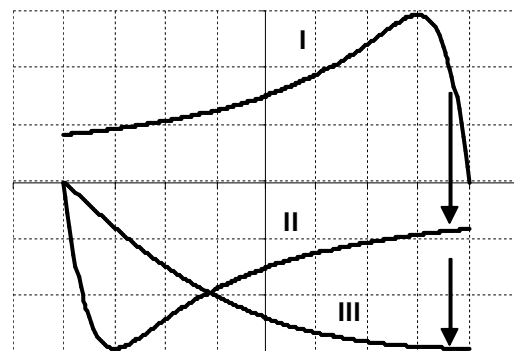
Az aszinkron motorok forgásirányát a forgófluxus forgásiránya határozza meg. A forgófluxus forgásiránya két egymás melletti vagy a két szélső fázis felcserélésével megfordítható. A szabvány szerint a forgásiránynak a tengelyvég felől nézve az óramutató járásával megegyező irányúnak kell lennie, ha a kapcsok és a kapcsokkal összekötött hálózat betűjelölésének abc sorrendje megegyezik. A feltételeknek megfelelő rendszert „jobbra forgónak” nevezzük.

Aszinkron motorok fékezési módjai

Haszonfékezés vagy generátorfékezés esetén a teher gyorsítja (pl. teherműlyesztésnél) a forgórészt. Ekkor a forgórész fordulatszáma a szinkron fordulatszám fölé emelkedik, a motor átvált generátoros üzemmódba és a tengelyen felvett mechanikai energiát a hálózat felé adja le. Mivel a forgófluxus fenntartásához, generátoros üzemmódban is szükséges a hálózat, ezért a motort ilyenkor nem szabad lekapcsolni. A nyomaték jelleggörbe alapján az n_0 felett, azaz generátoros üzemmódban a gép, kis fordulatszám növekedésre, növekvő nyomatékkal válaszol. Ez biztosítja a szinkron fordulatszám felett a fékező nyomatékot. Csúszógyűrűs motoroknál a forgórész körbe kapcsolt ellenállásokkal az egyensúlyi helyzet nagyobb a fordulatszámon jöhet létre. A negatív billenő nyomatékot még átmenetileg sem szabad megközelíteni, mert túllépése után már semmilyen fékező hatás nincs. Ezzel a fékezéssel lassítani nem lehet.

Ellenáramú fékezéskor a munkagéppel összekapcsolt forgórész forgásiránya ellentétes a forgófluxussal. Ez kétféle módon, lassító vagy teherműlyesztő fékezéssel valósítható meg. Lassító fékezés esetén a munkagép forgásiránya változatlan marad, de a forgófluxus iránya két fázis felcserélésével megfordul. Ennek következtében a motor munkapontja az I jelleggörbéről átkerül a II jelleggörbe negatív fordulatszámú tartományába. A motor növekvő fékező nyomatékot fejt ki, a forgórész forgási sebessége lassul. Megállásakor a motort le kell választani a hálózatról, mert különben ellenkező irányban megindul. A legerőteljesebb fékezést csúszógyűrűs motorral lehet elérni. Ehhez forgásirányváltás után, akkora forgórész ellenállásra van szükség, ami a billenő nyomatékot a -n pontba helyezi át. (III görbe)

Teherműlyesztő fékezés esetén a forgófluxus iránya lesz változatlan de a forgórészt a munkagép ellentétes forgásirányra kényszeríti. A természetes jelleggörbén a labilis szakaszon stabil munkapont nem jöhet létre. Megfelelő nagyságú forgórész körbe ellenállással elérhető,



hogy a stabilis szakasz áttolódik a féküzem tartományába és a fordulatszám állandósul (a III görbe $n < 0$ tartományban).

Egyenáramú vagy dinamikus fékezésnél az állórészt le kell választani a váltakozó áramú hálózatról és két fázistekercsét sorba kapcsolva egyenárammal kell gerjeszteni. Az egyenáramú gerjesztés hatására állandó mágneses tér alakul ki, amelyben a munkagép forgatja a forgórészt. A forgórész tekercsekben indukált feszültség a zárt körben áramot indít, ami az állórész mágneses terével fékezőnyomatékokot hoz létre. A fékezés erőssége a csúszógyűrűkre kapcsolt ellenállásokkal változtatható. A fordulatszám csökkenésével a fékező hatás is csökken és megálláskor meg is szűnik. Az állórész gerjesztéséhez szükséges teljesítmény a névlegesnek kb. 1-5%-a. Ez a féküzem kis energiaigényű és üzembiztos. Rövidrezárt forgórészes gépek esetén is alkalmazható és teherülllesztésre is használható.

Aszinkron motorok fordulatszám változtatása

Az aszinkron motorok forgási sebessége és a forgófluxus közötti kapcsolat a szlip összefüggés átrendezése alapján:

$$n = n_0 (1 - s)$$

A szinkron fordulatszámot behelyettesítve:

$$n = 60 f (1 - s) / p$$

A kifejezés szerint a motor fordulatszámát a szlip, a pólusszám vagy a frekvencia megváltoztatásával lehet befolyásolni.

A szlippel történő fordulatszám változtatás csak csúszógyűrűs gépek esetén valósítható meg. A forgórész körbe kapcsolt ellenállás a nyomaték jelleggörbét a kisebb fordulatszámú tartományba tolja el, így ugyanakkora nyomatékhoz kisebb fordulatszám tartozik (csúszógyűrűs motorok indítása!). A külső ellenállások üzemszerű alkalmazása esetén azonban romlik a gép hatásfoka és a fordulatszám-tartó jellege is. Kalickás forgórészű gépek szlipjét csak a kapocsfeszültség csökkentésével lehet változtatni, de ez egyben a billenő nyomatékokat is csökkenti.

A póluspár szám változtatásával veszteségmentesen lehet a forgási sebességet változtatni. A különböző pólusszám, több egymástól független, vagy egyetlen több pólusszámra átkapcsolható tekercseléssel érhető el. A két megvalósítási mód közül az elsőnek igen rossz a kihasználtsága és nagyobb hely szükséges a tekercseléshez. A második (Dahlander-féle) megoldásban az egyes fázistekercsek két félből állnak, melyeket sorosan vagy párhuzamosan kapcsolva hozható létre 1:2 arányú pólusszám átkapcsolás. A forgórész jellemzően kalickás, mert a rudazatban az áramok mindig úgy alakulnak ki, hogy a forgórész póluspár száma az állórészével megegyezzen. Többpólusú csúszógyűrűs motorok nem készülnek, mert az álló és a forgórész egyszerre történő pólusszám változtatása bonyolult szerkezetet igényel.

A tápfeszültség frekvenciájának változtatását a szinkron fordulatszám követi. Állandó fluxus fenntartása érdekében a frekvenciával együtt a feszültséget is változtatni kell, különben

a gép nyomatéka is változik. A fordulatszám változtatáshoz jól használható a háromfázisú félvezetős frekvencia átalakító berendezés.

Aszinkron motorok felhasználási területei

Az aszinkron motorok felhasználási területe igen széles, a különféle ipari berendezések (felvonók, élelmiszeripari gépek, szellőztetők, stb.) hajtásától a szerszámgépek (esztergapad, marógép, állványos fűrőgép, köszörű, sajtológép, stb.) hajtásáig megtalálhatók. Aszinkron motorok kedvező tulajdonsága az egyszerű felépítés, a gazdaságos előállítás, az alacsony karbantartási igény, a viszonylag állandó fordulatszám, a túlterhelés tűrés, a tartós üzemeltetés és jó hatásfok.

Egyfázisú aszinkron gépek

Az egyfázisú aszinkron motorokat olyan kisteljesítményű hajtásokhoz használják, ahol nem áll rendelkezésre háromfázisú hálózat (pl. kis szivattyúk, ventilátorok, kompresszorok, háztartási gépek, stb.). Az egyfázisú aszinkron motor állórészén egyfázisú tekercselés van, forgórésze vagy csúszógyűrűs háromfázisú tekercseléssel vagy kalickás. Minthogy az egyfázisú aszinkron motornak - a lüktető fluxus miatt - indítónyomatéka nincs, a gép indításáról külön kell gondoskodni. Kis gépeket egyszerűen berántással, a nagyobb gépeket pedig segédfázissal lehet indítani. A segédfázisú motorok rendelkeznek egy ún. segédfázis tekercssel, ami a forgás megindulását segíti elő. Ez a tekercs 90° -al van elforgatva a főfázis-hoz képest, de gondoskodni kell arról is, hogy ennek a tekercsnek az árama is késsen 90° -al a főfázishoz képest. Erre általában kondenzátort alkalmaznak, ami lehet üzemi, vagy indító-kondenzátor annak megfelelően, hogy üzem közben is vagy csak az indítás során van-e szerepe. Az üzemi kondenzátor a motor teljes üzeme alatt működésben van, míg az indító csak akkor, mikor a motort indítják.

