

2. A modul címe

Aszinkron motorok és hajtások. Aszinkron motoros járműhajtások

2.1 lecke: A lecke címe

Aszinkron motorok felépítése, működési elve. Frekvenciaszabályozott aszinkron motoros hajtások elve.

Cél

Az aszinkron motorok működési elvének, jelleggörbéinek, sajátosságainak, *a frekvenciaváltós aszinkron motoros hajtások felépítésének*, működésének, főbb sajátosságainak megismerése.

Követelmények

A hallgató legyen képes saját szavaival ismertetni

- a forgó mágneses tér előállítását,
- a forgórészben a nyomaték keletkezését,
- a motor hat főbb hátrányos tulajdonságát és azok okait,
- az inverteres hajtás egységeit és fő tulajdonságait,
- növelt frekvenciákon a fluxus- és a nyomatékcsökkenés jellegét a frekvencia függvényében, és kiváltó okait.

A hallgató legyen képes lerajzolni

- a szlip-görbét és a nyomaték-fordulatszám görbét a fő jellemzőkkel,
- a helyettesítő összevont kapcsolást,
- az inverteres hajtás jelleggörbéit,
- az inverteres hajtású csillagkapcsolású motor és invertere vázlatát.

Kulcsfogalmak:

forgó mágneses tér, kalickás motor, szinkron sebesség, billenő nyomaték, szlip, szlipgörbe, nyomaték görbe, névleges ponti értékek, generátoros féküzem, hatásfokgörbe, frekvenciaváltós hajtás, fluxus csökkenés, mezőgyengítés.

Időszükséglet

A tananyag elsajátításához *körülbelül 160 percre* lesz szüksége

Tevékenységek

Olvassa el az aszinkron motorok felépítését, működését, a forgó mágneses tér előállítását, elemezze a fluxusvektorok ábráit, az eredő fluxus körbeforgását, az eredő fluxusvektor tovahaladását, továbbá valamennyi képletet és indokolásukat.

Rajzolja le és jegyezze meg az aszinkron gép elvi vázlatát a tekercs jelölésekkel, a szlip-görbét, a nyomatéki görbét a fő jellemzőkkel.

Jegyezze meg a forgórészben a nyomaték keletkezését, a motor hátrányos tulajdonságait, az inverteres hajtás egységeit.

Rajzolja le és jegyezze meg a jelleggörbéket, az elvi kapcsolási vázlatot és a helyettesítő összevont kapcsolást, az inverteres hajtás jelleggörbéit.

Olvassa el, ismerje meg a lecke végén a két korszerű aszinkron motoros járműhajtás példát.

1. Tananyag

Aszinkron motorok felépítése, alkalmazásuk

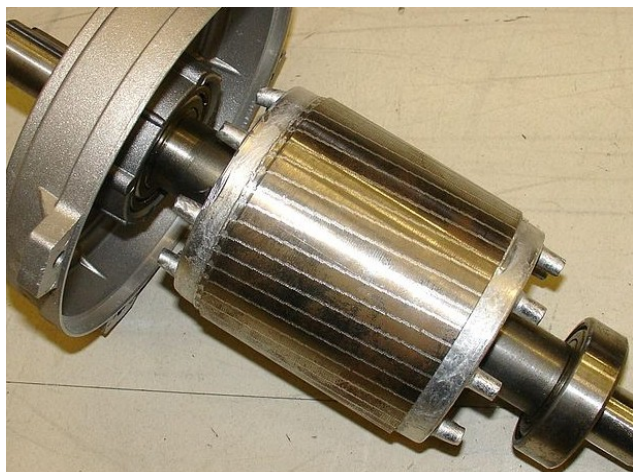
Tevékenység : olvassa el az aszinkron motorok felépítését, működését, a forgó mágneses tér előállítását.

A motor tipikusan háromfázisú tekercselésű állórészből, és a forgórésztekercselés legegyszerűbben előállítható változatával, az ún. kalickás forgórészből áll. Az egyszerű felépítésnek köszönhetően a meghibásodásra kevésbé hajlamos, és karbantartást alig igénylő aszinkron motor a legnagyobb arányszámban készül, főként ipari felhasználásra.

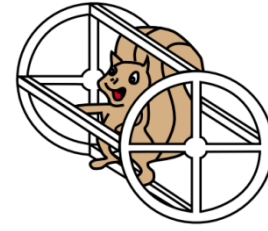
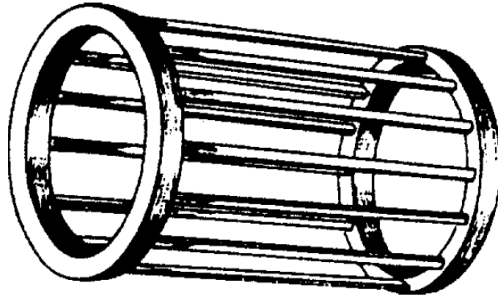
Járműhajtásra a frekvenciának félvezető eszközökkel lehetségessé vált megváltoztathatósága tette alkalmassá az 1980-as évektől, és a frekvenciaváltóval, mint kiegészítő berendezéssel kiváltotta a karbantartás-igényes kommutátorokkal rendelkező DC motorokat, eleinte a vasúti jellegű járművekből és trolibuszokból.

Bekerült az ipari hajtások közé is, főként az inkább csak sebességváltoztatást igénylő hajtásokba. Pozíciószabályozott hajtás feladatokra, robotokba és szerszámgépekbe kevésbé alkalmas, vagy csak bonyolulttá váló irányítási részfeladatok megoldások árán - de ez esetben már az állandó mágneses szinkron motoros hajtások előnyösebbnek bizonyulnak.

Az 1. ábrán aszinkronmotor állórészének, és kisebb (0,5-50 kW) teljesítményű aszinkron motorok alumínium-kiöntésű kalickás forgórészének kiviteli képei láthatóak.



1. ábra. Megbontott, kalickás forgórészű aszinkron motor álló- és forgórésze képei



"Squirrel cage"

2. ábra. Nagyobb teljesítményű aszinkron motorok rézrudakból és -gyűrűkből készült kalickája

A háromfázisú forgó mágneses tér megvalósítása

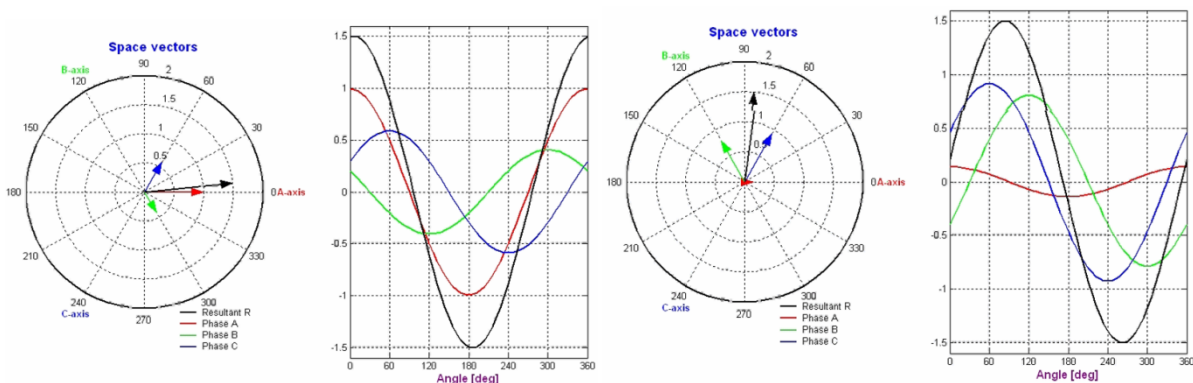
Tevékenység : olvassa el a forgó mágneses tér előállítását.

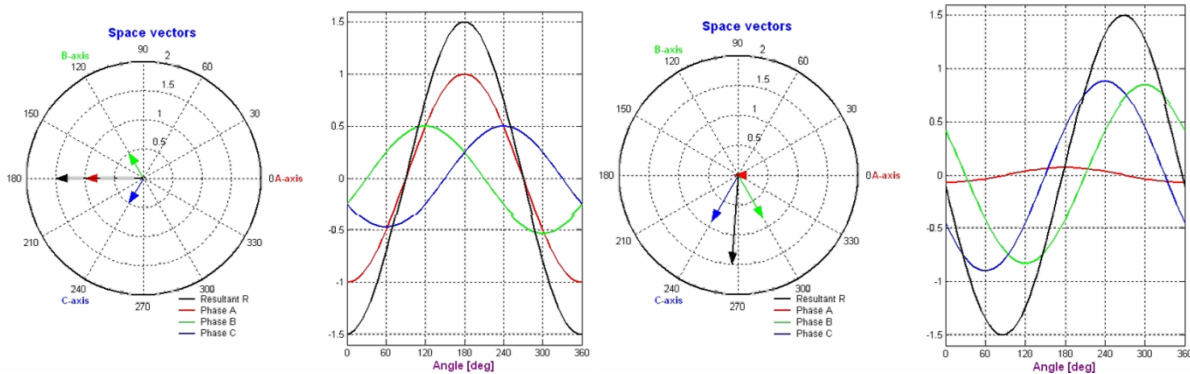
A háromfázisú forgó mágneses tér az állórész terében 120 fokra (3. ábra) elosztott tekercsekben folyó, időben eltoltt szinuszos alakú áramok gerjesztette fluxusból képződik. A térben eltoltt tekercsekben, de időeltolással váltakozó fluxusok pillanatnyi, bármely helyi eredője állandó érték, amely a tápáram körfrekvenciájának megfelelő n_0 sebességgel forog, 3. ábra.

A háromfázisú áramot erőművi generátorról is, de inverterről is juttathatjuk a motor tekercseibe. Az egyes tekercsek által keltett fluxusvektorok hossza aszerint változik, hogy a generátor megfelelő tekercse előtt a forgó északi, majd déli pólus iránya mennyire esik egybe a tekercsével.

Tevékenység : olvassa el a forgó mágneses tér előállításának alábbi szemléltetését, kövesse az alábbi ábrák magyarázatát az ábrák kinagyításával.

A 3. ábra első ábrapárján az A fázis árama és fluxusa majdnem maximális, a B-é mintegy 30%, a C-é kb. 60 %, amint ezek az ordinátáról leolvashatók. A második ábrán még kb. ~ 40 fok múlva éri el a B tekercs középvonalát, akkor lesz a zöld vektor hossza egységnyi. A harmadik ábrán az A tekercs túloldalán a fluxus épp maximumot ér el, és így tovább. A tovahaladó eredő mindig 1,5 értékű.





3. ábra. Térben 120 fokkal eltoltt tekercsekben, időeltolással váltakozó A,B,C fázisáramok és fluxusok (térvektorok) pillanatnyi, bármely helyi eredője (1,5 értékkel, és feketével jelölve,) a tápáram körfrekvenciájának megfelelő n_0 sebességgel forog. A 4. ábra 90 fokként továbbfordult mágnesmező-eredőt és összetevőit szemlélteti

Tevékenység : indítsa el internetre kapcsolódás után az alábbi demonstrációs modell-ábrát, amely az előző ábrásor működés közbeni változata. Figyelje meg az előzőekben ismertett áramok vektorának mozgását.



Three phase mmf distributions.rmt

Tevékenység : jegyezze meg a szinkron sebesség számításának elvét.

Az n_0 szinkron sebesség a táphálózat f frekvenciájától és a motor p póluspár-számától függ: $n_0 = 60f/p$, európai $f = 50$ Hz –es hálózaton legfeljebb 3000/perc. Frekvenciaváltós hajtások 20 ezer/perc fordulatszám felett is léteznek.

A nyomaték keletkezése

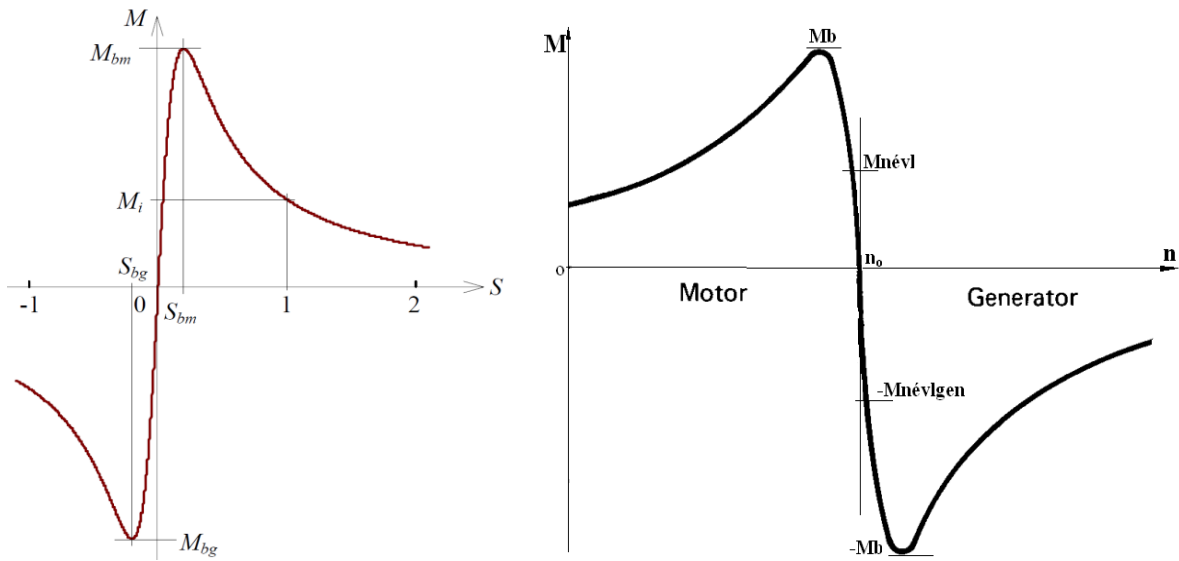
Tevékenység : jegyezze meg a nyomaték keletkezésének elvét.

A forgó mágnesmező sebességénél lassabban forgó, a szlipnek megfelelően kisebb sebességű forgórész kalickájának rúdjaiban feszültség indukálódik, s hatására a kalicka zárt vezetőrendszerében, azaz tekercselésében háromfázisú, szinuszosan váltakozó áram folyik, amely a forgó mágneses tér fluxusával kölcsönhatásban a rudakban tangenciális irányú erőket, összességében nyomatékot kelt.

Tevékenység : jegyezze meg a szlip számításának elvét, a nyomatékgörbe alakját és megjelölt pontjait a 4. és 5. ábrán, a generátoros üzemre vonatkozóan is.

A szlip értéke az n_0 szinkron fordulatszámhoz viszonyít: $s = \frac{n_0 - n}{n_0}$, egyes irodalmak S jelölést használnak. A motor a fordulatszám tartó gépek csoportjába tartozik.

A nyomaték sebességfüggő, közelebbről szlip-függő, a 4. ábra szerint. Zérus szlip szinkron sebességgel forgó motornál, 1 értékű pedig az álló motornál áll fenn. Az 1 feletti értékek ellenforgású üzemben keletkeznének, és zárlati jellegük miatt nem használhatóak.

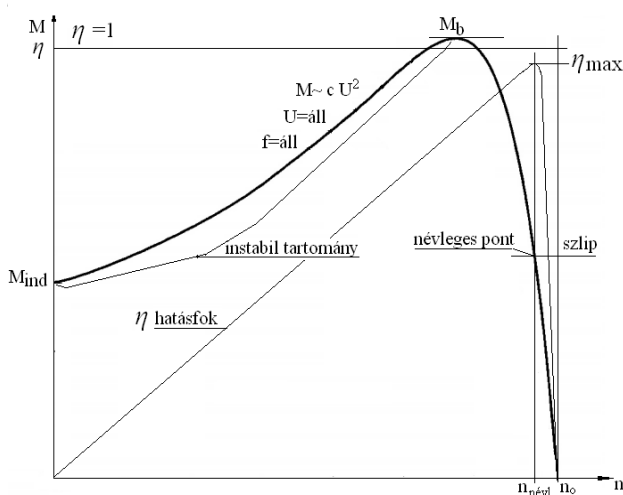


4. ábra. Jellemzők a szlip függvényében . Jellemző nyomatékok a fordulatszám függvényében

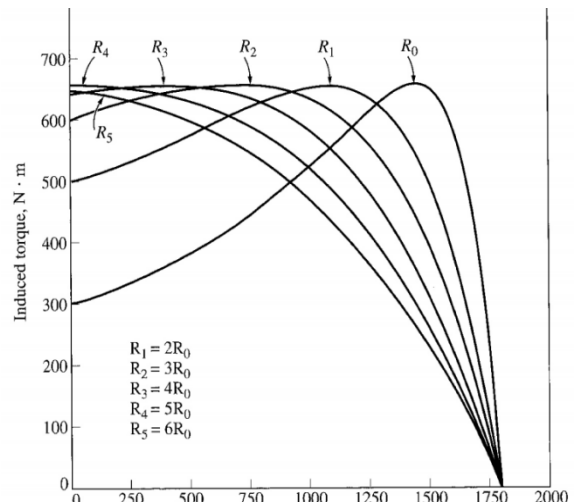
A *b* és *g* indexek a billenő nyomatékhoz, illetve a generátoros üzemi értékekhez tartoznak.

A motor nyomatéki görbéjének $M=f(n)$ alakja a felhasználó számára fontos tulajdonságokat közvetít, 5. ábra. A névleges nyomatéknál a szlip nagy gépeknél 1-3, kisebbeknél 4-8 % értékű. A billenő nyomaték tervezési értéke $M_b=(1,7\sim 2,2) M_{n\acute{e}vl}$. Gyors és nagy M_t terheléslökés az M_b értékén túlra csökkenti a sebességet, s ha M_t közben nem csökkent le, a motor az instabil tartományban a görbe mentén le is áll, s rövidrezárt transzformátorként viselkedve csak a túláram-, illetve a hővédelme védi meg a leégéstől.

Terheletlenül 1-3 %-ra közelíti meg n_0 értékét.



5. ábra. A nyomatéki görbe jellegzetes pontjai



6. ábra. Forgórészkeri ellenállásos indítás görbéi

Tevékenység : jegyezze meg az aszinkron motor hátrányos tulajdonságait.

Hátrányos tulajdonságai:

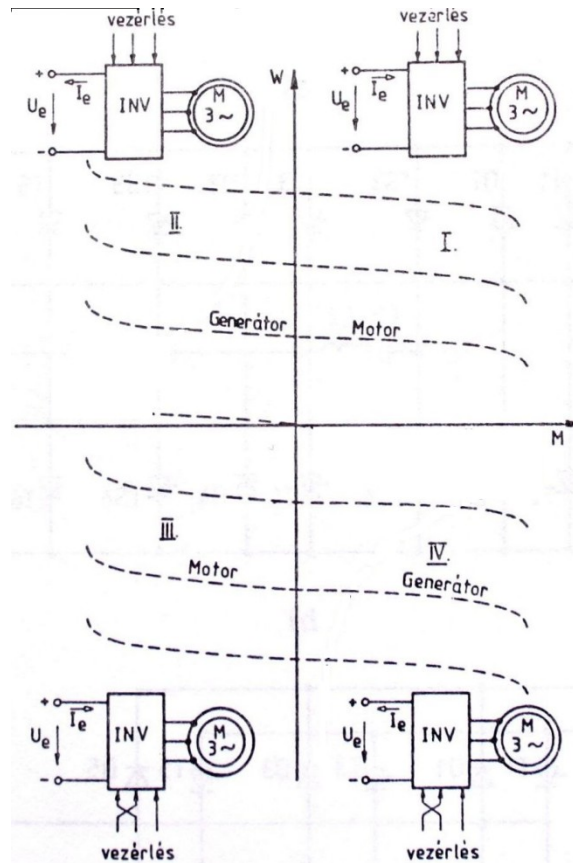
- nyomatéka feszültség-négyzet függő, és a tápfeszültség csökkenésének négyzetes arányában eső nyomaték a túlterhelés bekövetkezését elősegíti.
- indításkor felvett árama nagy, a névleges ponti értéknek 5~7-szerese, ha közvetlenül kapcsoljuk a hálózatra. Álló forgórésznel rövidrezárt transzformátorként viselkedik.
- fordulatszáma nem változtatható veszteségmentesen, ehhez frekvenciaváltó szükséges. Ezek megjelenése előtt csak pólusszám-átkapcsolással volt lehetőség más, kisebb fordulatszámok beállítására, de a szinkron fordulatszám értékeik közti tartományt veszteségesen, 5~6 szorosra növelt forgórész körüli ellenállás-változtatással hidalták át, 6. ábra. Az egyféle pólusszámú gépnél a teljes tartományú felgyorsítás ilyen volt.
- a motor meddő-teljesítmény fogyasztó. A forgó mágnesmező fenntartásához a motor mágnesező (reaktáns, meddő) áramot vesz fel a hálózatról, amellyel a $\cos \varphi$ teljesítménytényező a névleges pontban is csak 0,6-0,75 értékű, de részteljesítménynél 0,2 alá is csökkenhet, nem-frekvenciaváltós hajtásnál. Ilyenkor fázisjavító kondenzátorok alkalmazása előírt. Frekvenciaváltós hajtásnál az inverter állítja elő a szükséges meddő teljesítményt, nem terhelve ezzel a hálózatot.
- a mágnesező áram csökkentése érdekében a motor kis légréssel építendő, de ez ellentmond a mechanikai üzembiztonságnak,
- hatásfoka : $\eta=1-s$, kivéve a névleges pont és az n_0 közti tartományt, amikor η a névlegesről zérusra esik, 5. ábra. Kisebb fordulatszámokon, illetve a felgyorsulás alatt nagy szlippnél nagy veszteséggel üzemel. Frekvenciaváltóval elegendően kis szlippel és jó hatásfokkal üzemel bármely sebességen.

Aszinkron motoros hajtások üzemi tartományai

Tevékenység : jegyezze meg az aszinkron motor üzemi tartományait.

A motornak számos alkalmazásban mindkét forgásértelemben kell forognia, és a kifejtett nyomaték előjelének is gyakorta negatív előjelűnek kell lennie, azaz a hajtásnak 4/4-esnek kell lennie. A 7. ábrán egy ilyen hajtás ω -M üzemi tartományait és az aszinkron motor bekötését láthatjuk, utóbbi forgásirányváltása két fázisvezető cseréjével történik, ebből az ábra a vezérlőjelek cseréjére utal.

Az ábrán láthatóak a generátoros féküzem jelleggörbéi is.

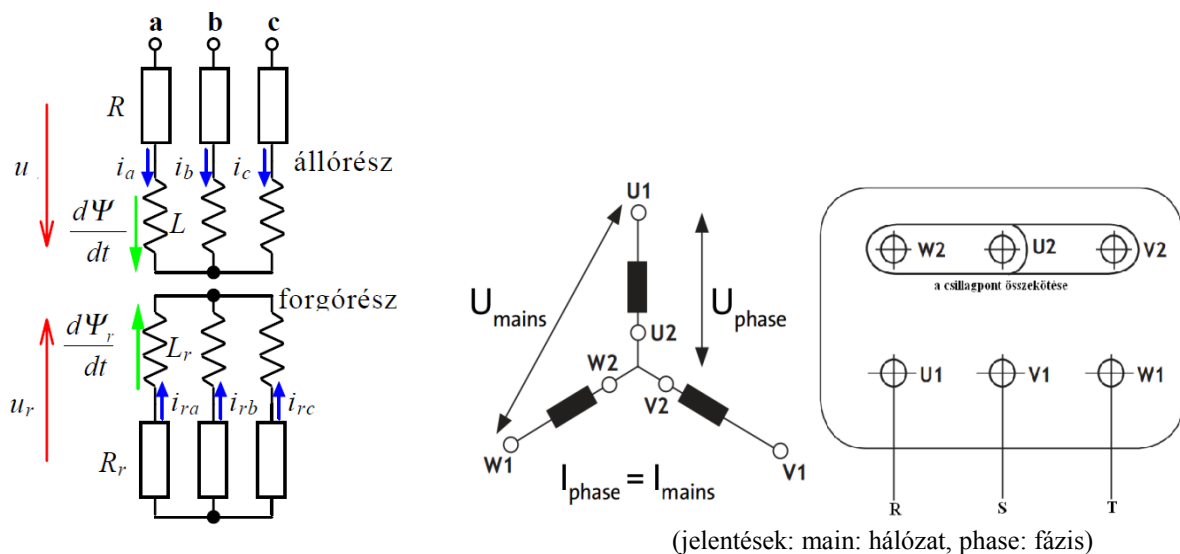


7. ábra. Aszinkron motoros hajtás üzemi tartományai. A motor forgásirányváltása

Elméleti összefoglalás

Tevékenység: olvassa el az alábbi, kb két oldalnyi elméleti összefoglalást és kövesse az ábrákról leírtakat!

Az aszinkron motor elvi kapcsolási vázlata, alsó felén a rotornak kalickás kivitelre is érvényes vázlatával, mindkét tekercselés csillagpontjának megjelölésével a 8. ábrán látható. Az ábra jobb oldalán csillagkapcsolású motor tekercseinek jelölése és hálózati kapcsolásának elrendezése látható:



A motor feszültség-alapegyenletei:

$$\bar{u} = R\bar{i} + \frac{d\bar{\Psi}}{dt} + j\omega_k\bar{\Psi}$$

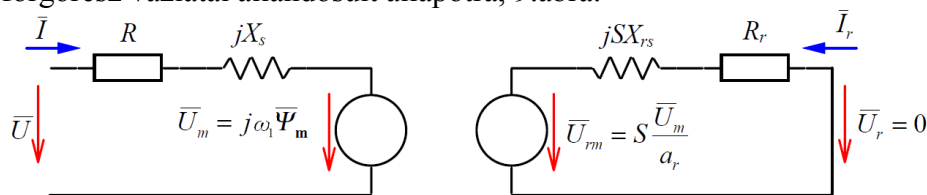
$$\bar{u}_r = R_r\bar{i}_r + \frac{d\bar{\Psi}_r}{dt} + j(\omega_k - \omega)\bar{\Psi}_r$$

Itt u a kapocsfeszültség, ω_k ennek körfrekvenciája, ω a rotor szögsebesség, i az áram pillanatértéke, Ψ a fluxus. A felülvont jelek vektormennyiségekre utalnak.

Az állórész és a rotor ohmos feszültségei, és a szögsebesség-arányos indukált feszültségek mellett nem állandósult állapotban a fluxusváltozási sebességgel arányos összetevők is megjelenhetnek. Az u_r rotor kapocsfeszültség a rövidre zárt állapot miatt zérus, kivéve, ha az úgy készült rotor háromfázisú tekercseléséhez csúszógyűrűkön és keféken át külső indító-ellenállást kapcsolunk.

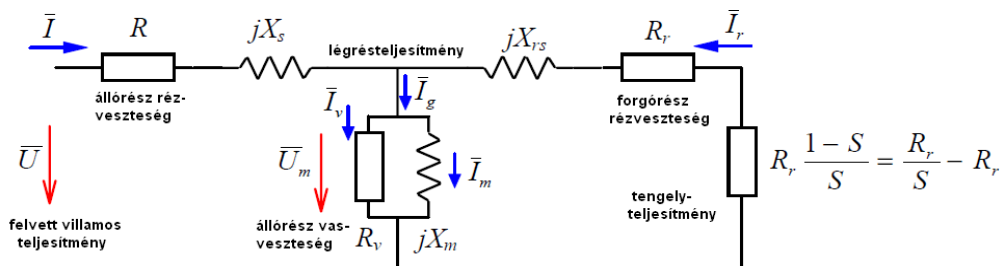
A motor Ψ (fő-) fluxusa, továbbá a Ψ_r rotorfluxus által indukált szögsebesség-arányos feszültségeket az alábbi ábrán U és U_m jelöli. X_m a főmező-, X_s az induktivitásokkal arányos reaktancia. A szlip itt S -el jelölt.

Az álló- és forgórész vázlatai állandósult állapotra, 9. ábra:



9. ábra. elvi kapcsolás ábrái az álló- és a forgórészre

Az a menetszám-áttétellel végzett átszámítások (állórésze redukálás) után összevont ábra rajzolható, 10. ábra. Jobb végén a tengelyteljesítményt az R_r rotoellenállásnak az $(1-S)/S$ értékkel szorzott része képviseli, amely itt wattos fogyasztót jelent:



10. ábra. Összevont helyettesítő kapcsolási vázlat

A vesszős mennyiségek átszámítottak.

A nyomaték nem részletezett számításának eredményét az alábbi összefüggés fogja össze, az

$$\frac{R + jX_s}{jX_m} \approx \frac{X_s}{X_m} \approx \sigma$$

közelítéssel:

$$M = \frac{3}{2} \frac{1}{\omega_{lm}} \frac{U^2}{(1+\sigma)^2} \frac{\frac{R_r}{S}}{\left(R + \frac{R_r}{S}\right)^2 + X_r'^2}$$

amelyből megállapítható két fontos jellemző:

- a nyomaték arányos a kapocsfeszültség négyzetével,
- R_r/S állandósága a nyomaték állandóságát is jelenti: növekvő R_r -hez növekvő szlip tartozik, lásd 6. ábra. Ezt a nem-kalickás, hanem háromfázisú tekercselt forgórészű csúszógyűrűs motorok indításakor használták ki lassú rendszerek indításához, változtatható ohm-értékű indító ellenállással, a 6. ábra szerint. Az n_0 1800/p értéke itt 60 Hz-es hálózathoz számított.

Másképpen és összevonva, az I_r rotorárammal és a p póluspárosszámmal kifejezve:

$$M = \frac{3}{2} \frac{p}{\omega_1} I_r^2 \frac{R_r}{S}$$

Teljesítmények

A hálózathoz felvett érték a légrésteljesítményt és a veszteségeket foglalja magába:

$$P_{\text{felvett}} = P_{\text{rész}} + P_{\text{vas}} + P_{\ell} = \frac{3}{2} \overline{UI}$$

A légrésteljesítmény, P_l számítása a rotor-áram számítását igényli:

$$\bar{I}_r = -\frac{U}{1+\sigma} \frac{1}{R + \frac{R_r}{S} + jX_r'}$$

P_l értéke a mechanikai teljesítmény mellett a rotor rézvesztését, továbbá a járulékos veszteségeket is tartalmazza:

$$P_{\ell} = P_{\text{rész}} + P_{\text{mech}} + P_{\text{jár}} = \frac{3}{2} \overline{U_m} \bar{I} = \frac{3}{2} I_r^2 \frac{R_r}{S}$$

a mechanikai teljesítmény:

$$P_{\text{mech}} = P_{\text{teng}} + P_{\text{sírl}} = (1-S)P_{\ell} = \frac{3}{2} I_r^2 \frac{1-S}{S} R_r$$

2. lecke Frekvenciaváltós aszinkron motoros hajtások

Tevékenység : jegyezze meg a frekvenciaváltós aszinkron motorok fő egységeit, és rendeltetésüket, tulajdonságaikat. Figyelje meg a 11. ábrán az inverteres hajtás összeállítását tulajdonságait.

A frekvenciaváltós hajtások az aszinkron motor felsorolt hátrányos tulajdonságait gyakorlatilag megszüntetik.

Fő egységei:

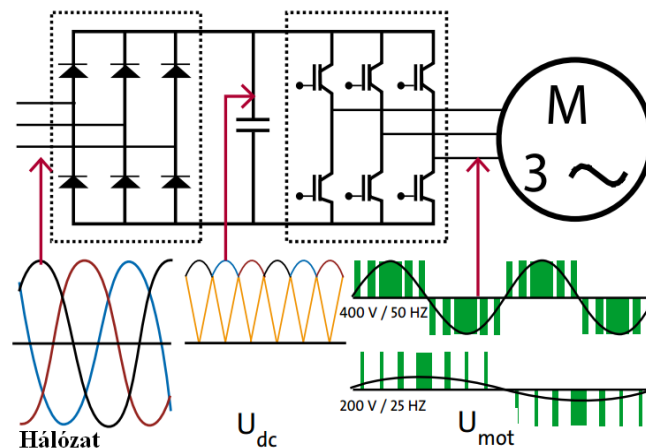
- hálózati egyenirányító, amely 100 kW feletti teljesítményeken, illetve vasúti járműveken magába foglalhatja az energia visszatápláláshoz szükséges, szigorú

csatlakozási feltételekkel használható hálózati invertert, továbbá a hálózati zavarokat csökkentő simító szűrőket is,

- közbenső egyenáramú kör, amelynek feszültsége az egyenirányított áram csúcstértékét eléri. Feszültséginverteres hajtásnál kondenzátor simítja a feszültséget, áraminverteresnél az energiatároló egy nagyobb értékű induktivitás, melynek energiatároló képessége $W=L I^2/2$.
- háromfázisú inverter, amely az egyenáram szaggatásával, a kitöltési tényező változtatásával és megfelelő vezérléssel szinuszoshoz közelálló alakú tápáramot, közel zérus és a névleges közti feszültségen bocsáthat a motor fázistekercseibe,
- aszinkron motor, amelynek állórész lemezelését a szokásosnál nagyobb frekvenciákon ezzel négyzetesen növekvő örvényáram veszteségek csökkentése érdekében vékonyabb lemezekből készítik.

Tevékenység : figyelje meg az alábbi ábrán az inverteres hajtás rendszerét váltakozóáramú hálózatról történő tápláláskor: a feszültség jel-alakokat a hálózati, majd az egyenirányítás utáni ponton az ún. közbenső egyenáramú körön az U_{dc} jelnél, végül az inverter után a motor kapcsainál.

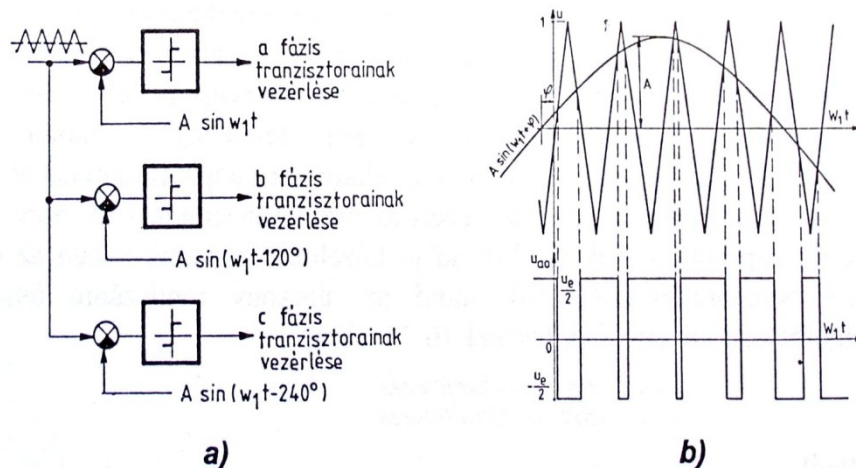
Egy ilyen hajtás elvi felépítése a 11. ábrán látható. A közbenső egyenáramú kör feszültsége a háromfázisú egyenirányításnak köszönhetően viszonylag kis hullámosságú. A motor kapcsain csak a feszültség változik téglalapot rajzoló négyzöghullám alakban, de a motor árama a motor induktivitásainak köszönhetően alig fog lüktetni, csak néhány % mértékben.



11. ábra. Hálózati egyenirányítós inverteres aszinkron motoros hajtás fő egységei.

Tevékenység : jegyezze meg a 12b ábrán a szinuszos feszültség előállításának elvét egyenfeszültségből.

Háromszögjellel komparált szinuszfüggvény előállításának elve látható a 12. ábrán.

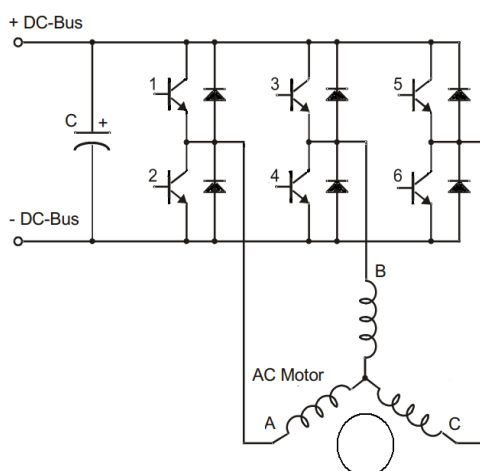


12. ábra. Szinuszos feszültségjel előállítása

Az inverter kimeneti feszültsége az egyenfeszültségből képzett téglalapokat jelent a b) ábra szerint.

Tevékenység : figyelje meg az alábbi ábrán az inverteres hajtás rendszerét DC vonalról történő tápláláskor .

A jobb oldali ábra DC-tápvonalra, pl. autóra vonatkozó és kirészletezett kapcsolású invertert mutat, így pl. akkumulátorra kapcsolt inverteres hajtás vázlatát ábrázolja, jellemzően csillagkapcsolású A, B, C jelű állórész-tekercekkel, és a kör alakú forgórész jelképpel.



Hajtás felépítése DC vonalról történő tápláláshoz

Az inverterről táplált aszinkron motor főbb üzemi adottságai

Tevékenység : jegyezze meg az aszinkron motor alábbi tulajdonságait.

A motor jelleggörbáját a frekvenciaváltó nem változtatja meg, de a névleges frekvenciától eltéréseket elcsúsztatja az aktuális n_0 -al kezdődő ponthoz, így a kisebb frekvenciához tartozókat balra tolja, a görbék alakjának és értékeinek változatlanul hagyásával. A görbéknek a negatív fordulatszámok tartományába eső szakaszát nem használjuk és emiatt célszerűen nem is rajzoljuk.

Feszültségviszonyok. Az indukált vagy belső feszültség:

$$U_b = 4.44 f N \Phi \xi,$$

ahol N a menetszám, és $\xi < 1$, jellemzően $\xi \sim 1$ a tekercselési tényező. A belső feszültség számértéke kis terhelésnél, és célszerű elhanyagolásokkal (többek között egyes kis abszolút értékű vektormennyiségek figyelmen kívül hagyásával) alig tér el a kapocsfeszültségétől, így kvalitatív jellegű vizsgálathoz $U \sim U_b$ írható.

Ha tehát az $U \sim 4.44 f N \Phi \xi$ alakot tekintjük, amelyben a fluxus állandóságát a nyomaték állandósága érdekében tartjuk fontosnak, akkor a jobb oldalon f -en kívül minden állandó, azaz

$$U \sim c f$$

is írható, ha c az állandókat tartalmazza. Azaz, az U kapocsfeszültség frekvencia-arányosan változtatható, a 13. ábra 0- és 50 Hz közti szakasza szerint. Ezzel e tartományban állandó fluxus és nyomaték áll fenn, és M névleges értékéhez az I állórész-áram is névleges lesz. Valós motorok R ellenállása nem zérus, és az IR feszültségesés névleges áramhoz tartozó értéke sem, emiatt ennél kisebb feszültséggel az áram és a nyomaték csak kis értékű maradna, ezt korrigálja az IR kompenzáció a feszültség-frekvencia görbe kezdetén, jellemzően R százalékában.

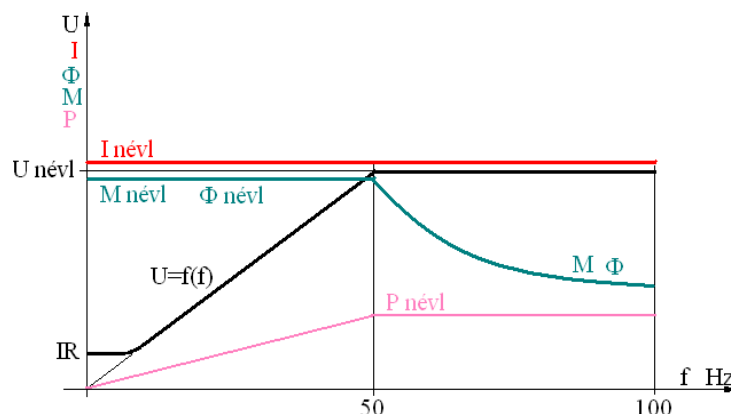
Tevékenység : jegyezze meg az inverter kimeneti feszültségének változási jellegét a frekvencia függvényében az alábbi indokolással és a 13. ábrát.

A frekvencia 50 Hz feletti értékein a motorra adott feszültség nem emelhető tovább az 50 Hz alatti zóna szerinti módon, mert az inverter sem tud nagyobb feszültséget adni a kapcsokra, mint a hálózat. A 100 Hz –hez tartozó fordulatszámra is tehát a névleges, az iparban tipikusan 400 V AC érték lesz a kapocsfeszültség.

Előbbi feszültségegyenletünk $U \sim 4.44 f N \Phi \xi$ alakjában tehát most az U válik állandóvá,

$$U \sim c_1 f \Phi$$

lesz írható, következésképp az f csak a Φ fluxusnak $y=1/x$ szerint hiperbolikusan csökkenő függvénymenete árán lesz növelhető, az.. ábra 50 és 100 Hz közti tartományában látható fluxus- és nyomaték görbe szerint.



13. ábra. Frekvenciaváltós hajtás fő jellemzőinek változásai a névleges frekvencia alatt és felett

A frekvencia növelése ezek szerint a névleges teljesítmény tovább nem növelhető értéke mellett tudja csak a sebességet növelni, a nyomaték hiperbolikus csökkenése árán. A fluxus folyamatos csökkenéséről ezt a tartományt mezőgyengítésesnek nevezik, a külső gerjesztőtekercses egyenáramú motorok idejéből, amikor a mező csökkentésével emelték a fordulatszámot a névleges kapocsfeszültség elérése után. Az aszinkron motorban ez önmagától következik be f növelése hatására, a nem növelt kapocsfeszültség tartományában.

A névleges fölé növelt frekvenciákon bekövetkező fluxus- és nyomatékcsökkenés az eltolódó nyomaték-fordulatszám jelleggörbék nyomaték értékeit a hiperbolikus csökkenés jellegének megfelelően zsugorítja.

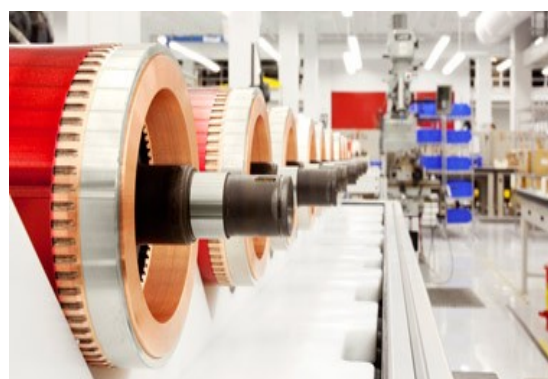
A motor hatásfoka már kis fordulatszámon is elérheti a 70~80 %-ot, mert a névlegesnél nem nagyobb áram, és a névlegesnek csak néhány százaléka kezdeti kapocsfeszültség kis felvett teljesítménnyel képezi a hatásfokot.

Generátoros féküzemben a motorba érkező mechanikai energia villamos energiává alakulása megemeli a DC kör feszültség szintjét, és ezt észlelve egy félvezetős kapcsoló nyitásával fékellenálláson alakul hővé. Hálózatba visszatáplálása igényes és költséges hálózati 50 Hz-es invertert igényel, emiatt jellemzően csak folyamatosan képződő, és 100 kW feletti fék teljesítménynél tud gazdaságossá válni.

[Tevékenység : olvassa el a megvalósult korszerű aszinkron motoros járműhajtásokról szóló ismertetést](#)

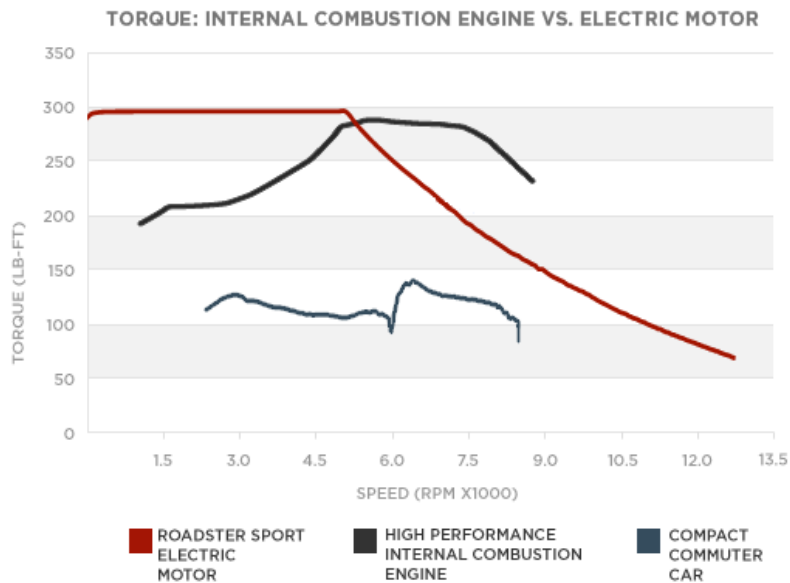
Megvalósult korszerű aszinkron motoros járműhajtások

A TESLA a villamos hajtású sportautóiban az extrém teljesítmények eléréséhez aszinkron motorjait szokatlanul nagy keresztmetszetű, nagytömegű rézrudas kalickával és zárógyűrűvel gyártja, a képen is jól láthatóan. A motor kábelcsatlakozói, a szellőző rendszerének légbeömlő csöve és nyílása láthatók az összeszerelt kerék hajtásban, 14. ábra. A forgórész méreteire, a motor részleteire nincsenek adatok.



14. ábra. A TESLA aszinkron motorja és hajtáselrendezése

A motor nyomatékgörbéje piros vonal, 15. ábra. (1 fontláb = 1,3558 Nm). Nagyteljesítményű belsőgésű motor nyomatékgörbét szerkesztették még be az ábrába, összehasonlításként.

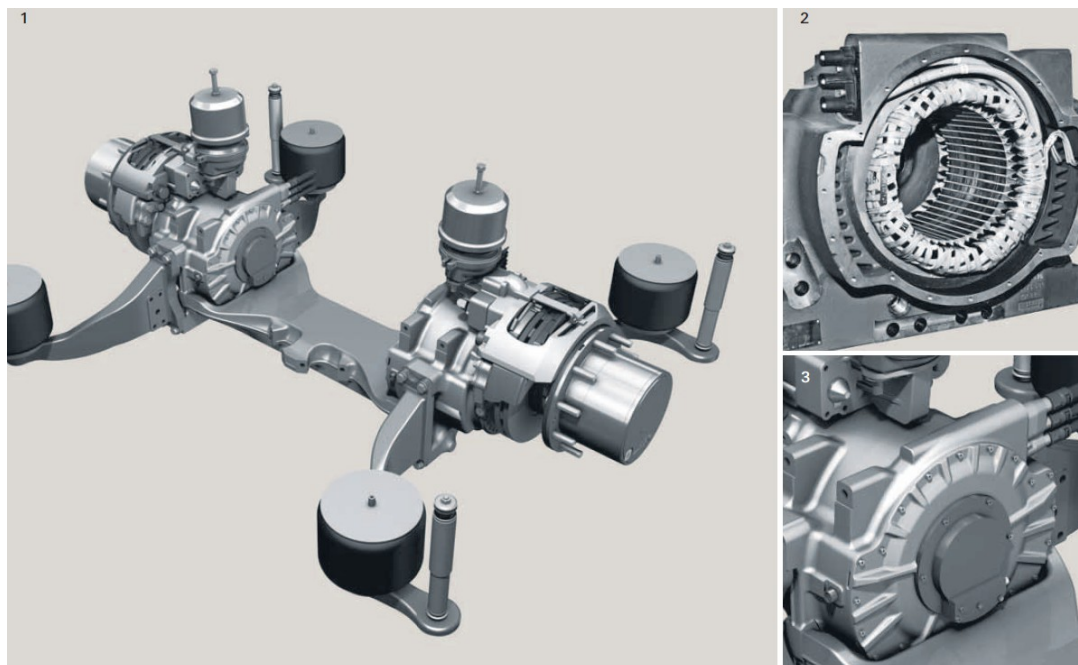


15. ábra. A TESLA aszinkron motor M-n jelleggörbéje

A ZF AG. hibrid hajtásrendszere, 16. ábra.

Az AVE 130 típusú, különleges kialakítású hátsó híd, alacsonypadlós buszokhoz készült. A kétoldali, egy-egy kereket forgató villamos hajtás folyadékűtésű, 11 ezer /p maximális fordulatszámú, háromfázisú aszinkron motorokkal történik. Feszültségük 350-420V, névleges áram 135A, max. áram 350 A.

Teljesítmény 2x 120 kW, áttétel 1:22,63. Járműkerék sebesség max. 485/p, ezen a maximális hajtónyomaték 2x10500 Nm. Tengelyterhelés 13,5 tonna.



16. ábra. A ZF AG. hibrid hajtásrendszere, aszinkron motorokkal és nagy áttétellel

Electric driven drop center axle	AVE 130
Axle load kg	13,000
Output torque max. Nm	2 x 10,500
Motor performance max. kW	2 x 120
Wheel speed max. 1/min	485
Ratio	22.63
Tire size (standard)	275/70R22.5
Wheel size (standard)	22.5" x 8.25"
Brakes	ventilated disc brakes
Axle weight kg	1,110*
Degree of protection	IP6K9K
Cooling liquid	water/glycol 50/50
Motor	2 x asynchronous motor 3 phases
Nominal voltage	350-420 V _{rms}
Nominal current	135 A _{rms}
Max. current	350 A _{rms}

Önellenőrző kérdések

1 Válassza ki a *hibás* válaszokat az aszinkron motor tulajdonságok közül:

- *rugalmas, nem fordulatszám tartó,*
- *önmagától nem indul, s ezek miatt járműhajtásra teljességgel alkalmatlan,*
- *M_b túllépése a névleges pontban egy szükséges üzemi állapot,*
- *nagy szlipnél is jó hatásfokú,*
- *indítási árama inverter nélkül is kedvezően alacsony,*
- *tápfeszültségének frekvenciája tetszés szerinti lehet,*
- *névleges feletti frekvenciákon a motor teljesítménye frekvencia-arányos,*
- *névleges feletti frekvenciákon a nyomaték a frekvenciával hiperbolikus függvény szerint változik.*

2 Jelölje meg azokat a mennyiségeket, amelyekről 50 és 100 Hz közötti üzemben változik a nyomaték: a menetszámtól, a légrésindukciótól, a légrés nagyságától, a feszültségtől, a *fluxustól, a frekvenciától, az áramtól.*

3. jelölje meg a hibás válaszokat! (a, b, c)

A hajtás részei:

- a) háromfázisú inverter, amely az egyenáram simításával, a kitöltési tényező változtatásával és megfelelő vezérléssel szinuszoshoz közelálló alakú tápáramot közel zérus és a névleges közti feszültségen bocsáthat a motor fázistekercseibe,
- b) háromfázisú inverter, amely az egyenáram szaggatásával, a kitöltési tényező változatlan értékénél és megfelelő vezérléssel szinuszoshoz közelálló alakú tápáramot közel zérus és a névleges közti feszültségen bocsáthat a motor fázistekercseibe,
- c) háromfázisú inverter, amely az egyenáram szaggatásával, a kitöltési tényező változtatásával és ellentétes vezérléssel szinuszoshoz közelálló alakú tápáramot közel zérus és a névleges közti feszültségen bocsáthat a motor fázistekercseibe,
- d) háromfázisú inverter, amely az egyenáram szaggatásával, a kitöltési tényező változtatásával és megfelelő vezérléssel szinuszoshoz közelálló alakú tápáramot közel zérus és a névleges közti feszültségen bocsáthat a motor fázistekercseibe.