

ELEKTROMOS GÉP-ÉS KÉSZÜLÉKSZERELŐ MESTERVIZSGÁRA FELKÉSZÍTŐ JEGYZET

Budapest, 2014

SZÉCHENYI 



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFECTETÉS A JÖVŐBE

Szerzők:
Kővári András

Lektorálta:
Tátrai István

Kiadja:
Magyar Kereskedelmi és Iparkamara

A tananyag kidolgozása a TÁMOP-2.3.4.B-13/1-2013-0001 számú, „Dolgozva tanulj!” című projekt keretében, az Európai Unió Európai Szociális Alapjának támogatásával valósult meg.

A jegyzet kizárólag a TÁMOP-2.3.4.B-13/1-2013-0001 „Dolgozva tanulj” projekt keretében szervezett mesterképzésen résztvevő személyek részére, kizárólag a projekt keretében és annak befejezéséig sokszorosítható.

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés	6
2. A villamos gép fogalma és felosztása	7
2.1. A villamos gépek fogalma	7
2.2. A villamos gépek felosztása	7
3. Villamos gépek szerkezeti felépítése	8
3.1. Állórész vastest	9
3.2. Állórész tekercselés	11
3.3. Pajzsok	13
3.4. Csapágyazás	13
3.5. Kefetartó szerkezet felerősítése	15
3.6. Szénkefék	16
3.7. Fogórészek, tengelyek	18
3.8. Kommutátorok	21
3.9. Csúszógyűrűk	23
4. Villamosságtani ismeretek	24
4.1. Egyenáramú hálózatok	25
4.2. Mágneses körök	28
5. Egyenáramú forgógépek	31
5.1. Egyenáramú gépek szerkezeti felépítése, működése	31
5.2. Egyenáramú generátorok kapcsolási vázlata, üzemi jellemzők	39
5.2.1. Külső gerjesztésű generátor	39
5.2.2. Párhuzamos gerjesztésű generátor	40
5.2.3. Vegyes gerjesztésű generátor	41
5.2.4. Soros gerjesztésű generátor	42
5.3. Egyenáramú motorok	44
5.3.1. Állandó mágnesű motorok	45
5.3.2. Külső gerjesztésű egyenáramú motor	45
5.3.3. Soros gerjesztésű egyenáramú motor	46
5.3.4. Párhuzamos gerjesztésű egyenáramú motor	46
5.3.5. Vegyes gerjesztésű egyenáramú motor	47
5.4. Különleges egyenáramú motorok	47
5.4.1. Erősítőgépek	47
5.4.2. Egyenáramú fordulatszámmerő generátorok	48
5.4.3. Léptetőmotorok	48
5.5. Egyenáramú gépek fordulatszám szabályozása	49
5.6. Egyenáramú motorok fékezése	50
5.6.1. Dinamikus fékezés	50
5.6.2. Energia visszatáplálásos fékezés	50
5.6.3. Ellenáramú fékezés	50
5.6.4. Egyenáramú motorok indítása	51
5.6.5. Egyenáramú gépek veszteségei	52
5.7. Egyenáramú gépek vizsgálata	53
6. Szinkrongépek	53
6.1. Szinkrongépek szerkezeti felépítése	54
6.2. Működési elve	55
6.3. Szinkrongépek üzeme	56
6.3.1. Üresjárási üzemállapot	56

6.3.2	Ohmos terhelés	57
6.3.3	Induktív terhelés	58
6.3.4	Kapacitív terhelés	59
6.4	Szinkron gépek szabályozási és külső jelleggörbéi, hálózatra kapcsolása.....	60
6.4.1	Szinkron generátorok terhelési jelleggörbéi	60
6.4.2	A szinkrongép nyomatéka	61
6.4.3	A szinkrongép zárlata	63
6.4.4	„V” görbék	64
6.4.5	Szinkron gépek hálózatra kapcsolása	65
6.4.6	Szinkrongépek veszteségei.....	67
7.	Aszinkron gépek	68
7.1	Aszinkron gépek felépítése.....	68
7.2	Aszinkron motorok működési elve	69
7.3.1	Csillagkapcsolás kialakítása	71
7.3.2	Háromszögkapcsolás kialakítása	72
7.4	Aszinkron motorok indítása.....	72
7.4.1	Az állórész indítási eljárások:	72
7.4.2	A forgórész indítási eljárások:	72
7.4.3	Az indító nyomaték megváltoztatása:	73
7.5	Gyakorlatban leggyakrabban alkalmazott indítási módok.....	73
7.5.1	Álló motor közvetlen hálózatra kapcsolása	73
7.5.2	Nehéz indítás	73
7.5.3	Ellenállásos indítás	74
7.5.4	Transzformátoros indítás	75
7.5.5	Y-D indítás	75
7.5.6	Csúszógyűrűk közé iktatott ellenállás	76
7.5.7	Különleges horonykialakítás	76
7.5.8	Lágyindítás	77
7.5.9	Goromba indítás	77
7.6.	Frekvenciaváltó	78
7.8	Egyfázisú aszinkronmotor	80
7.8.1	Szerkezeti kialakítása, működése	80
7.8.2	Egyfázisú motor segédfázissal és kondenzátorral	81
7.8.3	Egyfázisú motor segédfázissal és indító kondenzátorral	82
7.8.4	Indító relés egyfázisú motor	82
7.8.5	Állandó üzemű segédfázis és kondenzátoros egyfázisú motor.....	82
7.9	Aszinkron motorok fékezése	83
7.9.1	Dinamikus fékezés	83
7.9.2	Ellenáramú fékezés	84
7.9.3	Generátoros fékezés	84
7.9.4	Aszimmetrikus fékkapcsolás.....	85
8.	Transzformátorok.....	85
8.1	Transzformátorok felépítése	85
8.2	A transzformátorok működése.....	86
8.2.1	Villamos működési elv	86
8.2.2	Üresjárási üzemállapot	87
8.2.3	Terhelési üzemállapot	88
8.2.4	Rövidzárási üzemállapot	89
8.4	A transzformátor veszteségei és hatásfok	90

8.5 Különleges transzformátorok.....	90
8.6 Transzformátorok párhuzamos üzeme, vizsgálata	91
9. Villamos gépek meghibásodásai, javítási technológiák	91
9.1 Villamos gépek jellegzetes hibái	92
9.1.1 Forgórész diagnosztikai vizsgálatai.....	92
9.1.2 Ellenállás, impedancia mérés	92
9.1.3 Menetzárlet-vizsgálat	92
9.1.4 Forgórész mechanikai állapotának vizsgálata	92
9.1.5 Állórész diagnosztikai vizsgálatai	92
9.2 Villamos gépek javítása.....	93
9.2.1 Mechanikus javítások	93
9.2.2 Hibafelmérés utáni munkafolyamatok	93
9.3 Javítás utáni vizsgálatok	94
9.4 Különleges gépek vizsgálata.....	94
9.5 Működési próbák	94
9.5.1 Bejáratás.....	94
9.5.2 Üresjárás.....	94
9.5.3 Járulékos szerelvények ellenőrzése	95
9.5.4 Kommutátoros váltakozó áramú gépek vizsgálata	95
9.5.5 Egyenáramú gépek	95
9.5.6 Váltakozó áramú gépek	96
10. Biztonságtechnika	96
10.1 Biztonságtechnika, érintés elleni védelem	96
10.2 A szerelői ellenőrzés végrehajtása	99
10.3 MSZ 1585 Villamos berendezések üzemletetése	100
11. Szabványjegyzék.....	101

1. Bevezetés

A villamos energia az emberiség számára már pótolhatatlan az élet minden területén. Amennyiben energia kimaradás történik a villamos rendszerben, azonnal felismerjük az életünkben betöltött szerepét. Az ipar, a kereskedelem, a közlekedés, a távközlés - és folytatni lehetne a felsorolást - számtalan formájában felhasználói a villamos energiának. A villamos energia előállításához, átalakításához, szállításához, felhasználásához villamos berendezésekre, villamos gépekre van szükség. Az ezeken a területeken dolgozók számára folyamatos kihívás a szakmai ismeretek helyén való alkalmazása. Elég egy pontatlanság, egy hiányos ismeret, máris súlyos következményekkel számolhatunk.

Ez a jegyzet az elektromos gép- és készülékszerelő mestervizsgára készülők számára kíván segítséget nyújtani. Természetesen a jegyzet nem pótolhatja a szakkönyvek, a rendeletek, szabványok ismereteit. A korábbi tanulmányok során számos elméleti és gyakorlati ismeret megszerzésére került sor. A mestervizsga követelmények teljesítéséhez kívánunk segítséget nyújtani az ismeretek rendszerezésével. Az egyes fejezetekben igyekeztünk a legfontosabb ismeretekre, összefüggésekre ráirányítani a figyelmet. Nem a szóbeli tétel sor reprodukálása volt a célunk. A jegyzet meghatározott terjedelme nem tette lehetővé, hogy olyan témakörökkel is részletesen foglalkozzunk, mint a szabályozástechnika, az új rajzjelek megismerése, szerelési-, kapcsolási- és áramutas rajzok bemutatása. Fontos terület az érintés elleni védelem, hisz villamos berendezés védelem nélkül nem működhet. Számos üzemeltetési kérdés kifejtése csak érintőlegesen történt meg. A fontosnak tartott ismeretek kiegészítésére természetesen van lehetőség. Ehhez segítséget nyújt a szakirodalom, és a ma már nélkülözhetetlen világhálón elérhető szakmai anyagok. A jó szakembertől elvárható, hogy a régi ismereteit profi módon alkalmazza, de fogékony legyen az új ismeretek befogadására és alkalmazására is. Úgy gondoljuk, az eredményes vizsgát követően mód lesz arra, hogy a duális képzés keretein belül tanulókkal foglalkozzanak, elméleti ismereteiket rendszerezék és a komoly szakmai gyakorlati ismereteiket is átadják a szakmunkás jelölteknek.

Reméljük jegyzetünkkel sikerült kellő mértékben az ismereteket rendszerezni, és a tartalmi anyagra építve, kiegészítve az elméleti és gyakorlati foglalkozásokon hallottakkal, hozzá tudunk járulni az eredményes vizsga letételéhez.

Minden mesterjelölt hallgatónak sikeres felkészülést, eredményes munkát kívánunk.

2. A villamos gép fogalma és felosztása

2.1. A villamos gépek fogalma

A villamos gépek nélkülözhetetlen eszközei az energiatermelésnek, az energiaátalakításnak, és a korszerű villamos hajtásoknak. A villamos gépek rohamos fejlődése az energia előállításban, a felhasználásban, nagymértékben segítette elő a technikai fejlődést. Az élet minden területén megtalálhatóak: az iparban, a szállításban, a mezőgazdaságban, a közlekedésben, az épületautomatizálásban, a gáz- és a vízkitermelésben, szolgáltatásban. Ma már természetes, hogy a villamos gépekkel találkozhatunk a gyógyászatban, és a háztartásokban is. A sokrétű felhasználás természetesen számos követelményt, kiviteli formát hozott létre, de számos közös vonás is megtalálható, mint például a szerkezeti felépítés.

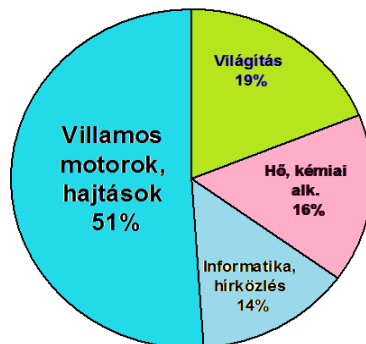
A villamos energiát villamos gépekkel állítjuk elő, melyet közvetlenül villamos gépek hajtására használunk fel, illetve az igényeknek megfelelően kisebb, vagy nagyobb feszültségűvé alakítunk át. Napjainkban a villamos motorok által hajtott gépek, gépsorok nélkül elképzelhetetlen lenne a modern nagyipari termelés. Egyre nagyobb igény jelentkezik a kisfogyasztók részéről a törpegépek alkalmazására. Ez az igény a jövőben várhatóan tovább fog növekedni.

A villamos gépek fogalma alatt azokat a gépeket értjük, amelyek a villamos energia előállítását, a villamos energia átalakítását – valamilyen tulajdonságának megváltoztatását – végzik, és a villamos energiából mechanikai energiát állítanak elő.

Napjainkban a villamos gépek gyártása során két jellemező fejlődési irány tapasztalható.

A nagygépek teljesítménye és méretei nőnek, a kisgépek méretei egyre csökkennek.

A villamos energiafogyasztás alakulását szemlélteti az 1. számú ábra.

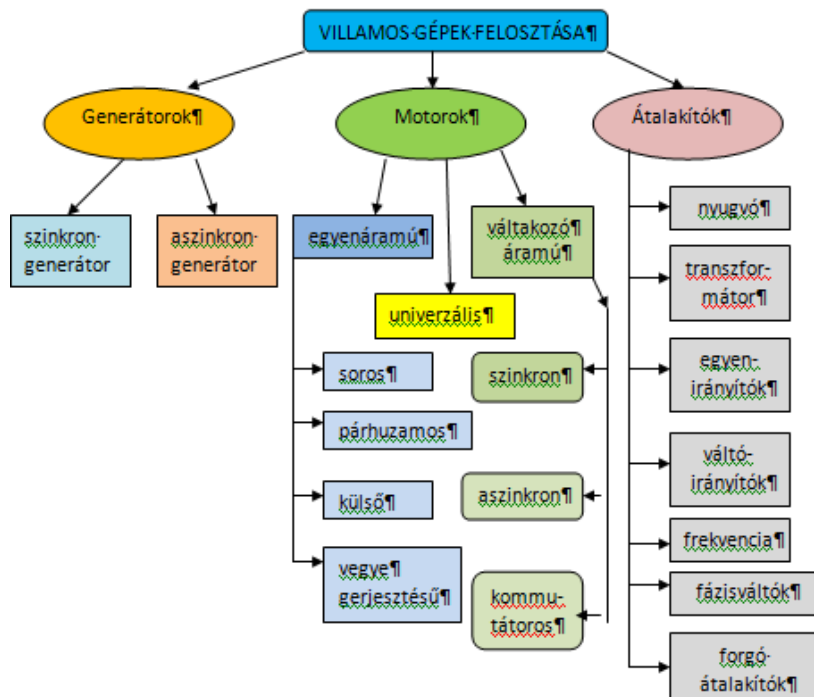


1. ábra Energia fogyasztás megoszlása

Az ábrából is jól érzékelhető, hogy a napi villamos energiafelhasználás több mint 50%-t a villamos motorok és hajtások teszik ki.

2.2. A villamos gépek felosztása

A villamos gépeket a villamos energia rendszerben elfoglalt feladatuk, működési módjuk, rendeltetésük, áram nem, fázisszám, valamint szerkezeti főrészek szerint csoportosíthatjuk. A villamos gépek részletes felosztása a 2. számú ábrán látható.



2. ábra Villamos gépek felosztása

Természetesen a felosztást tovább lehet folytatni az alábbiak szerint:

Szerkezeti főrészek szerint: állógépek, forgógépek

Működési módjuk szerint: egyenáramú gépek, szinkron gépek, aszinkrongépek, transzformátorok.

Fázisszám szerint: egyfázisú, háromfázisú villamos gépek.

A transzformátorok felosztása lehetséges felhasználásuk szerint, feladatellátás szerint, szerkezeti kialakítás alapján, stb.

A továbbiakban a villamos forgógépek szerkezeti kialakításával, mindazokkal a szerkezeti részek bemutatásával kívánunk foglalkozni, melyek a gyakorlati életben előfordulnak. A teljességre a jegyzet terjedelmi korlátai miatt nem törekszünk, de a legjellemzőbb sajátosságokat, hibákat, azok feltárásának lehetőségeit, módszereit kívánjuk bemutatni.

3. Villamos gépek szerkezeti felépítése

Azokat az alkatrészeket, melyekből a villamos forgógépeket összeépítjük, szerkezeti elemeknek nevezzük. A szerkezeti részek két nagy csoportra bonthatók: aktív – és passzív szerkezeti elemek.

Az aktív szerkezeti elemek:

- a mágneses fluxust vezető részek – lemezttest, pólusok,
- áramot vezető részek – csatlakozó kapsok, kommutátor, tekercsek, szénkefék, bronzkefék, csúszógyűrűk,
- a szigetelés – kivezetések, tekercsek, vezetékek, átkötések szigetelése.

Ide tartoznak mindazok a szerkezeti elemek, amelyek a villamos forgógépek elektromágneses működéséhez szükségesek.

Passzív, vagy inaktív szerkezeti elemek:

Azokat a szerkezeti elemeket értjük alattuk, amelyek elengedhetetlenül szükségesek a villamos forgógépek mechanikai, dinamikus és termikus működéséhez. Ide tartoznak a tartó-, szorító-, záró és terelőszerkezetek, a működtető részek, a segédberendezések. Segédberendezéseknek tekintjük a pajzsokat, a csapágyfedeleket, rövidre záró szerkezetet, a tengelyt, a légtelölt, és az olajellátó berendezést

3.1. Állórész – vastest

A villamos forgógépek két fő szerkezeti részből állnak: állórészből és forgórészből. Az állórész az állórész házból és a lemeztestből áll.

Az **állórész ház** feladata, a lemezelés összefogása, a pólusok központos tartása, a lemezelésben, vagy a pólusokon elhelyezett tekercselés, tekercselések befogadása, a pajzsok, a kefetartó szerkezet, kefetartók helyzetének biztosítása, a hűtőlevegő irányítása, valamint a gép belső szerkezeteinek védelme. Az állórész ház biztosítja a gép, gépek rögzítését, felerősítését. Különleges esetekben az állórész házat vízszintes síkban osztva, két részből készítik. Nagy gépek esetében nem ritka az állórész ház négy részre osztása. Ilyen nagy villamos gépek lehetnek a szinkron motorok, darumotorok. Az osztott házú gépek esetében az összeszerelésnél nagyon fontos a lemezelések pontos illesztése, ezért erre fokozottan figyelni kell.

A **pajzsok** pontosan kell illeszkednie a házhoz. Erre különösen akkor kell ügyelni, ha a pajzsokban vannak elhelyezve a csapágyak. Amennyiben nem központos, azaz a csapágyak nem esnek egy vonalba, a csapágyak melegezni fognak. Ha a csapágy tengelyvonalára nem esik egybe az állórész furatának középvonalával, a légrés egyenlőtlené válik. Egyenáramú gépeknél nem kívánt szikrázás, míg váltakozó áramú gépek esetében a ki egyenlítő áramok jönnek létre. Ennek a következménye, ha a forgórész hozzáér az állórészhez.

A pajzsokat felerősítő csavarok osztása szimmetrikus. Ez lehetővé teszi a pajzsok szükség szerinti elforgatását.

A ház fontos szerepet tölt be a levegő egyenletes sebességgel történő áramlásában. Ügyelni kell a szennyeződések elkerülésére, mivel nem megfelelő hűtés esetén a villamos gép üzemelési körülményei megváltoznak, meghibásodáshoz vezethetnek.

Az **egyenáramú gépeknél** az állórész ház benne van a mágneses körben, részt vesz az indukció vonalak vezetésében, ezért a ház keresztmetszetét a mechanikai méretezés mellett villamosan is méretezni kell. Az egyáramú gépek esetében a működéshez fontos a remanens mágnesesség biztosítása, emiatt az állórész ház anyaga acéllemez, acélöntvény. A főpólusok megfogása a házhoz, a felfekvő felület kialakítása korábban síklapú volt. Ma már a főpólusok megfogása a házhoz esztergált felülettel történik.

A **váltakozó áramú gépek** háza nem vesz részt a mágneses erővonalak vezetésében. Hegesztett kovácsolt vasból, vagy öntöttvasból készülnek. Vannak olyan villamos gépek is melyeknek nincs házuk, a lemezeket a kerületre hegesztett laposvasak tartják össze és ezekre történik a két pajzs, a felerősítő lábak és a kapcsoló felerősítése.

A **vastestben** a mágneses tér időbeli változása miatt feszültség indukálódik. Az ez által fenntartott áram okozza a vaslemez Foucault – veszteséget, amely a vaslemez vastagságának négyzetével arányos. Az áram kialakulásának csökkentésére a vaslemezek vastagságát

a minimumra méretezik, a lemezeket egymástól elszigetelik. A váltakozó áramú gépek állórésze lemezelt.

A vastesttel szemben támasztott követelmények:

- a kisajtolt lemezek a sajtolási szélek mentén ne legyenek sorjásak,
- a lemezek szigetelése egyenletes és minél vékonyabb legyen
- a hornyok a körvonalai összesajtolt állapotban tökéletesen fedjék egymást- a lemeztest tengelyirányú mérete mindenhol azonos legyen.

A lemeztest nagy szilícium tartalmú acéllemez, melyet dinamólemeznek nevezünk.

A transzformátor- és dinamólemezek minőségét a szilícium- (Si) tartalom határozza meg. Növekedésével csökken a hiszterézis és az örvényáramú veszteség, nő a permeabilitás és a fajlagos villamos ellenállás. A permeabilitás szempontjából célszerű 2-2,3% szilíciummal ötvözni. A Si növeli az anyag keménységét, de ezzel rontja az alakíthatóságot. A szilíciumtartalom mellett a mechanikai tulajdonságokat az anyagban lévő feszültségek, a különféle mechanikai igénybevételek, a megmunkálás (hengerlés), és a hőkezelés is befolyásolja.

Dinamólemez

A dinamólemez ötvözői a szén (0,1%), a szilícium (0,4-2,3%) és mangán (0,2-0,35%). A dinamólemezeket, amelyek vastagsága 0,5-1 mm, általában melegen hengerelik, így finomszemcsés anyagszerkezet alakul ki. Szigetelésükre általában lakkokat használnak. Mint korábban már utalást tettünk rá, dinamólemezkből készítik az erősáramú villamos gépek álló- és forgórészeihez a megfelelő profilú lemezeket.

Transzformátorlemez

A transzformátorlemezeken szén (0,06%), szilíciumot (2,2-4,2%) és mangánt (0,1-0,2%) tartalmaznak. A lemezanyagok közül legelterjedtebbek a 4% Si ötvözésűek. Táblalemezben, lágyított állapotban vagy különféle lemez maglap alakzatokban kerülnek forgalomba. A lemezek felületét általában szigetelik az örvényáramú veszteségek megelőzése érdekében. A Hypersil hidegen hengerelt anizotróp lemez szalagban 0,04-0,35 mm vastagságban gyártják. A Permalloy B, ill. Permalloy C kiváló mágneses tulajdonságát lágyító hőkezeléssel érik el. (Ezek az ötvözetek valójában Ni-Fe ötvözetek, csak a felhasználási módjuk miatt tárgyaljuk azokat a vasötvözetekkel együtt). Ezeket a vasmagként használt lemezeket egymással összefüggő, tömör szigetelőréteggel választják el. Ez lehet papírszigetelés, foszfátózás, magnéziumszilikátos szigetelés stb.

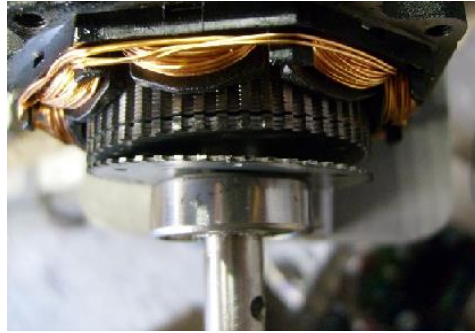
A transzformátorlemez szerelésekor vigyázunk kell a szigetelésre, mert ha az megsérül, megnövekszik az örvényáramú veszteség.

Lemezelés

A lemezek összerakásakor a lemeztest hosszának megfelelő számú lemezt összefűzve – összeszorító csavarokkal - vezetőlécekre raknak illetve fűznek be, majd tengelyirányú hidraulikus sajtolással méretre sajtolják. Kisebb helyszíni javításoknál szorítótarcsa alkalmazása is megengedett. Gondosan ügyelni kell arra, hogy az axiális méretnek megfelelő mennyiségű lemezt sajtoljunk be, ellenkező esetben nem lesz elég kemény a lemezelés.



3. ábra Állórész lemezelési hiba¹



4. ábra Lemezelési hiba a forgórészen²

3.2. Állórész tekercselés

A villamos gépek tekercselésének anyaga elektrolitikus réz, vagy alumínium. Jellemzően, - mivel az alumínium jelentős hátránya a kisebb teljesítmény, a meghibásodás fokozottabb lehetősége - az elektrolitikus réz alkalmazása terjedt el.

Az egyfázisú aszinkron motorok esetében a fáziseltolódáshoz szükséges ellenállást egybe építik a segédfázissal. Az ellenállásanyag sárgaréz, melynek a fajlagos ellenállása nagyobb, mint az elektrolitikus rézé.

A vezetők keresztmetszete a gyakorlatban a kisgépekhez kör keresztmetsztű, míg a nagyobb teljesítményűekhez négyszögletes alakú húzott vezetőket alkalmaznak.

A vezetők szigeteléséhez a gyakorlatban figyelembe kell venni, a menetek között fellépő feszültségkülönbséget, az üzemeltetés során kialakuló maximális üzemi hőmérsékletet, a fellépő mechanikai igénybevételt.

Az alkalmazott szigetelőanyagok lehetnek:

- pamutszigetelés,
- zománc – pamutszigetelés,
- lakkszigetelés,
- különleges fonott szigetelés,
- fonott – szövött szigetelés,
- szalagozás,
- lakkpapír szigetelés,
- gumiszigetelés,
- rásütött mikacsó,
- eloxálás,
- szilikon szigetelés.

Tekercs és horonyszigetelés kialakítása során figyelembe kell venni, hogy a villamos gép milyen feszültség szinten működik. Amennyiben a tekercset gumi, vagy mikacsó szigeteléssel látják el, úgy a horonyszigetelés elhagyható. Ezek hiányában a hő – és mechanikai igénybevétel miatt a horonyszigetelést el kell készíteni.

¹ <http://elektroszer.5mp.eu>

² <http://elektroszer.5mp.eu>

- Kis – és középfeszültségű gépek esetében a horonyszigetelés prespán, vagy papír alapú, 0,2-0,5 mm vastag lemez két – három rétegben.
- Nagyfeszültségre kizárólag mikacsövet alkalmaznak. A mechanikai védelem céljára egy réteg pergamen papírt sütnek rá.
- A pólustörzs, a cséve szigetelése prespánból, vagy papírból, rásütéssel, vagy rácsavarással készül. Amennyiben olajban kifőzött fa, vagy bakelit távolságtartó betéteket helyeznek a tekercs és a cséve, a pólustörzs közé, akkor levegőszigetelés kerül alkalmazásra.

A villamos gépekre vonatkozó szigetelési osztályokat az 1. számú táblázat tartalmazza.

1. számú táblázat

Osztály	Legnagyobb megengedett hőmérséklet (°C)	Szigetelőanyagok
E	120	Papírbakelit, textilbakelit, kikeményített présmassza, triacetátfólia
B	130	Üveg, szilikátrost, csillám kötőanyaggal, B osztályú műgyantalakkok
F	155	Üvegszál aszilikátrost, műgyantával átítított csillám
H	180	Szilikon, csillám, szilikongyantával átítított üvegszál

A tekercsfej szigetelése kisgépek esetében bevonó lakk, közép – és nagy gépek esetében kizárólag szalagozással készül. Felújítás során különös figyelmet kell fordítani arra, hogy a lakkozás esetén milyen lakk kerül alkalmazásra, mivel a spiritusz és benzín lakk rosszul tapad egymáshoz. Ennek következménye a lakkréteg felhólyagosodása, felrepedezése. A lakkozást követően huszonnégy órás természetes száradás, majd nagyfeszültségen 5 – 8 órai kifűtés következik. A feszültség alá helyezés csak ezek után valósítható meg.

A tekercselés rögzítése során ügyelni kell arra, hogy az áramjárta vezetők között azonos áramirány esetén vonzó erő, míg ellentétes áramirányok esetén taszító erő lép fel. Mivel a villamos gép jelentős mennyiségű tekercselemet tartalmaz, ezek egymásra jelentős mechanikai erőhatást fejtenek ki. Ezt az igénybevételt a vastest még fokozza. Az állórészen elhelyezett tekercsekre a következő erők hatnak:

- az egyes fázisokat egymástól eltávolítani igyekvő erők,
- a tekercseket egymáshoz szorító erő,
- a tekercsfej és vastest között fellépő húzó erő.

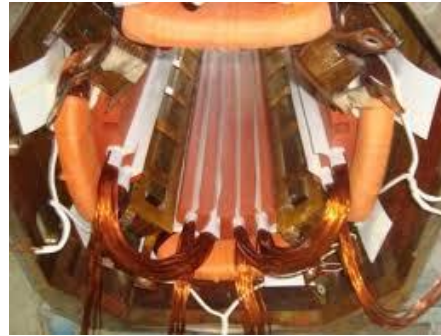
Itt említjük meg, hogy a forgórészen elhelyezett vezetőkre még centrifugális erő is hat.

A villamos gépeknél az üzemmódból adódóan, ezek az erőhatások gyakoriságukat tekintve fokozódhatnak. A gyakori indítások nagy áramlökésekkel jelentenek, de hasonló hatás lép fel üzemzavar, vagy zárlat esetén is.

A tekercsek megfelelő rögzítésére, a tekercsek elmozdulásának megakadályozására a tekercseket horonyléccel látják el. A horonyléc anyaga olajban kifőzött bükkfa. Esetenként előfordulhat kőrisfa alkalmazása is. Különleges esetekben bakelitből, textil-bakelitből lyuk nélküli bakelitcsőből készülnek. A kiékelés nagy gépek esetében a nagy területi sebesség, a fellépő centrifugális erők miatt fém horonyléc, melyet horonyéknek is neveznek. A tekercsek rögzítését az 5. – és 6. számú ábra tartalmazza.



5. ábra Tekercsfej rögzítése³



6. ábra Tekercsek rögzítése⁴

Kivezetések, kapocsléc kialakítása minden esetben olyan legyen, hogy megfeleljen a villamos gép feszültség szintjének. Ügyelni kell a jó megfogásra, az esetleg fellépő áramlökések hatása miatt. Figyelembe kell venni a rezgésből származó igénybevételt. Elegendő helyet kell biztosítani a ki – és bekötéshez. A tekercskivezetések egyértelműen beazonosíthatóak legyenek.

3.3. Pajzsok

A pajzsok feladata, hogy kellő mechanikai védelmet biztosítson idegen testeknek a gép belsejébe történő bejutása ellen. Megfelelő védelmet biztosít az állórészen elhelyezett áramjárta vezetők – tekercspek – megérinthetősége ellen. Esetenként előfordul, hogy a felerősítő furatokat a pajzson helyezik el. Itt ügyelni kell a kellő mértékű felfekvő felület biztosítására. A pajzs alakja általában a kialakított tekercsfej alakját követi. Kiemelt figyelmet kell fordítani a pajzs és a tekercsfej közötti távolság betartására. Be kell tartani a kúszóáramút és az átívelésre vonatkozó biztonsági távolságokat.

Kúszóáramút: a szigetelőanyag felületén mért, az a legkisebb távolság, amely a különböző feszültség alatt álló fémszerkezet egymástól, vagy a földelt fémrészekről, a faltól, alaptól elválasztja.

Átívelési távolság: az a levegőben mért legkisebb távolság, amely a különböző feszültség alatt álló fémrészeket egymástól, vagy a földelt fémrészekről elválasztja.

A kúszóáramút és az átívelési távolságra vonatkozó előírásokat az MSZ 4833 szabvány tartalmazza.

3.4. Csapágyazás

A villamos forgógépek csapágyazásának meghatározása gondos tervezést, kivitelezést követel meg. Ahhoz, hogy a csapágyazási feladat jól kerüljön megoldásra, legelső lépés a csapágyakat terhelő erők meghatározása. A csapágyak terhelése különböző lehet.

A csapágyazás akkor tekinthető tisztán axiálisnak, ha, a gépen belüli igénybevételeknek számottevő radiális komponense nincs, és a villamos forgógéppel összekapcsolt hajtó, vagy hajtott gép a villamos gép csapágyára nem származtat át sugárirányú erőket.

³ http://elektroszer.hupont/felhasznalok_uj

⁴ <http://elektroszer.5mp.eu>

A csapágyazás akkor tekinthető tisztán radiálisnak, ha, a gépen belüli igénybevételeknek számottevő axiális komponense nincs, és a villamos forgógéppel összekapcsolt hajtó, vagy hajtott gép a villamos gép csapágyára nem származtat át tengelyirányú erőket.

Gördülő csapágyak:

A villamos forgógépek csapágyazása elsősorban a gépek nagyságától függ. A kisgépek esetében megfelelő az egysoros mélyhornyú golyóscsapágy, de nagyobb gépek esetében legalább az egyik oldalon önbeálló csapágyat kell alkalmazni. Ennek oka, hogy a gyártási tűrések, a szerelési pontatlanságok, a hő dilatáció miatt csak az egyik oldal lehet „megfogott”, mert ellenkező esetben a befezés állapota állhat elő.

A csapágyak kiválasztása gondos, körültekintő feladatot jelent. Az alábbiakban megemlítünk néhány gyakorlati alkalmazást:

- kis gépek esetében golyóscsapágy
- nagy terhelések esetén görgőscsapágy
- a mélyhornyú golyóscsapágy radiális és axiális terhelések felvételére is alkalmas
- golyós talpcsapágy kizárólag axiális erők esetén alkalmazható
- önbeálló görgős talpcsapágy axiális és radiális erők esetén is használható
- önbeálló golyós-, vagy görgőscsapágyak, akkor kerülnek alkalmazásra, ha a ház és csapágy középvonala között, üzemelés alatt szögeltérés léphet fel
- ferde hatásvonalú golyóscsapágyat, önbeálló görgőscsapágyat, vagy kúpgörgős csapágyat együttes radiális és axiális erők fellépése esetén alkalmazunk.

A csapágyak terhelhetősége és élettartama szempontjából a névleges méretek mellett az alábbi adatokat kell megadni:

- a csapágy statikus határterhelését,
- a csapágy dinamikus alapterhelését,
- a csapágy határfordulatszámát.

A csapágyak kenéséről folyamatosan gondoskodni kell. A kenéshez csapágyzsírt, vagy előírt minőségű kenőolajat alkalmazunk.

A csapágyzsírokkal szemben támasztott követelmények:

- vegyi és mechanikai szempontból káros anyagot nem tartalmazhat,
- ne legyen olajkiválásra, besűrűsödésre és gyantásodásra ne legyen hajlamos,
- a zsír cseppenéspontja lényegesen magasabb legyen, mint a legnagyobb üzemi hőmérséklet.

A gördülőcsapágyak kenésére az alábbi zsírok kerülnek leggyakrabban alkalmazásra:

- **Liton zsír:** magas cseppenéspontú, dermedési pontja nagyon alacsony. A vízzel szemben érzéketlen. A cseppenéspontjának túllépése esetén sem megy tönkre. Jó kenőképességű, jól tapadó, finom tapintású.
- **Hő- és fagyálló gördülőcsapágy zsír:** kőolaj finomítványból állítják elő, alacsony dermedéspontú. Cseppenéspontjának túllépése esetén sem megy tönkre, ezért hőállóknak tekinthető. A korrózió és víz ellen nem ad megfelelő védelmet. Szálhúzó tulajdonsága miatt a nyitott kenési helyekről könnyen kiszóródik. Zsírumpával nehezen adagolható.

Siklócsapágyak:

A gördülőcsapágyakon kívül egyes villamos gépekben siklócsapágyak is előfordulhatnak. A siklócsapágyakkal szemben támasztott követelmények:

- üzembiztonság,
- futáspontosság radiálisan és axiálisan,
- jó szükségfutási tulajdonság,
- kismértékű kopás,
- jó rezgéscsillapítás,
- minimális súrlódási veszteség.

A siklócsapágyak szerkezeti elemei közül a csap a forgórészen van kialakítva. A perselyek anyagával szemben támasztott követelményeknek többféle anyag is megfelel, a legelterjedtebb perselyanyagok a csapágybronzok. A réznek ónnal alkotott ötvözetét ónbronznak vagy egyszerűen bronznak nevezzük. A 9.3-13.0% óntartalmú bronzok a csapágybronzok. Ezek a lágy vegyes kristályokon kívül kemény kristályokat is tartalmaznak, a lágy alapanyagba ágyazva. Az ilyen kristályszerkezet alkalmassá teszi a bronzot csapágybélések, perselyek készítésére. A 9,3% ónt tartalmazó bronzokat nagy fordulatszámú és kis terhelésű siklócsapágyakban használjuk. Az óntartalom növekedésével a csapágybronz keményedik. Így 13,0% ónt tartalmazó csapágybronzból főleg nagy terhelésű és kis fordulatszámon üzemeltetett csapágyakat gyártunk. Jó kopásállósága miatt a csapágybronzot egyéb siklófelületek pl. csavaranyák és csigakerekek készítésére is használjuk.

A műanyagok elterjedésével folyamatosan előtérbe került csapágyperselyként való alkalmazásuk is. Hátrányuk, hogy rossz hővezetők.

A terhelhetőségük az alábbi tényezőktől függ:

- a persely falvastagságától,
- kenési módtól,
- az alkalmazott kenőanyagoktól,
- kerületi sebességtől,
- hűtéstől,
- csapágyhézagtól, simaságtól,
- felületi nyomástól.

3.5. Kefetartó szerkezet felerősítése

A kommutátoros és csúszógyűrűs gépeknél található a kefetartó szerkezetet, amelynek elhelyezésére, felerősítésére különböző megoldások alakultak ki. A kefeszerkezet a kefehídből, a kefeorsókból és a szénkefékből áll.

A kefetartó anyaga réz, sárgaréz, bronz, ritkábban acél. Készülhet precíziós öntéssel, de előfordul a lemezekből szegecseléssel készült kefetartó szerkezet is.

A kefetartó szerkezetek lehetséges megoldási módjai:

- **Elforgatható kefetartó híd:** kis – és közép nagyságú gépeknél.
- **Mereven felerősített kefetartó csap:** csúszógyűrűk keféi részére szinkronmotorokhoz, kis- és közepes generátorokhoz.
- **Pajzsra mereven felerősített kefetartó csap:** Nagy áramerősségű egyenáramú motorok vagy generátorok esetében. A pajzs kismértékű elforgatása lehetővé teszi a semleges vonal beállítását.

- **Különálló kefehíd:** Közvetlenül az alaplemezre kerül felerősítésre. Turbógenerátorok, szinkron kompenzátorok csúszógyűrűinél, nagy gépeknél használatos.
- **Kefehíd nélküli gép:** Törpemotoroknál, ahol a kefetartó közvetlenül a pajzsban van.



7. ábra Kefetartó szerkezet⁵



8. ábra Kiemelt kefék a kefetartóból⁶

A kefetartókkal szemben támasztott követelmények:

- A kefe lehetőleg kis tömegű legyen, a kefenyomó szerkezet ne növelje jelentősen a kefe tömegét.
- A kefe állandóan teljes felületével fekszen a csúszófelületre
- A kefetartó mozgó alkatrészei kis súrlódásúak legyenek.
- Beékelődés, beszorulás ne következzen be.
- A kefetartó kellő mértékben merev legyen, a rezgésekkel a gép rezgéseiivel ne kerüljön rezonanciába.
- A minimális kefenyomás biztosított legyen
- A kefék könnyen cserélhetőek legyenek.
- A kefék cseréjénél a kefebeállításnak és a kefenyomásnak nem szabad változnia.
- A kommutátor és csúszógyűrűk felszabályozása esetén a kefetartók sugárirányban könnyen utánállíthatók legyenek.
- Az egyes kefetartók a kefecsapról könnyen leszerelhetőek legyenek.

3.6. Szénkefék

Feladatuk a kommutátor és a csúszógyűrűk palástja mentén a forgórész áramának a tekercselésbe, vagy abból ki vezetése.

A kefék tulajdonságaival részletesen az MSZ 2118 szabvány foglalkozik. A kefékkel kapcsolatosan a hőmérséklet hatását, a fellépő feszültségesést, a kefék terhelés hatására bekövetkező változásokat említjük meg.

A teljességkedvéért megemlítjük, hogy elsősorban a kis – és törpemotorok esetében egyre elterjedtebb a szintetikus lakkal kötött szén- és grafitkefe.

A szénkeféket az MSZ 2118 számú szabvány az alapanyag összetétele alapján az 1. számú táblázat szerint, az alábbi csoportokba sorolja:

⁵ <http://oldradio.tesla.hu/szetszedtem/002kinzodekopirfuresz/kinzodekoprfuresz.htm>

⁶ <http://sgforum.hu/listazas.php>

2. számú táblázat

JELÖLÉS	MEGNEVEZÉS	A KEFE ALAPANYAGA
K	Szénkefék	Koksz, korom, esetleg grafit. Kötőanyag: szurok, kátrány
G	Grafitkefék	Természetes grafit Kötőanyag: szurokkátrány, bakelit vagy műgyanta
EG	Elektrografit kefék	Koksz, korom, antracit. Kötőanyag: szurok
FG	Fémes grafitkefék	Rézpor, grafit Kötőanyag: szurok vagy bakelit, és egyéb műgyanta
KB	Könnyű bronzkefék	Rézpor, grafit, ólom, ón, Réztartalom maximum 70 %
NB	Nehéz bronzkefék	Rézpor, grafit, ólom, ón, Réztartalom maximum 90 %

A kefék működés közbeni egyik legfontosabb jellemzője a fajlagos ellenállás változása a hőmérséklet hatására.

A kefék hőmérsékletének emelkedést okozhatja a nem megfelelő rugónyomás, ha nem megfelelő a felületek érintkezése, és jelentős mértékben befolyásolja pillanatnyi terhelés nagysága.

Az üzemeltetés során ügyelni kell arra, hogy a kefék terhelése a gyárilag előírt értékű legyen, mivel kis terhelés hatására jelentős a súrlódásból adódó hőfejlődés. Kerülni kell a „szárazon” futást. Szintén kedvezőtlen körülményként kezeljük, ha nem megfelelő a kefetartószekrény, mivel a kefék mozognak, zörögnek.

A túlterhelés is káros következményekkel jár, mert megnövekszik a kefékre jutó áramsűrűség. Melegedés lép fel, a kefék elszíneződnek, a csatlakozó vezetékek kimelegednek, ki is olvadhatnak. A szakirodalom maximálisan 20% túlterhelést enged meg.

9. ábra Túlterhelődött, kopott szénkefék⁷10. ábra Túlterhelés okozta hiba⁸

⁷ <http://users.atw.hu/paksaadamflex/>

⁸ <http://users.atw.hu/paksaadamflex/>

Néhány kefe áramsűrűségének értékei:

bronzkefe: 10 – 16 A/mm²

keményszén kefe: 4 - 8 A/mm²

grafit kefe: 6 – 10 A/mm²

elektrografit kefe: 8 – 12 A/mm²

A keféken fellépő feszültségés a növekvő terhelésen nő. A csúszófelületek közötti feszültségés – kommutátor, csúszógyűrű és kefe között – fordítottan arányos a rúgónyomással. Ennek átlagos értéke 10000 – 50000 N/m². Lényegesen nagyobb rúgónyomás már nincs hatással az érintkező felületek közötti átmeneti ellenállásra, az árameloszlásra.

Fontos villamos paraméter a kefék fajlagos ellenállása. A fajlagos ellenállás meghatározását az 1 cm oldalú kocka $\mu\Omega$ cm – ben adják meg. Ennek értéke a kefék típusától függ.

Néhány jellemző érték:

grafitkefe: 3500 – 1800 $\mu\Omega$ cm

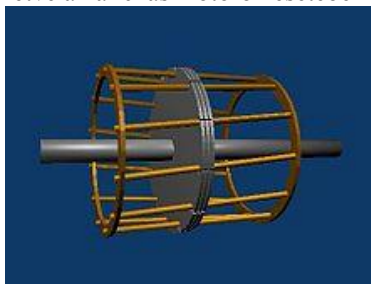
bronzkefe: 1200 – 1400 $\mu\Omega$ cm



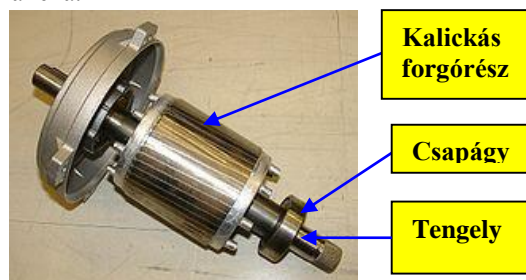
11. ábra Kefe kialakítások

3.7. Fogórészek, tengelyek

A forgórész, mint a második legnagyobb szerkezeti egység, olyan feladatokat lát el, mint a forgórész súlyának hordozása, a forgórészre ható erők közvetítése a csapágyakon keresztül a gépalapra, valamint a forgatónyomaték átvitele. A forgórészen található a lemeztettek, a forgórész agyak, a forgórész szorító gyűrűi, a ventilátor, a kommutátorok, a csúszógyűrűk, a forgórészen elhelyezett egyáramú, vagy váltakozó áramú tekercselés, illetve a kalickás motorok esetében a kalicka.



12. ábra Kalicka kialakítás



13. ábra Kalickás forgórész

A tengelyeknek a gyakorlatban elsőrendű, másodrendű és harmadrendű fontossági felületeit különböztetjük meg.

Elsőrendű fontosságú felületen a tengely ütése, ovalitása nem lehet nagyobb, mint $0,002 - 0,05$ mm. Minél nagyobb a gép fordulatszámja, annál kisebb ütés a megengedett.

A másodrendű fontosságú felületen a tengely ütésének a 2 – 3 szorosát is megengedik, ott ahol a tengely nem sűrűdik, csak a közelükben forog. (pl. ventilátoragy, freccsentőgyűrűk, stb.)

Harmadrendű fontosságú felületek azok, amelyek sem a csapágyazásban, sem a tömítésben nem vesznek részt, centrikusságot igénylő alkatrészek nem kerülnek beépítésre. Az ilyen felületek esetében akár 8 – 10 szeres ovalitás és ütés is megengedett.

(pl. tengelykapcsoló, csúszógyűrű, kommutátor, stb.)

Ellenőrző felület abban az esetben szükséges, ha a tengely ki van fúrva és linettába van befogva, mert csak így lehet forgácsolással megmunkálni. Az ellenőrző felületet úgy kell értelmezni, hogy a két egymástól távol eső harmadrendű felületet $0,02$ -nél kisebb hibával megmunkáljuk, miközben a tengelyt már készre munkált csapon csapágyazva forgatjuk.

A tengelyek kialakításánál figyelembe kell venni, hogy milyen teljesítményű és szerkezeti kialakítású a villamos gép. Általában kis- és törpemotorok esetében hengeres forgórész alkalmazása a gyakori. Középes nagyságú gépeknél bordás tengelyek terjedtek el, amelyek kiviteli formájuk szerint lehetnek mart és hegesztett bordás tengelyek. A gyakorlatban a turbógenerátoroknál és az egyenáramú gépeknél alkalmazzák a különleges, üreges tengelyeket. A normál tengelyek anyaga kovácsolással, illetve hengerléssel készül. A bordák anyaga mérettől függően hengerelt durvalemez, hengerelt laposacél. A hegesztett bordás tengelyek esetében a végeknél $15 - 60$ – os letörést alkalmaznak, a tengely mentén a bordák axiálisan el vannak tolvá. A letörést az indokolja, hogy elkerüljék a hirtelen nagy keresztmetszet változást.

A villamos tengelyek méretezésének legfontosabb szempontjai a következők:

- lengéstan ismeretek alkalmazása, tengelyhosszúságtól függően,
- a gépek méretétől függően szilárdsági és mechanikai jellemzők,
- a tengely lehajlása és a légrés - aszimmetria figyelembe vétele.

A méretezés gyakorlatban alkalmazott sorrendje:

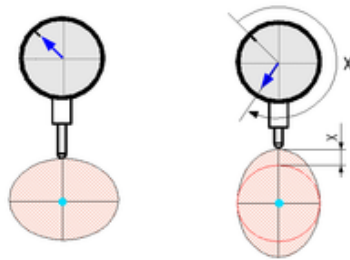
- A szerkezeti adottságok alapján a tengely felrajzolása.
- Szilárdsági ellenőrzés a veszélyes keresztmetszetekre.
- A tengely ellenőrzése a kritikus fordulatszámra.
- A tengelyek lehajlása, a légrés aszimmetria ellenőrzése.

A tengelyek ellenőrzése indikátor órával történik. A mérés során a tengely ütését, ovalitását vizsgáljuk. Ovalitás mérése során két maximum és két minimum értéket kapunk, melyből tapasztalati összefüggéssel számítjuk ki az ovalitás mértékét.

Ovalitás meghatározása:

$$Ovalitás = \frac{(\alpha_{\max 1} + \alpha_{\max 2}) - (\alpha_{\min 1} + \alpha_{\min 2})}{2}$$

Indikátor órás mérés elve:



14. ábra Indikátor órák vizsgálat

Görbeség és ovalitás vizsgálatánál összetett probléma jelentkezik. A mérés során azonban egy maximum és egy minimum értéket kapunk, amelyek nem egymással szemben helyezkednek el. A mérésről indikátor diagramot készítenek, melyet úgy ábrázolnak, hogy a tengely kerületét felosztjuk – síkban kiterítjük – és az összetartozó értékeket ábrázoljuk. A tengely ütésének vizsgálatakor, az ütés nagyságát és helyét úgy kapjuk meg, hogy az indikátor diagramból levonjuk az ovalitás diagramot.

A tengelyek javításának számos lehetősége van. Ezeket csak felsorolás jelleggel említjük meg:

- Ovális tengely javítása gépi vagy kézi csiszolással javítható.
- A görbe tengely mechanikus, vagy lánggyengetéssel javítható.
- Az ovális és görbe tengelyek esetében két lehetőség kínálkozik. Első esetben a kézi csiszolás után egyengetést, míg a második esetben egyengetés után gépi csiszolást alkalmazunk.

A mai technikai fejlődés eredményeként az egytengelyűséget lézeres eljárással is ellenőrizhetjük. A könnyen felszerelhető lézeres szenzorok – érzékelők – segítségével információt gyűjtünk. Számítógép alkalmazásával többdimenziós kiértékelést végeznek. Adott hibahatárok túllépése esetén a kiegyensúlyozatlanság megszüntethető. Ez az eljárás gépcsoportok ellenőrző vizsgálatára is alkalmas.

A villamos motoroknak számos olyan alkatrésze van, amelyek a folyamatos használat során befolyásolják a gépek élettartamát. Ilyen szerkezeti elem a gépek forgórésze.

A kiegyensúlyozatlanság kihat a csapágyak terhelésére, nem kívánt igénybevételt okoz. Növeli a gépek rezgését, ezáltal nő a zajszint. A rendellenes működés növeli a karbantartási igényt, ami jelentős költségnövekedést is eredményez.

A kiegyensúlyozatlanság származhat:

- a forgórészen lerakódott szennyeződések miatt,
- forgórész excentricitásából,
- szerelési hibákból,
- öntési hibákból, (zárványok, porózusság, stb.)
- kiegyensúlyozó tömeg hiányából,
- a forgórészek egyenetlen tömegeloszlásából,
- a tengelymeghajlásából,
- eróziós, korróziós hatások miatt.

A kiegyensúlyozás azt a folyamatot jelenti, melynek során a forgórész tömegeloszlását úgy változtatják meg, hogy annak szabad tengelye adott értéknél kevesebb el forgástengelyétől.

A kiegyensúlyozás során a legfőbb célok a következők:

- rezgések csökkentése,
- karbantartások, javítások közti idő növelése,
- a fajlagos energiafogyasztás csökkentése,
- élettartam növelése.

A kiegyensúlyozás közvetlenül alkalmazható módszere a vektoros kiegyensúlyozás.

A kiegyensúlyozás négy lépésben végezhető el:

1. A gép kezdeti futása, a vektor meghatározása
2. Ismert próbasúly adott helyre történő felrakása utána második járatás és a vektor meghatározása
3. Korrekció mértékének és helyének kiszámítása vektorműveletekkel, az előző két mérés alapján
4. A fenti lépések ellenőrzéseket egy végső járatás, látható korrekció eredményessége.

A lépések elvégzését követően egy végső járatás következik és láthatóvá válik a mérési eredmény.

A kiegyensúlyozás történhet egy síkban, több síkban. A kiegyensúlyozatlanság problémáját és a kiegyensúlyozási eljárást különböző számítógépes szoftverek segítik. Ezek ismeretése meghaladja a segédlet lehetőségeit.



15. ábra Forgórész kiegyensúlyozás



16. ábra Forgórész kiegyensúlyozás

A gyakorlatban egyre gyakoribb, hogy a gépek forgórészének kiegyensúlyozását nem csak műhelykörülmények között, hanem a gép tényleges beépítési helyén az összeszerelést követően szintén elvégzik. Ma már számos korszerű eszköz segíti ennek a műszaki ellenőrzésnek az elvégzését.

A forgórész lemezelésének részletes tárgyalásától eltekintünk, illetve a forgórész szerkezeti kialakításokra, különös tekintettel a tekerceslésekre, az egyes géptípusoknál térünk ki.

3.8. Kommutátorok

A kommutátor alkalmazására elsősorban az egyenáramú gépeknél, valamint az univerzális – pl. egyfázisú kommutátoros – motoroknál kerül sor. Feladatát minden esetben az adott

géptípus határozza meg. (Generátor, motor) Elsődleges feladata, hogy kapcsolatot biztosítson a gép forgórész tekercselése és a külső hálózat között. A másik fontos szerepe az egyenáramú generátoroknál van, a forgórészben keletkező váltakozó feszültség egyenirányításában vesz részt. A folyamat a mechanikai egyenirányítás, más néven a kommutáció. A kommutátor anyaga húzott elektrolit réz. Az alkalmazás során a tengelyen henger alakban, egymástól elszigetelve kerülnek beépítésre. Az egyes szeletekhez forrasztják hozzá a forgórész tekercs kivezetéseket. A szeleteket elválasztó szigetelés keményre préselt mikanit, melynek vastagsága 0,4 – 1,0 mm.

A kommutátorok lehetnek:

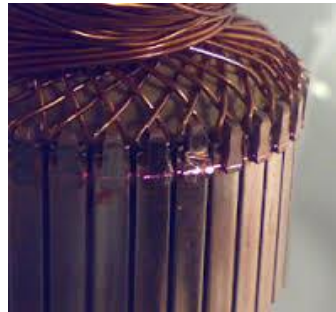
- műanyagba ágyazott kommutátorok,
- fecskefarkas kommutátor,
- zslugorgyűrűs kommutátor.

A kommutátorokat elsősorban mechanikai igénybevétel alapján méretezik. Fontos követelmény, hogy a kommutátoroknak fel kell venniük a centrifugális erő hatásait, továbbá létre kell hozniuk a szükséges „donga” boltozatnyomatékokot. A fecskefarkú kommutátorok esetében meg kell határozni a sugárirányú erőket, és a hő okozta tengelyirányú erőhatást. További méretezési feladatok lehetnek:

- zászlós szeletvég számítása,
- az agy, a csavarok igénybevételének ellenőrzése számításal,
- a szorítógyűrűk méretezése,
- a szeletek szakítószilárdságának ellenőrzése.



17. ábra Kommutátorok⁹



18. ábra A forgórész tekercs beforrasztása¹⁰

⁹

http://haztartasigep.vatera.hu/alkatresz_tartozek/haztartasi_kisgep_alkatresz_tartozek/kommutator_24_szegmes_a2

¹⁰http://siena-vision.hu/turntester_hu_v10



Erősen igénybevett kommutátor



Meghibásodott kommutátor

19. ábra Kommutátorok mechanikai és villamos igénybevétele¹¹

3.9. Csúszógyűrűk

A tekercselt forgórészű váltakozó áramú aszinkron motorok és a váltakozó áramú generátorok fontos szerkezeti része. A generátorok esetében elsődleges feladata a gerjesztő áram bevezetése a forgórész tekercsbe, a háromfázisú aszinkronmotor esetében a háromfázisú váltakozó áramú tekercselés és a külső hálózat közötti kapcsolat, amely a sajátos villamos működést teszi lehetővé. (Ellenállásos, transzformátoros indítás, stb.)

A csúszógyűrűket a tengelytől és egymástól kis gépek esetén préselhető műanyag szigetelés választja el. A közepes- és nagy gépeknél üvegepxi, szilikon szigetelőanyagot használnak, melyek közül az „F” és „H” szigetelési osztályú célszerű felhasználni.

A 19. számú képen látható egy háromfázisú csúszógyűrűs aszinkronmotor forgórészén található háromfázisú csúszógyűrű a kefeszerkezettel.



20. ábra Háromfázisú csúszógyűrű a kefeszerkezettel¹²



21. ábra Csúszógyűrű váltakozó áramú generátorhoz¹³

¹¹ <http://elektrotanya.hu>, <http://users.atw.hu/paksaadamflex/>

¹² <http://schunk-materials.at/hu/swwa/>

¹³ <http://autovillcentrum.hu/csuszogyur-valeo/652-csuszogyur>

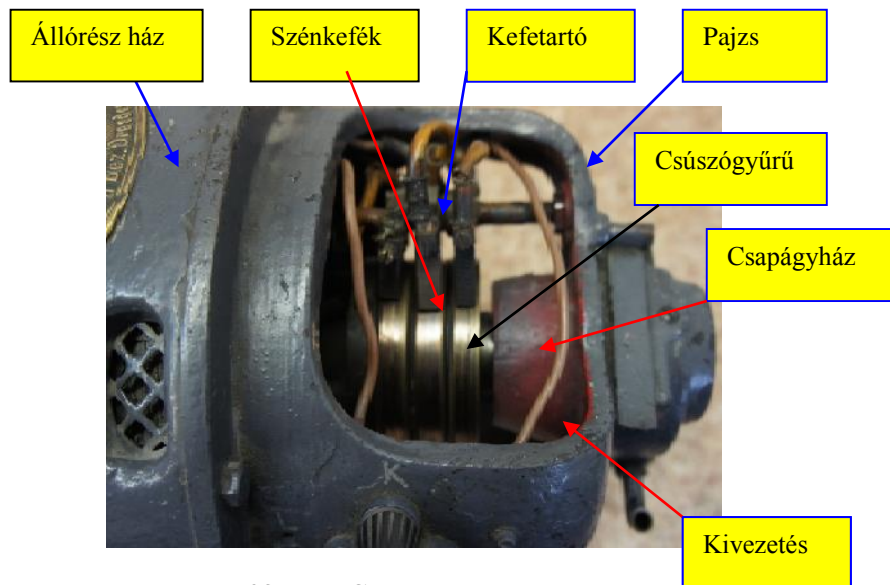


Meghibásodott csúszógyűrű



Erősen igénybe vett csúszógyűrű

22. ábra Csúszógyűrűk igénybevétele¹⁴



23. ábra Csúszógyűrűs motor

4. Villamosságtani ismeretek

A villamos gépek működésének, alkalmazásának, kiválasztásának kérdései tárgyalása előtt, úgy gondoljuk, hogy nem árt felidézni néhány fontos jelenséget, fogalmat, villamos összefüggéseket.

¹⁴ http://users.atw.hu/gepaladas/images/stories/virtuemart/product/csuszogyuru_1

4.1. Egyenáramú hálózatok

A villamos áramköröket amennyiben nem tartalmaznak áramforrást, passzív áramköröknek nevezzük. Amennyiben a villamos áramkör legalább egy áramforrást tartalmaz, aktív kétpólusnak, illetve aktív áramkörnek nevezzük. A teljesítmény oldaláról megközelítve a kérdést, a kétpólus lehet aktív és passzív. A passzív kétpólusok csak fogyasztók lehetnek, amelyek teljesítményt vesznek fel. Az aktív kétpólusok teljesítmény leadására képesek. A leírtakból következik, hogy az aktív kétpólusok fogyasztók és termelők is lehetnek. A teljesítmény leadására képes kétpólusok a források, melyeket feszültség-, vagy áramforrásoknak nevezünk. A források lehetnek ideálisak és valóságosak. Az ideális áramforrást úgy tekintjük, hogy nincs belső ellenállása, míg a valóságos áramforrásnak van. Az energiatermelő villamos forgógépek esetében mindig valóságos áramforrást veszünk figyelembe.

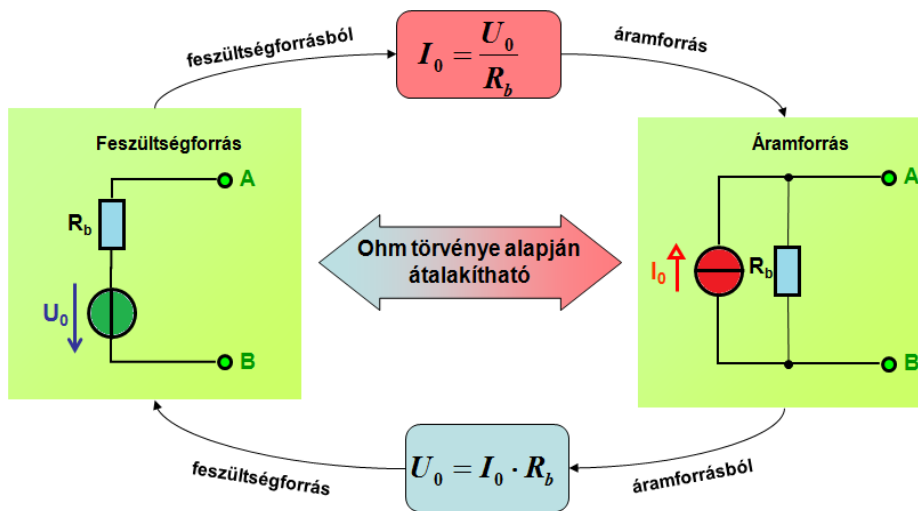
A teljesítmény leadás szempontjából megkülönböztetünk feszültséggenerátort, illetve áramgenerátort. Az egyes áramkörök viselkedését helyettesítő kapcsolás segítségével modellezzük le. A helyettesítő kapcsolás vagy helyettesítő kép egy alkatrész, vagy egy áramkör viselkedését ideális áramköri elemekkel utánozza le. A helyettesítő kapcsolás elemei tehát nem alkatrészek. A helyettesítő kapcsolásra azért van szükség, mert az elektronikában alkalmazott egyetlen alkatrész sem ideális, így a viselkedését csak a helyettesítő kapcsolás segítségével tudjuk megvizsgálni. Az áram – és feszültséggenerátoros áramköröket kölcsönösen át tudjuk alakítani.

A feszültséggenerátorból áramgenerátort, míg az áramgenerátorból feszültség generátort képezhetünk. Az első esetben a Thevenin-, míg a második esetben a Norton tételt alkalmazzuk.

Emlékeztetőül a két tétel:

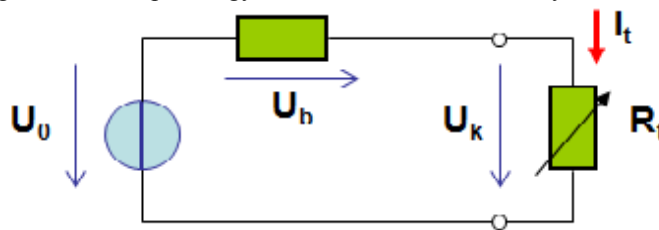
Thevenin tétel: Egy valódi generátor, vagy bármilyen aktív kétpólusú hálózat viselkedése pontosan leutánozható egy ideális feszültséggenerátorból és egy ehhez sorosan kapcsolódó R_b ellenállásból álló hálózattal, amelyet a generátor, illetve az aktív kétpólus helyettesítő kapcsolásának nevezünk.

Norton tétel: Az áramgenerátoros vagy Norton-féle helyettesítő kapcsolást akkor alkalmazzuk, ha a terhelő ellenállás értéke sokkal kisebb, mint a belső ellenállás. Ebben az esetben a belső ellenállás párhuzamosan kapcsolódik az I_0 nagyságú állandó áramot szolgáltató ideális áramgenerátorral. A Norton tételt alkalmazva elsősorban a félvezető elemeknél, mint például a tranzisztor találkozhatunk az áramgenerátoros helyettesítő képpel. Az értelmezéshez nyújt segítséget a 24. számú ábra.



24. ábra Feszültség – és áramgenerátor

A feszültséggenerátorral táplált fogyasztóval terhelt áramkör helyettesítő képe:



25. ábra Feszültség és áramviszonyok

A felírható feszültség egyenlet:

$$U_0 = U_b + U_k \quad (\text{V})$$

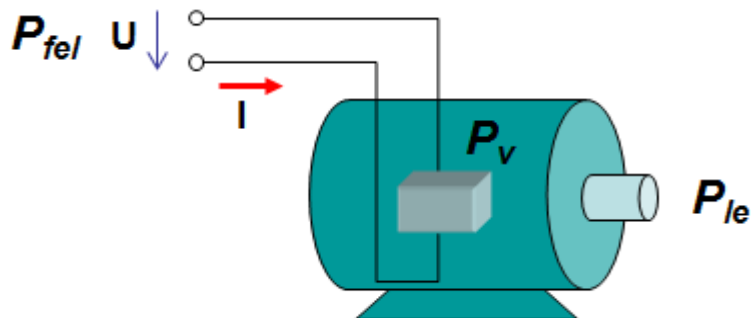
Az áramegyenlet felírása:

$$I_f * R_e = I_t * R_b + R_t \quad (\text{V})$$

Az áramerősség meghatározása:

$$I_t = \frac{U_0}{R_b + R_t} \quad (\text{A})$$

A generátor hatásfoka: A 26. számú ábrát használjuk fel a hatásfok meghatározásához.



26. ábra Elvi kapcsolási rajz

$$P_{fel} = U * I \text{ (W)}$$

$$P_v = U_v * I \text{ (W)}$$

$$P_{le} = U_k * I \text{ (W)}$$

A hatásfok kiszámítása:

$$\eta = \frac{P_{le}}{P_{fel}} = \frac{P_{le}}{P_v + P_{le}} = \frac{I^2 * R_t}{I^2(R_v + R_t)} = \frac{R_t}{(R_v + R_t)}$$

Teljesítményillesztés: annak a terhelő ellenállásnak a maximális értéke, amelynél a legnagyobb teljesítményt tudunk kivenni.

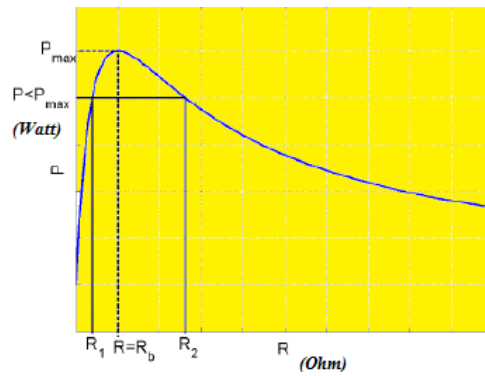
Számítása:

$$P = I^2 * R_t \text{ (W)}$$

Egyszerű átalakítás után kapjuk:

$$P = U_v^2 \frac{R_t}{(R_v + R_t)^2} \text{ (W)}$$


A 27. számú ábra segítségével értelmezhetjük a teljesítményillesztést. Megjegyezni kívánjuk, hogy a gyakorlatban kerülni kell azt az üzemállapotot, amikor a terhelő ellenállás és az áramforrás (feszültségforrás) belső ellenállása egymással egyenlő. Ezt az üzemállapotot illesztésnek nevezzük. Ebben az esetben a hatásfok értéke 50 %. Ez különösen veszélyes generátorok esetében.



27. ábra Teljesítményillesztés

4.2. Mágneses körök

A villamos és mágneses jelenségek, a villamos gépek működésének megértéséhez fontosnak tartjuk a mágneses tér – és az indukcióval kapcsolatos jellemzőinek áttekintését.

Gerjesztés: $I \uparrow$  $\Theta = I * N$ (A)

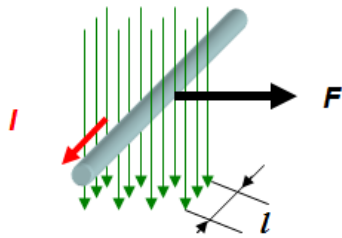
Mágneses indukció: $B = \frac{F}{I * l}$ (N/Am = Vs/m² = T)

Mágneses fluxus: $\Phi = B * A$ (Vs)

Mágneses térerősség: $H = \frac{I * N}{l}$ (A/m)

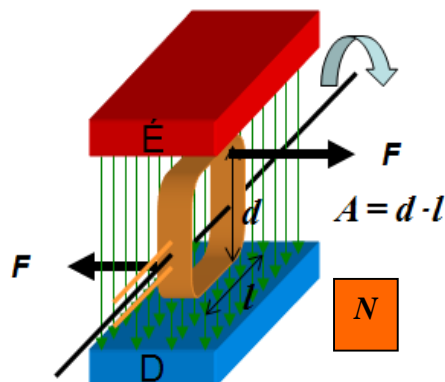
Mágneses indukció és térerősség kapcsolata: $B = \mu_0 * \mu_r * H$ (T)

Erőhatás mágneses térben: $F = B * I * l$ (N)



28. ábra Erőhatás mágneses térben

Mágneses nyomaték: $M = F * 2 * k = 2 * B * I * l * \frac{d}{2} = B * I * d$



29. ábra Mágneses nyomaték

Elektromágneses indukció: A mágneses tér időbeli változását kísérő jelenséget indukciós jelenségnek nevezzük. Az indukciós jelenség eredménye az indukált feszültség. Meghatározása:

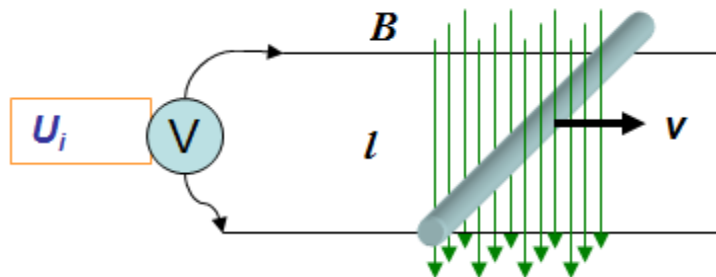
$$U_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \text{ (V)}$$

N menetszámú tekercs esetén: $U_i = N * \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \text{ (V)}$

Az indukált feszültség nagyságát Faraday, míg az indukált feszültség irányát Lenz határozta meg.

Az indukciós jelenségeknek két nagy csoportja van:

- Az egyikbe tartoznak azok a jelenségek, amelyek vezetőkek es indukcióvonalak kölcsönös elmozdulásakor, akkor jönnek létre, ha a vezetőket metsző indukcióvonalak száma változik. Mivel az elektromágneses indukció jelenségét mozgással hozzuk létre, ezért ezt **mozgási indukciónak** nevezzük.



30. ábra Mozgási indukció

A **mozgási indukció** másik meghatározása: A mágneses mezőben mozgó vezetőben a Lorentz-erő hatására létrejövő töltés szétválasztást mozgási indukciónak nevezzük.

- A másik, amikor a vezető sem, az indukciós erővonalakat biztosító mágnes sem mozog. Egy vezetőhurok vagy egy tekercs belsejében a fluxus változik, egy másik tekercs gerjesztő áramának változása miatt. Ezeket a jelenségeket együttesen **nyugalmi indukciónak** nevezzük.

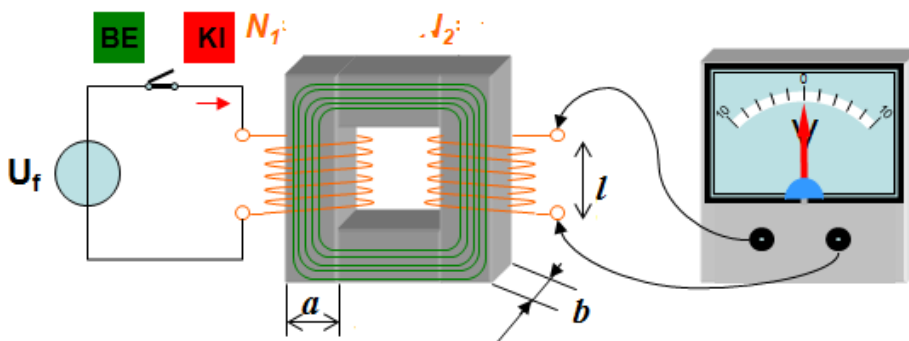
A mozgási indukció meghatározása generátor esetében:

$$U_i = B * l * v \text{ (V)}$$

Egyenáramú generátor (dinamó) esetén:

$$U_i = c * n * \Phi \text{ (V)}$$

A **kölcsönös indukció** során az indukált feszültség egyenesen arányos az áramerősség-változás sebességével, az arányossági tényező a kölcsönös indukciós együttható mínusz egyszerese.



31. ábra Kölcsönös indukció

Az **önindukció** során a tekercsben indukált feszültség egyenesen arányos az áramváltozás sebességével, az arányossági tényező az önindukciós együttható mínusz egyszerese.

Lenz törvénye kimondja: az indukált feszültség mindig olyan irányú áramot indít, amelynek hatása akadályozza az őt létrehozó hatást.

Az önindukciós tényező meghatározása:

$$L_{12} = \frac{\mu_0 * N^2 * A}{l} \text{ (H)}$$

5. Egyenáramú forgógépek

A villamos energia előállításának régen két módját alkalmazták: a galvánelemeket és a dinamókat. Jellemző volt, hogy az áramforrások és a fogyasztók közel voltak egymáshoz, illetve teljesítmény korlátok léptek fel. A transzformátor felfedezésével, a váltakozó áram nagy távolságokra történő szállítása, átalakíthatósága sok helyen háttérbe szorította az egyenáramú gépeket. Napjainkban is számos olyan terület van azonban, ahol az egyenáramú gépek alkalmazása nélkülözhetetlen, a kedvező terhelési tulajdonságok, a veszteségmentes fordulatszám szabályozás, a kedvező indítási lehetőségek miatt. A gyakorlatban a váltakozó áramú szinkrongépek forgórészen elhelyezett tekercsének gerjesztése is egyenárammal történik. A szabályozott villamos hajtásokban is széleskörűen elterjedt az alkalmazásuk. Az egyenáramú gép, ha szerkezeti felépítésében vizsgáljuk, nem más, mint egy szinkron gépből, egy mechanikus egyenirányítóból és vezérlési rendszerből álló gép. Ha működési elvéből indulunk ki: a legbonyolultabb, de a legegyszerűbben viselkedő gép. Ezek után tekintsük át a legfontosabb ismereteket az egyenáramú gépekről.

5.1. Egyenáramú gépek szerkezeti felépítése, működése

Az egyenáramú gépek három fő szerkezeti részből állnak.

Az állórész koszorúból áll, melynek kettős feladata van:

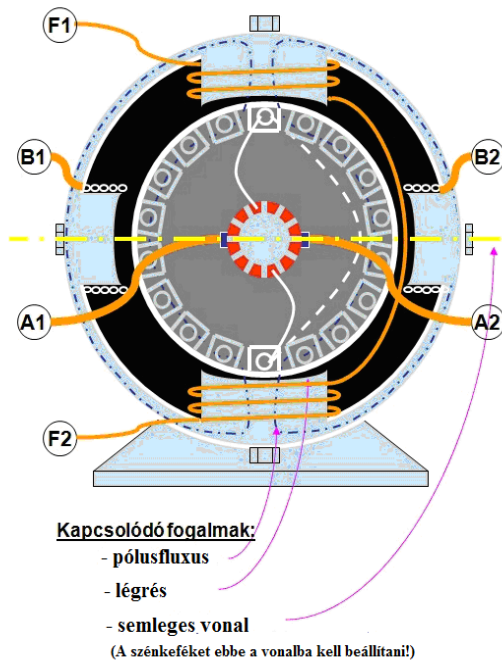
- mechanikai feladat: a pólusok összefogása,
- a mágneses kör zárása a pólusok között.

A pólusok szintén két részből állnak:

- a pólus törzsből,
- a pólus saruból.

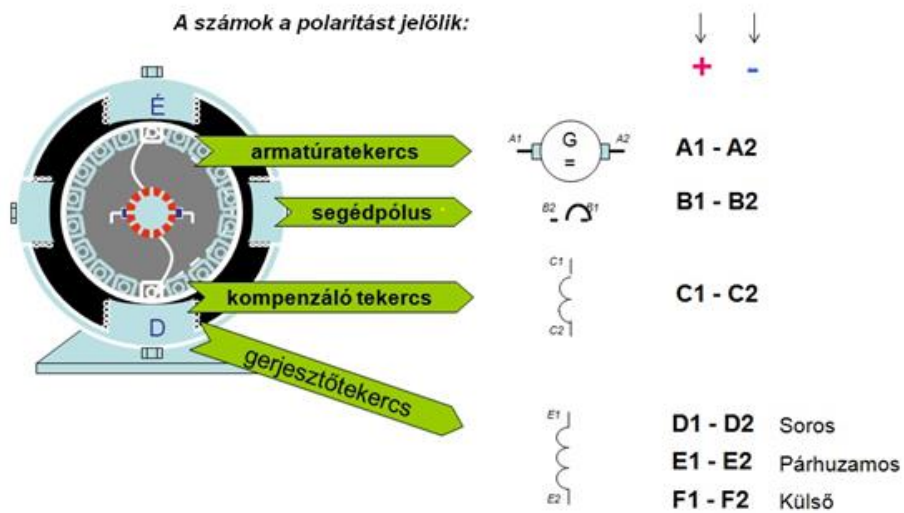
A pólustörzsön helyezik el a gerjesztő tekercseket. A pólussaruk kiképzése lehetővé teszi a kompenzáló tekercselés elhelyezését. Feladata, hogy megakadályozza a főpólus a mágneses mező torzulását. A segédpólusok a főpólusok között nyerne elhelyezést. Pólus alatt minden esetben egy északi és egy déli pólust, azaz egy póluspárt értünk.

A segédpólusok akadályozzák meg a semleges zóna eltolódását, az armatúra visszahatást. Az állórészt a pajzsok zárják le, melyekben megtalálható a csapágyazás, valamint a kefeszerkezet. Az állórészen található a kapocstábla, a tekercselések kivezetéseivel. Az állórész ház külső tartozéka a szállító fül. Az egyenáramú gép működéséhez kapcsolódó fogalmakhoz a 32. ábra nyújt segítséget.



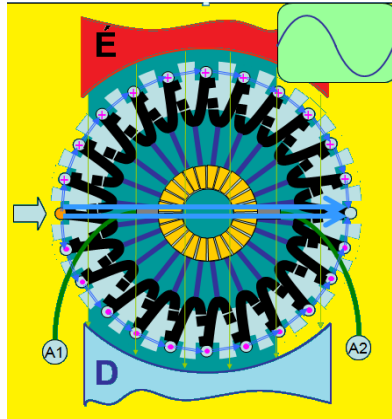
32. ábra Felépítés

Az egyenáramú gépek forgórészét armatúrának nevezik. Ez a forgórész tengelyből, a lemezlelésből, a kommutátor szeletekből, a forgórész hurkos és hullámos tekercseléséből, és a csapágyakból áll. A tekercsek elhelyezkedése a 33. ábrán látható.



33. ábra Tekercsek elhelyezkedése

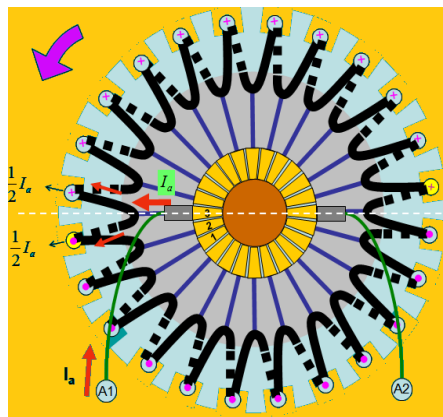
Az állórészen elhelyezett gerjesztő tekercs hatására létrejövő mágneses mezőben a forgórész tekercselést megforgatjuk – külső erővel -, akkor a forgórészben váltakozó feszültség indukálódik. A szénkeféken a tekercsoldalokban indukálódott feszültség vektoros összege jelenik meg. A kefék vonala feletti tekercsoldalak feszültség nagyságára és irányra azonos a kefék vonala alatti eredőjével, és a forgástól függetlenül közel állandó.



34. ábra A váltakozó feszültség keletkezése

A kommutáció – váltó egyenirányítás – folyamatának lejátszódása a következő szerint megy végbe.

A szénkefén befolyó I_a áram teljes egészében a 3 kommutátor-szegmensen folyik. A 3 kommutátorból elfolyó rész egyenlően oszlik meg a felső és az alsó vezetők között: A felső vezetőkben még $I_a/2$ folyik. A semleges vonalat elhagyó jelölt vezetőkben már $I_a/2$ áram folyik.

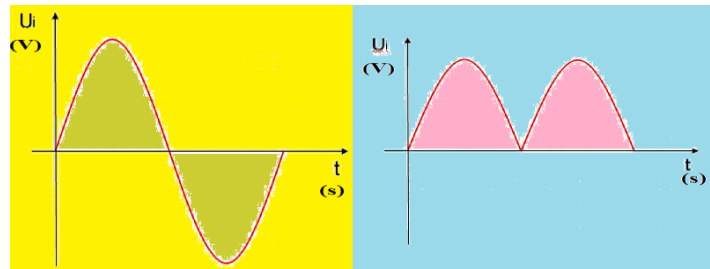


35. ábra Kommutáció

A kommutáció során a vezető áramának iránya megváltozik:

- a semleges vonalhoz közelítve az $I_a/2$ nagyságú árama csökkenni kezd,
- a semleges vonalba érve nullára csökken,

- a semleges vonalat elhagyva ismét növekszik $I_a/2$ -ig, de már ellentétes irányú lesz.

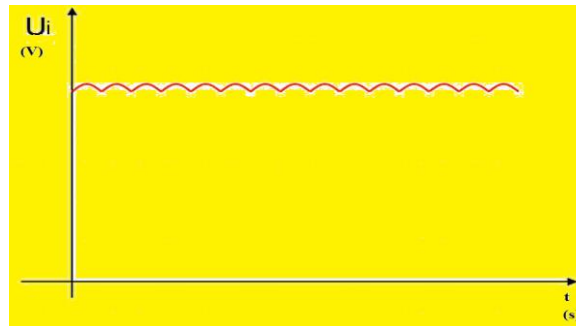


36. ábra Egy keretben indukált feszültség és a mérhető feszültség

Az egyenáramú generátorban keletkező indukált feszültséget az armatúra két kivezetésén keresztül vesszük le, mely lüktető egyenfeszültség.

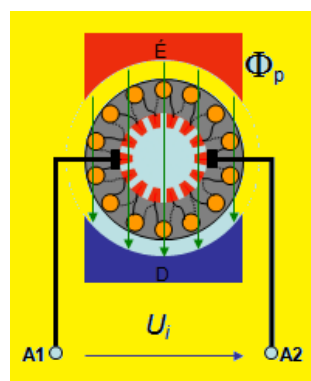
Forgás közben az armatúra vezetői metszik a pólus fluxus erővonalait.

Az armatúrában feszültség indukálódik. Motornál és generátornál, üresjárásban és terhelésnél egyaránt kialakul.



37. ábra „n” keretszámú tekercs esetén, az armatúra kivezetésein mérhető feszültség

Az indukált feszültség értelmezéséhez a 38. ábra nyújt segítséget.



38. ábra Indukált feszültség keletkezése

Az indukált feszültség nagysága:

$$U_i = B * l * v = \frac{\Phi}{A} * l * \frac{n}{k} \text{ (V)}$$

$$U_i = C_U * \Phi * n \text{ (V)}$$

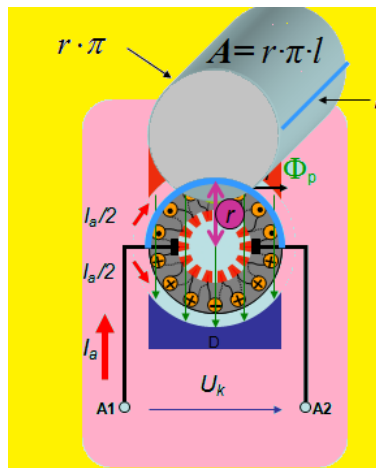
C_u – a z egyenáramú gép geometriai paramétereiből számított állandó

$$c_u = \frac{z * p}{a}$$

Φ – az egyenáramú gép fluxusa (Vs)

n - az egyenáramú gép fordulatszáma (1/min)

A nyomaték meghatározásához segítséget nyújt a 39. számú ábra.



39. ábra Egyenáramú gép nyomatéka

Az armatúra egy vezetőjére ható erő:

$$F = B_k * \frac{I_a}{2} * l \text{ (N)}$$

Az összes vezetőre ható erő:

$$F = z * B_k * \frac{I_a}{2} * l \text{ (N)}$$

A nyomaték:

$$M = F * r = B_k * \frac{I_a}{2} * l * r \text{ (Nm)}$$

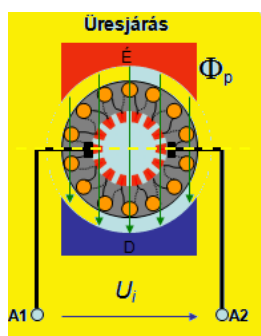
$$M = F * r = B_k * \frac{I_a}{2} * l * r * (\pi/\pi) \text{ (Nm)}$$

$$M = c_m * \Phi * I_a \text{ (Nm)}$$

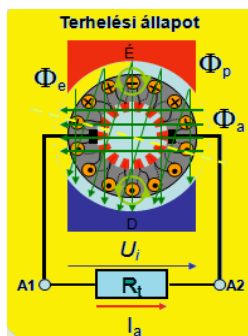
Több póluspár és párhuzamos ágpár esetén:

$$c_m = \frac{z * p}{2 * a} * (1/\pi)$$

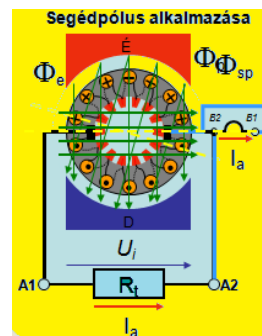
Az armatúra-visszahatás jelenségét az alábbi (40.-42.) ábrákon keresztül mutatjuk be.



40. ábra Üresjárás



41. ábra Terhelési állapot



42. ábra Segédpólus alkalmazása

Üresjárásban az armatúra kapcsok között

- nincs terhelés
- nincs zárt áramkör
- az indukált feszültség nem indít meg áramot az armatúrában
- nincs armatúrafluxus (Φ_a)
- nincs armatúra-visszahatás

A **záródó áramkörben** (41. ábra) az U_i hatására megindul az I_a armatúraáram, amely létrehozza az armatúrafluxust. A F_a merőleges a pólus-fluxusra (F_p), hatására a pólusfluxus eltolódik (Φ_e) és vele a semleges vonal is.

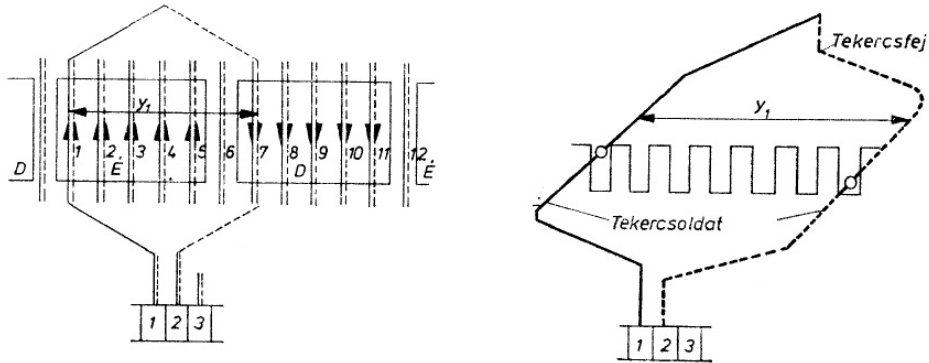
A **segédpólus hatására**, (42. ábra) mivel rajta az armatúra-áram (I_a) folyik keresztül az armatúráéval azonos nagyságú, de ellentétes irányú fluxus jön létre

Az armatúra-visszahatás megszűnik, a Φ_p és a semleges vonal is visszaáll az eredeti állapotba.

Egyenáramú tekercselés

Az egyenáramú tekercselések közül a forgórészen, az armatúrán elhelyezett tekercsek két típusát mutatjuk be. Az egyik a hullámos tekercselés, a másik hurkos tekercselés.

A hurkos tekercselés a 43. számú ábrán látható.



43. ábra Hurkos tekercselés

A tekercselés jellemzői:

Az első tekercselési lépés, horonyosztásban mérve, ha Z az összes hornyok száma

$$y_{hl} = \frac{Z}{2p}$$

Az első tekercselési lépés tekercsoldalban mérve:

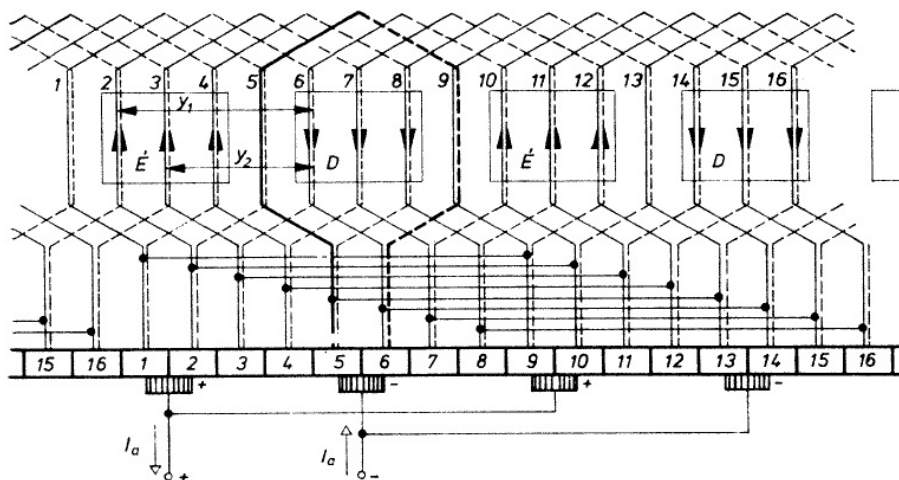
$$y_1 = u * y_{hl}$$

A második lépés - miután a kiindulási tekercsoldal mellé lépünk vissza

$$y_2 = y_1 - 1$$

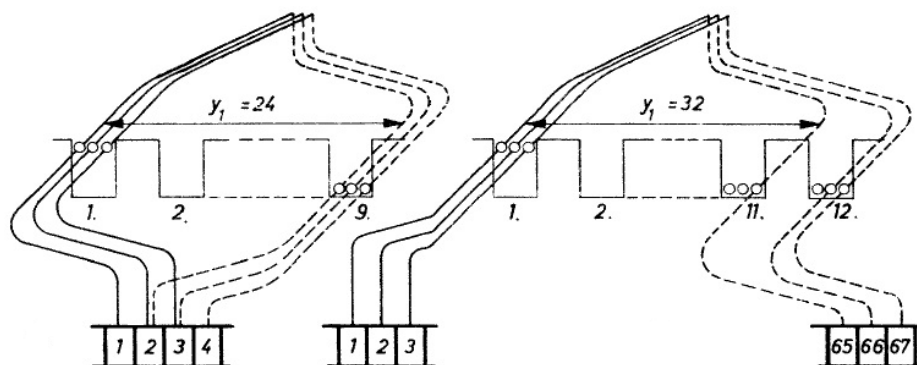
Az eredő tekercselési lépés

$$y = y_1 - y_2$$



44. ábra Elkészült hurkos tekercselés

Hullámos tekercselés a 45. számú ábrán látható.



45. ábra Hullámos tekercselés kialakítása

A hullámos tekercselés jellemzői:

A hullámos tekercselésnél, ha Z az összes hornyok száma, akkor tekercsoldalok száma egyenlő a kommutátor szeletek számával:

$$K = u * Z$$

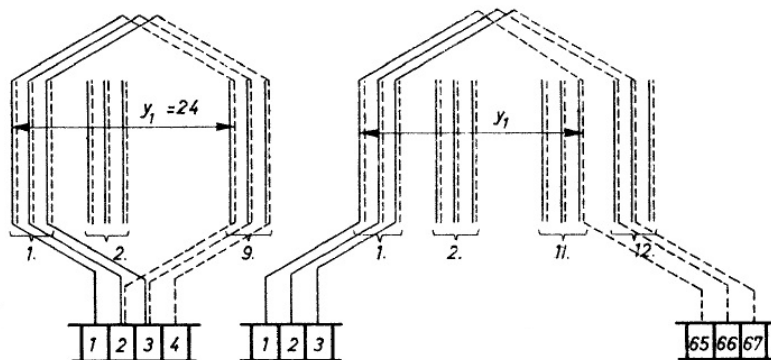
Feltételünk így a $p * y = K$ záródás helyett:

$$p * y = K - 1$$

Az eredő lépés nagysága:

$$y = \frac{K - 1}{p} = \frac{u * Z - 1}{p}$$

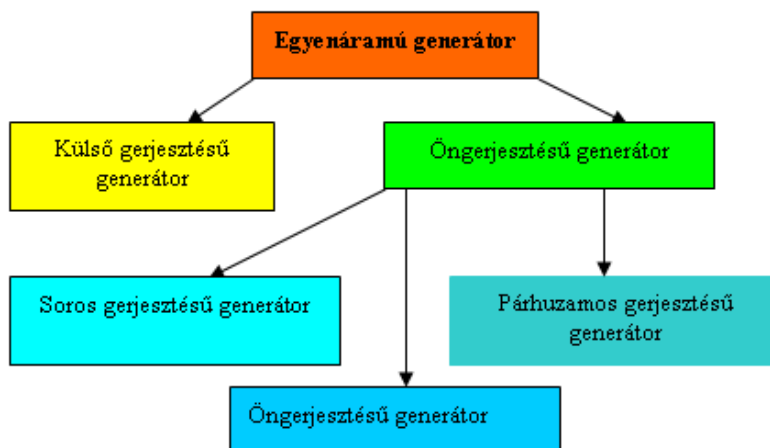
$$y = y_1 + y_2$$



46. ábra A hurkos és hullámos tekercselés

5.2. Egyenáramú generátorok kapcsolási vázlata, üzemi jellemzők

Az egyenáramú generátorok üzemi jellemzőit az határozza meg, hogy a gerjesztő tekercs milyen kapcsolatban van az armatúrával, hogy a mágneses fluxus és a terhelés milyen kapcsolatban van egymással. Az egyenáramú generátorokat a két nagy csoportba soroljuk a 47. ábra alapján:

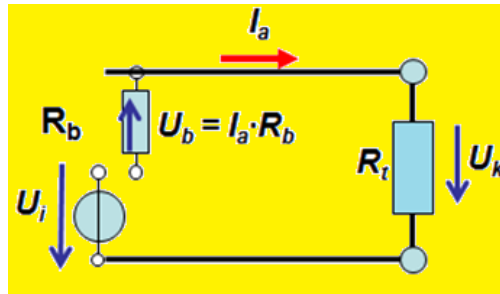


47. ábra Generátorok felosztása

5.2.1 Külső gerjesztésű generátor

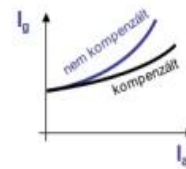
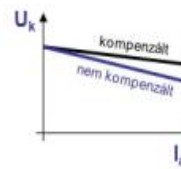
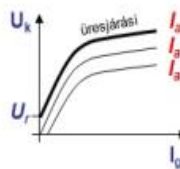
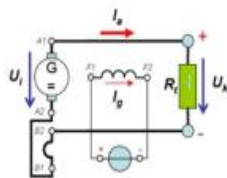
A gerjesztő tekercs és az armatúratekercselés között nincs galvanikus kapcsolat. Így a gerjesztő áram független az armatúra áramtól. Jellemző üzemi tulajdonsága, hogy terhelés hatására kevésbé változik a keletkezett indukált feszültsége. A gerjesztéssel az indukált feszültség széles intervallumban szabályozható. Amennyiben rövidzársba kerül, nagy lesz a zárlati árama. Oka, hogy a forgórész ellenállása nagyon kicsi, 0,001 – 1 Ohm közötti

érték lehet. A külső gerjesztésű generátorok elsősorban hajtá szabályozási áramkörökben, szinkrongenerátorok gerjesztő gépeként terjedtek el. Hátránya, hogy érzékeny az armatúra-visszahatásra. Kompenzáló tekercs alkalmazása megnöveli a gép beszerzési árát. A kapocsfeszültség meghatározását a 48. ábra szemlélteti.



48. ábra A kapocsfeszültség meghatározása

$$U_k = U_i - I_t * R_b \text{ (V)}$$



Kapcsolási vázlat

Belső jelleggörbe

Kompenzált

Nem kompenzált

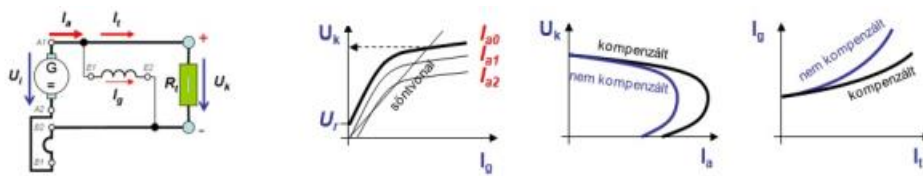
49. ábra Külső gerjesztésű generátor

5.2.2 Párhuzamos gerjesztésű generátor

A párhuzamos gerjesztésű gép kapcsolási sajátossága, hogy a gerjesztő tekercset párhuzamosan kapcsoljuk az armatúra tekercseléssel. A gerjesztő körbe iktatott ellenállás a gerjesztő áram szabályozását teszi lehetővé. A generátor a dinamó elven működik. A párhuzamos gerjesztésű gép előnyei, hogy a gerjesztés nem igényel külső áramforrást, a tartós rövidzárási állapotot meghibásodás nélkül is képesek elviselni. Hátránya a legerjedési veszély, ami nem teszi lehetővé a stabil feszültség beállítását.

A működésére jellemző, hogy a feszültségcsökkenés a teljes terhelésig 25 – 30 %, ezért jelentős gerjesztés szabályozást igényel. Zárlati árama kicsi, a terhelési határ túllépése esetén legerjedés veszélye áll fenn. Széles körben alkalmazzák vezérgerjesztő gépként, erőművekben segédgerjesztő gépként, régebben gépjárműveknél, világítási áramkörök táplálására.

Az 50. ábrán látható a kapcsolási rajza, és az egyes működési jellemzőket leíró jelleggörbék.



Kapcsolási vázlat

Belső jelleggörbe

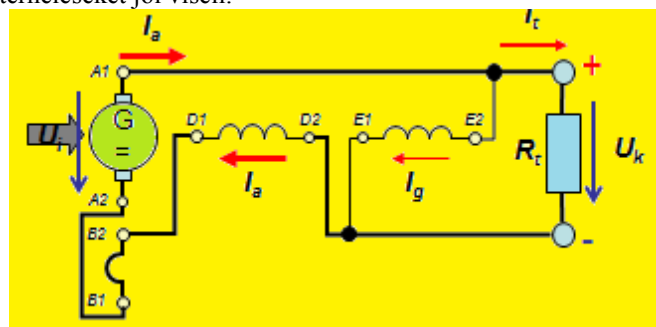
Kompenzált

Nem kompenzált

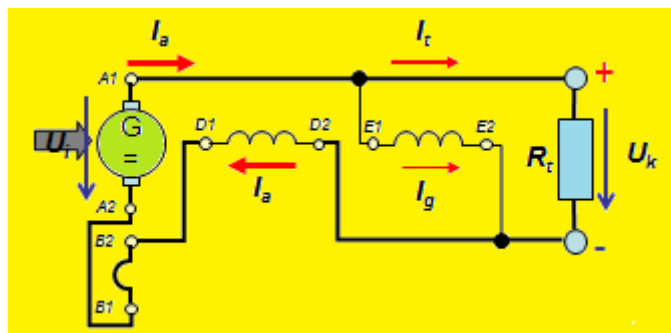
50. ábra Párhuzamos gerjesztésű generátor

5.2.3 Vegyes gerjesztésű generátor

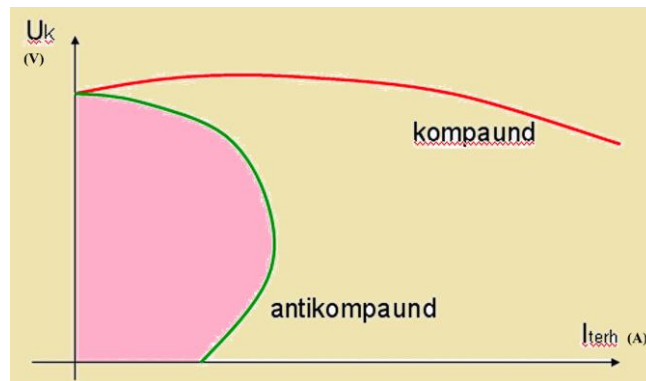
A vegyes gerjesztésű generátor esetében az armatúrával sorosan és párhuzamosan kapcsolt gerjesztő tekercsek találhatók. A vegyes gerjesztésű gépek esetében találkozunk a kompaund és antikompaund elnevezésekkel. Kompaund generátorról (51. ábra) akkor beszélünk, ha a két tekercs gerjesztése azonos, ha nem akkor a generátor antikompaund. (52. ábra) Jellemzője, hogy üresjárásban is gerjed, a névleges terhelést csak a soros tekercs gerjedése után képes leadni. Feszültsége finom szabályozást tesz lehetővé. Előnye, hogy a lökészerű terheléseket jól viseli.



51. ábra Kompaund gép kapcsolása



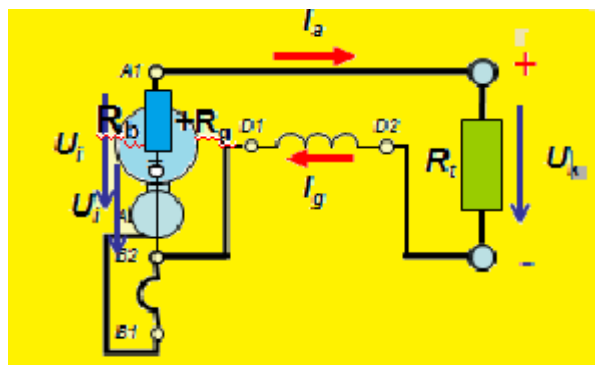
52. ábra Antikompaund gép kapcsolása



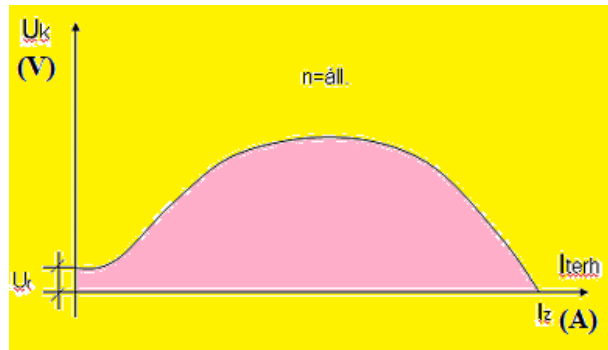
53. ábra Kompaund és antikompaud gép terhelési jelleggörbéje

5.2.4 Soros gerjesztésű generátor

A soros gerjesztésű generátor esetében a gerjesztő tekercs és armatúra tekercs sorba kapcsolódik. Így, a gerjesztő áram egyenlő a terhelő árammal. A gerjesztő tekercs nagy vezető keresztmetszettel és kevés menetszámmal készül. A generátor által előállított feszültség a terhelő árammal arányos. A mágneses telítődés miatt, egy adott terhelő áramot követően, a létrejövő belső feszültségesések miatt a kapocsfeszültség csökken. A rövidzárási árama nagy, Ellentétes áramirány esetén át polarizálódik. Általában a villamos hajtású közlekedésben alkalmazott járműveknél motorként, fékkapcsolásban generátorként használatos. Felhasználása kiegyenlítő gépként is lehetséges.



54. ábra Soros gerjesztésű generátor kapcsolása



55. ábra Soros gerjesztésű generátor jelleggörbéje

Az egyenáramú generátorok viselkedésével és alkalmazhatóságának vizsgálata során az alábbi megállapításokat tehetjük:

- a külső gerjesztésű generátor külső feszültségforrást igényel a gerjesztéshez,
- a soros gerjesztésű generátor nem feszültségtartó, így állandó feszültségű fogyasztót nem tud ellátni,
- a párhuzamos gerjesztésű generátor nem feszültségtartó, legerjedés állhat fenn,
- a vegyes gerjesztésű generátor két gép kombinációját egyesíti – soros- és párhuzamos gerjesztés - így kedvező üzemeltetési tulajdonságú, jó feszültségtartó, külső áramforrást nem igényel.

A szabályozási jelleggörbe azt mutatja meg, hogy miként kell növekvő armatúra áram mellett növelni a gerjesztő áramot, hogy állandó fordulatszám esetén a gép kapcsolófeszültsége ne változzon



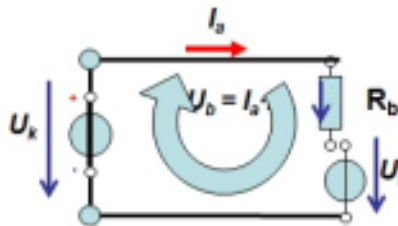
56. ábra Egyenáramú generátor a hajtógéppel

5.3. Egyenáramú motorok

Az utóbbi évtizedekben széleskörűen megnőtt az igény az egyenáramú motorok felhasználására, elsősorban a fordulatszám szabályozásban mutatkozó előnyöknek köszönhetően. Az egyenáramú motorok szerkezeti felépítése, működési elve megegyezik az egyenáramú generátorokéval. A különbség abban van, hogy a generátorok a mozgási energiát alakítják át villamos energiává, energiát állítanak elő, míg az egyenáramú motorok a villamos energiát alakítják át mechanikai munkává. Az egyenáramú motorok által előállított nyomaték egyenesen arányos a forgórész áramerősségével és a főtőlusok mágneses fluxusával.

$$M = k * \Phi * I_a \text{ (Nm)}$$

Az egyenáramú motor feszültségviszonyai:



57. ábra Egyenáramú motor áram és feszültségviszonyai

$$U_k = U_i + I_a * R_b \text{ (V)}$$

Az egyenáramú motor áramfelvétele:

$$I_a = \frac{U_k - c * n * \Phi}{R_b} \text{ (A)}$$

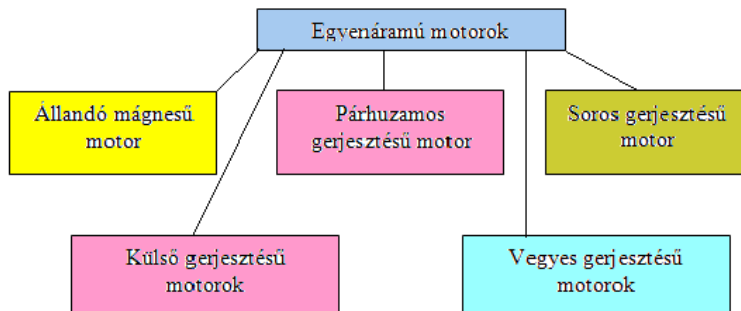
A motor fordulatszáma:

$$n = \frac{U_k - I_a * R_b}{c * \Phi} \text{ (1/min)}$$

A villamos jellemzőkből az alábbi következtetések vonhatók le:

- az egyenáramú motor áramfelvételét a terhelő nyomaték határozza meg,
- a fluxus csökkenése a fordulatszám növekedésével jár,
- az egyenáramú motor megszaladhat.

Az egyenáramú motorok felosztása:



58. ábra Egyenáramú motorok csoportosítása

5.3.1 Állandó mágnesű motorok

Szerkezeti kialakításuk sajátossága, hogy a főpólusok állandó mágnesből készülnek. Az alkalmazhatóság terén a teljesítmény nagysága behatárolt. Segédpólust nem minden esetben alkalmaznak.

Az állandó mágnesű motor nyomatéka:

$$M_n = k * \Phi * I \cong k * I \text{ (Nm)}$$

Mivel a mágneses fluxus állandó, így a nyomaték a motor áramával egyenesen arányos. A motor fordulatszámára jellemző, hogy minimális a különbség az üresjárású és a névleges terhelésű fordulatszám között. Az állandó mágnesű motorok egyik speciális szerkezeti kialakítású egyenáramú motor típusa a tárcsás forgórészű motor, vagy más néven szervomotor. Irányítástechnikai folyamatokban beavatkozó szervként alkalmazott gép. Alkalmazható szerszámgépeknél, szelepeknél és adagolóknál, felvezető gépek hajtására. Teljesítményük 1 kW alatti.

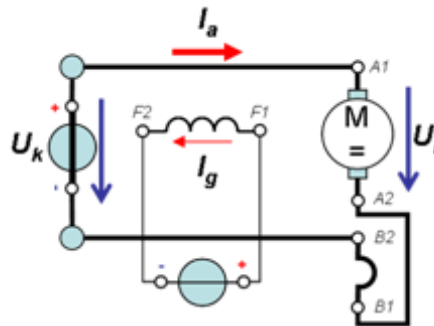
Követelmények:

- gyors és könnyű forgásirányváltás,
- gyors működés,
- széles tartományú, rugalmas fordulatszám szabályozás,
- stabil működés,
- nagy nyomaték.

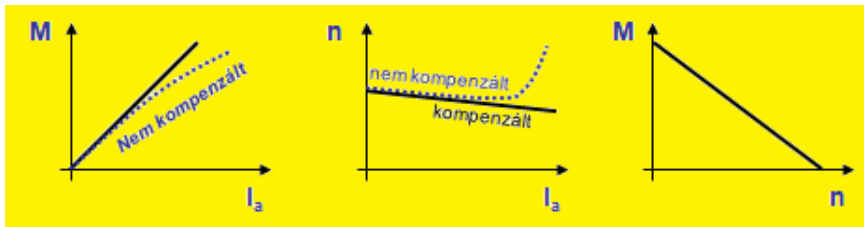
A szervomotorok szerkezeti felépítésük és működésük alapján külső gerjesztésű egyenáramú motorok. Létezik kétfázisú aszinkronmotor is mely a szervomotorokkal szemben támasztott követelményt kielégíti.

5.3.2 Külső gerjesztésű egyenáramú motor

Egyenáramú hajtásokban alkalmazzák. Jellemzően pozitív tulajdonsága, hogy fordulatszám-tartó. Hátránya, hogy a gerjesztő áramkört külön áramforrásról kell táplálni.



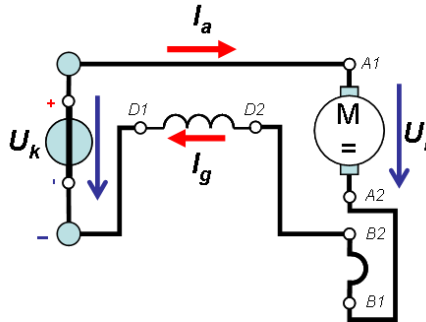
59. ábra Külső gerjesztésű egyenáramú motor



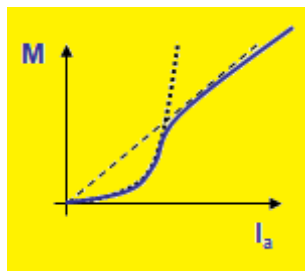
60. ábra Külső gerjesztésű egyenáramú motor üzemi jelleggörbéi

5.3.3 Soros gerjesztésű egyenáramú motor

Az armatúra gerjesztése hozza létre a főpólus fluxust. A motor nyomatéka az áram négyzetével arányos, ezért a soros gerjesztésű motort nem szabad terhelés nélkül indítani, mivel fennáll a megszaladás veszélye. Alkalmazása nagy indítónyomatékot igénylő berendezéseknél indokolt, illetve ott, ahol megszaladással nem kell számolni. (pl. felvonók, szellőzők, gépjárművek, stb.)



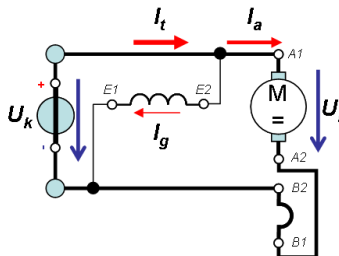
61. ábra Egyenáramú soros motor



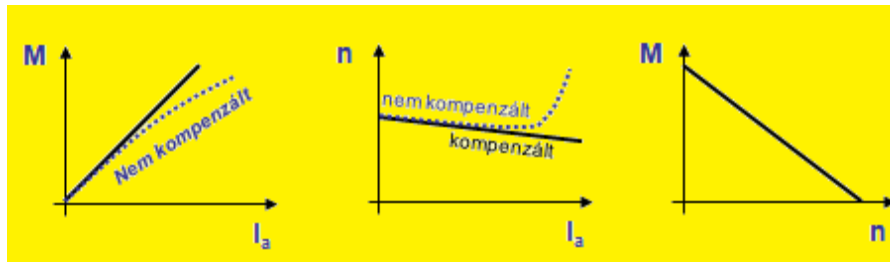
62. ábra Soros gerjesztésű egyenáramú motor üzemi jelleggörbéje

5.3.4 Párhuzamos gerjesztésű egyenáramú motor

A párhuzamos gerjesztésű motor jellemzője, hogy állandó gerjesztő áram esetén a nyomaték az armatúra árammal egyenesen arányos. Alkalmazása olyan területeken lehetséges, ahol követelmény az állandó fordulatszám, és minimális a túlterhelés veszélye. Az alkalmazás során ügyelni kell arra, hogy a gerjesztőkör ne szakadjon meg, mert az armatúra rövidzárási állapotba kerülhet. Az üzemi jellemzői a külső gerjesztésű motoréval megegyezők. A különbség az, hogy nincs szükség külső áramforrásra a gerjesztéshez.



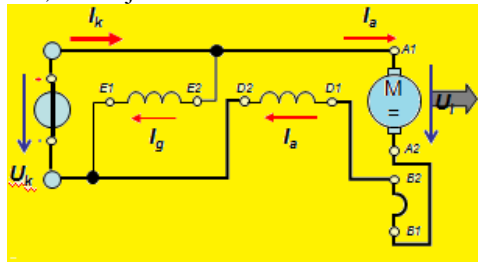
63. ábra Párhuzamos gerjesztésű motor



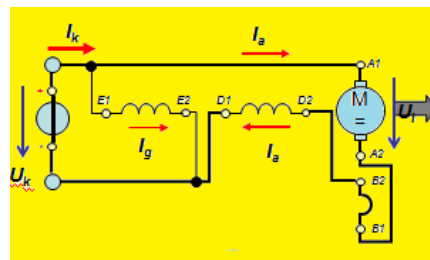
64. ábra Párhuzamos gerjesztésű egyenáramú gép üzemi jelleggörbéi

5.3.5 Vegyes gerjesztésű egyenáramú motor

A gyakorlatban kompaund motornak is nevezzük. Nagy indító nyomaték jellemzi, nem áll fenn a megszaladás veszélye. Jó teljesítménytartása van. Hátrányként említhető a soros gerjesztő hatás, ami azt jelenti, hogy növekvő terheléssel csökken a fordulatszám. Alkalmazási területei a kompresszorok, hengerek, nehézüzemű gépek, lendítőkerekes hajtások, stb. hajtása.



65. ábra Vegyes gerjesztésű motor kompaund kapcsolása



66. ábra Vegyes gerjesztésű motor antikompaund kapcsolása

5.4. Különleges egyenáramú motorok

5.4.1 Erősítőgépek

A külső gerjesztésű egyenáramú generátor erősítő gépnek tekinthető. Alkalmazása a teljesítmény erősítés területén terjedt el.

Az erősítési tényező:

$$K_p = \frac{P_{ki}}{P_{be}}$$

Értéke: $10^3 - 10^4$

Az erősítőgépekkel szemben támasztott követelmények:

- gyors működés
- nagy teljesítményerősítés, mely a vezérlő teljesítmény csökkentésével, vagy a ki-menő teljesítmény növelésével érhető el.

A jó erősítőgéptől a gerjesztőkör kis időállandóját, illetve nagy teljesítményerősítést várunk el. Amennyiben az egyenáramú generátorokat sorba kapcsoljuk kedvező teljesítményerősítés érhető el. A teljesítményerősítésre elterjedt géptípus az amplidin. Jellemzője, hogy több vezérlőtekerccse van. Az amplidin teljesítmény erősítése 10^4 . Alkalmazhatósága 0,5 – 100 KW teljesítmény határok között. Az amplidin hajtómotorja háromfázisú aszinkronmotor.

5.4.2 Egyenáramú fordulatszámérő generátorok

Tachométer generátor néven is ismertek. Jellemzőjük, hogy a fordulatszámmal arányos feszültséget állítanak elő. Általában egy kisteljesítményű, külső gerjesztésű egyenáramú gép. A forgásirányra érzékeny, mivel a keletkezett feszültség előjele megváltozik.

5.4.3 Léptetőmotorok

A léptető motor felépítésének sajátossága, hogy az állórészen egyenáramú tekercselés található, melyet impulzussal lépésenként, vagy egyenletesen forgómozgással vezérelnek. Valójában olyan átalakítónak tekinthető, mely villamos impulzusokat alakít át szögelfordulássá.

A léptető motorok leggyakoribb típusa:

- állandó mágneses (van tartónyomatéka),
- hibrid léptetőmotor (van tartónyomatéka),
- változó reluktanciájú (nincs tartónyomatéka).

A legelterjedtebb típus a hibrid léptetőmotor.

A léptetőmotor tengelye diszkrét módon, egyes lépéseket megtéve forog. A tengely egy körülfordulása pontosan meghatározott számú, egyes lépések megtételét jelenti, a lépésszám függ a motor felépítésétől

A léptetőmotor jellemzője a lépésszög. A lépésszög meghatározása:

$$\alpha = \frac{360^{\circ}}{2p * m}$$

p = a póluspárok szám,

m = a fázisszám

A léptetőmotorok legfontosabb jellemzői:

- Nyugalmi helyzetben, gerjesztett állapotban nagy tartónyomaték, ami önzáró
- viselkedést eredményez.
- Nagy nyomaték kis szögsebességnél, még egyes lépések esetén is.
- Pontos, lépésszerű pozicionálás előre megadott számú vezérlőimpulzus segítségével. A pozicionáláshoz nincs szükség érzékelőre, szabályozóra.
- Frekvenciaváltozás sebességére ügyelni kell, az irányítástechnikailag
- nyílt hurok miatt a lépéstévesztés rejtve maradhat.
- Digitális vezérléshez közvetlenül csatlakoztatható.
- Bizonyos esetekben lengésre hajlamos.
- Egyszerű beépíthetőség, megbízhatóság.

A léptetőmotorokat leginkább nyomtatószerkezetek hajtására, irányítás- és szabályozás technikában, számláló berendezésekben alkalmazzák.

5.4.4 Kefe nélküli motorok (EC motorok)

Az egyenáramú motorok egyik problematikus szerkezeti része a kommutátor, mely a mechanikus egyenirányító szerepét tölti be. A kommutátor kiváltható lett olyan teljesítmény-elektronikai eszközökkel – Hall – elem, gépjárműveknél – amelyeket kommutátor nélküli egyenáramú motoroknak neveztek el. Szerkezeti felépítését úgy alakították ki, hogy a forgórész állandó mágnes, míg az állórészen az armatúra tekercselés foglal helyet. Félvezető alkalmazásával kapcsolják az armatúra tekercsekre a megfelelő irányú áramot a forgórész megfelelő helyzetében. Ehhez szükséges, hogy minden esetben rendelkezésre álljon a forgórész pillanatnyi helyzete. A működés során a forgórészszel szinkronforgó váltakozó áram folyik az armatúra tekercsekben. Lényeges különbség az, hogy a frekvencia nem állandó, a tekercsek áramai nem szinuszosak. A forgórész helyzetének meghatározása két módon történhet:

- közvetlen helyzet meghatározással: pl. Hall elemmel, szög-jeladóval.
- közvetett helyzet meghatározással: „intrusive” módon: pl. kényszerjelekre adott
- válaszjelekkel, illetve nem „intrusive” módon: feszültség, áram mérés és számítással.

Kefe nélküli motorok előnyei:

- megbízható üzemmód,
- nincs kefeszikrázás,
- a külső gerjesztésű motoréval megegyező üzemi tulajdonságok (jelleggörbék),
- alkalmazásuk rohamosan terjed, például a számítástechnikai eszközök kedvelt motortípusa (pl. merevlemez meghajtók)

5.5. Egyenáramú gépek fordulatszám szabályozása

Az egyenáramú motorok népszerűségét, a nagyfokú elterjedését az segítette elő, hogy fordulatszáma könnyen változtatható.

$$n = \frac{U_k - I_a * R_b}{c * \Phi} \quad (1/\text{min})$$

A fenti összefüggésből jól látható, hogy a fordulatszám változtatásra három mód kínálkozik:

- a motor kapocsfeszültségének a változtatása,
- az armatúra ellenállás növelése,
- a mágneses mező gyengítése.

Az utóbbi lehetőség csak egyirányú szabályozást tesz lehetővé, a fordulatszám növelését. A fordulatszám szabályozás lehetőségei közül a fluxus változtatás és előtét ellenállás alkalmazása veszteséges, míg a kapocsfeszültség változtatása veszteségmentes szabályozási mód.

5.6. Egyenáramú motorok fékezése

Fékezéses üzemiállapotról akkor beszélünk, amikor a motor nyomatéka az üzemi nyomatékkal ellentétes.

Ez két úton valósítható meg:

- a főpólusok polaritásának felcserélésével,
- a gerjesztő áramirány megváltoztatásával.

A gyakorlatban alkalmazott fékezési módok az alábbiak:

- dinamikus fékezés (ellenállásos fékezés),
- energia visszatápláló fékezés,
- ellenáramú fékezés.

5.6.1 Dinamikus fékezés

Lényege, hogy az egyenáramú motor forgórészét leválasztjuk a hálózatról és ellenállásokra kapcsoljuk. Nem szükséges külön ellenállás, ha indító ellenállást alkalmaztunk. A beavatkozás hatására csökken az indukált feszültség, csökken a fordulatszám is.

A fékezőáram nagysága:

$$I_f = \frac{-c * \Phi * n}{R_b + R_f} \text{ (A)}$$

Ez a fékezési mód akkor alkalmazható - mivel nem biztosít teljes megállást - ha kiegészítő fékberendezést, mechanikus féket alkalmazunk. Ügyelni kell arra, hogy az ellenálláson nagy hő keletkezik, ez égési sérülést okozhat. Alkalmazása vegyes gerjesztésű motoroknál.

5.6.2 Energia visszatáplálásos fékezés

A fékezéskor, a motor generátorrá alakul át, az indukált feszültsége nagyobb lesz a hálózat feszültségénél.

A fékező áram:

$$-I_f = \frac{-(U_k - c * \Phi * n)}{R_b} \text{ (A)}$$

$$-I_f = \frac{c * \Phi * n - U_k}{R_b} \text{ (A)}$$

A fékezés hatására a mozgási energia villamos energiává alakul át.

5.6.3 Ellenáramú fékezés

A fékezés abból ered, hogy a forgórészben megfordítjuk az áramirányt. Ez a kapcsolófeszültség polaritásának megváltoztatásával történik. Ügyelni kell arra, hogy milyen típusú egyenáramú motornál valósítjuk meg. Soros – párhuzamos – és vegyes gerjesztésű motoroknál a gerjesztő tekercsek végeinek felcserélése kapcsolóval történik. Az energia korlátozásához ellenállást alkalmazunk. Állandó mágnesű motoroknál elegendő az energiaforráshoz csatlakozó vezetékek polaritásának felcserélése. Ez szintén történhet egy kapcsolóval.

A fékezésre jellemző összefüggés

$$I_f = \frac{-U_k - c * \Phi * n}{R_b} = -\frac{U_k + c * \Phi * n}{R_b} \text{ (A)}$$

Fékező ellenállás esetén:

$$I_f = -\frac{U_k + c * \Phi * n}{R_b + R_t} \text{ (A)}$$

5.6.4 Egyenáramú motorok indítása

Az egyenáramú motorok jellemzője, hogy kicsi a forgórész köri ellenállás. Abban az esetben, ha közvetlenül hálózatra kapcsolják őket, igen nagy áramot vesznek fel. Ennek közelítő értéke:

$$I_i = \frac{U_k}{R_b} \gg I_n$$

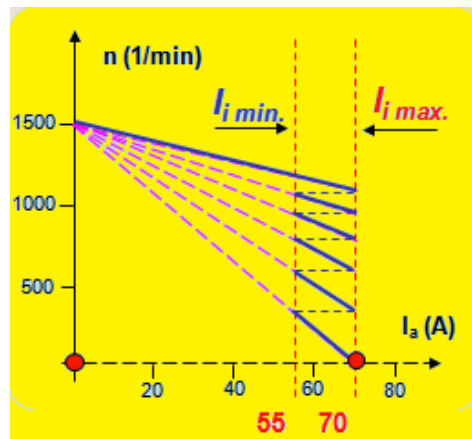
Ezért a gyakorlatban egy indító ellenállást kötnek sorba a forgórészsel.

Ezzel azonban két probléma merül fel:

- Vajon meddig gyorsul az egyenáramú motor?
- Mekkora legyen az indító ellenállás nagysága?

Az első kérdésre a válasz, hogy mindaddig, amíg az indukált feszültség el nem éri a hálózati feszültség értékét. Amennyiben a két feszültség egyenlő lesz, a szénkeféken nincs feszültségkülönbség, a motor már nem tud tovább gyorsulni.

A másik kérdés esetében az indító ellenállást úgy kell megválasztani, hogy az indításkor fellépő áramerősség ne haladja meg a névleges áramerősség kétszeresét.



67. ábra Indító ellenállásos indítás

A 67. számú ábrán egy indító ellenállásos indítás gyakorlati megvalósítása látható. Bekapcsoláskor az összes ellenállás-fokozat sorosan kapcsolódik a motorral, így az indítási áram

a megengedett $I_{i \max}$ (70 A). A forgórész megindul, a fordulatszám nő, közben a motor árama csökken. Amikor az áram $I_{i \min}$ -re csökken, kiiktatunk egy fokozatot, ezzel az áram ismét $I_{i \max}$ -ra nő. A további fokozatok kiiktatása hasonlóan megy végbe. Az utolsó fokozat kiiktatása után a motor a terheléstől függő fordulatszámon jár. Az árama is ennek megfelelően alakul.

5.6.5 Egyenáramú gépek veszteségei

Az egyenáramú gépek veszteségeinek meghatározásához különböző úton juthatunk el. Egyik, amikor az áramkört tanulmányozzuk és vizsgáljuk, hogy milyen veszteségek jönnek létre. Kiindulhatunk a hatásfok értelmezéséből. A fellépő veszteségeket két nagy csoportra bonthatjuk, mechanikai és villamos veszteségek.

Az egyenáramú gépek veszteségei részletezve:

- mechanikai veszteségek: súrlódási veszteség, szellőzési veszteség
- forgórész veszteségei: áramveszteség,
- kefék veszteségei: fellépő feszültségesés,
- gerjesztési veszteség: a gerjesztő kört alkotó elemek veszteségei,
- vasveszteség: állórész és forgórész vasmagban fellépő veszteség.

A hatásfok:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} * 100 \text{ (\%)}$$

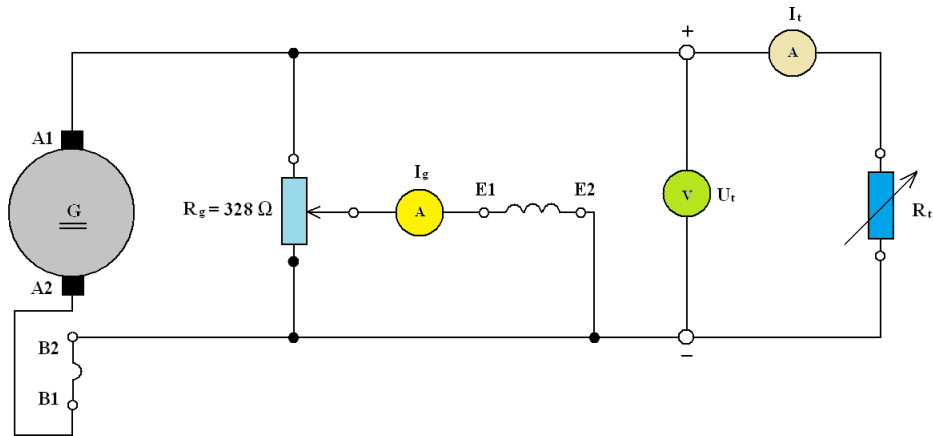
Generátor esetén:

$$\eta = \frac{U_k * I}{U_k I + P_v} * 100 \text{ (\%)}$$

Motor esetén:

$$\eta = \frac{U_k * I - P_v}{U_k I} * 100 \text{ (\%)}$$

5.7. Egyenáramú gépek vizsgálata



68. ábra Egyenáramú generátor üres járási- és terhelési jellegörbe felvétele

A mérési kapcsolás összeállítását követően, a hajtó motor hálózatra kapcsolásával meg kell győződni arról, hogy a forgásirány helyes. Helyes forgásirány esetén a generátor gerjed, ellentétes forgásirány esetében nem. Nulla terhelés mellett vesszük fel a generátor belső jelleggörbéjét. A mérési adatokból elkészíthető az $I_g = f(U_k)$ karakterisztika.

A felgerjedt generátor esetén, a terhelés fokozatos változtatásával végezzük el a mérést. A mérési adatokból elkészíthető $I_t = (U_k)$ karakterisztika. A mérés során segédpólusú egyenáramú generátort vizsgáltunk. (68. ábra)

6. Szinkrongépek

A szinkron szó görög eredetű magyarul azt jelenti, hogy egyidejű.

A szinkrongépek fogalma alatt olyan villamos gépet értünk, melynek a fordulatszámát a hálózati frekvencia és a póluspárok száma határozza meg.

A szinkron fordulatszám:

$$n_0 = \frac{f}{p}, \quad n_0 = \frac{60 * f}{p} \quad (1/\text{min})$$

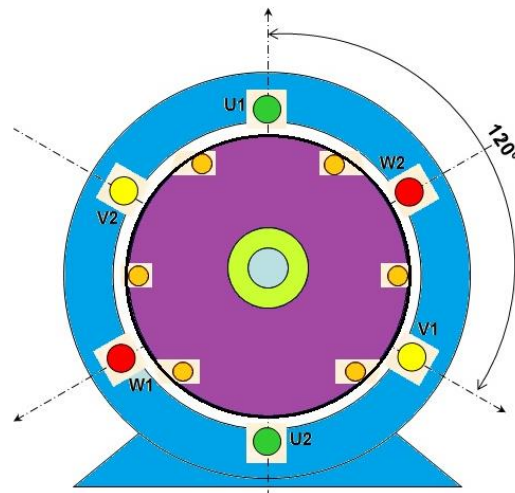
A szinkron gépeknek alkalmasak energia előállítására, valamint a villamos energia mechanikai munkává való átalakítására. Első esetben szinkron generátorról, míg a másik esetben szinkron motorról beszélünk. A gyakorlatban azonban a szinkrongépeket rendeltetésük szerint négy csoportra soroljuk:

- generátorok: a villamos energia és meddő energia előállítására alkalmasak
- szinkron motorok: meddő teljesítmény leadására használják, illetve a villamos energiát
- mechanikai munkává alakítják át,
- kompenzátorok: olyan szinkron motorok, melyet kizárólag meddő energia előállítására – kompenzálásra – alkalmaznak,

- fázisváltók: egyfázisú váltakozó feszültségből többfázisú feszültséget állítanak elő.

6.1. Szinkrongépek szerkezeti felépítése

A szinkron gépek, hasonlóan más villamos forgógéphez, két fő szerkezeti részből állnak, állórészből és forgórészből.



69. ábra Szinkrongép elvi felépítése

Az állórész szerkezeti felépítése:

- lemezelt vastest a hornyokkal,
- állórész tekercselés, hornyokba helyezve három, térben egymástól 120°-ra eltolva (azonos az aszinkron gépekével)
- nagy gépeknél erőteljes hűtés, (lég-, hidrogén- illetve vízhűtés)
- pajzsok,
- csapágyház
- kefeszerkezet.

A forgórész szerkezeti felépítése:

- lemezelt vagy tömör vastest
- tengely
- két csúszógyűrű.

A hengeres forgórész gerjesztő tekercselése hornyokban fekszik és a vastest gyártástechnológiai okokból lemezelt.

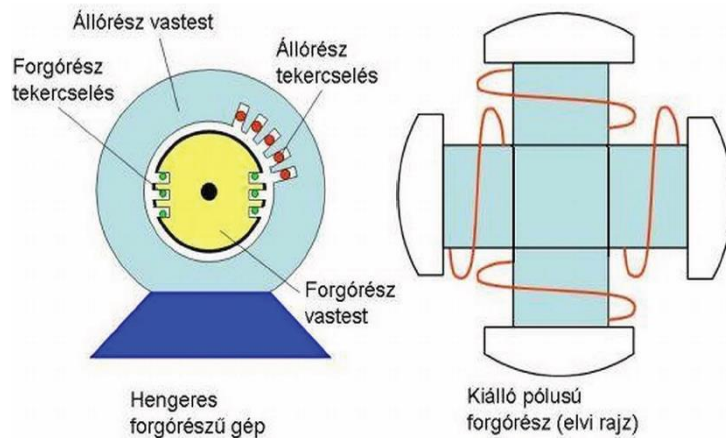
A kiálló pólusú forgórész tömör acélból készül, pólusain a gerjesztő tekercsekkel.

A forgórész kialakítások a 70. számú ábrán láthatók.

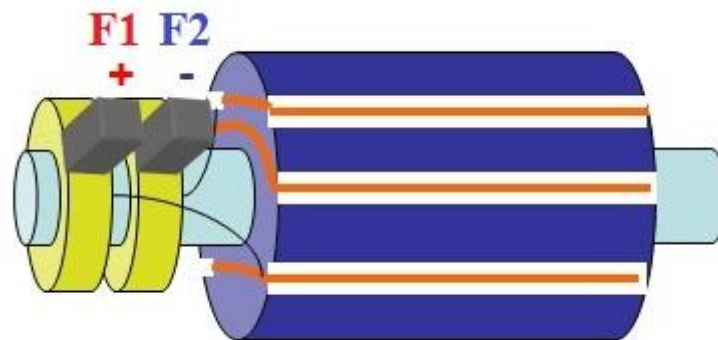
A villamos energia előállításai módja alapján a vízi erőművekben, ahol alacsony a fordulatszám kiálló pólusú forgórészt, míg a gyorsfordulatú, hőerőművekben alkalmazott generátorok esetében hengeres forgórészt alkalmaznak.

Kiálló pólusú gépet 1500 1/min fordulatszám alatt, míg hengeres pólusú gépet 1500 1/min fordulat felett használnak.

A forgórész horonykialakítása lehet: radiális, párhuzamos, kereszttekercses.



70. ábra Szinkrongép forgórész kialakítások



71. ábra Szinkrongép forgórész felépítése

6.2. A szinkrongépek működési elve

Szinkron generátor:

A forgórészen található gerjesztő tekercset egyenárammal gerjesztjük, amely mint egy forgó pólus mágneses fluxust hoz létre, mely az állórészen elhelyezett, egymástól geometriailag 120° -ra lévő tekercselésben, időben eltolt szinuszos háromfázisú feszültséget állít elő.

Az előállított feszültség jellemzője:

- a forgás miatt U_i szinuszos lefolyású,
- térbeli eltolás (120° miatt időben (120°-al) eltoltak,
- tekercseket Y-ba kötve 4 vezetős rendszert kapunk

A keletkezett váltakozó feszültséget az állórészen kialakított kapcsolokon vesszük le. A gép gerjesztésének változtatásával a feszültséget, míg a fordulatszám változtatásával a frekvenciát változtatjuk.

Szinkron motor:

A motor állórészére háromfázisú váltakozó feszültséget kapcsolunk, az szinkron fordulatszámmal forgó mágneses mezőt hoz létre. Az állórész mezeje egy szinkron fordulatszámmal forgó mágnes. Amennyiben a forgórészt egyenáramú gerjesztését bekapcsoljuk, az állórész mágnesa másodpercenként 50-szer fogja vonzani - taszítani a még álló forgórészt. A gép forgórésze nagy tehetetlenségénél fogva ezt a gyors változást követni nem tudja, így a szinkron motor csak úgy képes forgogni, hogy a forgórészt az állórész hálózatra kapcsolása előtt szinkron, vagy közel szinkron fordulatszámra hozzuk.

6.3. Szinkrongépek üzeme

A szinkron generátorok megismeréséhez szükséges az, hogy egy önállóan működő generátor viselkedését megvizsgáljuk.

6.3.1 Üresjárású üzemállapot

A szinkron generátor üresjárású üzemállapota esetén a gerjesztett és szinkron fordulatszámmal járó forgórész létrehozza a forgó pólusfluxust.

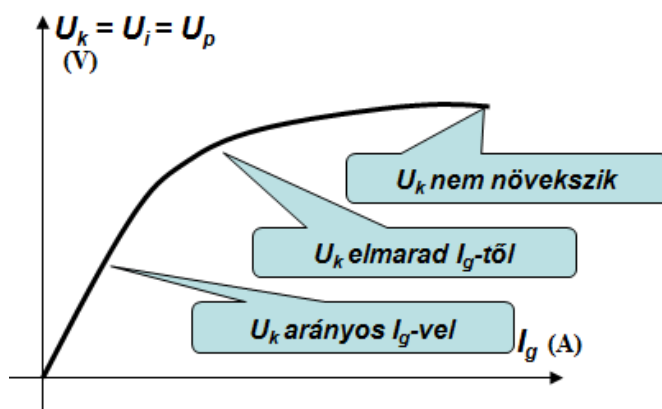
A pólus fluxust (Φ_p) I_g létesíti

A gerjesztés: $\theta = N_p \cdot I_g$

Az armatúra N menetében feszültség indukálódik:

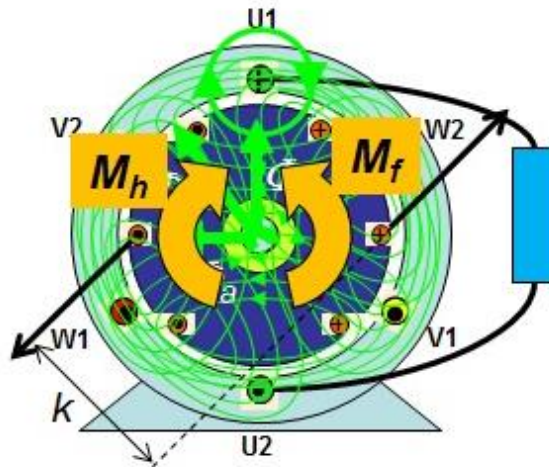
$$U_i = 4,44 \cdot \Phi_p \cdot f \cdot N \cdot \xi$$

U_i megegyezik U_k -va



72. ábra Üresjárású jelleggörbe

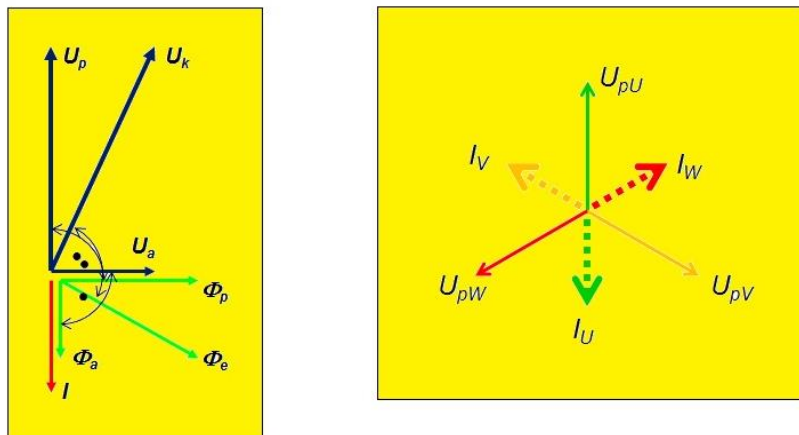
6.3.2 Ohmos terhelés



73. ábra Szinkron gép ohmos terhelése

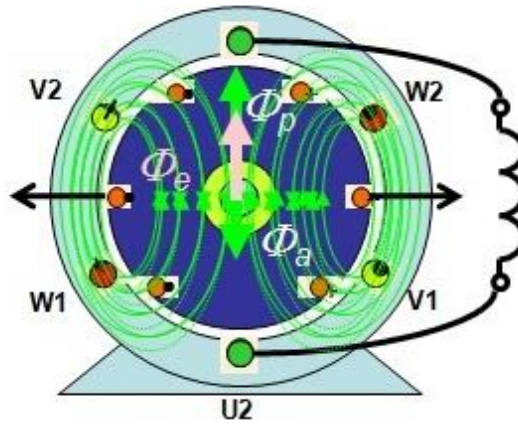
Armatúra visszahatás: az armatúra fluxus pólusfluxusra gyakorolt hatása. Terhelés hatására az armatúrában áram folyik. Létrejön az armatúra fluxus, kialakul a két fluxus eredője. Az F_e a F_p -hez képest eltolt. (74. számú ábra)
A szinkron gép jellemzői ohmos terhelésnél:

- A gépben csak egy fluxus F_e van
- A telítődés miatt $F_e < F_p$, így belátható, hogy $U_i < U_p$
- A forgórészre ható erőpár fékezőnyomatékot eredményez: $M_f = F \cdot k$
- M_f csökkentené a fordulatszámot és vele a frekvenciát, ahhoz, hogy az állandó legyen, az M_h hajtónyomatékot növelni kell.



74. ábra Ohmos terhelési vektorábra

6.3.3 Induktív terhelés



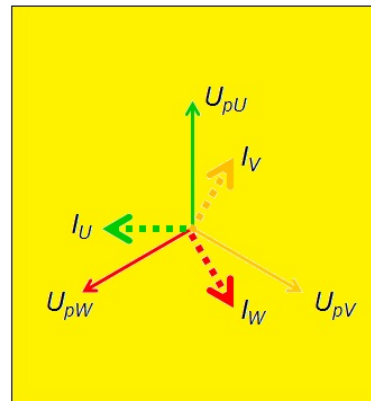
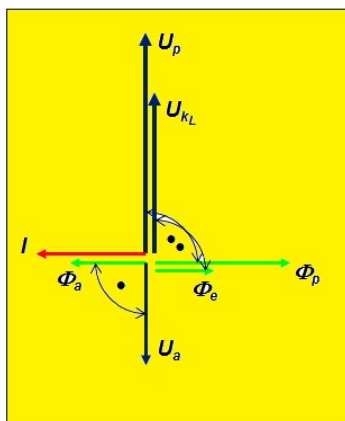
75. ábra Szinkron gép induktív terhelése

Armátúra visszahatás:

Terhelés hatására az armatúrában áram folyik, létrejön az armatúra fluxus. Kialakul a két fluxus eredője. Az F_e F_p irányú, de kisebb.

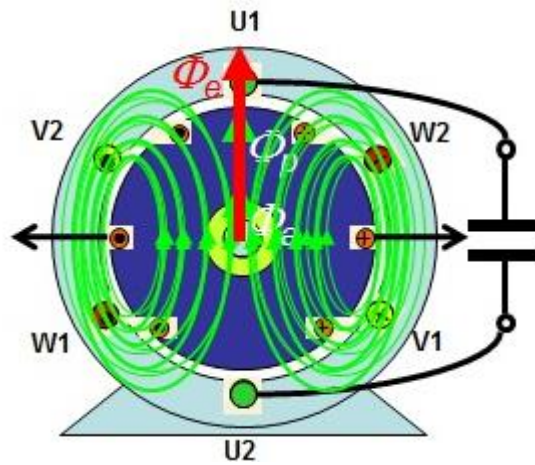
A szinkron gép jellemzői induktív terhelésnél:

- A gépben csak egy fluxus F_e van
- Az ellentétes irány miatt $F_e < F_p$ emiatt $U_i < U_p$, lemágnesező hatás lép fel,
- U_i csökkenése túlgerjesztéssel ellensúlyozható.
- A forgórészre ható erőpár azonos hatásvonalú, ellentétes irányú, fékezőnyomatékot nem eredményez: $M_f = 0$
- Mivel M_f nincs, az állandó frekvenciához az M_h hajtónyomaték nem kell.



76. ábra Induktív terhelés vektorábra

6.3.4 Kapacitív terhelés



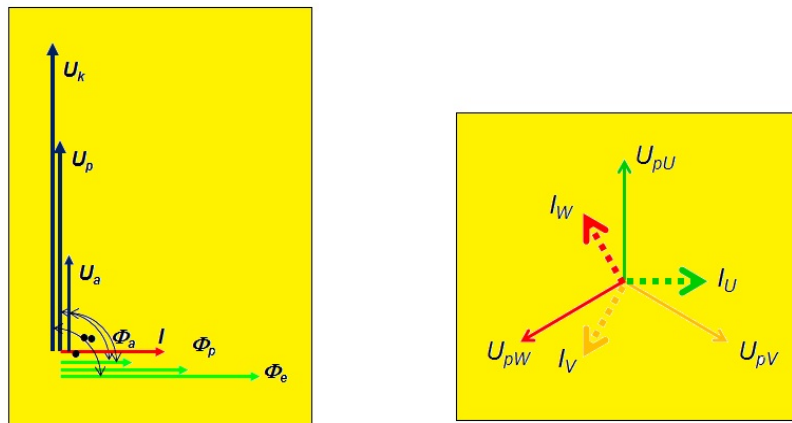
77. ábra Szinkron gép kapacitív terhelése

Armátúra visszahatás:

Terhelés hatására az armatúrában áram folyik. Létrejön az armatúra fluxus. Kialakul a két fluxus eredője. Az F_e F_p irányú, de nagyobb.

A szinkron gép jellemzői kapacitív terhelésnél:

- A gépben csak egy fluxus F_e van.
- Az azonos irány miatt $F_e > F_p$ így $U_i > U_p$ felmágnesező hatás lép fel.
- U_i növekedése alulgerjesztéssel ellensúlyozható.
- A forgórészre ható erőpár azonos hatásvonalú, ellentétes irányú, ezért fékezőnyomatékot nem eredményez: $M_f = 0$
- Mivel M_f nincs, az állandó frekvenciához nem kell az M_h hajtónyomaték.

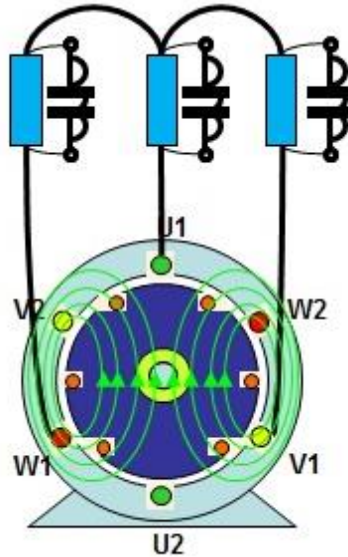


78. ábra Kapacitív terhelés vektorábra

6.4. Szinkron gépek szabályozási és külső jelleggörbéi, hálózatra kapcsolása

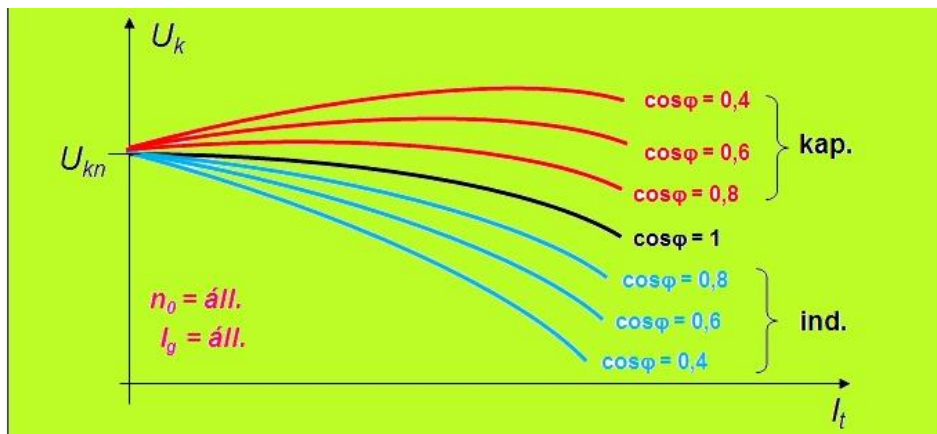
6.4.1 Szinkron generátorok terhelési jelleggörbéi

Az elvi kapcsolási rajz a 77. ábrán látható.



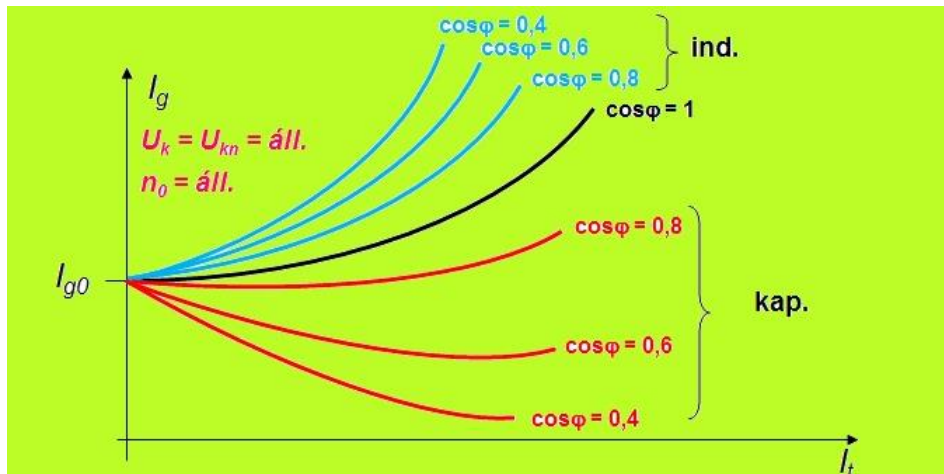
79. ábra Szinkron gép terhelése

A külső – terhelési – jelleggörbe a generátor kapcsolásfeszültségének változását mutatja meg az armatúra áramának a függvényében, különböző $\cos\varphi$ értékek mellett. A gép fordulatszám, gerjesztő árama, és a terhelés fázisszöge állandó.



80. ábra Terhelési jelleggörbe

A szabályozási jelleggörbe a gerjesztő áramot ábrázolja az armatúra áramának függvényében. A jelleggörbe felvétele során állandó a kapcsolófeszültség, de változóak teljesítménytényezők. Jól látható, hogy induktív terhelés esetén a terhelő áram növekedése együtt jár a meddő áram növekedésével. Kapacitív terhelés esetén az armatúra áram növekedése, a gerjesztő áram csökkenését igényli. A meddő áramösszetevő növekedése a kapcsolófeszültség emelkedését idézné elő. Amennyiben ismerjük a maximális gerjesztő áramot, akkor lehetőségünk van arra, hogy csökkentsük a látszólagos teljesítményt, ha a teljesítménytényező a névleges értéknél rosszabb.



81. ábra Szabályozási jelleggörbe

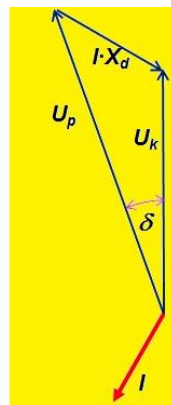
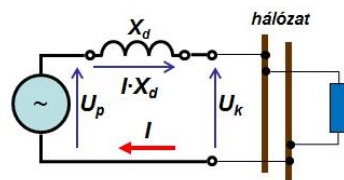
6.4.2 A szinkrongép nyomatéka

A szinkron gép nyomatékának meghatározásához szükségünk van a terhelési szög értelmezésére.

A szinkron gép különböző üzemállapotokban nyer alkalmazást. Üresjárási üzemállapotban a két mágneses tengely egybe esik, a veszteségek kicsik. A $\delta_g = 0$ értékű.

Generátoros üzemben a gép forgórész δ_g - el megelőzi a forgó mágneses tér tengelyét. A hajtó gép a forgórészt előre lendíti.

Motoros üzemben a forgórész elmarad egy δ_M - el, a terhelés fékező hatású a forgórészre nézve. A δ terhelési szög a vektorábrán az U_p és U_k között van.



82. ábra Terhelési szög értelmezése

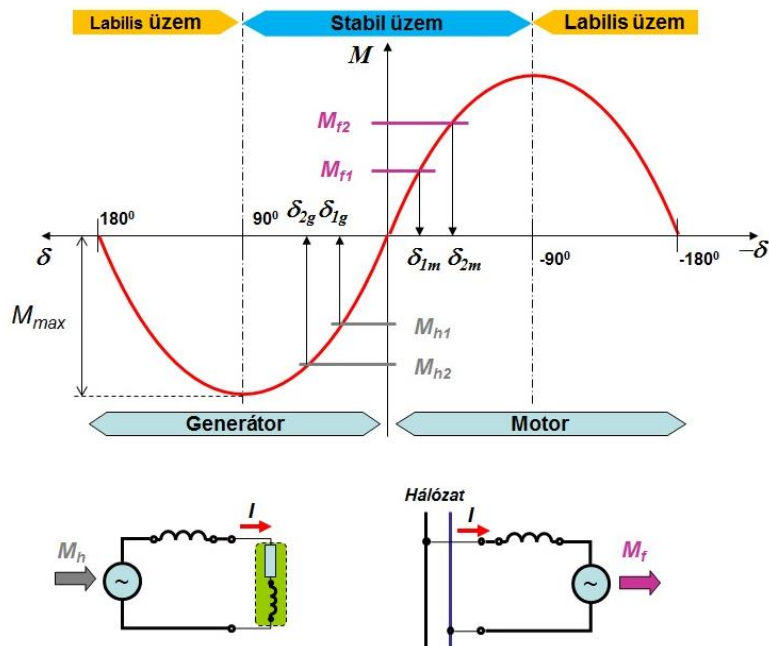
A nyomaték meghatározása:

$$M = \frac{P_{le}}{\omega_{g0}} = \frac{3 \cdot U_k \cdot I \cdot \cos \varphi}{\omega_{g0}} \text{ (Nm)}, \text{ a } \cos \varphi \text{ helyett } \delta \text{ - t kell helyettesíteni.}$$

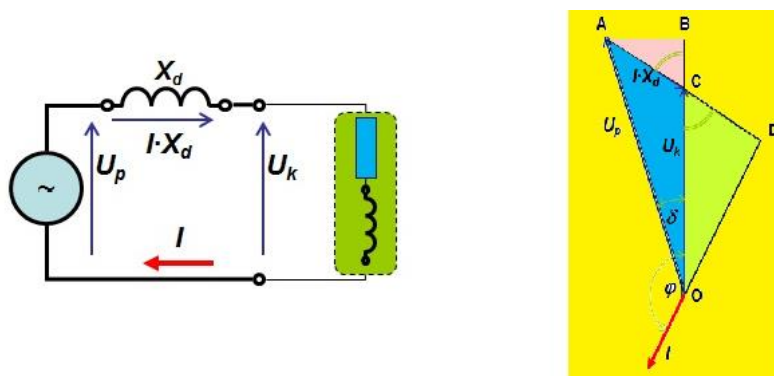
A szinkron gép nyomatéka:

$$M = \frac{3 \cdot U_k \cdot I \cdot \left(-\frac{U_p \cdot \sin \delta}{I \cdot X_d} \right)}{\omega_{g0}} = -\frac{3}{\omega_{g0}} \cdot \frac{U_k \cdot U_p}{X_d} \cdot \sin \delta \text{ (Nm)}$$

A 83. ábrán látható, hogy a gép nyomatéka generátoros és motoros üzemben, kezdetben nő, majd elér egy maximális értéket, és újra csökkenést mutat. A maximális értéket a gép billenő nyomatékának nevezzük. Minkét üzemmódban ez az érték 90⁰-os terhelési szög-nél jön létre. Ehhez az értékhez tartozik a legnagyobb teljesítmény is. A szinkron gépeket kizárólag a stabil üzemi tartományban szabad használni.



83. ábra A szinkron gép nyomatéka



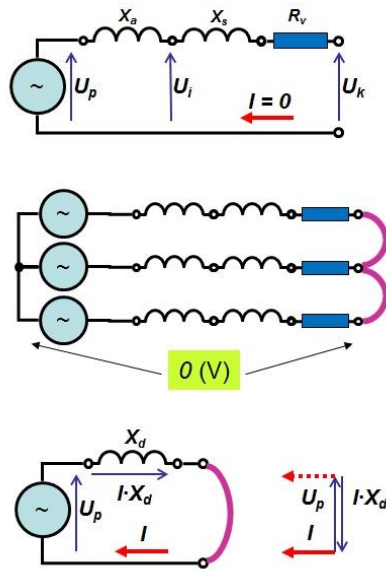
84. ábra Induktív terhelés és vektorábrája

6.4.3 A szinkrongép zárlata

A szinkron gép zárlati üzemállapotának vizsgálatakor, a terheletlen, egy fázisra vonatkozó üresjárási helyettesítő kapcsolásból indulunk ki. A 85. számú ábra tartalmazza a helyettesítő képet. Amennyiben üresjárásban, vagy terhelésnél a generátor kapcsait rövidre zárjuk, bekapcsolási transziens jelensége játszódik le. A transziens jelenségek hamar lezajlanak, és állandósult zárlati áram alakul ki. Ez a névleges áram akár 15 – 20 szorososa is lehet. Ugyanakkor az állandósult zárlati áram a névleges áramerősség 2 – 3 szorososa.

A felső képen jól látható, hogy az üresjárású feltételek teljesülnek. A középső ábrán látható, hogy a rövidzáras háromfázisú, a zárlati hely 0 V-os potenciálon van, a zárlat egyfázisú helyettesítő kapcsolással vizsgálható. Alsó ábrán látható, hogy az „R” tagot elhanyagoljuk, a generátor „terhelése” az X_d .

A zárlat induktív terhelést jelent.



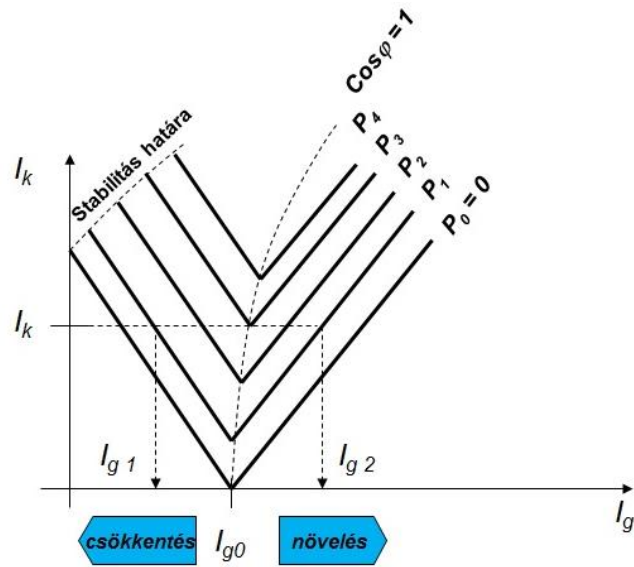
85. ábra Szinkron gép zárlata

6.4.4 „V” görbék

A szinkron gépre vonatkozó „V” görbe esetében az armatúra áramot, a gerjesztő áram függvényében ábrázoljuk, olyan feltételek mellett, hogy a fordulatszám, a kapcsolófeszültség, a teljesítmény állandó. Különböző terhelések esetén „V” alakú görbesereget kapunk. Ez látható a 86. ábrán. A jelleggörbéből szemléletesen látszik, hogy $\cos\varphi = 1$ – nél éri el az armatúra áram a legkisebb értéket, majd azt követően növekszik.

A jelleggörbéből kiolvashatóak az alábbiak:

- egy görbe mentén a wattos teljesítmény állandó
- a P1-hoz tartozó görbe wattos összetevőjének értéke nulla.
- a görbék legalsó pontján csak wattos áram folyik, a $\cos\varphi = 1$



86. ábra Szinkron gép „V” görbéi

6.4.5 Szinkron gépek hálózatra kapcsolása

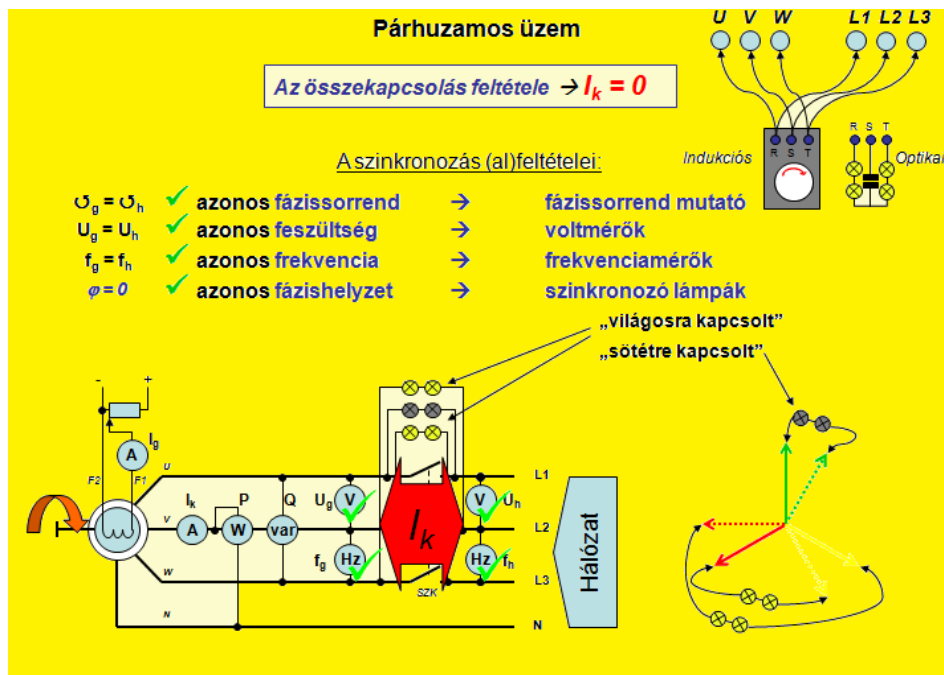
A szinkron generátor a saját hálózata mellett olyan villamos hálózatra is csatlakoztatható, amelynek frekvenciája, feszültsége már adott, hisz más generátorok azt már meghatározzák.

Akár szinkron generátort, akár szinkron motort kapcsolunk a hálózatra, a gépeket előbb szinkron fordulatra kell hozni, és lehetőleg a legkisebb áramlökések mellett kell az összekapcsolást végrehajtani.

A szinkronozás során az alábbi feltételeknek kell teljesülni:

- azonos fázissorrend,
- azonos frekvencia,
- azonos feszültség,
- azonos fázishelyzet.

A szinkronozás folyamata során a fázishelyzetet a szinkronozó lámpák segítségével valószínűsítjük meg, sötétre, illetve világosra kapcsolással. A sötétre kapcsolt lámpa a gép és a hálózat azonos fázisára, a világosra kapcsolt lámpák a gép és a hálózat ellentétes fázisaira vannak kapcsolva. Fázishelyzet azonossága esetén a sötétre kapcsolt lámpára jutó feszültség értéke nulla, a világosra kapcsolt lámpák vonali feszültséget kapnak. A szinkronozó kapcsoló feladata, hogy a feltételek teljesülésekor a legoptimálisabb pillanatban kapcsolja – fogja össze – a két rendszert. Régen ezt a műveletet kisebb gépek esetén kézi szinkronizálással – szinkronozó dugókkal – valósították meg, ma már ezt a műveletet automatika végzi.



87. ábra Szinkronozás művelete

A szinkronozás művelete mellett bizonyos körülmények között a szinkrongenerátort le is kell kapcsolni a villamos hálózatról, azaz bontani kell a szinkronizmust.

A leállítás okai:

- A generátor meghibásodása
- A generátorral egybeépített berendezések meghibásodása
- A kezelő köteles leállítani a generátort, ha
 - a hidrogénzár az utolsó tartalékával üzemel
 - a gáztérben a hidrogénkoncentráció 90 % alatti
 - a levegős részekben a hidrogénkoncentráció 2 % fölötti
 - a napi gázszivárgás 40 m³ feletti
 - a generátor rezgése meghaladja az előírt értéket (35 μ m)
 - a vízhűtésű generátorok valamely hornyában a rúd hőmérséklete az előírt feletti

A leállítás lépései:

- Megszüntetik a gép terhelését (legerjesztés, párhuzamos üzem bontása)
- A segédüzemi fogyasztók energiaellátásának biztosítása
- A párhuzamos üzem bontása
- A turbinagőz leengedése
- A gép kifuttatása (kb.: 15-30 perc) – a tengelyforgató üzemelhet, ha nem várható visszakapcsolás:
 - a kefék kiemelése

- a hűtővíz elzárása
- fagyveszély esetén fagyvédelem (megengedett a hűtővízzel való fűtés)
- a csatlakozási pontok kiszakaszolása
- energiamentesítés

6.4.6 Szinkrongépek veszteségei

A szinkron gépekben működésük során, függetlenül attól, hogy generátorként, vagy motorként üzemelnek, egyaránt lépnek fel veszteségek. Ezeket a veszteségeket jellegük és a keletkezés helye szerint különböztethetjük meg. A veszteségek keletkezési helye szerint nézzük át az egyes veszteségeket.

Az állórészen keletkezett veszteségek:

- vasveszteség
- armatúra veszteség,
- járulékos veszteségből keletkező veszteségek.

A forgórészen keletkező veszteségek:

- gerjesztési veszteség,
- súrlódási veszteség,
- ventillációs veszteség.

A veszteségek figyelemvételével meghatározhatók a generátor teljesítmény viszonyai, és ezek után a hatásfok.

A teljesítmények:

$$P = 3 * U_k * I_a * \cos \varphi = P_{mech} - P_{veszt} \text{ (W)}$$

$$P_{veszt} = P_s + P_g + P_v + P_t + P_j \text{ (W)}$$

Hatásfok:

$$\eta = \frac{P}{P_{mech}} * 100 \text{ (%)}$$

Szinkron motorok veszteségei:

$$P_{mech} = P - P_{veszt}$$

Szinkron motor hatásfoka:

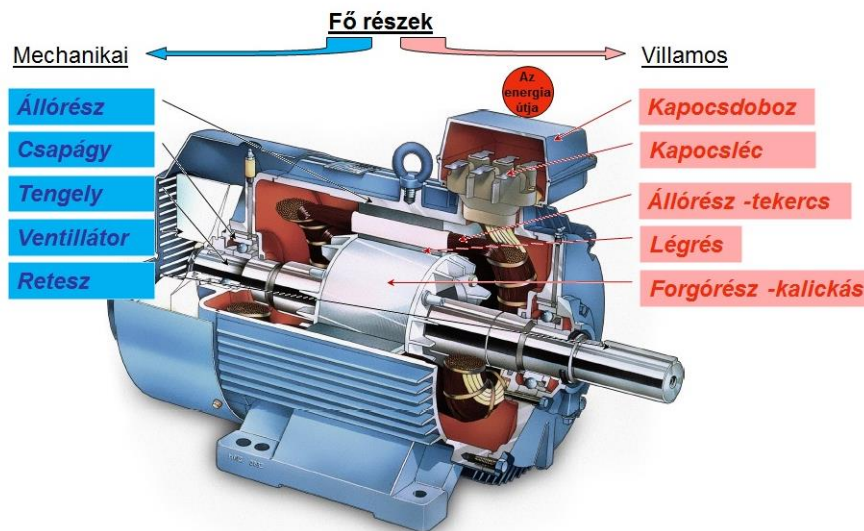
$$\eta = \frac{P_{mech}}{P} * 100 \text{ (%)}$$

7. Aszinkron gépek

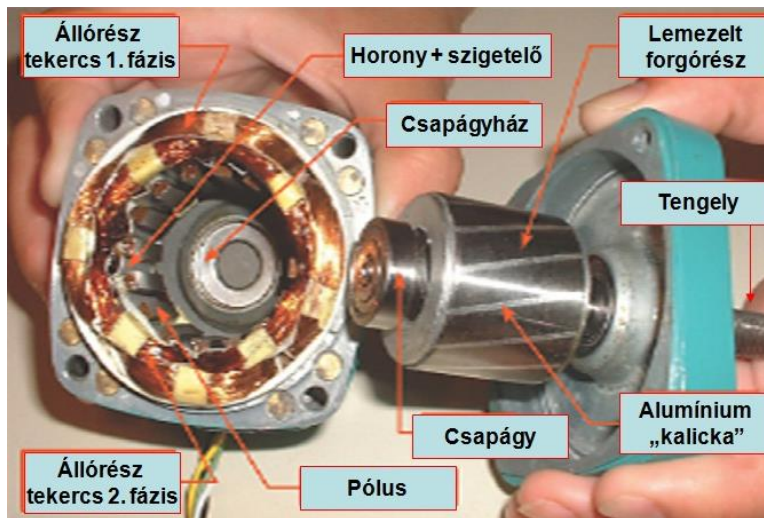
7.1. Aszinkron gépek felépítése

Az aszinkron gépek szintén a forgó gépek családjához tartoznak. Az élet minden területén megtalálhatóak. Az aszinkron gép elnevezése abból ered, hogy a forgórész nem fut szinkronban az állórészen létrehozott mágneses mezővel. Az aszinkron gépek motorként és generátorként egyaránt működhetnek. Generátoros üzemben önállóan – hálózat nélkül – nem képesek generátorként üzemelni. Az aszinkron motorok két nagy csoportja ismeretes, a rövidrezárt forgórészű és a csúszógyűrűs aszinkronmotor.

Az állórészen egy, illetve háromfázisú tekercselés található. A forgórész lehet tekercselt és kalickás. Ebből a sajátos forgórész felépítésből ered a megkülönböztetés. Mint minden forgógép két fő szerkezeti egységből áll, állórészből és forgórészből. A 88. – és 89. ábra szemlélteti az elvi szerkezeti felépítést.

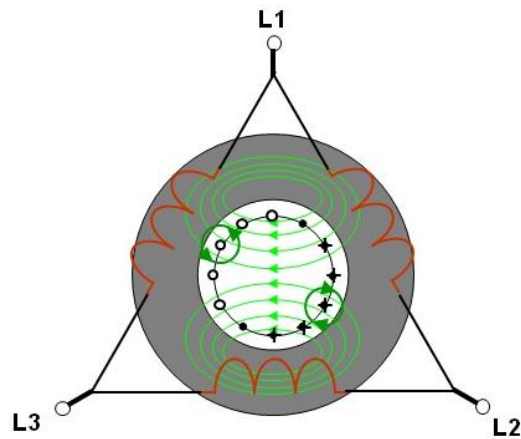


88. ábra Aszinkron motor felépítése



89. ábra Aszinkron motor forgórész kialakítása

A háromfázisú állórész tekercselés elvi elrendezést a 90. számú ábra tartalmazza.



90. ábra Háromfázisú aszinkronmotor tekercsek elhelyezkedése

7.2. Aszinkron motorok működési elve

Az állórészen térben eltolt tekercselésre időben eltolt szinuszos váltakozó feszültséget kapcsolunk.

A folyamat az alábbiak szerint zajlik:

- Létrejön egy forgó mágneses mező, melynek fordulatszáma:

$$n_0 = \frac{60 * f}{p} \text{ (1/min)}$$

- Ennek hatására az állórész tekercsben is feszültség indukálódik
- Ez a mező a forgórész tekercselésben U_i feszültséget hoz létre, melynek hatására áram indul meg. (Álló állapotban $f_1=f_2$)

Az állórész feszültsége:

$$U_i = 4,44 * f_1 * N_1 * \Phi_1 * \xi_1$$

- Kialakul a forgórész mágnesmezeje
- A két mágnesmező kölcsönhatásba lép egymással

A forgórészben indukálódott feszültség:

$$U_i = 4,44 * f_2 * N_2 * \Phi_1 * \xi_2$$

- A forgórész tekercselésére nyomaték kezd hatni, és a forgórész megindul, mégpedig a mágneses mező forgásának irányába.
- A forgórész sebessége soha nem éri el a mágneses mező forgási sebességét.
- A forgómező forgása és a forgórész fordulatszáma közötti százalékos eltérés a szlip, melyet csúszásnak is neveznek.

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} * 100 (\%)$$

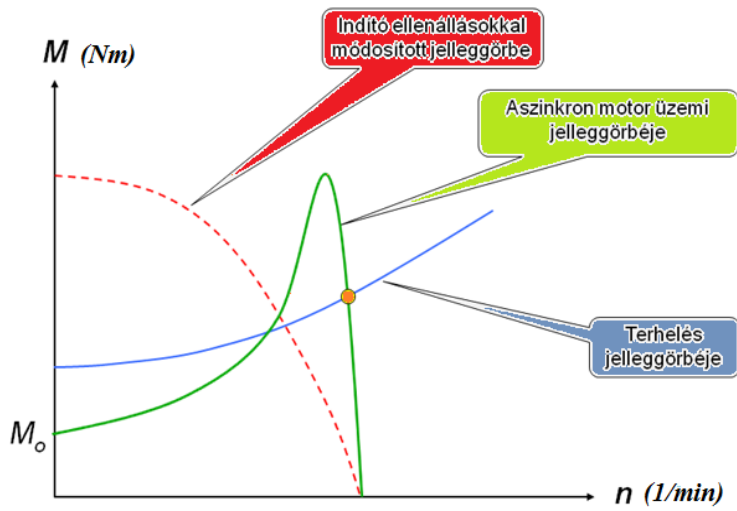
Ennek az értéke 3 -7 % között változik.

A forgórész fordulatszáma:

$$n = n * (1 - s) (1/\text{min})$$

A forgórész fordulatszáma függ:

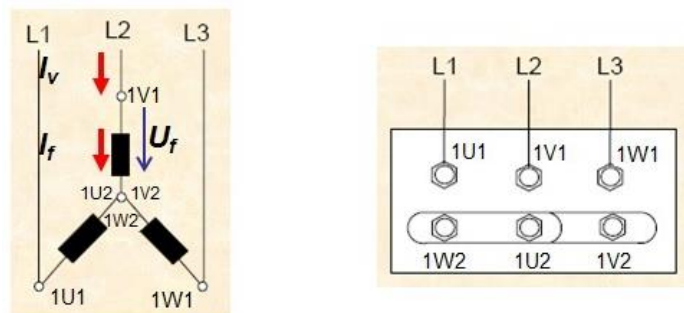
- a frekvenciától, (f)
- a póluspárok számától, (p)
- a szliptől. (s)



91. ábra Fordulatszám – nyomaték jelleggörbe

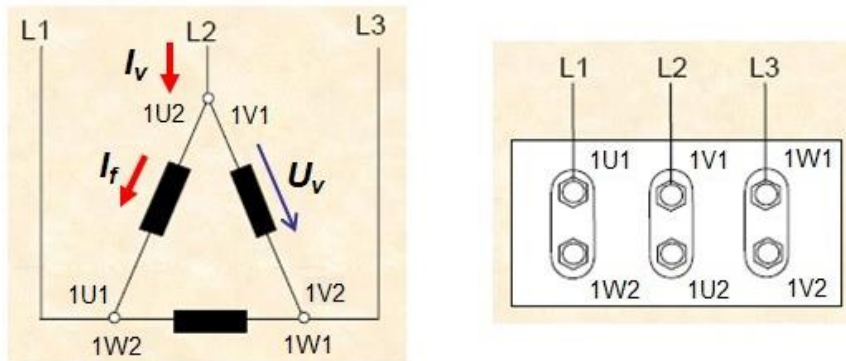
7.3. Aszinkron motorok bekötéséhez kialakított sorkapocs elrendezések

7.3.1 Csillagkapcsolás kialakítása



92. ábra Csillagkapcsolás

7.3.2 Háromszögekapsolás kialakítása



93. ábra Háromszögekapsolás

7.4. Az aszinkron motorok indítása

A motor abban az esetben indul meg, ha a motor által kifejtett nyomaték nagyobb, mint a terhelés nyomatéka. A motor által kifejtett nyomatékot kizárólag a wattos áram tud létrehozni. A nyomaték meghatározása:

$$M = c \cdot \Phi_1 I_2 \cos \varphi \text{ (Nm)}$$

A motorok indításának két módját különböztetjük meg, amelyeken további megoldások lehetségesek.

Az indítási módok két csoportja:

- az indítási áram megváltoztatása,
- az indítási nyomaték megváltoztatása.

Az indítási áram megváltoztatásának további lehetőségei:

- közvetlen indítás: normál indítás és nehéz indítás.
Az indítási áramot nem csökkentő módszereknek tekintjük.
- közvetett indítás:
az állórészen alkalmazott eljárások, a forgórészen alkalmazott eljárások
Az indítási áramot csökkentő módszereknek tekintjük.

7.4.1 Az állórész indítási eljárások:

- ellenállásos indítás,
- transzformátoros indítás,
- Y-D indítás,
- frekvenciaváltóval történő indítás.

7.4.2 A forgórész indítási eljárások:

- különleges horonykialakítás,

- csúszógyűrűk közé kapcsolt ellenállásokkal.

7.4.3 Az indító nyomaték megváltoztatása:

- lágyindítás, nyomatékot csökkentő módszer
- goromba indítás, nyomatékot növelő módszer

7.1. A gyakorlatban leggyakrabban alkalmazott indítási módok

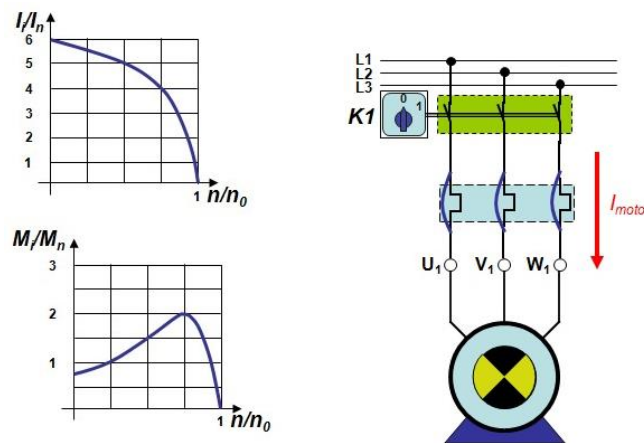
Az alábbiakban néhány jellemző indítási módot mutatunk be, az indítási jellemzők ismeretével.

7.5.1 Álló motor közvetlen hálózatra kapcsolása

Elve: A motor túlterhelésvédelmét az indítás idejére bénítják, hogy a lassú felpörgés alatti nagy indítóáram miatt ne következzen be a védelem működése.

Jellemzői:

- Nagy indítási áram. $I_i \sim 3 \dots 9 \cdot I_n$
- Az indítási áram azonos a zárlati árammal.
- Segédeszközöket nem igényel.
- Csak a kis teljesítményű motoroknál alkalmazható.
- A motor károsodását nem okozza.
- Jelentős feszültségcsökkenést okozhat a hálózaton.
- Gyors felpörgés.



94. ábra Közvetlen indítás

7.5.2 Nehéz indítás

Elve: A motor túlterhelésvédelmét az indítás idejére bénítják, hogy a lassú felpörgés alatti nagy indítóáram miatt ne következzen be a védelem működése

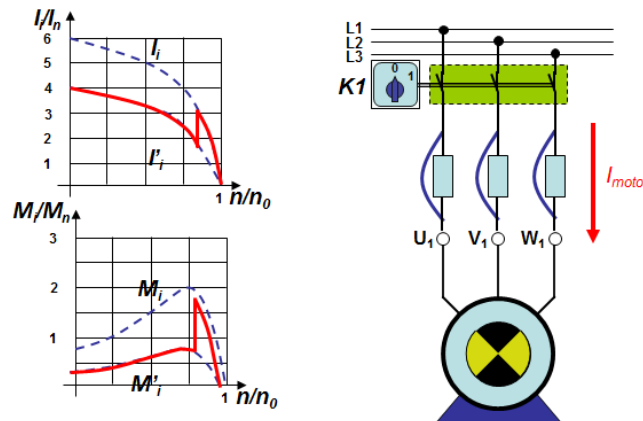
Jellemzői:

- Nagy indítási áram. $I_i \sim 3 \dots 9 \cdot I_n$
- Az indítási áram azonos a zárati árammal.
- Segédeszközöket igényel.
- Csak a kis teljesítményű motoroknál alkalmazható.
- A gyakori indítás a motor károsodását okozhatja.
- Jelentős feszültségcsökkenést okozhat a hálózaton.
- A lassan felpörgő motoroknál alkalmazzák.

7.5.3 Ellenállásos indítás

Elve: Az indítási áram (I_i) az ellenállásokon feszültségeseést okoz, így a motorra kisebb feszültség jut (U_i'), ami a motoron kisebb áramot (I_i'), létesít.

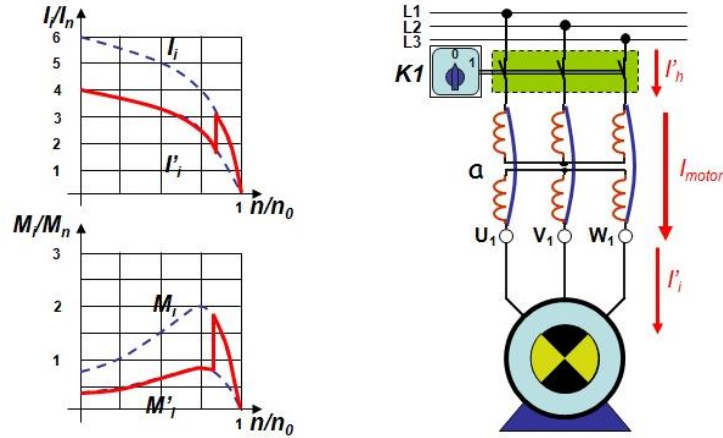
$$M_i' = \frac{P_i'}{\omega} = \frac{3 \cdot U_i' \cdot I_i'}{\omega} = \frac{3 \cdot \frac{U_i}{b} \cdot \frac{I_i}{b}}{\omega} = \frac{3 \cdot \frac{U_i \cdot I_i}{b^2}}{\omega} = \frac{M_i}{b^2} \text{ (Nm)}$$



95. ábra Ellenállásos indítás

7.5.4 Transzformátoros indítás

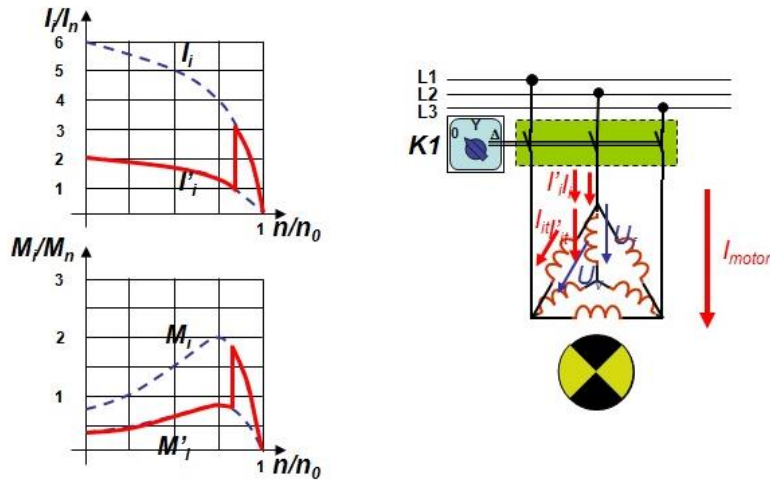
Elve: A motorra az indítás során a hálózatról letranszformált feszültség kerül, (U_i') amely a motoron kisebb áramot (I_i'), létesít.



96. ábra Transzformátoros indítás

7.5.5 Y-D indítás

Elve: A motor tekercseire az indítás során a hálózat vonali feszültsége helyett a fázisfeszültség kerül (U_f), amely a motoron kisebb áramot (I_i'), létesít.



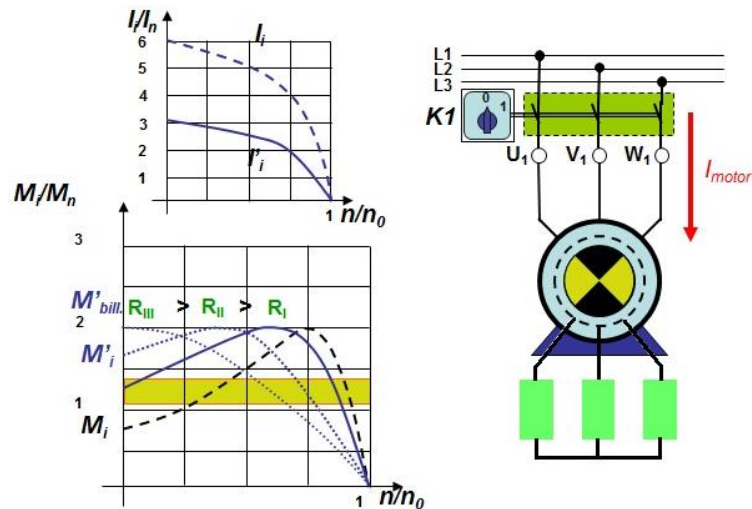
97. ábra Csillag – delta indítás

Az indítási nyomaték:

$$M_i' = \frac{P_i'}{\omega} = \frac{3 \cdot U_i' \cdot I_{it}'}{\omega} = \frac{3 \cdot \frac{U_v}{\sqrt{3}} \cdot \frac{I_i}{\sqrt{3}}}{\omega} = \frac{3 \cdot U_v \cdot I_i}{3 \cdot \omega} = \frac{M_i}{3}$$

7.5.6 Csúszógyűrűk közé iktatott ellenállás

Elve: A forgórész ellenállásának növelésével az indítási áram (I_i) csökkenthető (I_i'), miközben az indítónyomaték (M_i) akár a billenő nyomatékig növelhető.



98. ábra Csúszógyűrűs motor indítása

Jellemzői:

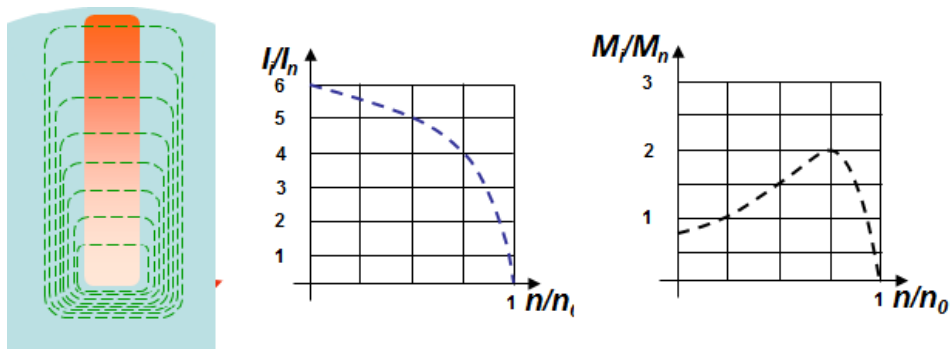
- Csak a csúszógyűrűs motoroknál alkalmazható.
- A motor forgórészének ellenállását a csúszógyűrűk közé kapcsolt ellenállásokkal növeljük.
- A forgórész körüli ellenállások beiktatásának hatásai:
 - az áramvektor végpontja a kör mentén eltolódik: $I_i \rightarrow I_i'$, az indítónyomaték növekszik $M_i \rightarrow M_i'$
- Az indítás alatt változtatva az ellenállás értékét a motor nyomatéka tetszőleges sávon belül tartható.

7.5.7 Különleges horonykialakítás

Elve: A különleges kalicka ellenállása a forgórész frekvenciájával arányos, így indításkor ($f_2 \sim f_1$) a forgórész ellenállása nagy, árama -és vele az indítási áram is (I_i')- csökken.

Jellemzői:

- Csak a kalickás motoroknál alkalmazható.
- A motor forgórészének ellenállását növeli az indításkor, I_i csökken, M_i nő
- Az áramkiszorítás jelenségét (skin-hatás) használja fel:
- Indításkor a motor forgórészének nagy a frekvenciája ($f_2 \sim f_1$), nagy a kalicka induktív reaktanciája ($X_L = 2\pi f$).
- A reaktancia eloszlása a kalickában nem egyenletes, a forgórész belseje felé egyre nagyobb, az áram kiszorul a kalicka vezetőjének külső részére.



99. ábra Különleges horonykialakítás

7.5.8 Lányindítás

Elve: A motor állórésze tirisztorokon keresztül táplált, így az indítás alatt a motor árama és nyomatéka a hajtott gép igényei szerint befolyásolható.

Jellemzője:

- Ellenpárhuzamos tirisztorokból kialakított váltakozó áramú szaggatók.
- A motorra jutó feszültség nagyságát szabályozza (gyújtáskésleltetés).
- Az indulás pillanatában a beállított értékre korlátozza a motor áramát (I_s a névleges motoráram 1,5...7-szerese között állítható)
- A felpörgés alatt az áram:
- Állandó értékű: pl.: $I_s = 3 I_n$ esetén:
- A kívánt indítónyomaték szerint változik:
- 1.pl.: a fordulatszám lineáris növekedését biztosítva:
- 2.pl.: a fordulatszám exponenciális növekedését biztosítva:
- A gyorsító nyomaték a motor nyomatékának és a terhelőnyomatéknak a különbsége.
- A motor gyorsító nyomatéka a feszültség folyamatos változtatásával szabályozható, így lehetséges a kívánt fordulatszám változás biztosítása.
- További megoldások:
 - Az állórészrel sorosan kapcsolt impedanciával
 - Aszimmetrikus feszültségről történő táplálással

7.5.9 Goromba indítás

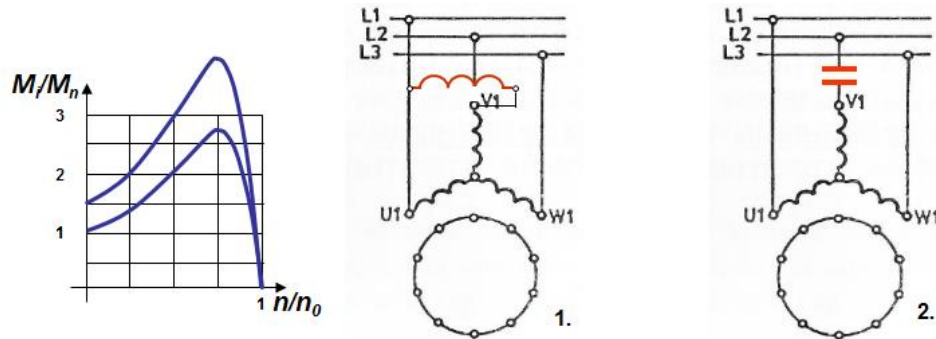
Elve: Az indítás alatt a motor állórészére a névlegesnél nagyobb feszültséget kapcsolunk így növekszik az indítónyomaték.

Jellemzőjük:

A feszültség növelésével a motor nyomatéka nő.

- Az indítás alatt a motor és a tápláló hálózat igénybevétele nagy.
- Nagy tömegek hirtelen gyorsítását teszi lehetővé.
- Két megoldás terjedt el:
- **Egyfázisú takarékkapcsolású transzformátor alkalmazása**
- **Az egyik fázisba kapcsolt kondenzátor alkalmazása.**

- A frekvenciaváltók megjelenése alkalmazásukat feleslegessé tette.



100. ábra Goromba indítás

7.2. Frekvenciaváltó

Elve: A motort tápláló feszültség nagyságát és frekvenciáját változtatja vezérléssel vagy szabályozással.

Jellemzői, funkciók:

- **Indítási módok** (hagyományos, repülőstart, időzített, stb.)
- **Fékezési módok** (időzített, dinamikus, szabadonfutó, stb.)
- **Mérések** (P, U, I, w, s, t, stb.)
- **Nyomaték-szabályozás:** indításkor, terhelési igény szerint, fékezéskor
- **Energiavisszatáplálás:** a fékezési energia villamos energiává alakítva a hálózatba jut

Feladata:

Egyenfeszültséget változtatható értékű és frekvenciájú háromfázisú feszültséggé alakít.

Kivitele:

Egyfázisú kivitel

- Gazdaságosság (3,3 kW-ig)
- A hálózatot aszimmetrikusan terheli
- Az egyenirányított feszültség hullámossága jóval nagyobb, mint a háromfázisúé
- Háromfázisú kivitel
- A hálózati egyenirányító vezérlésével fokozatosan növekszik a töltőáram

Megoldások:

- Tirisztorok (75 kW felett, oltás nehéz)
- Gyűjtőjellel lekapcsolható tirisztor (GTO)
- Térvezérlésű tranzisztor (FET)
- Bipoláris tranzisztorok (Darlington kapcsolás)
- Bipoláris tranzisztor és FET kombinációja

Átalakítás elve:

- A váltóirányító vezérelt fékvezetői kapcsolóként működnek
- Váltakozva pozitív és negatív egyenfeszültséget kapcsolnak a motorra: üteme az el-
érni kívánt frekvenciának és feszültségnek megfelelően alakul.

Átalakítás módszere:

- Impulzus - amplitúdó moduláció (PAM)
- Impulzus - szélesség moduláció (PWM)

Felépítés:

- Teljesítmény-áramkör
- Vezérlő/szabályozó áramkör

Szerkezeti elemek

C – nagy kapacitású kondenzátor

L – szűrőfójtó

n₀ - feletti fordulatszámon a védelem a hajtást kikapcsolja: U_k nem emelkedhet.

Kondenzátor szerepe

Állandó feszültséget biztosít

- Motor kismértékben kisüti a kondenzátort
- Energiatárolást biztosít
- Energia felvétel (töltés): $U_{hálózat} > U_k$
- Energia leadás (visszatáplálás): $U_h < U_k$
- Kikapcsolás: a kondenzátor lassan sül ki
- Fékellenállás: gyors kisülés
- Több hajtás: nagy felharmonikus tartalom.

Induktivitás szerepe

- Csökken a hálózati áram csúcserőértéke
- Felharmonikus tartalom kedvezőbb
- Áramvezetés (időtartam) meghosszabbítására

Vezérlőként:**Fordulatszám változás:**

- Terheléstől és a motor jelleggörbétől függ.
- Szlip kompenzáció:

Fordulatszám változás kiegyenlítése

Árammal arányos visszacsatolt jel a frekvenciaváltón belül képezhető

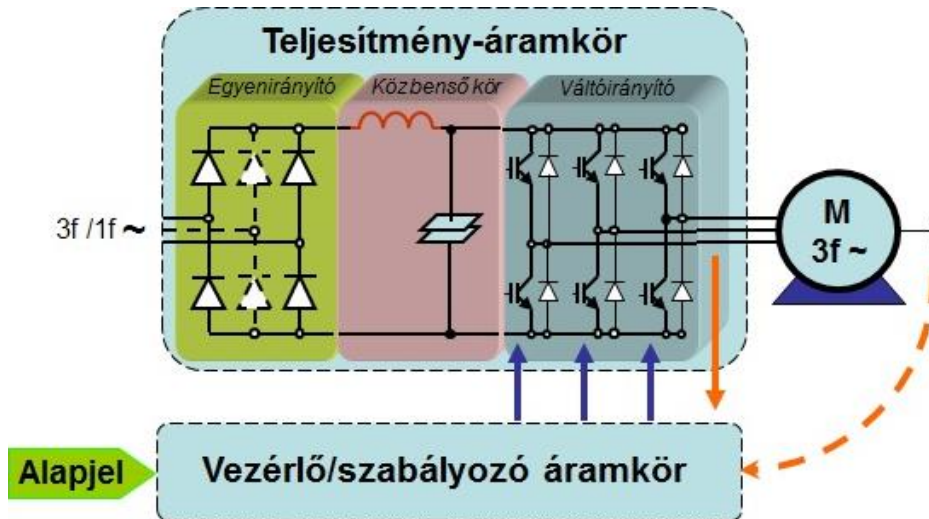
Motor induktivitás hatása:

A váltóirányító által előállított áram felharmonikusokat tartalmazó áram, amely alapharmonikus frekvenciájú és igen jó közelítéssel ideális szinuszos alakú.

Az áramkövetés késik a feszültséghez képest.

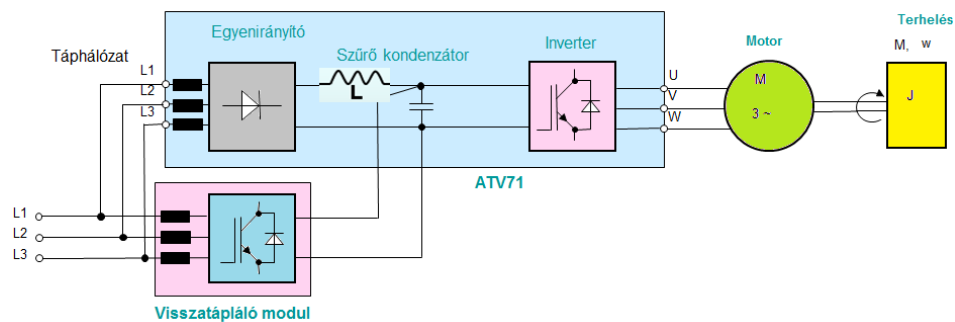
Szabályozóként:

- A hajtás fordulatszáma visszacsatolva
- Feszültség változtatással a kívánt fordulatszám érték beállítható.
- Statikus pontosság követelményekor alkalmazzák.
- Dinamikai tulajdonság csökken (késleltetés).



101. ábra Frekvencia szabályozó elvi felépítése

Érdekességként, külön részletezés nélkül, a 102. ábrán – egy hálózati visszatápláló – fékmodul – bloksémája látható.



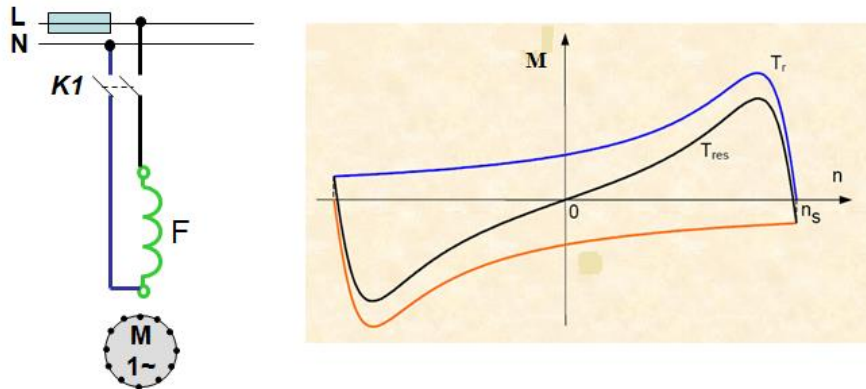
102. ábra Fékmodul bloksémája

7.7. Egyfázisú aszinkronmotor

7.7.1 Szerkezeti kialakítása, működése

Az egyfázisú motorok alkalmazását elsősorban az tette szükségessé, hogy nem mindenhol található háromfázisú váltakozó áramú rendszer. A szerkezeti felépítése hasonló, mint a

háromfázisú motoré. Az állórészen található az egyfázisú váltakozó áramú tekercselés. A forgórész kalickás forgórész. Amennyiben váltakozó feszültségre kapcsoljuk, lüktető mágneses mező jön létre, így a gép önmagától nem tud megindulni. Amennyiben külső segítséggel „megrántjuk”, úgy a forgórész elmozdulásának irányába megindul a forgórész, a motor működni fog. Ezt a problémát segédfázis alkalmazásával küszöbölték ki. A segédfázis alkalmazása mellett azonban szükség van indító, vagy állandó üzemű kondenzátorra, hogy az áram kilencven fokkal késsen a főfázishoz képest.



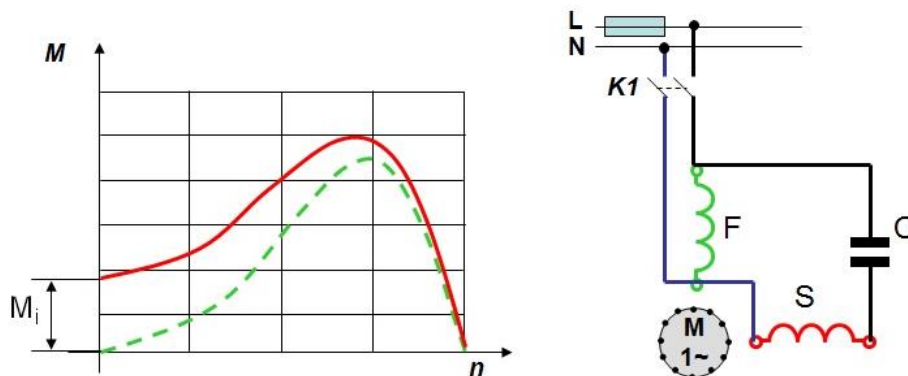
103. ábra Egyfázisú motor

A fordulatszám – nyomaték jelleggörbéből jól látszik, hogy $n=0$ értéknél a nyomaték is $M=0$ értékű. Amennyiben berántjuk a forgórészt, felpörög és a motor terhelhető.

7.7.2 Egyfázisú motor segédfázissal és kondenzátorral

A segédfázis és a kondenzátor állandóan üzemel:

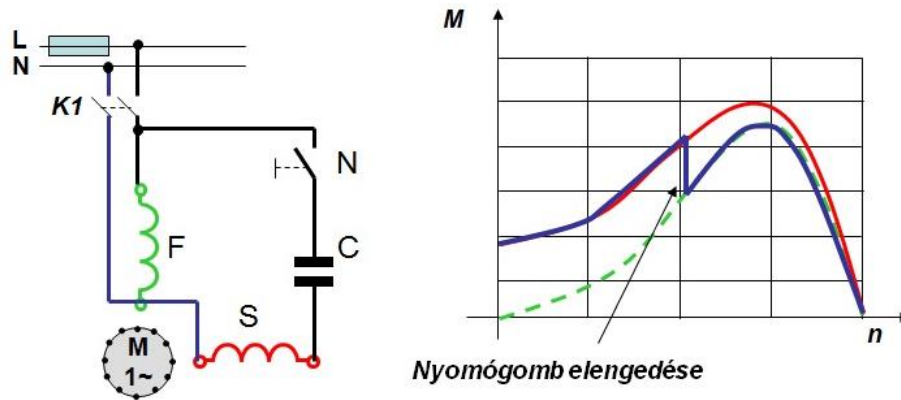
- van forgó mágnesmező,
- van indítónyomaték,
- megnövelt nyomaték a teljes fordulatszám tartományban



104. ábra Egyfázisú állandó segédfázisú motor

7.7.3 Egyfázisú motor segédfázissal és indító kondenzátorral

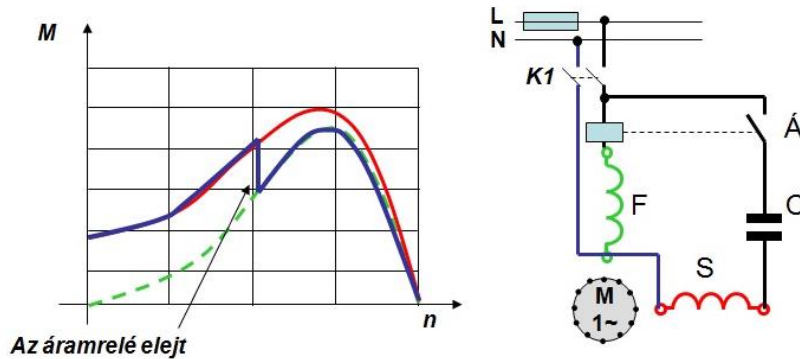
Indításkor N zárásakor kialakul a forgó mágnesmező, és van indítónyomaték. Felpörgés után N nyitása után a segédfázis és a kondenzátor nem üzemel. Üzem közben csak lüktető mágnesmező van.



105. ábra Indító kondenzátoros indítás

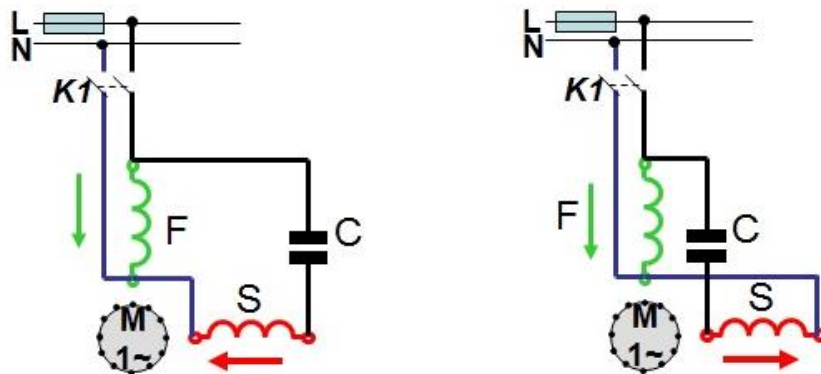
7.7.4 Indító relés egyfázisú motor

Indításkor nagy áramfelvétel hatására az áramrelé meghúz, forgó mágnesmező jön létre, van indítónyomaték. Felpörgés után az áram csökken, az áramrelé elejt, a segédfázis nem kap feszültséget, rajta áram nem folyik, lüktető mágnesmező van a működés során.



106. ábra Áramrelés egyfázisú motor indítás

7.7.5 Állandó üzemű segédfázis és kondenzátoros egyfázisú motor



107. ábra Segédfázisú és kondenzátoros egyfázisú kapcsolás

A forgás irányirányváltás valamelyik tekercs kapcsainak felcserélésével történik egyfázisú motor esetében. Háromfázisú motornál bármely két fázis felcserélésével érhető el forgásirányváltás.

7.3. Aszinkron motorok fékezése

Az aszinkron motorok fékezésére villamos és mechanikus fékezési eljárások terjedtek el. A mechanikus fékezésnek két módszere van:

- dobfék alkalmazása: a motor tengelyére dobféket szerelnek,
- tárcsafék: a motor tengelyére tárcsaféket szerelnek.

A másik fékezési eljárás a villamos fékezés, melynek négy módja ismeretes:

- dinamikus fékezés,
- ellenáramú fékezés,
- generátoros fékezés,
- aszimmetrikus fékkapcsolások.

Ezek után röviden tekintsük az egyes villamos fékezési módokat.

7.8.1 Dinamikus fékezés

Elve: Lekapcsoljuk a váltakozó áramú hálózatról a motor állórészét, így annak forgó mágnesmezeje megszűnik.

- Helyébe egyenfeszültséget kapcsolunk, amely álló mágnesmezőt kelt a gép belsejében.
- Az ebben forgó kalickákban feszültség indukálódik, amely áramot indít meg a kalicka vezetőiben.
- Ennek mágnesmezeje - **Lenz törvénye értelmében** - olyan irányú, hogy a kiváltó okot, a forgást igyekszik akadályozni, **fékezi a forgórészt**.

Jellemzői:

- Hatékony, gyors fékezést tesz lehetővé.
- 1 fázisú és 3 fázisú aszinkron motoroknál is alkalmazható.
- A fékhatás a fordulatszámától függ, $n=0$ közelében kevésbé hatásos.

- A fékhatás az egyenfeszültség növelésével fokozható. **(A maximális fékező egyenáram ne legyen nagyobb a motor névleges áramának effektív értékénél!)**
- A váltakozó- és az egyenfeszültség egyidejű bekapcsolása nem megengedett.
- Segédeszközöket igényel.
- Megvalósítása alacsony költségű.
- A motor károsodását nem okozza.

7.8.2 Ellenáramú fékezés

Elve: Lekapcsoljuk a váltakozó áramú hálózatról a motor állórészét, így annak forgó mágnesmezeje megszűnik. Fáziscsere után visszakapcsoljuk a hálózatra, ekkor a mágnesmező ellentétesen forog.

- A motor forgórésze az állórész mágnesmezejével szemben forog (kezdetben $s \sim 2$, $f_2 \sim 100$ Hz)
- A forgórész mágnesmezeje - Lenz törvénye értelmében - olyan irányú, hogy a kiváltó okot, a forgást igyekszik akadályozni, fékezi a forgórészt.

Jellemzői:

- Hatékony, gyors fékezést tesz lehetővé.
- 1f és 3f aszinkron motoroknál is alkalmazható.
- A fékhatás $n=0$ közelében is hatásos.
- **$n = 0$ elérésekor a 3f táplálást le kell kapcsolni!**
- Segédeszközöket igényel.
- Megvalósítása alacsony költségű.
- A motor károsodását nem okozza.

7.8.3 Generátoros fékezés

Elve: A motor állórészét a hálózatra kapcsolva hagyjuk. A motor forgórésze az állórész forgó mágnesmezejénél gyorsabban forog. A kalickákban feszültség indukálódik, amely áramot indít meg a kalicka vezetőiben.

- Ennek mágnesmezeje - **Lenz törvénye értelmében** - olyan irányú, hogy a kiváltó okot, a **szinkron fordulatszámnál gyorsabb forgást** igyekszik akadályozni, **fékezi a forgórészt.**

Két megoldása terjedt el:

- **Süllyesztéses fékezés:**
 - Daruknál a teher süllyesztésekor fordul elő.
 - A forgórész fordulatszáma növekszik a mágnesmező fordulatszáma fölé.
- **Frekvenciaváltásos fékezés:**
 - Dahlander motoroknál alacsonyabb fordulatra kapcsoláskor, vagy
 - Frekvenciaváltós táplálásnál a frekvencia csökkentésekor fordul elő.
 - A mágnesmező fordulatszáma csökken a forgórész fordulatszáma alá.

Jellemzői

- Energiavisszatáplálást tesz lehetővé
- Hatékony, gyors fékezést tesz lehetővé.

- 1f és 3f aszinkron motoroknál is alkalmazható.
- Segédeszközöket igényel.
- Megvalósítása alacsony/magas költségű.
- A motor károsodását nem okozza.

7.8.4 Aszimmetrikus fékkapcsolás

Elve: A motor állórészét a hálózatra kapcsolva hagyjuk. Az egyik fázist kikapcsolva a kalickákban feszültség indukálódik, amely áramot indít meg a kalicka vezetőiben.

Két megoldása terjedt el:

- 600-os elkötéssel
- Egyfázisú táplálással

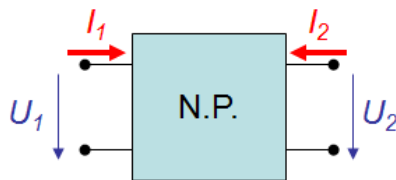
Jellemzői:

- Ma már nem használatosak
- Kis hatásfok (kis fékező hatás)
- Viszonylag egyszerű, alacsony költség

8. Transzformátorok

A transzformátor forgórész nélküli villamos gép. A gyakorlatban az átalakítók csoportjába tartozik. A váltakozó feszültségű hálózatokon feszültség-, áram átalakításra alkalmazzák.

Négy-pólus:



108. ábra A transzformátor, mint négy-pólus

Átalakítható jellemzők: feszültség, áramerősség, impedancia.

8.1. Transzformátorok felépítése

A transzformátor két fő szerkezeti részből áll, vasmagból és a tekercselésből.

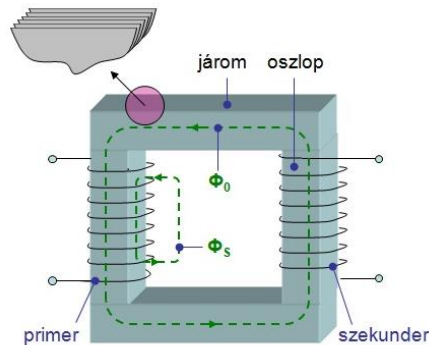
A vasmag feladata: a mágneses erővonalak kialakulásának segítése, a mágneses erővonalak útjának kijelölése.

Két fluxust különböztetünk meg:

- főfluxus, Φ_0 a vasmagban záródik
- szórt fluxus Φ_s a levegőn át záródik

A vasmaggal szemben számos követelményt támasztunk: mechanikai szilárdsága megfelelő legyen, ne legyen zajos, kicsi legyen a mágnesező áram. Ezért a transzformátorok vasmagját lemezelik, melyet hideg- és meleg hengerléssel állítanak elő.

A másik fő szerkezeti része a tekercselés, amely az elsődleges - primer -, illetve a másodlagos – szekunder - tekercsből áll.



109. ábra Transzformátor szerkezeti felépítése

A transzformátorok vasmag kialakítása láncszem-, mag vagy köpenytípusú. A mag típus lehet egyfázisú két-, háromfázisú három-, és ötoszlopos kivitelű. A köpenytípusú vasmag egyfázisú egy- és kétoszlopos, háromfázisú egy- és ötoszlopos. A láncszem típusú vasmag kialakításra jellemző, hogy a vasmag keresztmetszet állandó és ugyan azon az oszlopon helyezik el a primer- és szekunder tekercseket.

A tekercselések lehetnek hengeres és tárcsás kivitelűek, anyaguk általában vörösréz.

8.2. A transzformátorok működése

A transzformátorok működési elvét elegendőnek tartjuk az egyfázisú transzformátor működésén keresztül bemutatni, hisz többfázisú transzformátorok esetében a többi tekercrendszerben, vasmagon azonos jelenségek játszódnak le. A transzformátorok működését az egyes üzemiállapotok – üresjárás -, terhelési üzemiállapoton keresztül ismertetjük. Természetesen szó lesz a rövidzársi- és párhuzamos kapcsolás jellemzőiről.

8.2.1 Villamos működési elv

A primer tekercsbe vezetett szinuszos áram hatására a vasmagban lüktető mágnesező alakul ki, amely a tekercsekben feszültséget indukál.

Az indukált feszültség Faraday – törvény alapján:

$$u_i = N \cdot \frac{d\Phi_0}{dt} (V)$$

$$u_i = N \cdot \frac{d\Phi_{0\max} \cdot \sin \omega t}{dt} = N \cdot \Phi_{0\max} \cdot \cos \omega t$$

A keletkező feszültség csúcserőértéke:

$$u_{icsúcs} = N \cdot \Phi_{0\max} \cdot 2 \cdot \pi \cdot f$$

A feszültség effektív értéke:

$$U_i = \frac{N \cdot \Phi_{0\max} \cdot 2 \cdot \pi \cdot f}{\sqrt{2}} = 4,44 \cdot N \cdot \Phi_{0\max} \cdot f$$

A primer oldali feszültségegyenlet:

$$U_{i1} = 4,44 \cdot f \cdot N_1 \cdot \Phi_{0\max}$$

A szekunder oldali feszültségegyenlet:

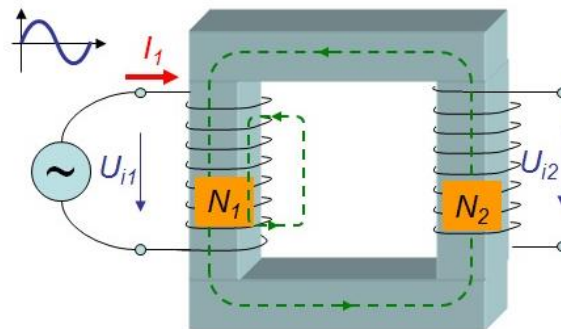
$$U_{i2} = 4,44 \cdot f \cdot N_2 \cdot \Phi_{0\max}$$

A transzformátor áttétel:

$$a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_{i1}}{U_{i2}} \approx \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Impedancia áttétel

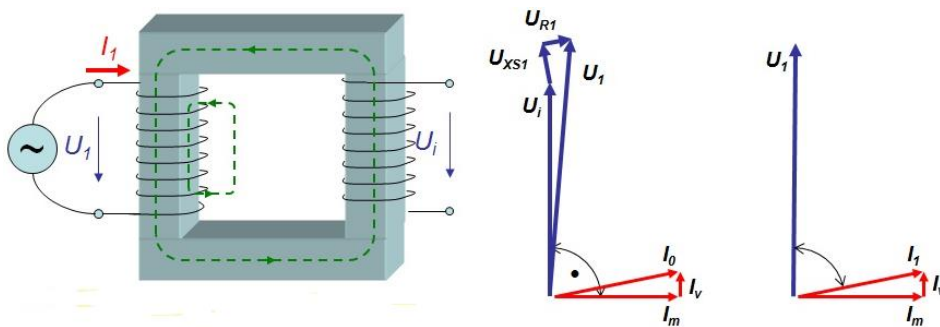
$$a_z = \frac{z_1}{z_2} \approx \frac{\frac{U_1}{I_1}}{\frac{U_2}{I_2}} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = a^2$$



110. ábra A transzformátor működési elve

8.2.2 Üresjárási üzemállapot

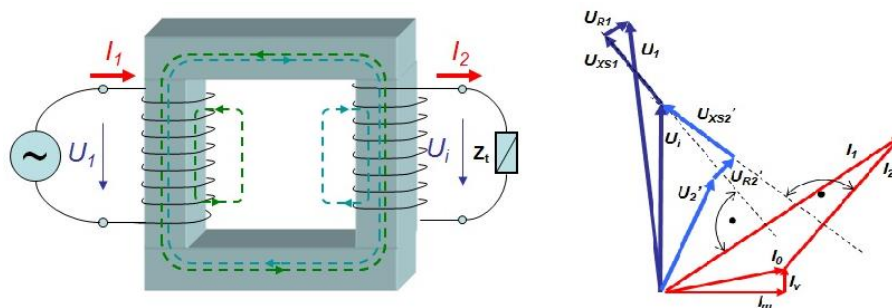
Az üresjárási üzemállapotban a transzformátor szekunder oldalán nincs terhelés, szabadon vannak a kivezetések. Üresjárásban a transzformátor által felvett energia a vasvesztés fedezésére fordítódik. Az üresen járó transzformátor árama közel 90^0 -ot késik a feszültséghez képest, egy veszteséges tekercshez hasonló.



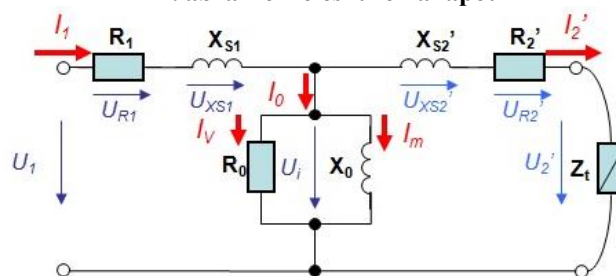
111. ábra Üresjárási üzemállapot

8.2.3 Terhelési üzemállapot

Terhelési üzem állapotban a transzformátor szekunder oldalára fogyasztót kapcsolunk. A transzformátor primer oldali feszültsége – U_1 – megindítja az I_1 primer áramot. Ez létrehozza a Φ_0 főfluxust. A mágneses mező változása indukálja a tekercsben a primer feszültséget. A szekunder tekercsben indukálódott feszültség I_2 áramot indít meg a terhelésen. Lenz törvénye szerint a primer tekercs mágneses mezejével ellentétes irányú fluxust létesít. Hatására a primer áram és a primer fluxus is megnövekszik annyira, hogy a két tekercs fluxusainak különbségeként az eredő fluxus közelítőleg az üresjárási üzemállapotnak megfelelő lesz. A terhelt transzformátor áramát (*nagyság és irány*) a fogyasztó határozza meg. Hatásfoka elérheti a 98 %-ot.



112. ábra Terhelési üzemállapot



113. ábra Terhelési üzemállapot helyettesítő képe

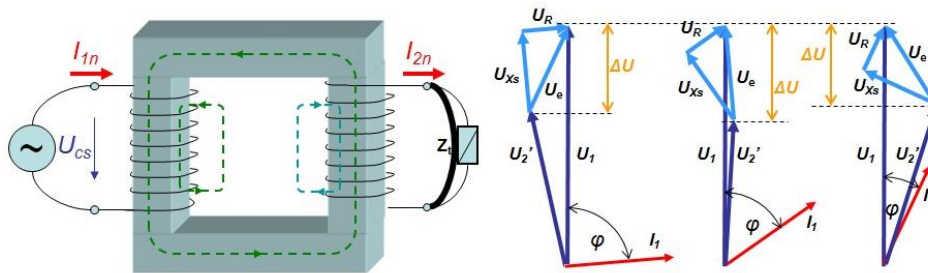
8.2.4 Rövidzárási üzemállapot

A rövidzárási üzemállapotban a szekunder oldalt rövidre zárjuk. Rövidzáráskor a transzformátoron a névleges áram sokszorososa folyik, ezért a károsodás megakadályozására túláramvédelemmel kell ellátni. A szekunder tekercsben indukálódott feszültség nagy zárlati áramot hoz létre. A transzformátorban lejátszódó folyamat eredménye, hogy a két fluxus eredője nulla értékű lesz. A szórt fluxusok igen nagy értékre növekednek. A rövidzárási mérésel meghatározható a transzformátor tekercsvesztesége, valamint a drop értéke. A transzformátor feszültségesése (ΔU) függ a fogyasztó jellegétől (I_1 irányától). A ΔU feszültségesés a középső vektorábrán a legnagyobb, itt $\Delta U \approx U_e$. Ha az I_1 nagysága nem csak az iránya változik, akkor az U_e iránya változik ugyan, de **nagysága állandó**, ezért: a **névleges feszültségesést az I_n hatására fellépő U_e** . Az U_e -t számítással, vagy mérésel lehet meghatározni. A méréshez olyan áramkört készítenek, amelyben:

U_e közvetlenül mérhető, nincs fogyasztó, a primer tekercsben a névleges áram folyik, rövidzár csökkentett feszültséggel.

A drop meghatározása:

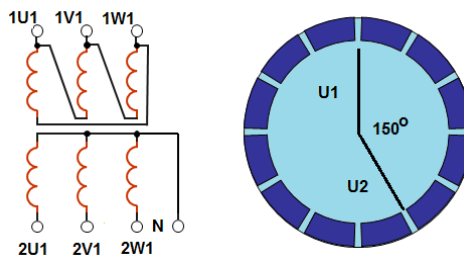
$$\varepsilon = \frac{U_{zn}}{U_n} * 100(\%)$$



114. ábra A rövidzárási üzemállapot

8.3. A transzformátor kapcsolási csoportja

Megadja a transzformátor primer és szekunder oldali tekercseinek kapcsolását, és a két oldal feszültségei közötti fáziseltolást.



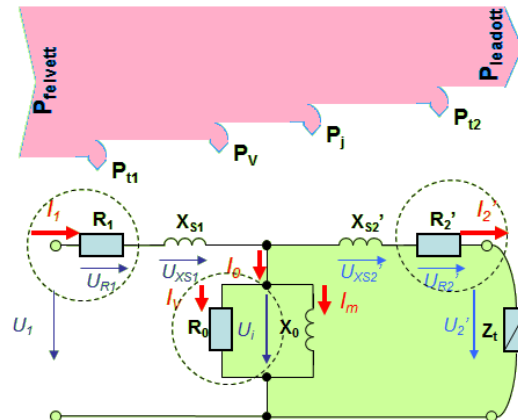
115. ábra Kapcsolási csoport

D = Primer oldali tekercselés kapcsolása

$Y_0 = A$ szekunder oldali tekercs csillagkapcsolási, kivezetett csillagponttal
 $5 = A$ szekunder tekercs $5 \cdot 30^\circ$ -ot készít a primer tekercshez képest.

8.4. A transzformátor veszteségei és hatásfok

A transzformátorok veszteségei a szalag diagramból jól leolvashatók.



Jelmagyarázat:

- $P_{felvett}$ teljesítmény
- P_{t1} a primer oldali tekercsveszteség
- P_v vasveszteség
- P_j járulékos veszteség
- P_{t2} a szekunder oldali tekercsveszteség
- $P_{leadott}$ teljesítmény

$$\eta = \frac{P_{leadott}}{P_{felvett}} * 100(\%)$$

8.1. Különleges transzformátorok

A különleges transzformátorokat csak tájékoztatás jelleggel említjük meg. A különleges transzformátorokat nem villamos energia átviteli célokra, hanem sajátos, különleges feladatok ellátására tervezték. A különleges transzformátorok a következők:

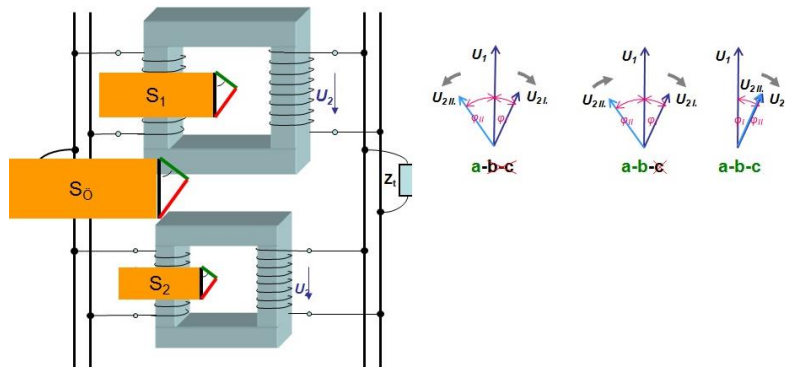
- takarékos transzformátorok
- mérőtranszformátorok (áramváltó, feszültségváltó)
- szabályozó transzformátorok
- szóró-transzformátorok
- hegesztő transzformátorok

8.2. Transzformátorok párhuzamos üzeme, vizsgálata

A transzformátorok párhuzamos üzemét a teljesítmény igény növekedése igényli. A párhuzamos kapcsolást a fogyasztói zavartatás nélküli „világos” áttéréssel kell megvalósítani.

A párhuzamos kapcsolás feltételei:

- a transzformátorok között kiegyenlítő áram ne folyjon,
- a transzformátorok a névleges teljesítményük arányában terhelődjenek,
- a dropok azonossága: a kisebb dropú terhelődik jobban maximum 0,5 % eltérés engedélyezett.
- transzformátorok teljesítményeinek aránya maximum 1/3.
- feszültségazonosság,
- kapcsolási csoport azonosság



116. ábra Transzformátorok párhuzamos kapcsolása

9. Villamos gépek meghibásodásai, javítási technológiák

A villamos gépek karbantartása, meghibásodásának kijavítása során először a gépek tisztítása történik, nagy gépek esetében szárazjég szórással. A szárazjég szórását generátorok és motorok esetében az állórész és forgórész tekercselések, ventilátorok tisztítására alkalmazzák. Technológiai sorrendje: hőszokk alkalmazása, szárazjég expanzió, kinetikus energia közvetítése. Ezt követi a hiba feltárása, diagnosztizálása. A hibafeltárás a hiba jellegétől függően történhet szigetelési vizsgálattal, tekercs ellenállásméréssel, repedés vizsgálattal, rezgés spektrum analízátor alkalmazásával, csapágyvizsgálattal, lézeres tengely vizsgálattal. Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a robbanásbiztos környezetben alkalmazott villamos gépek esetében az MSZ EN 60079 számú szabvány előírásai szerint kell eljárni. A hibafeltárást követi a gépek mechanikai és villamos hibáinak javítása, majd az üzembe helyezés előtti vizsgálatok elvégzése. A javítási vizsgálatokra vonatkozóan a Magyar Elektrotechnikai Egyesület – MEEI - „Szakmai irányelvet” - MEE.SZI 0401-2:2005 - adott ki.

A villamos gépek üzembiztos működése szempontjából nagyon fontos a folyamatos ellenőrzés, az előírt karbantartások elvégzése. A gépállapot-felügyelet során arra törekszünk, hogy állandó, vagy időszakos megfigyeléssel az előforduló rendellenességeket, szabálytalanságokat felfedjük. Az időben észlelés súlyos következmények megelőzését segíti

elő. Az állapotfelügyelet történhet on-line módon, hordozható készülékkel, vagy próbapadon. A villamos gépek diagnosztizálása során működési paramétereket, rezgéseket, zajokat, áram – és feszültségértékeket, sokk-impulzusokat, tranziens túlfeszültségeket, nyomtatékat, hőmérsékletet, mechanikai állapotokat vizsgálunk.

9.1. Villamos gépek jellegzetes hibái

A villamos forgógépek általában nem túlzottan bonyolult gépek, meghibásodásuk mégis nagyon sokféle lehet. A meghibásodásokat különböző szempontok szerint csoportosíthatjuk. Így eredetük szerint lehetnek mechanikus, villamos, környezeti és kezelésből adódó hibák. A szerkezeti hibák a gép alapozásától az ismertett szerkezeti elemek meghibásodásáig terjedhetnek.

9.1.1 Forgórész diagnosztikai vizsgálatai

Az eredetileg megbízható szigeteléssel készített, hosszabb ideje üzemelő forgórészek jelentős hányada, tapasztalataink szerint, több-kevesebb zárlatjellegű hibát tartalmazhat. A kisebb menetzárlat tünetmentes, míg a nagyobb mértékű menet-, vagy tekercszárlat következménye a növekvő gerjesztő áram és a növekvő csapágyrezgés. Menetzárlat gyanúra ad okot a gerjesztéssel jelentősen változó értékű forgási frekvenciás rezgés jelenléte.

9.1.2 Ellenállás, impedancia mérés

A forgórész hibák diagnosztikai vizsgálatainak szokásos módszere a tekercselés ohmos ellenállás mérése, a tekercselés főszigetelésének szigetelési ellenállás mérése, a tekercselés impedancia mérése, valamint a tekercselés valamilyen rendszerű menetzárlat-vizsgálata. A szigetelési ellenállás nagymértékben függ a forgórész hőmérsékletétől, a szigetelések felületi szennyeződésétől, a környezet páratartalmától.

9.1.3 Menetzárlat-vizsgálat

Az 50 Hz-es váltakozó árammal az egyszerűen kivitelezhető eljárások közé tartozik. Elvégezhető állórészből kifüzetlen és kifüzetett állapotban is. Általában e mérések hasonló módon értékelhetők, mint a tekercselés ohmos ellenállás méréséből kapott eredmények.

9.1.4 A forgórész mechanikai állapotának vizsgálata

E vizsgálatok során kell ellenőrizni a forgórész mechanikailag legnagyobb igénybevételnek kitett részeit, mint radiálhornyú forgórészek esetén a tekercsfejeket rögzítő bandázs sapkák repedésmentességét, párhuzamos hornyú forgórészek esetében a tengelyvég felerősítő csavarok állapotát, a tengelyvégek és tömbvégek összeerősítő felületeinek repedésmentességét, a tekercselést rögzítő ékelés és bandázsolás állapotát. A vizsgálati csoportba tartoznak a ventilátor és egyéb nagy igénybevételnek kitett szerkezeti elemek repedésmentességének vizsgálatai.

9.1.5 Az állórész diagnosztikai vizsgálatai

A tervezés során valamennyi igénybevételt igyekeznek figyelembe venni, ennek ellenére az üzemeltetés során előforduló normális és rendkívüli igénybevételek hatására az elemek fáradnak, kopnak. A diagnosztikai vizsgálatok feladata felderíteni az esetleges hibákat,

illetve kedvezőtlen folyamatokat. A diagnosztikai vizsgálatok egy része elvégezhető a forgórész kifűzése nélkül, mint a szigetelési ellenállásmérés, a tg delta- és részleges kisülés-mérés. A forgórész kifűzése után lehet elvégezni a lemeztést vizuális-, tömörségi- és villamos vizsgálatait, a tekercselés horonyba rögzítésének (horony ékelésének), valamint a tekercsfejek és elkötések/kivezetések mechanikai rögzítésének vizsgálatát, a villamos gép belső terében lévő mechanikai elemek (hűtők, különböző rendeltetésű szondák, érzékelők, felfüggesztések stb.) mechanikai állapotát is.

A **lemeztést állapotvizsgálata** történhet szemrevételezéssel, amely kiterjed a tisztaság, épség, a bevonatrendszer elszíneződésének és állagának vizsgálatára. Az elszíneződések minden esetben rendellenességre utalnak, amelyek lehetnek termikus eredetűek, de lehetnek lazulásból származó kopások is. Folyamatosan ellenőrizni kell a vaszárlat-menteséget. Az **állórész-tekercselés szigetelési ellenállásának** mérése a villamos kapcsolással, fázis tekercselésenként történhet A szigetelési ellenállásmérő 1000 – 5000 V DC műszer.

A vizsgáló feszültség nagysága új tekercselés esetén $U_{pr} = 2xU_n + 1000$ V, 50 Hz, 60 másodperc időtartamban.

A **tg deltamérése** fázisonként történik úgy, hogy a mérések során a nem vizsgált tekercselemeket testpotenciálra kötik. A vizsgáló feszültséget általában $0,2xU_n$ lépcsőkben emelik a névleges feszültségig, esetleg $1,2-1,4xU_n$ -ig. A mérések során lépcsőnként rendre rögzítik a tekercs kapacitásának értékét is. Feszültséglépcsők függvényében, a tg delta és kapacitás változás jellege függ a tekercs főszigetelésének anyagi tulajdonságaitól (anyagjellemző), de jelentősen függ a szigetelés belső tulajdonságainak mindenkori állapotától is.

Állórész-tekercselés részleges kisülmérés a tekercselés főszigetelés belső szerkezetének a szigetelés és a lemeztést horonyfala közötti szükségszerűen meglévő hézag villamos terének potenciálvezérlésére kialakított bevonatrendszer állapotának meghatározására szolgál E módszer alkalmas a tekercsszigetelés és a rézvezető közötti kapcsolat állapotának meghatározására is.

A **rezgésdiagnosztikai** vizsgálatok a villamos forgógépek diagnosztikai vizsgálatainak szerves részét képezik. Kiterjednek a csapágy-, tengely-, állórész- és egyéb fontos elemek rendszeres vizsgálatára. A rezgéskeltésben esetenként szerepe van a **csapágyazásnak** is, mind gördülő, mind siklócsapágyak lehetnek kedvezőtlen esetben jelentős rezgéskeltő elemek.

9.2. Villamos gépek javítása

A javításokkal kapcsolatosan az alábbi rendszerezésen keresztül szeretnénk rövid áttekintést adni.

9.2.1 Mechanikus javítások

Tengelyfeltöltés, újraszabályozás, ékpálya javítás, újramarás, pajzsok perselyezése, csapágyak cseréje, kiegyensúlyozás.

9.2.2 Hibafelmérés utáni munkafolyamatok

Villanymotor szétszerelése, csapágyak lehúzósa, tekercsek kibontása, tekercselési adat felvétele, villanymotor állórész tisztítása, tekercs készítése, villanymotor tekercselése, javítás utáni vizsgálatok.

9.3. Javítás utáni vizsgálatok

- szemrevételezés
- szigetelést ellenőrző vizsgálatok
- villamos szilárdsági vizsgálatok
- szivárgó áram mérése
- túlpörgetés vizsgálat
- védővezető vizsgálat

9.4. Különleges gépek vizsgálata

A részletes villamos szilárdság vizsgálati előírásokat, továbbá a szinkron generátorokra, az aszinkron motorokra, a gerjesztő gépekre és a villamosan összekapcsolt gépekre és készülékekre vonatkozó próbafeszültség értékeket az MSZ EN 60034-1 szabvány tartalmazza.

9.1. Működési próbák

Ellenőrizni kell: a forgásirányt, a polaritást vagy fázissorrendet, a nyugodt járást. Ellenőrizni kell a villamos forgógép rendeltetésszerű működését a gép sajátosságainak megfelelően, a gyártói paraméterek és a gépkönyv figyelembevételével. A működési próbákat az MSZ EN 60034 szabványsorozat vizsgálati előírásainak figyelembe vételével célszerű elvégezni. A működési próbák során legalább a következőket célszerű ellenőrizni: bejáratás, üresjárás, és kommutáció megfelelősége. Kizárólag a minden szempontból kifogástalanul működő gép minősíthető megfelelőnek!

9.5.1 Bejáratás

A forgógépet javítás és összeszerelés után, de az üresjárás vizsgálat előtt be kell járatni. A bejáratás ajánlott ideje:

- A gördülő csapágyas gépeknél: < 10 kW (kVA), legalább: 15 perc,
- > 10 kW (kVA), legalább: 1 óra > siklócsapágyas gépeknél: az itt közölt idők háromszorosa.
- A bejáratás során ellenőrizni kell:
 - a csapágyak melegedését (Δt), amely nem haladhatja meg a 40 K-t, a kenőszerszert működését,
 - siklócsapágyas gépek esetében az oldaljátékot
 - a forgórész szabadon futását

9.5.2 Üresjárás

A motorok üresjárás vizsgálatát szabad tengelyvéggel, a generátorok üresjárás vizsgálatát nyitott kapcsokkal, tehát minden külső terhelés nélkül kell elvégezni. A gép üresjárás vizsgálatát a névleges feszültségen kell elvégezni, amikor a fordulatszáma:

- generátoroknál a névleges fordulatszámon,
- aszinkron, sönt jellegű váltakozó áramú, kommutátoros és egyenáramú motoroknál a névleges fordulatszám közelében van.

Egyenáramú gépek üresjárási vizsgálata:

Névleges feszültségen kell végezni.

Mérni kell:

- motoroknál: a fordulatszámot, az armatúra és a gerjesztés áramát,
- generátoroknál: a gerjesztés áramát és feszültségét.

Szinkrongépek üresjárási vizsgálata

Szinkron fordulaton és a névleges feszültségen kell végezni.

Mérni kell:

- a póluskerék gerjesztő áramát,
- a gerjesztő gép gerjesztő áramát és armatúrafeszültségét,
- többfázisú generátorok feszültségszimmetriáját, a vonali- és fázisfeszültségek effektív értékeinek eltérése nem haladhatja meg a + 1 %-ot.

A szinkrongépek üresjárási vizsgálata

Szemrevételezéssel kell ellenőrizni:

Az üresjárási mérés során a csúszógyűrűs gépeken ellenőrizni kell a kefék és a kefetartók szerelését és állapotát. A rövidre záró és kefeemelő szerkezettel ellátott gépeken a rövidre záró gyűrű működtetését többször is el kell végezni, és ellenőrizni kell, hogy a kefék felemelkednek-e a csúszógyűrűkről.

Mérési vizsgálatok

Névleges feszültségen mérni kell:

- az üresjárási áramot és a felvett teljesítményt.

Az üresjárási áram helyes értékét a névleges áram alapján lehet meghatározni.

9.5.3 Járulékos szerelvények ellenőrzése

Ellenőrizni kell az esetleges járulékos szerelvényeket is:

- megfelelő-e a névleges értékük,
- helyes-e a működésük,
- alkalmasak-e a tartós üzemre.

Járulékos szerelvények lehetnek, pl. centrifugál kapcsoló, áramrelé, ohmos, induktív, kapacitív ellenállás stb. Egyfázisú gépek esetében, ha azok üzemi kondenzátorral vannak ellátva, akkor a segédfázis adatait is mérni kell. A centrifugál kapcsoló vagy áramrelé helyes és megbízható működésének ellenőrzése céljából azokat legalább 20-szor kell működtetni.

9.5.4 Kommutátoros váltakozó áramú gépek vizsgálata

- szemrevételezéssel kell ellenőrizni:
- mérési vizsgálatok
- kommutáció vizsgálata

9.5.5 Egyenáramú gépek

A gép az üresjárástól a névleges terhelésig gyakorlatilag szikrammentesen járjon. Sima egyenáram esetén megengedett szikrázás legfeljebb: időnként jelentkező gyenge, pontszerű gyöngyözés kevés számú kefének; a kefe kis része alatt (legfeljebb: 1/4 mérőszámú

szikrázás). Egyenáramú segédpólusos gépek keféinek a gyártómű által beállított helyzetben kell lenniük. Segédpólus nélküli egyenáramú gépek kefehelyzetét a gyári beállítástól nem ajánlott elállítani.

9.5.6 Váltakozó áramú gépek

Az egyarmatúrás átalakító váltakozó áramú indításánál, valamint a váltakozó áramú kommutátoros motor indításánál fellépő kefeszikrázás ne befolyásolja a kefék és a kommutátor üzemképes állapotát.

Az újratekercselt kommutátoros gépeken a – tekercselés végelhúzásának esetleges változása vagy a kefetartók átalakítása miatt – a kefehíd új helyzetét próbatermi vizsgálattal kell megállapítani és bejelölni.

A gép szikrázási fokát a kommutátoron a kefe szélessége alatti szikrázás mértéke szerint kell értékelni.

Próbatermi vizsgálatok:

- rezgésmérés és áramfelvétel ellenőrzés
- festés ellenőrzés

10. Biztonságtechnika

10.1 Biztonságtechnika, érintés elleni védelem

A biztonságtechnika mindazon intézkedések, eszközök rendszere, mely a szándékos és a nem szándékos károkozás elleni – beleértve az emberi életet is - biztonságot hozza létre.

A villamos berendezéseknél függetlenül attól, hogy kis – vagy nagyfeszültségen üzemelnek veszélyes nagyságú feszültséggel kell számolnunk. Az üzemelő részek érintése esetén sem szenvedhetünk áramütést, mely szinte minden esetben súlyos sérülésekkel jár, de gyakori a halálos áramütés is. A balesetek súlyossága, illetve az emberi szervezet károsodása alapvetően két tényezőtől függ:

- az adott feszültség hatására fellépő áramerősség nagyságától,
- az áramütés időtartamától, azaz meddig voltunk az áramkör része.

A villamos áramütés számos tényezőtől függ:

- az emberi testen átfolyó áramerősség nagyságától,
- a frekvenciától,
- az érintkezés minőségétől,
- fizikai és lelki állapottól,
- az áram útjától.

A veszélyes, feszültség alatt álló részek ellen az érintés elleni védelem – érintésvédelem – megoldásai jelentenek hatékony megoldást. Az érintésvédelem a villamos berendezések üzemszerűen feszültség alatt nem lévő, de zárlat következtében feszültség alá kerülhető, vezető anyagú részeinek megérintéséből származó balesetek elkerülésére irányuló intézkedések összessége. Az érintés elleni védelem az üzemszerűen feszültség alatt álló részek véletlen megérintése ellen véd, amit alapvédelemnek, azaz áramütés elleni védelemnek

nevezünk. Az üzemszerűen feszültségmentes (tehát szabályosan megfogható, megérinthető) részek testzárlat miatt történő feszültség alá kerülése következtében alkalmazott védelmi módot nevezik hibavédelemnek.

Az általános esetre a veszélyesnek minősített érintési feszültség határértéke

$U_L < 50$ V váltakozó, vagy

$U_L < 120$ V egyenfeszültség.

Az emberi test várható ellenállásának csökkenése miatt a veszélyesség fokozott, váltakozó áram esetén az 50 V helyett

- 25 V vagy 12 V határértéket, egyenáram esetén 120 V helyett
- 60 V vagy 30 V értéket ír elő a szabvány

Az alapvető érintés elleni védelem kapcsán szólni kell az érintésvédelmi osztályokról, melyet az adott készüléken fel is tüntetnek, megkülönböztető jelzéssel látnak el.

Négy érintésvédelmi osztály létezik:

- Nulla „O” érintésvédelmi osztály: a villamos berendezés nincs önmagában ellátva érintés elleni védelemmel.
- „I” érintésvédelmi osztály: a villamos berendezés rendelkezik védővezető csatlakoztatására alkalmas kapoccsal, bármely védővezető érintésvédelemhez csatlakoztatható.
- „II” érintésvédelmi osztály: a villamos berendezés fémtestét kettős vagy megerősített szigetelés választja el az üzemszerűen feszültség alatt álló részekről.
- „III” érintésvédelmi osztály: a villamos berendezés táplálását érintésvédelmi törpefeszültséggel (maximum 50V AC, vagy 120V DC) oldják meg.



„I”



„II”



„III”

117. ábra Érintésvédelmi osztályok jelölése

A szabvány általánosságban a következő védelmi módok alkalmazását engedi meg:

- a táplálás önműködő lekapcsolása,
- kettős, vagy megerősített szigetelés,
- villamos elválasztás egy fogyasztó készülék táplálása esetén,
- törpefeszültség (SELV vagy PELV).

A táplálás önműködő lekapcsolása védelmi mód esetében az alapvédelem az aktív részek alapszigetelésével vagy védőfedéssel, vagy védőburkolattal van kialakítva. A hibavédelem hiba esetén a táplálás önműködő lekapcsolásával, emellett egyen potenciálú összekapcsolóval van megoldva. Ha szükséges, legfeljebb 30 mA névleges kioldóáramú áram-védőkapcsolóval kell biztosítani a kiegészítő védelmet. (Hazánkban megengedett a 100 mA érzékenységű áram-védőkapcsoló alkalmazása a szabadtéri berendezések esetében.)

Az MSZ 2364-410:2002 szerint a TN rendszer (nullázás) ott alkalmazható, ahol annak feltételei teljesülnek. A kisfeszültségű közcélú hálózat nullázott hálózat. A védővezetőt

nullázás esetén nullázó vezetőknek, védőföldelés esetén földelővezetőknek nevezik. A védővezető betűjele a PE, ami a Protective Earth (védőföld) angol szavak betűjeléből.

A szabványos színjelölése a PE és PEN vezetőknek zöld-sárga. A nullázás alapelve, hogy a PEN vezetőt –nullázó vezetőt a védett villamos berendezés testét a villamos hálózat földelt üzemi vezetőjével kötik össze Testzárlat esetén az ún. nullázási hurokimpedancián (ellenálláson) akkora hibaáram alakul ki, mely a túláram védelmi szervet (biztosító, kismegszakító) biztosan működteti. A nullázott rendszerek három fajta kiépítésben működhetnek, TN-C, TN-S, TN-C-S rendszerben. Nagyon fontos, hogy a PEN vezető szétválasztása után – TN-C- már nem szabad újra összekötni.

A nullázásos érintésvédelmi mód méretezési összefüggése:

$Z_S * I_a \leq U_o$, ahol U_o a fázisfeszültség, Z_S a zárlati áramkör hurokimpedanciája (amit az esetek nagy részében gyakorlatilag azonos a hurokellenállással),

I_a az érintésvédelmi kikapcsoló szerv kioldási árama. Az olvadóbiztosító és kismegszakító esetén a kioldási áram a hazai gyakorlatban: $I_a = \alpha * I_B$, ahol I_B a biztosító vagy kismegszakító névleges árama. Az α szorzó értékét a vonatkozó szabvány rögzíti.

Áram-védőkapcsoló esetén a kioldási áram: $I_a = \Delta I_n$ (pl. 30 mA, 100mA, stb.)

A másik érintésvédelmi mód a védőföldelés, melynek alapelve, hogy a zárlat esetén a villamos berendezés fémtestén megjelenő hibafeszültségnek az érintési feszültség alatt kell maradnia

A testen megjelenő feszültséget a földelési ellenállás és a zárlati áram szorzata határozza meg. A védőföldelés méretezéskor alkalmazott összefüggés:

$R_A * I_a \leq U_L$, ahol R_A a védőföldelés földelési ellenállása, I_a az érintésvédelmi kikapcsoló szerv megszólalási árama, Az olvadóbiztosító és kismegszakító esetén a kioldási áram a hazai gyakorlatban a nullázáshoz hasonlóan:

$$I_a = \alpha * I_B$$

Az áram-védőkapcsolókat csak a TN-S rendszerben, vagy a TN-C-S rendszer TN-S ágában lehet használni, hiszen ezek a készülékek a nullavezetőt is megszakítják. A TN-C rendszerben ezeket nem szabad használni, hiszen itt a védő- (PE) és a nullavezető (N) egyesített (PEN).

A készülékek testzárlati áramok érzékelésén túl alkalmasak áramkörök zárására, bontására vagy leválasztására. Ez nem jelent rövidzárlat és túlterhelés elleni védelmet, ezért mindenképpen szükséges kismegszakítót is választani az áram-védőkapcsoló elé.

A készülék fő funkciója a betáplálási pontok védelme. A speciálisan háztartási, kommunális és kisebb ipari jellegű alkalmazásokhoz tervezett áram- védőkapcsoló olcsón kínálnak hatékony védelmet. A 30, 100, 300, 500 mA pillanatkioldású vagy 300, 500 mA szelektív típusok 2- és 4-pólusú kivitelben készülnek. Az EPH kialakításának a lényege, hogy az ember környezetében a különböző fémcsöveket és fémszerkezeteket és földeléseket összekötünk egymással, hogy ne tudjon kialakulni potenciál különbség. Célja: az áramütéses baleseteket kizárása. Az EPH kialakítás az érintés elleni védelem része. Minden olyan szerkezeti idegen vezetőképes részt, amely normál használat esetén hozzáférhető (ideértve a fémes központi fűtési, klíma berendezéseket), sőt még a vasbeton épületek fémszerkezeteit is, ha ezek a fémrészek hozzáférhetőek és egymással megbízhatóan össze vannak kötve. Nem kell viszont EPH - t kiépíteni olyan helyeken, ahol nincs védővezetős érintésvédelem kialakítva, (pl. olyan aknában, helységben, ahol minden villamos szerkezet törpefeszültségű, kettős szigetelésű vagy védőelválasztásról táplált).

Az EPH gerincvezetők keresztmetszete:

- réz vezető esetén 6 mm² ,
- alumínium esetén 16 mm²,
- acél esetén 50 mm² - nél nem lehet kisebb.

A védőelválasztás a villamos berendezések olyan érintésvédelmi megoldása, amelynél a villamos táplálást a földtől elszigetelt rendszerről oldják meg. Előírás, hogy a rendszerről csak egyetlen fogyasztó táplálható. Amennyiben a fogyasztó testzárlatossá válik, a föld-függetlenség és a tápláló áramforrás szigetelése megakadályozza a zárlati áramkör kialakulását, illetve az áramütéses bekövetkezését. A védőelválasztás táplálására leggyakrabban transzformátort használunk. A védőelválasztó transzformátor áttétele 1:1.

A transzformátornak meg kell felelnie az MSZ 9229, vagy az MSZ EN 61742 követelményeinek. A transzformátor névleges feszültsége nem lehet nagyobb 500 V – nál.

A transzformátor szekunder oldalát földelni TILOS!

10.2. A szerelői ellenőrzés végrehajtása

A védővezetős érintésvédelmi módok szerelői ellenőrzése során a következő vizsgálatokat kell elvégezni:

Megtekintéssel, illetve működési próbával kell ellenőrizni:

- a védővezetőnek, a védővezető kötéseinek és csatlakozásainak sértetlen állapotát minden, bontás nélkül látható helyen;
- az érintésvédelmi kikapcsolást végző biztosítóbetétek, túláramvédelmi vagy egyéb kikapcsolószerkek sértetlen állapotát; a mechanikus működésű túláramvédelmi vagy egyéb kikapcsolószerkek (pl. áram-védőkapcsolók, gerjesztőkapcsolók) működőképességét egymás után legalább háromszor végzett működési próbával; a próba lehet mechanikus vagy villamos, a kapcsolás történhet a kapcsolt hálózat terhelt, terheletlen vagy feszültségmentes állapotában. Az áram- és feszültség-védőkapcsoló ellenőrzését mindig a próbagomb megnyomásával kell végezni.
- az állandó szigetelés-ellenőrző berendezés és/vagy földzárlatjelző működését korlátozott áramú (ellenálláson keresztül létrehozott) mesterséges földzárlattal.
- Villamos működési próba alkalmával ellenálláson (az áram-védőkapcsolóba épített próbaellenálláson, feszültségérzékelőn, próbálámpán, vagy külön e célra megválasztott ellenálláson) át testzárlatot vagy földzárlatot kell előidézni. Eközben azt kell megfigyelni, hogy az érintésvédelmi kikapcsolás késleltetés nélkül vagy a megengedett időn belül működik-e.
- Mechanikus működési próba alkalmával az érintésvédelmi kikapcsolást indító relé vagy kioldó fegyverzetét kell mechanikus mozgatással a kikapcsolást indító állásba hozni. Eközben azt kell megfigyelni, hogy az érintésvédelmi kikapcsolás késleltetés nélkül, vagy a megengedett időn belül működik-e.
- A védővezetők rögzítetten szerelt szakaszain ellenőrizni kell a védővezető folytonosságát.
- A szerelői ellenőrzések során meg kell vizsgálni, nem történt-e fázisvezető-védővezető, illetve nullázás esetén fázisvezető – nullázó vezető csere.

10.3. MSZ 1585 Villamos berendezések üzemeltetése

A villamos berendezések üzemeltetése során be kell tartani az MSZ 1585 Villamos berendezések üzemeltetése vonatkozó szabvány előírásait.

Az adott villamos berendezés azonosítása után, a következő öt alapvető követelményt kell teljesíteni az itt meghatározott sorrendben, a villamos berendezés feszültségmentesítéséhez, hacsak nincs alapvető ok a sorrend megváltoztatására:

- leválasztás;
- visszakapcsolás elleni biztosítás;
- a villamos berendezés feszültség nélküli állapotának ellenőrzése;
- földelés és rövidre zárás végrehajtása;
- a közeli, aktív részek elleni védelem biztosítása.

A feszültségmentesítés követelményeinek teljesítésére szolgáló műveletek, kivéve a villamos működtetésű kapcsolásokat, feszültség alatti vagy feszültséghez közeli munkának minősülnek. A leválasztás során egyfázisú hálózaton egyidejűleg a fázis és nulla vezetőt, míg háromfázisú hálózaton legalább a három fázisvezetőt egyidejűleg kell megszakítani.

Teljes körű leválasztás

A villamos berendezésnek azt a részét, amelyen munkavégzés folyik, le kell választani az összes tápforrásról. A leválasztást léggözzel vagy azzal egyenértékű hatékonyságú szigeteléssel kell megoldani, amely biztosítja, hogy a leválasztási ponton átütés nem lép fel.

Természetesen a leírt érintés elleni védelemmel teljes körűen nincs mód foglalkozni, de egy kis áttekintést szükségesnek tartottunk. Természetesen mindenkinek érdeke, hogy a munkavégzés során betartsa és betartassa a z előírt munkavédelmi és biztonságtechnikai előírásokat. Tisztában legyen az elsősegélynyújtás legalapvetőbb ismereteivel. (pl. elsősegélynyújtás, védőeszközök, védőfelszerelés használata, technológiai fegyelem betartása, stb.)

11. Szabványjegyzék

MSZ 1:2002 Szabványos feszültségek

MSZ 453:1987 Biztonsági táblák erősáramú villamos berendezések számára

MSZ 1585:2012 Villamos berendezések üzemeltetése

MSZ 2040:1995 Egészségügyi intézmények villamos berendezéseinek létesítése

MSZ 2364-200:2002 Nemzetközi elektrotechnikai szótár. 826. kötet: Épületek villamos berendezéseinek létesítése

MSZ 2364-410:1999 Épületek villamos berendezéseinek létesítése. 4. resz: +1M:2004 Biztonságtechnika. 41. kötet: Áramütés elleni védelem

MSZ 2364/MSZ HD 60364 sorozat: Kisfeszültségű villamos berendezések

MSZ 4851 sorozat: Érintésvédelmi vizsgálati módszerek

MSZ 16040: sorozat: Statikus feltöltődés

MSZ EN 50110-1:1999 Villamos berendezések üzemeltetése

MSZ EN 50209:1999 Nagyfeszültségű villamos gépek tekercsrúd- es tekercs szigetelésének vizsgálata

MSZ EN 60071:2006 Szigeteléskoordináció

MSZ EN 60269 sorozat: Kisfeszültségű biztosítók

MSZ EN 60034 sorozat Villamos forgógépek

MSZ EN 60034-1:2001 - 1. resz: Névleges es szemi jellemzők

MSZ EN 60034-3:1999 - 3. resz: Szinkron turbógenerátorok egyedi jellemzői

MSZ EN 60034-15:1999 - 15. resz: Lökőfeszültség-terhelhetőségi szintek előformázott állórész-tekercselésű váltakozó áramos forgógépekhez

MSZ IEC 60050-411:2000 Nemzetközi elektrotechnikai szótár, 411. kötet: Villamos forgógépek

MSZ EN 60079 sorozat Villamos gyártmányok robbanóképes gázközegben

MSZ EN 60204 sorozat Gépi berendezések biztonsága. Gépek villamos szerkezetei

MSZ EN 60349-1:2000 Villamos vontatás. Villamos forgógépek vasút és közúti járművekhez. 1. resz: Gépek az elektronikus átalakítóról táplált váltakozó áramú motorok kivételével

MSZ EN 60439 1 – 5 sorozat: Kisfeszültségű kapcsoló és vezérlő berendezések

MSZ EN 60529:2001 Villamos gyártmányok burkolatai által nyújtott védettségi fokozatok

MSZ EN 606017: sorozat: Villamos rajzjelek

MSZ EN 60898 sorozat: Villamos szerelési anyagok.

MSZ EN 60947 sorozat: Kisfeszültségű kapcsoló és vezérlő készülékek

MSZ EN 61008:2009 Áram-védőkapcsolók beépített túláram védelem nélkül

MSZ EN 61008:2009 Áram-védőkapcsolók beépített túláram védelemmel

MSZ EN 61140:2003 Az áramütés elleni védelem. A villamos berendezésekre vonatkozó közös szempontok

MSZ EN 61557 sorozat Legfeljebb 1 kV váltakozó és 1,5 kV egyenfeszültségű elosztórendszerek villamos biztonsága. A védelmi intézkedések vizsgálatára, mérésére vagy megfigyelésére szolgáló berendezések

MSZ HD 588.1 S1:1998 Nagyfeszültségű vizsgálati módszerek. 1. resz: Általános (IEC 60060-1:1989) fogalom meghatározások és vizsgálati követelmények

MSZ EN 60742:1998 Elválasztó transzformátorok és biztonsági elválasztó transzformátorok

Szakmai irányelv MEE.SZI 0401-1:2005 Javítás utáni vizsgálatok: 1. rész: Háztartási és hasonló jellegű villamos gépek és készülékek javítás és módosítás utáni vizsgálatai

Szakmai irányelv MEE.SZI 0401-1:2005 Javítás utáni vizsgálatok: 2. rész: Villamos forgógépek javítás és módosítás utáni vizsgálatai
28/2011. (IX. 6.) BM rendelet, Országos Tűzvédelmi Szabályzat

12. Felhasznált irodalom

Farkas András: Aszinkron gépekkel kapcsolatos mérések, Műszaki Könyvkiadó 1987
Géring Tibor Holczhauser Albert – Szerzői kollektíva: Villamos gépek és készülékek szerkezetana, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1970
Magyar István: Villamos gépek I. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1985
Malya János: Villamos gépek, Műszaki Könyvkiadó Budapest 1999
Máté Lajos: Villamos forgógépek szerelés, hibakeresés, helyszíni javítás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1965
Szerzői Kollektíva: Elektrotechnikai szakmai ismeretek, Műszaki Könyvkiadó 1996
Szerzői Kollektíva: Elektrotechnikai táblázatok, Műszaki Könyvkiadó 1996