

Oktatási segédlet az Elektronika és elektrotechnika oktatásához

Szerző: Dr. Szilágyi Dénes

Nyíregyházi Egyetem

Műszaki és Agrártudományi Intézet

Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológia Tanszék

2018

Készült az alábbi pályázati projekt támogatásával:
EFOP-3.5.1-16-2017-00017 „NYE-DUÁL- Új utakon a duális felsőoktatással
a Nyíregyházi Egyetemen, az Északkelet-Magyarországi térség felemelkedéséért”

SZÉCHENYI 2020



Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

Tartalomjegyzék

1 Alapvető elektromos és mágneses elvek	1
1.1 Bevezetés a járművek elektromos rendszereibe	1
1.2 Bevezetés az elektromosság elméletébe	2
1.2.1 Elemek, atomok és töltés	2
1.3 Fogalmak és definíciók	4
1.4 Feszültség, áram és ellenállás	4
1.4.1 Vezetők	5
1.4.2 Ohm törvénye	6
1.4.3 Kirchhoff törvénye	6
1.5 Soros kapcsolás	7
1.6 Párhuzamos kapcsolás	8
1.7 Wheatstone híd	9
1.8 Az ellenállást befolyásoló tényezők	9
1.9 Elektromos teljesítmény és energia	10
1.10 Mágnesesség és mágneses erőter	12
1.10.1 Elektromágnesesség	13
1.10.2 Elektromágneses indukció	15
1.10.3 A generátorok elmélete	16
1.10.4 A motorok elmélete	17
1.10.5 Fogalmak	19
1.11 Elektromos erőterek	20
1.11.1 Coulomb törvénye	20
2 Kondenzátorok és tekercsek	22
2.1 Kondenzátor	22
2.1.1 Kapacitás	23
2.1.2 Kondenzátor soros kapcsolása	24
2.1.3 Kapacitások párhuzamos kapcsolása	25
2.1.4 A kondenzátorok fontos tulajdonsága	26
2.1.5 Változtatható kondenzátor	26
2.2 Induktorok	27
3 Akkumulátorok	28
3.1 Bevezetés	28
3.2 Az akkumulátorok célja	29
3.3 Az ólom (savas) akkumulátor	29
3.3.1 Töltés	31

3.4 Nikkel-Kadmium akkumulátorok.....	31
3.4.1 Elméleti működés.....	31
3.4.2 Hőinstabilitás.....	32
3.5 Akkumulátorok kapacitása	33
3.6 Az akkumulátorok töltése	34
3.7 Ni-Cd vs. ólom (savas) akkumulátor.....	35
3.8 Akkumulátor hőmérséklet.....	35
3.9 Akkumulátor kezelése	35
4 Kapcsolók és áramvédők	36
4.1 Kapcsolók	36
4.1.1 Billenőkapcsolók.....	36
4.1.2 Összekapcsolt kapcsolók	37
4.1.3 Nyomógombok.....	37
4.1.4 Billenőkapcsolók (rocker-button switch)	38
4.1.5 Forgó kapcsolók.....	38
4.1.6 Mikrokapcsolók	39
4.1.7 Reosztát.....	39
4.1.8 Időkapcsolók.....	39
4.1.9 Nyomáskapcsoló	40
4.1.10 Hőkapcsolók	41
4.1.11 Közelítéskapcsoló	41
4.1.12 Tehetetlenség kapcsoló.....	42
4.1.13 „Nyomd az ellenőrzéshez”	42
4.1.14 Relék.....	42
4.1.15 Szolenoid	43
4.1.16 Polarizált armatúra relé.....	44
4.2 Áramkör védelmi berendezések	45
4.2.1 Olvadásbiztosíték.....	45
4.2.2 Áramkorlátozók.....	46
4.2.3 Kismegszakítók	47
4.2.4 Visszám megszakítók.....	48
4.2.5 Mágneses áramköri megszakítók	48
5 Félvezetők	48
5.1 Vezetők, szigetelők és félvezetők.....	48
5.2 Tisztaság	49
5.3 Hőmérsékleti hatás	50

5.4 Lyukak.....	50
5.5 P-típusú és N-típusú anyag.....	51
5.6 Diódák	51
5.6.1 Nyitó irányú feszültség esés	53
5.6.2 Ellentétes feszültség.....	53
5.6.3 Jeldiódák (kis áramú).....	54
5.6.4 Egyenirányító dióda (nagy áramú)	54
5.6.5 A Zener dióda	54
5.6.6 Fény kibocsátó dióda (LED)	54
5.6.7 Az egyenirányító híd.....	55
5.6.8 Szilícium vezérelt egyenirányító (SCR)	55
5.7 A tranzisztor	56
6 DC generátorok és motorok	60
6.1 DC generátorok	60
6.1.1 A generátorok alapvető működési elve	60
6.1.2 Kommutátor	61
6.1.3 Feszültség szabályozók.....	65
6.1.4 Áram szabályozó.....	68
6.1.5 Minimálrelé (Generator Cut-out).....	68
6.1.6 Terhelésmegosztó áramkörök (repülőgépeknél)	69
6.2 DC Motorok	71
6.2.1 Ellentétes feszültség.....	72
6.2.2 Motor karakterisztika	72
6.2.3 Soros motorok.....	73
6.2.4 Párhuzamos (sönt) gerjesztésű motor	73
6.2.5 Vegyes (kompond) gerjesztésű motor	74
6.2.6 Osztott mezőjű motor	75
6.3 Aktuátorok (működtető elemek)	75
6.3.1 Lineáris aktuátorok.....	76
6.3.2 Forgó aktuátorok.....	76
6.3.3 Osztott tekercsű aktuátor	77
6.3.4 Korlátozó kapcsolók	78
6.3.5 Fékek	78
6.3.6 Kuplungok.....	78
7 AC alternátorok	79
7.1 Bevezetés	79

7.1.1 Fogalmak	79
7.2 AC generátor	80
7.3 Egyfázisú generátor	80
7.3.1 AC feszültség és áram mérése.....	81
7.3.2 Effektív értékek	81
7.4 Impedancia	83
7.4.1 Tiszta ellenállás.....	83
7.4.2 Induktív terhelés	84
7.4.3 Kapacitív terhelés	86
7.4.4 Ellenállás, Induktivitás és Kapacitás sorba kapcsolva.....	88
7.5 AC feszültség és áram vektor reprezentációja	89
7.5.1 Összefoglalás	90
7.6 Teljesítmény a váltakozó áramú rendszerben	90
7.6.1 Látszólagos teljesítmény	90
7.6.2 Valós teljesítmény	91
7.6.3 Teljesítmény tényező	91
7.6.4 A váltóáramú teljesítmény diagrammja	93
7.6.5 AC generátorok értékelése.....	93
7.7 AC generátor műszerek.....	94
7.7.1 Kimenő teljesítmény	94
7.8 Valós és meddő teljesítmény megosztás	95
7.9 Generátor frekvencia	96
7.10 Háromfázisú generátor	96
7.10.1 Csillag kapcsolás	98
7.10.2 Delta kapcsolás.....	99
7.11 Változó frekvenciájú generátor	100
7.12 Állandó frekvenciájú feszültség előállítás	101
7.12.1 Állandó sebességű meghajtó egység (CSD vagy CSDU).....	101
7.12.2 Meghajtás szétkapcsolás és biztonsági tengelykapcsoló	102
7.12.3 Integrált meghajtású generátor (IDG)	103
7.12.4. Változtatható sebességű állandó frekvenciás rendszer (VSCF).....	103
7.13 Kéfék nélküli generátorok	105
7.14 Más állandó frekvenciájú források repülőgépeken.....	107
7.15 Tipikus állandó frekvenciával ellátott berendezések	108
7.16. Teljesítmény ellátás a repülőgépben	109
7.16.1 Áramkörü megszakító panel.....	109

7.16.2 Differenciál védelem	110
7.17 Állandó frekvenciájú generátorok, nem párhuzamos rendszer esetében	111
7.18 Állandó frekvenciájú generátorok, párhuzamos rendszer	114
7.18.1 Generátor vezérlés és védelem.....	115
7.18.2 Megosztott rendszer megszakítói és APU-k.....	116
7.18.3 Pilótafülke elektromos panelja	116
7.18.4 Terhelésmegosztás állandó frekvenciájú párhuzamosított AC.....	119
8 AC motorok	121
8.1 Forgó mágneses mező és szinkronsebesség	121
8.2 Szinkronmotorok.....	122
8.3 Indukciós motorok	122
8.4 Szlip	123
8.5 Háromfázisú motor irányváltása	123
8.6 Háromfázisú motor fázis tekercseinek nyitott áramköre	123
8.7 Egyfázisú indukciós motorok.....	124
8.8 AC Szervomotorok (2 fázisú motor)	124
8.9 A háromfázisú motorok előnyei.....	125
9 Transzformátorok, egyenirányítók és inverterek.....	125
9.1 Transzformátorok.....	125
9.1.1 Transzformátor teljesítménye.....	126
9.1.2 Transzformátor felépítése.....	127
9.1.3 Háromfázisú transzformátor.....	127
9.1.4 Autotranszformátor	128
9.2 Egyenirányítók.....	129
9.3 Inverterek	129
9.3.1 Forgó inverterek.....	130
9.3.2 Álló inverterek	130
9.4 Földi áramforrás (GPU).....	130
10. Megosztás, fogyasztás és ellenőrzés	131
10.1 Egypólusú rendszer (<i>Uni-pole</i> , egyvezetékes vagy <i>Earth return</i>).....	131
10.2 Kétpólusú vagy kétvezetékes rendszer	132
10.3 <i>Busbarok</i> (repülőgépeknél)	132
10.3.1 Terhelések csoportosítása.....	133
10.3.2 Példa egy DC bus rendszerre.....	134
10.4 Folyamatos ellenőrzés.....	134
10.4.1 Generátor üzeme	134

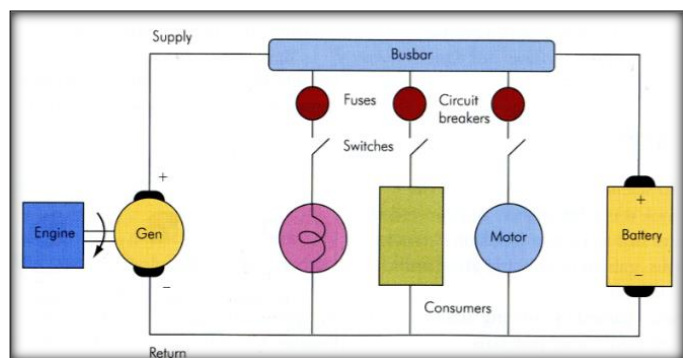
10.4.2 Visszajelző panel.....	136
10.5 Elektromos fogyasztók	136
11 Földelés és árnyékolás.....	139
11.1 A statikus elektromosság okai.....	139
11.2 Földelés	139
11.3 Statikus töltés veszélyeinek megakadályozása	140
11.3.1 Sztatikus kisütő pálcák	141
11.3.2 Árnyékolás.....	141
12 Logikai áramkörök	142
12.1 Félvezető áramköri technológia.....	142
12.2 Logikai kapuk.....	143
12.3 Igazságtábla	143
12.4 Jellegzetes logikai kapu típusok	143
12.4.1 Az ÉS kapu	143
12.4.2 A VAGY kapu.....	144
12.4.3 A NEM (invertáló) kapu	145
12.4.4 A kizáró VAGY (EOR) kapu	146
12.4.5 A NAND kapu.....	147
12.4.6 A NOR kapu	147
12.5 A Flip Flop.....	148
12.5.1 Működési elv	148
12.5.2 Az SR Flip Flop	149
12.6 Logikai kapuk a kapcsolási rajzokban	149
13 Elektromos és elektronikus szójegyzék.....	149
14 Az angol nyelvű ábrafeliratok magyar fordítása	164
Forrásjegyzék:	184

1 Alapvető elektromos és mágneses elvek

1.1 Bevezetés a járművek elektromos rendszereibe

Egy jármű elektromos rendszere leegyszerűsített formában három fő elemből áll; áramforrásból, lehet generátor vagy akkumulátor, egy elosztó rendszerből, melyet gyűjtősíneknek (*busbar*, sín) nevezünk, és az elektromos rendszer fogyasztóiból. A gyűjtősín lehet réz rúd, vagy csak szigetelt vezeték. A generátort a jármű hajtóműve hajtja, és a hajtómű mechanikai teljesítményének egy részét elektromos teljesítménnyé alakítja. A generátor elektromos teljesítményt szolgáltat a fogyasztókhoz (hívhatjuk őket terheléseknek, vagy szolgáltatásoknak).

Egy egyenáramú (DC, *direct current*) elektromos rendszer alapvető jellemzőit az 1. ábrán láthatjuk. A fő áramforrás a generátor. A generátor tölti az akkumulátort, amely egy másodlagos áramforrás szerepét tölti be a generátor meghibásodása esetére.



1. ábra: Jellegzetes egyszerűsített elektromos rendszer
Forrás: [1], 1-1.p.

A generátor lehet DC generátor vagy váltakozó áramú generátor/alternátor (AC, *alternate current*, generátor) egyenirányítókhoz kapcsolva, így biztosítva a DC kimenetet. Az áramforrás pozitív (+) érintkezője egy vezetővel a gyűjtősínhez van kapcsolva, a negatív (-) oldala a terhelések negatív érintkezőihez.

Megjegyzés: a magyar szakirodalomban az egyenáramú generátorokat dinamónak is nevezik, az *alternátor* váltakozó áramú generátort jelent.

A gyűjtősín egy elosztó pont a fogyasztók felé. A fogyasztók száma a jármű komplexitásától függ. Minden egyes fogyasztó egy kapcsolón és olvadóbiztosítékon, vagy kismegszakítón keresztül kapcsolódik a gyűjtősínre. A kapcsoló a vezérlést, a biztosíték a túláram védelmet biztosítja. A fogyasztók párhuzamosan vannak elrendezve, így egy fogyasztó vezérlése és működése (vagy meghibásodása) nem érint más fogyasztókat. Ezzel még részletesen később foglalkozunk. [1]

Az anyag jobb érthetősége és elsajátíthatósága érdekében adott részekhez oktatóvideókat, illetve a működés megértését elősegítő internetes videókat mellékelek, melyek az adott részeknél feltüntetésre kerülnek.

1.2 Bevezetés az elektromosság elméletébe

Az anyagok többségénél megfigyelhető, hogy egymással dörzsölve sajátos állapota kerülnek, melynek jele, hogy képesek más testeket vonzani, ezt az állapotot elektromos állapotnak nevezzük. [3]

A régi görögök is tudták, hogy száraz ruhával dörzsölt borostyánkő (a sárga megkövült gyantája az örökzöld fáknek) kicsi és könnyű dolgokat vonz. Habár nem tudták megmagyarázni ezt a jelenséget, azt hitték, hogy természetfeletti erő eredménye.

William Gilbert, egy Angliában élő fizikus volt I. Elizabeth királynő és Shakespeare idejében. Tanulmányozta a fenti jelenséget és elnevezte elektromos vonzásnak. Az elektron szó görög eredetű, és egyszerűen csak borostyánt jelent.

Egy francia tudós, Charles Dufay (1698-1736), tovább vitte ezt, és megállapította, hogy kétféle elektromosság van:

- üveges; üveg, állati szőr, stb. dörzsölésével nyerhető.
- gyantás; borostyán, kopál, selyem, és sok egyéb anyag dörzsölésével nyerhető.

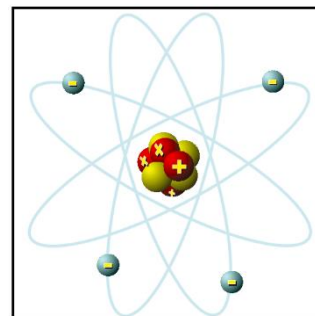
Benjamin Franklin szintén kísérletezett ezzel, és Dufay-tól teljesen különböző megállapításokat tett. Azt állította, hogy csak egyfajta elektromosság van, és feltalálta a pozitív és negatív elektromosság szavakat.[1]

Ha selyemmel megdörzsölt üvegrudat felfüggesztünk, és hozzá elektromosan töltött testet közelítünk, azt láthatjuk, hogy ezek mindegyike erőt fejt ki az üvegrúdra. Az is igazolható, hogy az üvegrudat taszító testek egymást is taszítják. Megállapodás szerint, azt az állapotot, mely megegyezik a selyemmel megdörzsölt üveg elektromos állapotával, pozitív elektromos állapotnak nevezzük. Az ilyen állapotban lévő testet pozitív töltésűnek nevezzük. [3]

1.2.1 Elemek, atomok és töltés

Az anyag olyan dolog, amelynek súlya és térbeli kiterjedése van. Minden anyag elemek kombinációjából épül fel. Egy elem olyan alkotórész, melyet nem lehet egyszerűbb alkotóelemekre bontani. Vas (Fe) például egy elem. Nem lehet más elemek kombinációjára bontani. Minden elemnek saját tulajdonságai vannak, és atomokból épülnek fel. [1]

Az atom az elem legkisebb részecskéje, amelynek birtokolhatja az elem tulajdonságait. Egy egyszerű anyagmodell esetében, az atomok masszív atommagból (mely protonokat és neutronokat tartalmaz) és az akörül keringő elektronokból állnak, lásd 2. ábra.



2. ábra Az atom szerkezete

Forrás: [2],3.p.

A protonokban és elektronokban egy közös dolog van, mindkettőjüknek van elektromos töltése (Q). A töltés mértékegysége a Coulomb (C). Egy elektronnak és protonnak pontosan ugyanakkora töltése van. A protonnak pozitív, az elektronnak negatív töltése van. Egy neutronnak nincs töltése- semleges. A proton tömege majdnem kétezerszer nagyobb, mint egy elektroné és egy neutron súlya közel a protonéval egyezik meg. [1]

Normál állapotban bármely atom elektromosan semleges. Az atom annyi keringő elektront birtokol, mint amennyi proton van az atommagban. Ha egy atom egy vagy több elektronra tesz szert, több elektronja lesz, mint protonja, ionná válik. Az atom teljes töltése negatív lesz. Ha elveszt egy vagy több elektront, több protonja lesz, mint elektronja, és a teljes töltése pozitív lesz. [1]

Az elektromos töltés közvetlen érintkezéssel átvihető az egyik testről a másikra. [3]

Néhány elem esetében a fémeseknél, a külső elektronok delokalizáltak. Nem tartoznak egyik atomhoz sem. Szabadon mozognak az atom körül. Amikor a fémét feszültség alá helyezzük, az összes szabad elektron egy irányba mozog, elektromos áramot alkotva.

Az anyagok elektromos vezetőképességét figyelembe véve három csoportba sorolhatjuk őket:

- Vezetők: Olyan anyagok, amelyek extrém alacsony ellenállással (nagy vezetőképességgel) rendelkeznek.
- Szigetelők: Ide nagy ellenállású anyagok tartoznak (alacsony vezetőképesség).
- Félvezetők: Olyan anyagok, amelyek esetében az ellenállásuk körülbelül félig a vezetők és a szigetelők közé esik. Lásd 7-es fejezet.

Property	Unit	Description
Charge (Q)	Coulomb (C)	1 C is the charge of 6.25×10^{18} electrons
Voltage (V, often referred to as U)	Volt (V)	Difference of potential. The force required to move a given amount of charge. $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$
Electromotoric force (EMF)	Volt (V)	The force that causes electrons to move in an electrical circuit. It is the difference in electrical pressure or potential that exists between two points
Current (I)	Ampere (A)	The directed flow of charge through a circuit. $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$
Resistance (R)	Ohm (Ω)	A static opposition to current
Energy (E) and work (W)	Joule (J)	Also often measured in kWh. One kilowatt-hour is the amount of energy used by a 1000 W device that is run for one hour
Power (P)	Watt (W)	The amount of energy used per unit time. One watt equals to one joule per second
Frequency (f)	Hertz (Hz)	The unit of measure for frequency, equal to one cycle per second
Impedance (Z)	Ohm (Ω)	The total opposition to current in an AC circuit
Time (t)	Second (s)	

1. táblázat: Mennyiségek, egységek és szimbólumok

Forrás: [1], 1-4.p.

1.3 Fogalmak és definíciók

Megállapodás, hogy az áram folyásiránya az áramforrás pozitív (+) sarka felől a terhelésen keresztül az áramforrás negatív (-) pólusába tart, ez valójában elektronok áramlását jelent a negatívtól a pozitívig. Az elektromágneses szabályok az elektronok felfedezése előtt megfogalmazódtak és a hagyományos áram folyásirányon alapulnak. Más szavakkal, az áram +ból a -ba folyik annak ellenére, hogy az elektronok az ellenkező irányba mozognak. Az elektromos mennyiségek és jelek a 1.táblázatban kerülnek feltüntetésre.

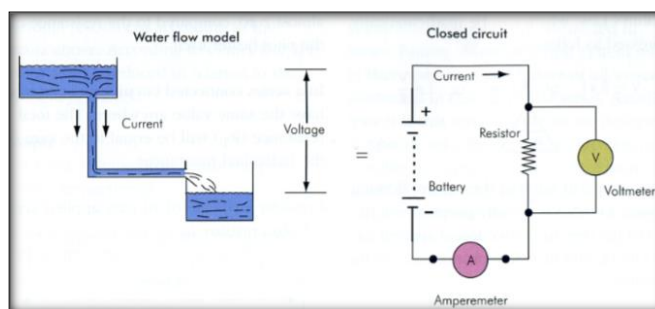
A 2. táblázat áttekintést nyújt az elektromos fogalmak és mennyiségek SI előtagjairól.

Előtag	Jele	Szorzó	
		hatvánnyal	számnévvel
yotta-	Y	10^{24}	kvadrillió
zetta-	Z	10^{21}	trilliárd
exa-	E	10^{18}	trillió
peta-	P	10^{15}	billiárd
tera-	T	10^{12}	billió
giga-	G	10^9	milliárd
mega-	M	10^6	millió
kilo-	k	10^3	ezer
-	-	10^0	egy
milli-	m	10^{-3}	ezred
mikro-	$\mu^{[1]}$	10^{-6}	milliomod
nano-	n	10^{-9}	milliárdod
piko-	p	10^{-12}	billiomod
femto-	f	10^{-15}	billiárdod
atto-	a	10^{-18}	trilliomod
zepto-	z	10^{-21}	trilliárdod
yocto-	y	10^{-24}	kvadrilliomod

2.táblázat: SI előtagok
Forrás: [INTERNET 2]

1.4 Feszültség, áram és ellenállás

Egy áramforrás feszültsége, a rendelkezésre álló nyomás vagy erő, amely elektromos áram folyását eredményezheti. Ezt az áramot akadályozó tényezőt ellenállásnak nevezzük. Hasznos lehet az áram folyását egy csőben folyó vízhez hasonlítani; Egy keskeny cső akadályozni fogja a víz folyását, míg a



3. ábra: Áramlási modell
Forrás: [1], 1-5.p.

két edény közti magasságkülönbség a potenciális energiát, a feszültséget szemlélteti, lásd 3. ábra. Az ábra az ellenállás és az akkumulátor áramköri jelét is mutatja.

A fenti szemléletes példa alapján tekintsük át a fogalmak pontos definícióját. Definíció szerint áramerősség az áramvezető keresztmetszetén időegység alatt áthaladó elektromos töltés nagyságát értjük. Az 1 amper olyan állandó elektromos áramerősség, amely két egyenes, párhuzamos végtelen hosszúságú, elhanyagolhatóan kicsiny kör keresztmetszetű és egymástól 1 méter távolságban, vákuumban elhelyezkedő vezetőben fenntartva, e két vezető között méterenként 2×10^{-7} newton erőt hoz létre. A mértékegységének a nevét André-Marie Ampère francia fizikusról kapta. [INTERNET 1]

Az elektronok áramlásának alapvetően hat fő oka lehet, súrlódás (statikus elektromosság), kémiai reakció (akkumulátorokban), mágnesesség (generátorokban és

alternátorokban), hő (hőelemekben, két különböző fém találkozásánál), fény (fotocellákban), nyomás (piezo elektromos kristályokban). [2]

Az elektromos mezőben egy pontszerű töltéssel rendelkező testnek az A pontból a B pontba történő átvitele során a mező ellenében végzett munka és az átvitt töltésmennyiség hányadosaként értelmezett fizikai mennyiséget a B pont A-hoz viszonyított feszültségének nevezzük, jele U_{BA} . Mértékegysége:

$$[U_{AB}] = \frac{[W]}{[Q]} = \frac{J}{C} = volt = V$$

Az elektromos mező bármely pontjának egy bármely alapponthoz viszonyított feszültségét elektromos potenciálnak nevezzük. Jele: U_A . [3]

Az elektromos mező bármely két pontja közti feszültség ugyanakkora, mint a két pont potenciáljának a különbsége. Az ugyanakkora potenciálú pontokat ekvipotenciális pontoknak nevezzük. [3]

1.4.1 Vezetők

Egy elektromos vezeték keresztmetszete egy központi vezetékből (vezetőből) és azt körülvevő árnyékoló anyagból áll. A vezetőket fémből készítik, úgy mint, réz és alumínium. A szigetelők gyakran műanyagok, porcelán, stb.

Elektromos érintkezőket gyakran készítenek nemesített anyagból, mint például platina és arany. Erre az oxidáció elkerülése miatt van szükség, amely csökkenti a vezetőképességet. A vezeték a lehető legkisebb ellenállást kell, hogy biztosítsa az elektromos áram folyásával szemben.

A legkisebb lesz az ellenállás, ha a vezető a lehető legrövidebb, és a keresztmetszete nagy (úgy, mint az akkumulátorok és indítómotorok közötti vezetékek esetében, a nagy indító áramok vezetése miatt). [1]

A vezetőben folyó áram pozitív és negatív töltésű részecskék áramlásaként egyaránt létrejöhét, a kétféle töltés egymással ellentétes irányba mozog. Megállapodás szerint, az áram iránya megegyezik a pozitív töltésű részecskék áramlásának irányával, és ellentétes a negatív töltések haladási irányával. [3]

Az elektromos áram hatásai, hőhatás (az áramjárta vezető felmelegszik), mágneses hatás (az iránytű fölé helyezett vezetőben áram folyik, az iránytű kitér az eredeti irányból), kémiai, vegyi hatás (akkumulátorok töltése, galvanizálás), biológiai hatás (az emberi testben kárt, súlyos esetben halált okozhat) [3]

1.4.2 Ohm törvénye

Lineáris kapcsolat van a feszültség, áram és az ellenállás között. Ha növeljük a feszültséget, nagyobb áram folyik át az adott áramkörön. A nagyobb feszültség, nagyobb áramot eredményez ugyanazon ellenállás esetében. Kisebb ellenállás, nagyobb áramot eredményez adott feszültség esetében. A fenti állításokat kombinálja Ohm törvénye. [1] A fogyasztó két kivezetése közti feszültségnek és a fogyasztón áthaladó áram erősségének a hányadosaként meghatározott fizikai mennyiséget elektromos ellenállásnak nevezzük. Az ellenállás SI mértékegysége az ohm (Ω). [3] Ez matematikailag a következőképpen fejezhető ki:

$$U = R \cdot I \text{ vagy } R = \frac{U}{I} \text{ vagy } I = \frac{U}{R}$$

A fentiekben láthatjuk, hogy az áramkörön átfolyó áram (I) egyenesen arányos a feszültséggel (V , elektromotoros erőnek is nevezik) és fordítottan arányos az ellenállással. [1]

Példa

Egy áramkörben a feszültség $V = 12 \text{ V}$, és az ellenállás $R = 3 \Omega$, határozzuk meg az áram (I) nagyságát!

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12 \text{ V}}{3 \Omega} = 4 \text{ A}$$

Az átfolyó áram $I = 4 \text{ A}$.

Példa

Egy zárt áramkör egy ellenállásból és egy feszültségforrásból áll. Az ellenállás $R = 4 \Omega$. Az ellenálláson átfolyó áramot mérjük, $I = 3 \text{ A}$. Határozzuk meg a feszültségforrás feszültségét (V)!

$$U = R \cdot I = 4 \Omega \cdot 3 \text{ A} = 12 \text{ V}$$

A feszültség 12 V .

1.4.3 Kirchhoff törvénye

Kirchhoff első törvénye: fogyasztókból és áramforrásokból felépített hálózat bármely csomópontjában a befolyó áramok erősségének összege ugyanakkora, mint az onnan kifolyó áramok erősségének összege, ezt **csomóponti törvénynek** is nevezik. [3]

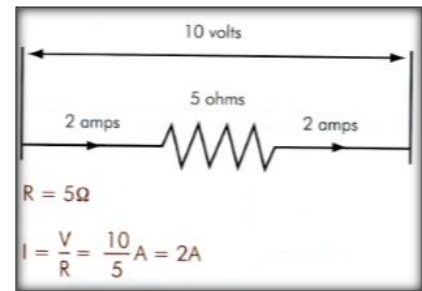
Kirchhoff második törvénye (huroktörvény): fogyasztókból és áramforrásokból összeállított hálózatban bármely zárt hurok mentén körbehaladva, az egyes fogyasztókon mérhető feszültségek előjeles összege ugyanakkora, mint az áramforrások feszültségeinek előjeles összege. [3]

1.5 Soros kapcsolás

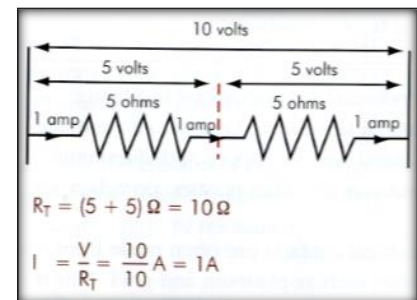
Képzeljünk el egy egyszerű járművön fellelhető áramkört, például a hátsó ablak fűtést. A komponensek: az ablak fűtő ellenállás, a kapcsoló és áramköri megszakító. Mindannyian sorba vannak kapcsolva, ami azt jelenti, hogy az áram az áramkör összes komponensén átfolyik. Meg kell jegyezni, hogy a kapcsoló és az áramköri megszakító nagyon alacsony ellenállású, közel nulla, az ablak fűtés ellenállásához hasonlítva.

Sorosan kapcsolt áramkör esetében, az áram egyforma lesz mindenhol. Az eredő ellenállás (R_T) egyenlő lesz az egyes ellenállások összegével.

Tegyük fel, hogy egy 10 V-os feszültséget kapcsolunk egy 5 ohm-os ellenállásra, 4. ábra. Nézzük az 5. ábrán látható áramkört, ahol két ellenállás van sorosan kapcsolva. Itt az eredő ellenállás, az egyes ellenállások összege lesz. [1]



4. ábra: Soros kapcsolás
Forrás: [1], 1-6.p.



5. ábra: Soros kapcsolás (1)
Forrás: [1], 1-6.p.

Példa

Mennyi lesz a feszültség esés a két ellenálláson?

A teljes feszültség megoszlik az ellenállások között. Ebben az esetben két ellenállásunk van, mindkettő 5 ohm-os.

Az eredő ellenállás 10 ohm. Ohm törvényét alkalmazva, megállapíthatjuk, hogy az áram 1 amper lesz. A feszültségesés az egyes ellenálláson:

$$I = 1 A$$

$$R_1 = 5 \text{ ohm}$$

$$R_2 = 5 \text{ ohm}$$

Meghatározhatjuk V_1 és V_2 feszültségeket:

$$V_1 = 5 \Omega \cdot 1 A = 5 V$$

$$V_2 = 5 \Omega \cdot 1 A = 5 V$$

A következtetés, hogy az adott ellenálláson a feszültségesés egyenesen arányos az ellenállással.

Megjegyzés

Ha egy elektromos fogyasztó meghibásodik egy soros áramkörben, az áramkör megszakad. Hétköznapi példa a sorba kapcsolt karácsonyfa izzó, mely kialszik bármelyik égő meghibásodása esetén. Nyilvánvaló biztonsági megfontolásból, a járművek elektromos rendszere normál esetben nem sorosan kapcsolt. Egy rendszer meghibásodása az összes arra kapcsolt rendszert működésképtelenné tenné. Másik ok, hogy az elektromos rendszert adott feszültségű üzemre tervezték, ami nem lehetséges soros kapcsolás esetében. Továbbá, egy rendszer működtetése miatt, az összes többi is be kellene kapcsolni. [1]

1.6 Párhuzamos kapcsolás

A másik kapcsolási forma a párhuzamos. Ebben az áramkörben minden egyes terhelés ágnak saját árama van. Az eredő áram egy párhuzamos áramkörben, az egyes áramok eredője.

Ha másik elektromos fogyasztót kapcsolunk be (például másik ellenállást kapcsolunk párhuzamosan), az eredő áram megnő, állandó feszültséget biztosítva. Mivel az eredő áram megnő, amint egyre több párhuzamos terhelést kapcsolunk be, ez azt eredményezi, hogy a terhelések eredő ellenállása csökken.

Ez azt jelenti, hogy az eredő ellenállás (R_T) valójában csökken, a párhuzamos terhelések bekapcsolásával. Matematikailag:

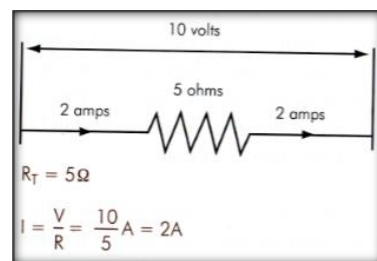
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Ha csak két ellenállás (R_1 és R_2) van párhuzamosan kapcsolva, a képlet a következő:

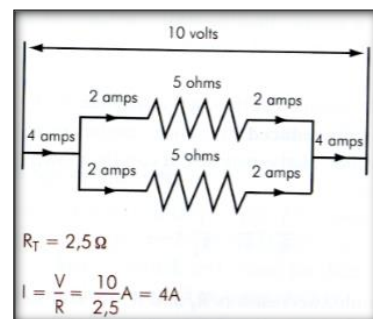
$$R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Tételezzük fel, hogy 10 volt feszültség van 5 Ω ellenálláson, lásd 6. ábra. Ha másik ellenállást kapcsolnánk párhuzamosan, az eredő ellenállás R_T csökken, és az áram megnövekszik, lásd 7. ábra.

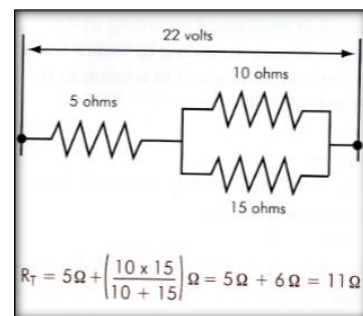
Az 8. ábrán kombináltuk a három ellenállást, amelyek közül kettő párhuzamosan van. Mennyi R_T ?



6. ábra: Soros kapcsolás (2)
Forrás: [1], 1-8.p.



7. ábra: Párhuzamos kapcsolás (1)
Forrás: [1], 1-8.p.



8. ábra: Párhuzamos kapcsolás (2)
Forrás: [1], 1-8.p.

A feszültség mindig ugyanannyi az összes párhuzamosan kapcsolt fogyasztó esetében.

Képzeljük el, hogy 22 voltot adunk a három ellenállásra, az eredő áram 2 A lesz. Az 5 Ω-os ellenálláson a feszültség 10 volt, és 10 és 15 Ω-os ellenálláson lévő feszültség 12 volt. Az áram két párhuzamos ágon oszlik meg, így az eredő 2 A lesz. Ohm törvényét használva, a felső ellenálláson átfolyó áram:

$$I_1 = \frac{U}{R} = \frac{12 \text{ V}}{10 \Omega} = 1,2 \text{ A}$$

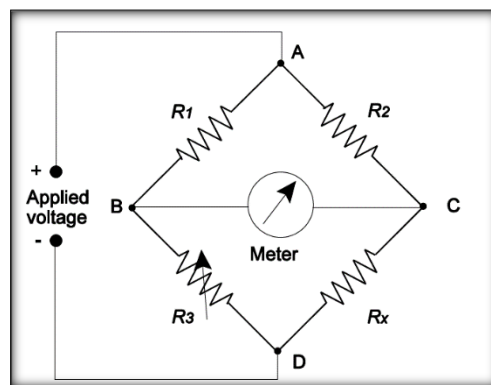
Hasonlóképpen, $I_2 = 0,8 \text{ A}$ az alsó ellenálláson.

Következtetés

A feszültség mindig ugyanannyi lesz az összes párhuzamosan kapcsolt fogyasztó esetében, és az eredő áram egyenlő lesz az egyes terhelések áramának összegével.

1.7 Wheatstone híd

A 9.ábrán látható kapcsolás a wheatstone híd. Kirchhoff két törvénye az áramok és feszültségek összegéről bonyolult problémákra is megoldást jelentenek. A Wheatstone híd segítségével egy ismeretlen ellenállást összevethetünk más ismert értékekkel. Az R_3 értékét addig változtatják, amíg nulla kitérés lesz az árammérőn. Ekkor az átlósan elhelyezkedő ellenállások egyformák, mivel nem folyik áram a B és C pont között, ekkor azt mondhatjuk, hogy ki van egyensúlyozva. [2]



9. ábra: Wheatstone híd
Forrás: [2], 12.p.

$$R_x = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1}$$

1.8 Az ellenállást befolyásoló tényezők

Egy tárgy hőmérséklete az atomjaik rezgése miatt van. Minél magasabb a hőmérséklet, annál nagyobb a rezgés. Minél nagyobb a rezgés annál nagyobb az esélye, hogy egy atom a mozgó elektron útjába kerül. Ezáltal, ahogyan az anyagok hőmérséklete emelkedik, az ellenállásuk is emelkedik. Az ilyen ellenállásokat pozitív hőmérsékleti együtthatójúnak (PTC) nevezzük. Ezeket használják repülőgépek esetében a hőmérséklet túllépések hatására működő kapcsolók működtetésére.

Amint néhány anyag hőmérséklete emelkedik, a hőmérséklet emelkedés a vezető ellenállásának csökkenését eredményezi. Amikor az ellenállás így változik, az anyagot negatív hőmérsékleti együtthatójúnak nevezzük (NTC). Ezek az anyagok főként félvezetők, amelyeknek nincs sok rendelkezésre álló vezető elektronjuk. A hőmérséklet emelkedés több elektron energiaszintjének emelkedéséhez vezethet, mely elég lehet ahhoz, hogy kilépjen az atomból és vezetővé váljon. Ez a tulajdonság bizonyos rendszerekben előnyösen kihasználható.

A termisztorok hőérzékeny ellenállások. Az ellenállásuk csökken a hőmérséklet emelkedésével. A termisztor dugattyús motorok hengerfej hőmérő rendszerében használható. Amint a hengerfej hőmérséklet megemelkedik, a termisztor ellenállása leesik és több áramot vezet át a hőmérséklet mérőn, ezáltal mutatta hőmérséklet emelkedést. [1]

Az anyagok ellenállását befolyásoló egyéb tényezők: az anyag fajtája (például, az ezüst jobb vezető, mint a réz), a vezető hosszúsága (minél hosszabb, annál nagyobb az ellenállása), a keresztmetszete (vékonyabb esetében nagyobb az ellenállás). [2]

Vizsgáljuk meg részletesebben a vezetők ellenállását. A homogén és mindenütt ugyanakkora keresztmetszetű vezetéknél, az ellenállás és a keresztmetszet szorzatának, valamint a huzal hosszának a hányadosa a vezeték anyagára jellemző állandó. Ezt a hányadost az adott anyag fajlagos ellenállásának nevezzük. Jele: ρ [3]

$$\rho = \frac{R \cdot A}{l}$$

ahol, R a vezető ellenállása, l a vezető hossza. A képlet átrendezésével bizonyíthatjuk a vezetők ellenállását befolyásoló tényezőkről tett fentebbi állításokat.

Érdekesség, hogy fémeknél és más anyagoknál előfordul, hogy az anyag fajlagos ellenállása 0 K közelében ugrásszerűen csökken, és gyakorlatilag nullává válik. Ezt szupravezetésnek nevezzük. A szupravezetőben megindított áram gyakorlatilag hosszú idő alatt sem csökken. [3]

1.9 Elektromos teljesítmény és energia

Minden egyes fogyasztónak meghatározott ellenállása van, amely meghatározza a rajta áthaladó áram mennyiségét, ezáltal a teljesítmény felhasználását is. A teljesítmény, egységnyi idő alatt felhasznált energia, mértékegysége a watt, jele P. Egy watt teljesítmény egyenlő másodpercenként egy joule-al.

$$\text{Teljesítmény} = \frac{\text{Energia}}{\text{Idő}}$$

Az is látható, hogy a teljesítmény a feszültség és az áram felhasználásával meghatározható.

$$P = U \cdot I$$

Kombinálhatjuk Ohm törvényével. A feszültséget árammal helyettesítve ($U = R \cdot I$) a következőket kapjuk:

$$P = I^2 \cdot R$$

Hasonlóképpen, ha helyettesítjük a feszültséget árammal, a következőt kapjuk: $P = \frac{U^2}{R}$

Példa

Feszültség 12 volt, ellenállás 20 Ω .

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{12^2}{20} \text{ W} = 7,2 \text{ W}$$

A teljesítmény 7,2 W.

A mechanikából ismerjük, hogy a munka (W) az erő és a távolság szorzata. Az elektromos áramnak van munkavégző képessége. Habár, az elektromosságtanban az energia szó használata elterjedtebb, mivel mindkettőnek joule (J) a mértékegysége. Példaképen képzeljünk el egy elektromos fűtőberendezést, amely egy ideje már használatban van. A keletkezett hőenergia a befektetett feszültség, áram és idő szorzata. A munka kifejezésére használhatjuk a következő kifejezést:

$$E = W = U \cdot I \cdot t$$

ahol, t az idő másodpercben.

A teljesítmény az egységnyi idő alatt felhasznált energia. Amikor egy fogyasztó másodpercenként egy joule energiát használ fel, azt mondhatjuk, hogy egy watt energiát használt fel.

A teljesítmény a feszültséghez és az áramhoz is kapcsolódik. A matematikai kapcsolat köztük a következő:

$$P = U \cdot I$$

ahol:

P = a felhasznált teljesítmény, wattban

U = a feszültség, voltban

I = a létrehozott áram, amperben

Példa

A fenti összefüggés érvényességét demonstrálhatjuk, ha elképzelünk egy áramkört, ahol 1 V feszültséget adunk ellenállásra és a mért áram 2 A.

$$P = U \cdot I = 1 \text{ V} \cdot 2 \text{ A} = \left(1 \frac{\text{joule}}{\text{coulomb}}\right) \cdot \left(2 \frac{\text{coulomb}}{\text{másodperc}}\right) = 2 \frac{\text{joule}}{\text{másodperc}} = 2 \text{ W}$$

Most, hogy ismerjük a teljesítmény fogalmát, egy rövid ideig térjünk vissza az energiára. Minden elektromos berendezés a járműben energiát használ. Tudjuk, hogy:

$$E = U \cdot I \cdot t$$

és, hogy

$$P = U \cdot I$$

Ha a fentieket kombináljuk:

$$E = P \cdot t$$

A felhasznált energia ezáltal watt-szekundum (Ws) lesz, melynek használata gyakran nagy számértékeket eredményezne, ezért nem gyakori a mindennapi életben való használata. Egy sokkal praktikusabb a felhasznált energia mérésére a kilowatt-óra (kWh). Egy kWh az az energiamennyiség, amelyet egy 1.000 W-os fogyasztó egy óráig történő üzemeltetése során használ fel.

Példa

Egy 500 W-os elektromos fűtőberendezést 4 óráig üzemeltetnek. Számítsuk ki a felhasznált energiát!

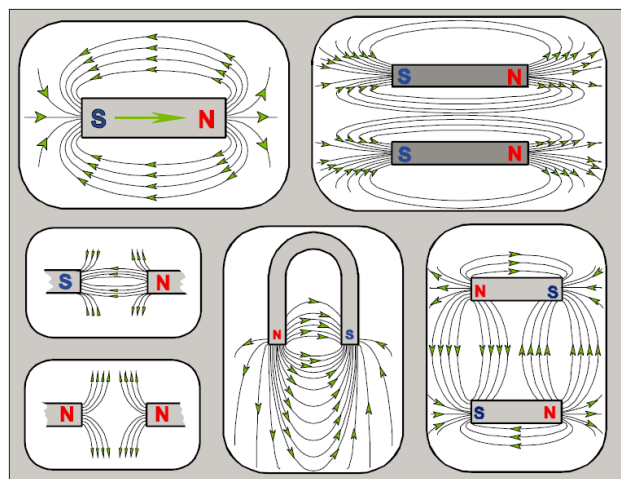
$$E_{kWh} = \frac{P \cdot t}{1.000} = \frac{500 \cdot 4}{1.000} kWh = 2 kWh$$

A felhasznált energia 2 kWh.

1.10 Mágnesesség és mágneses erőter

A mágnesek minden vasat vonzanak és vonzanak, vagy taszítanak más mágneseket. Az erő, amelyet egy mágnes kifejthet egy körülötte lévő tárgyra, mágneses erőnek nevezzük. Ha vasreszeléket teszünk ki mágneses tér hatásának, a reszelék, egy meghatározott minta szerint fog elhelyezkedni. A minta hasonló az 10.ábrán látható mágneses erővonalakhoz.

Ezen okból gyakori a mágneses erővonalakat ilyen módon ábrázolni.



10.ábra: Mágneses fluxus
Forrás: [2], 72.p.

A vonalak, a mágnes körül (és rajta keresztül) zárt hurkot alkotnak. Azonos pólusok taszítják, különbözőek vonzzák egymást. [1]

Egy nem magnetizált lágyvas darabban a molekulák zárt láncot alkotnak. Amikor a vas magnetizálódik, a magnetizálódott molekulák sorba rendeződnek a mágneses térben, amelyet

fluxusvonalaknak nevezzük. Amikor az összes molekula elrendeződött a mágnes telítetté válik, és nem lehet tovább mágnesezni. [2]

A pont, ahol a mágneses erővonalak elhagyják és visszaérkeznek a mágnesbe a mágneses pólusok. Egy mágnes, amely szabadon el tud forogni a tengelye körül (mint egy hagyományos iránytű mutatója), mindig ugyanazzal a végével fog a Föld mágneses északi pólusa felé fordulni. Ebből adódóan, megállapodás szerint, a vonalak a mágnes északi sarka (N) felé mutató oldalán hagyják el a mágneset és a dél felé (S) mutató oldalon lépnek be a mágnesbe. [1]

A mágnesen belül, a vonalak folytatódnak a déli sarkától (S) az északi felé (N). A mágnes erővonalait összefoglaló néven mágneses fluxusnak nevezzük. A mágneset körülvevő tér, mely mágneses fluxust tartalmaz, mágneses mezőnek nevezzük. [1]

Lodestone (másnéven Magnetit) egy természetes állandó mágneses ásvány. Az állandó szó azt jelenti, hogy az anyag megtartja a mágneses mezejét külső segítség nélkül is. Az állandó mágnesek előnye, hogy nem szükséges elektromos táplálás, a mágneses mező létrehozásához. Ennek ellenére van számos hátránya:

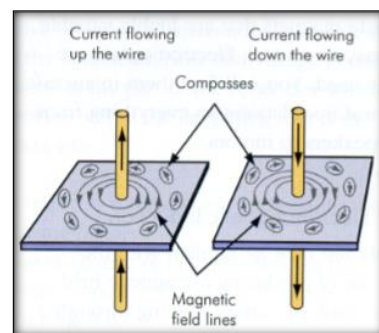
- Relatívén terjedelmesek
- A mező ereje nem változtatható
- Egy idő után hajlamosak veszteni a mágnesességükből (főként, ha fizikai ütés, hő vagy vibráció éri őket). [1]

Számos gyakorlati alkalmazásban ezek a hátrányok nem elfogadhatók. 1820-ban prof. H.C. Orsted a Koppenhágai Egyetemen fontos felfedezést tett.

1.10.1 Elektromágnesesség

Prof. Orsted rájött, hogy az áramjárta vezető körül mágneses mező jön létre. Ezen mágneses mező erővonalai a kör középpontja körül koncentrikusan helyezkednek el; Nincs nyilvánvaló északi, vagy déli pólus, mint a természetes mágnesek esetében.

A mágneses mező erővonalainak iránya a jobbkéz szabály alapján határozható meg: Ha a jobb hüvelykujjunk az áram folyásirányába mutat (a pozitív töltések mozgásának iránya, mely ellentétes az elektronok mozgásának irányával!), a többi behajtott ujj mutatja a mágneses mező irányát.

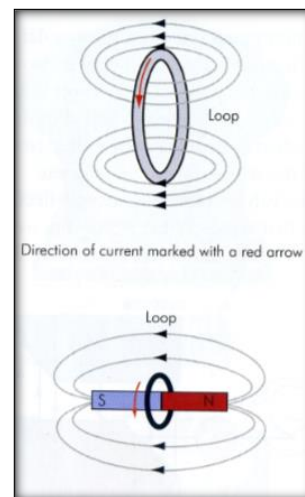


11. ábra: Áram által létrehozott mágneses mező
Forrás: [1], 1-12.p.

Az áram irányának megfordítása, megfordítja a mágneses erővonalak irányát is, ahogy az 11. ábra mutatja.

Ha egy áram járt vezetőből hurkot készítünk, a mágneses mezeje a 12. ábrán láthatók szerint alakul. Ez könnyen érthető, ha a hurkot úgy tekintjük, hogy sok apró egyenes elemből épül fel, mindegyik a fent

meghatározottak szerinti mágneses mezővel. Fontos jellemzője ennek a hatásnak, hogy a most a hurok rúd-mágnesként viselkedik. Lesz egy északi és egy déli pólusa, a mágneses erővonalak kilépnek az egyik és be a másik póluson.

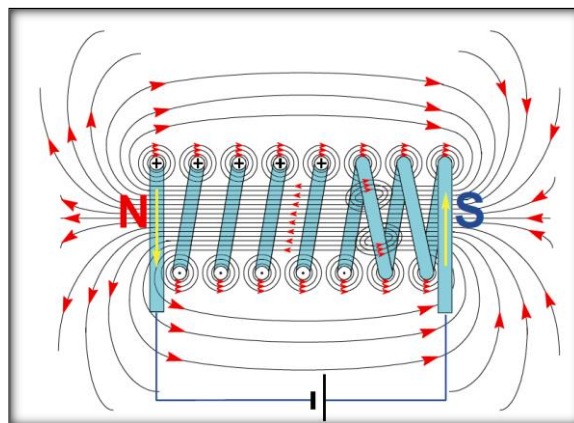


12. ábra: Vezetékhurok mágneses mezeje
Forrás: [1], 1-12.p.

Jelentősen megnövelhetjük a mágneses erő nagyságát, nagyobb menetszámot alkalmazva. Ehhez egyszerűen egy vezetőket kell egy spirális tekercsre hajlítani, lásd 13. ábra.

A tekercsen belüli helyet mágnek nevezzük. Egy ferromágneses mag alkalmazásával, egy vasrúd például, a mágneses fluxus a rúdon belülré korlátozódik. A vasrúd sokkal jobban vezeti a mágneses fluxust, mint a levegő. A vasnak, a levegőből jobb a permeabilitása.

Szintén alkalmazhatjuk a jobbkezes szabályt a tekercsre is. A tekercset a jobb kezünkben tartva, hagyva, hogy az ujjaink a hagyományos áram irányában mutassanak, a hüvelykujjunk fogja mutatni az északi pólust, ezáltal jelezve a mágneses fluxust.



13. ábra: Tekercs
Forrás: [2], 75.p.

A mágneses tér alapvetően a következő tényezőktől függ:

- A tekercs menetszáma (N)
- A tekercsen átfolyó áramerősség (I)
- A tekercs magjának permeabilitása (μ)
- A tekercs hossza (l)

$$|B| = \mu \cdot \frac{N}{l} \cdot I$$

Elektromágneseknek számos előnyük van a hagyományos mágnesekkel szemben:

- Mágnesezhetők és demagnetizálhatók az áram be és kikapcsolásával
- A mágneses erő változtatható az áramerősség változtatásával

- A pólusok megcserélhetők (N és S) az áram irányának megváltoztatásával
- Az elektromágnesek jelentősen erősebbek lehetnek, mint az állandó mágnesek

Ezen tulajdonságok segítségével képesek vagyunk széles határok között változtatható és könnyen irányítható mágneset létrehozni. Elektromágneseket széles körben alkalmaznak. Megtalálhatók a járművek elektromos berendezésiben, a hangszórótól a motorokig mindenütt.

1.10.2 Elektromágneses indukció

Most már ismertek az elektromágneses alapelvek, melyek révén áramjárta vezető körül mágneses mező jön létre. Most ennek az ellenkezőjét fogjuk alkalmazni; áramot létrehozni egy vezető és a mágneses mező relatív elmozdulása révén, lásd 14. ábra.

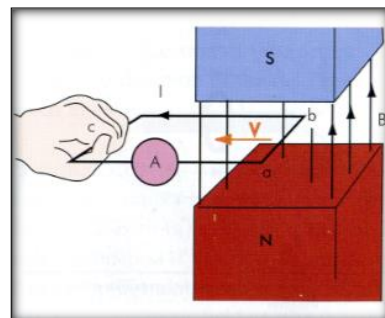
Az ábrán van egy négyszögletes vezeték egy hozzá kapcsolt galvanométerrel (mely egy nagyon érzékeny árammérő műszer). Nincs feszültségforrás az áramkörben, és nem folyik áram ha nem mozog a vezeték. Ekkor, a vezetékét áttoljuk a mágneses mezőn, a galvanométer mutatója kitér, ezzel áram folyását jelezve, lásd 15. ábra. Azt mondhatjuk áram indukálódott. Feszültség indukció történik a mágneses tér és a vezető közötti relatív elmozdulás eredményeként. Jegyezzük meg, hogy feszültség csak a vezető azon (a-b) keresztmetszetében indukálódik, amely áthalad az erővonalakon.

Az indukált feszültség arányos a következő tényezőkkel:

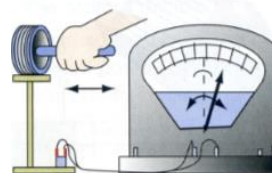
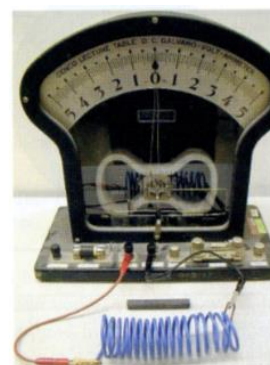
- A fluxusváltozás sebessége (vagy a vezeték relatív sebessége a mágneses mezőhöz képest, v)
- A fluxus erőssége (B)
- Az a-b keresztmetszet hossza

A következő bekezdésben részletezésre kerül az indukált áram irányának meghatározása.

A menetszám növelése növelné az indukált feszültséget. Ez hasonló ahhoz, amit az előző részben láttunk. Ebből az okból, egy tekercset alkalmazunk egy egyenes vezeték helyett.



14. ábra: Vezető a mágneses térben
Forrás: [1], 1-14.p.



15. ábra: Galvanométer
Forrás: [1], 1-15.p.

1.10.3A generátorok elmélete

A generátorok elektromágneses indukció által mechanikai energiából elektromos energiát hoznak létre, mágnesesség alkalmazásával. A generátorok a különböző fejezetekben kerülnek tárgyalásra, de az elektromágneses indukció fogalmának illusztrálásához röviden bemutatásra kerülnek.

Három alapvető követelménynek kell teljesülni egy generátor esetében az áramtermeléshez:

1. Egy mágneses mező
2. Egy vezető (külső tekercs)
3. Relatív mozgás az 1. és 2. feltételben szereplők között, hogy a vezető metsze a mágneses erőteret, vagy fordítva.

Ez Faraday szabály elve:

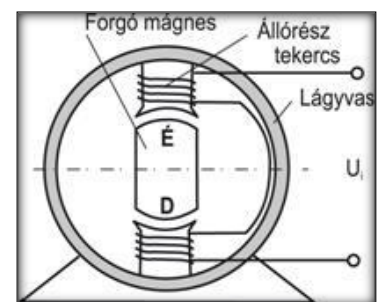
$$EMF = -N \cdot \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

A létrehozott feszültség egyenesen arányos a mező erősségével, a vezető hosszával és a vezető, mezőre merőleges mozgási sebességével.

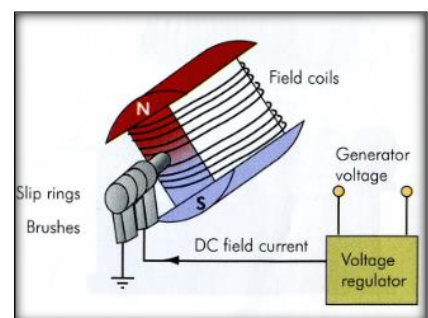
Az alapgondolat az 16. ábrán látható, mely egy mágneses mezőt hordozó forgórészt mutat, mely egy külső tekercs belsejében forog, a külső tekercs az állórészben helyezkedik el, ez rögzített. A forgórészt általában a hajtómű szíjhajtással forgatja kisrepülőgépek esetében.

Amint a forgórész forog, és a mező északi pólusa elhagyja az armatúrát, az indukált feszültség egyirányú áram folyását okozza. Aztán, amikor a déli pólus halad el, az indukált feszültség iránya megfordul, így az áram is az ellenkező irányba fog folyni. Ezáltal váltakozó áram jön létre az érintkezőkön. Egy AC generátor esetében ezt közvetlenül felhasználhatják. Ha DC szükséges, ezt az AC kimenet egyenirányításával lehet elérni.

A forgórész lehet állandó mágnes, habár egy hajtóműről hajtott generátor esetében a forgórész egy elektromágnes. Ez a gerjesztőáram miatt van, mely nagyon erős mágneses teret biztosít, amellet, hogy az erősségét változtatni lehet a DC gerjesztő áram erősségének változtatásával. Az 17. ábrán, ezt egy feszültségszabályzóval érik el.



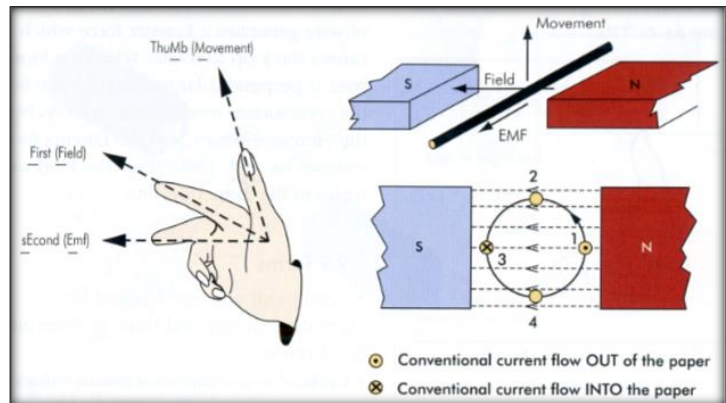
16. ábra: Generátor elve
Forrás: INTERNET [3]



17. ábra: Feszültségszabályzó és generátor
Forrás: [1], 1-16.p.

Az áram irányát Fleming jobbkez szabályának alkalmazásával határozhatjuk meg, lásd 18. ábra:

- Hagyjuk, hogy a mutatóujjunk a fluxus vonalak irányába mutasson, az északi pólusól a déli pólus felé
- A hüvelykujj a vezető, mezőhöz viszonyított mozgásának irányába mutat
- A középső ujj, a hagyományos áram irányába mutat.



18. ábra: Fleming jobbkez szabálya generátorokra
Forrás: [1], 1-17.p.

Az 1-es és 3-as helyzetben a forgó vezető derékszöget zár be a mezővel, és emiatt a feszültség maximális. A 2-es és 4-es helyzetben a vezetők az erővonalak irányában helyezkednek el, a feszültség nulla.

A feszültség az 1-es helyzetben (hagyományos) áram folyást ad a papír felől, míg a 3-as pozícióban a papír irányába.

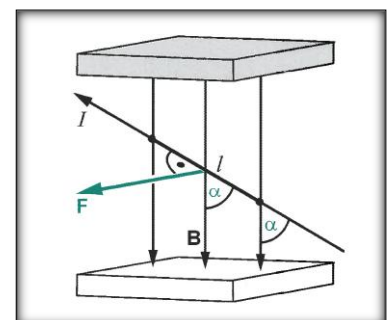
1.10.4A motorok elmélete

Egy elektromotor alakítja át az elektromos teljesítményt mechanikai teljesítménnyé. A Lorentz erő fontos szerepet játszik ebben az átalakításban. A DC generátorok és motorokról, valamint az AC motorok és generátorok a megfelelő fejezetekben részletesen kifejtésre kerülnek, itt egy rövid elvi ismertető lesz a motorokról és a Lorentz erőről.

A Lorentz erő egy erő, mely egy áramjárta vezetőre hat a mágneses térben, lásd 19. ábra. A Lorentz erő az áramtól (I), a mágneses térerősségtől (B), és a mágneses mezőben lévő vezető hosszától függ (L):

$$F = B \cdot I \cdot L$$

A Lorentz erő iránya Fleming balkéz szabályával illusztrálható, lásd 20. ábra. [1]



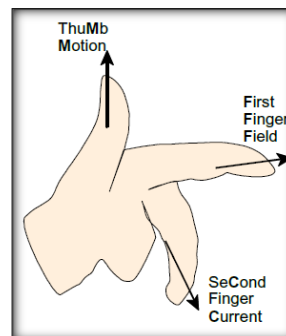
19. ábra: Lorentz erő
Forrás: [3], 186.p.

Lenz törvénye szerint egy zárt áramkörben létrehozott fluxusváltozás feszültséget indukál, és áram fog folyni. Ennek az áramnak az iránya olyan, hogy az áram által létrehozott mágneses mező akadályozni akarja az őt létrehozó fluxusváltozást. [2]

A DC motor alapötlete a 21. ábrán látható. Az állórész hozza létre a mágneses mezőt.

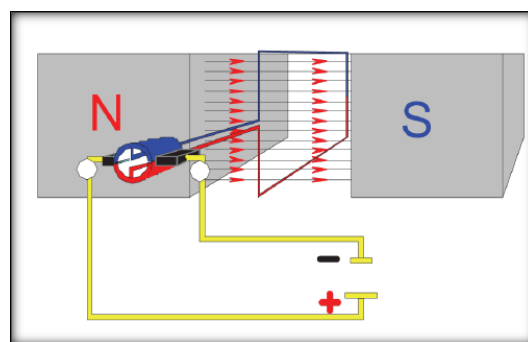
Az állórész lehet állandó mágnes, de normál esetben elektromágnes. A forgórész (a legegyszerűbb formájában) egy vezetékhurok, melyet kommutátorhoz kapcsoltak, ezt pedig keféken keresztül egy DC forráshoz.

A vezetékhurokban lévő áram Lorentz erőt hoz létre, amely a hurkot forgásba hozza. Amikor a vezetékhurok merőleges a mágneses mezőre, a kommutátor megfordítja a polaritást. Ekkor az áram megfordul és a Lorentz erő is megfordul. Ez a hurok ugyanazon irányba történő forgását fogja eredményezni. [1]



20. ábra: Fleming balkéz szabálya motorok esetében

Forrás: [2], 107.p.



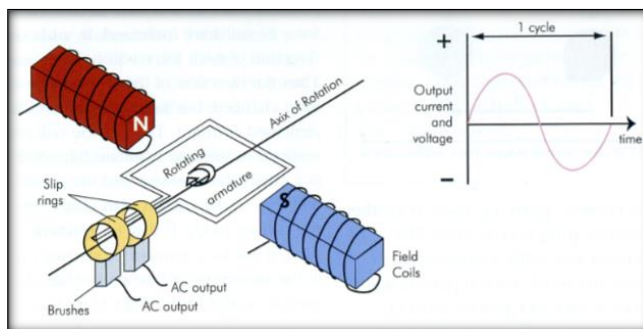
21. ábra: Egyszerű dc motor

Forrás: [2], 108.p.

1.10.5 Fogalmak

Számos fogalmat használunk a váltakozó áram leírására és néhányuk alább felsorolásra kerül:

- **Ciklus:** Ahogy a 22. ábra mutatja, a ciklus az egymást követő pozitív és negatív félperiódusok sorozata.
- **Váltakozás:** A váltakozó áram vagy feszültség ciklusának fele.
- **Frekvencia (f):** Az ellátás frekvenciája, a másodpercenkénti ciklusok számát jelenti. Mértékegysége Hertz (Hz).



22. ábra: AC generátor forgó mágneses mezővel
Forrás: [1], 1-19.p.

- Egy ciklus másodpercenként jelent egy hertzet. A frekvencia attól függ, egy perióduson belül az északi és déli pólus hányszor halad el az armatúra mellett.
- **Periódus (T):** Egy komplett ciklus megtételéhez szükséges idő. A következőképpen határozható meg:

$$T = \frac{1}{f} \text{ s}$$

- **Amplitúdó vagy legmagasabb érték:** A hullám amplitúdója az egy ciklus során elért legmagasabb érték.
- **Fázis:** A feszültség, vagy áram fázisa a cikluson belüli pozícióját jelenti. Egy ciklus 0° -tól 360° -ig terjed.
- **Effektív értékek:** Az a feszültség vagy áram érték, amelyeket a megfelelő teljesítmény képletekben használva egy átlagos AC teljesítmény értéket ad (ekvivalens DC teljesítmény).

$$\text{Effektív érték} = \text{maximális érték} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$$

1.11 Elektromos erőkterek

1.11.1 Coulomb törvénye

A feltöltött testek között erő ébred. Egy vonzó erő ébred a különböző töltések között, és taszító erő az egyforma töltések között. Coulomb törvénye szerint, az erő egyenesen arányos a töltések nagyságával és fordítottan arányos a középpontjuk távolságának négyzetével. Ezt úgy is kifejezhetjük, hogy:

$$F = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

ahol,

F = a Q_1 és Q_2 töltés között fellépő töltés között ébredő erő

r = a köztük lévő távolság

$$k = \frac{F \cdot r^2}{Q_1 \cdot Q_2}$$

összefüggéssel definiálható arányossági tényező értéke pontos mérések szerint:

$$k = 8,988 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

Szokás még a k arányossági tényezőt következő formátumban is felírni, ekkor a vákuum permittivitását kapjuk:

$$k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \quad [3]$$

Ezt a kapcsolatot a fordított négyzetes törvénynek is nevezzük. Ennek a következménye, hogy ha a távolság megduplázódik, az erő a negyedére csökken. Ha a távolság négyszeresére növeljük, az erő tizenhatszor lesz kisebb. [1]

Az elektromos töltést mennyiségileg a töltésmennyiség jellemzi, jele Q . Ha a vezetőben állandó erősségű áram folyik, akkor a vezető keresztmetszetén áthaladó töltésmennyiség, az áramerősség és az átáramlás időtartamának szorzata. [3]

Az elektromos mezőben elhelyezett pontszerű próbatestre ható erőnek és a próbatest töltésmennyiségének a hányadosaként értelmezett fizikai mennyiség, a térerősség; jele: E [3]

$$E = \frac{F}{Q}$$

ahol, F a próbatestre ható erő, és Q a töltésmennyiség. Mértékegysége: $\frac{N}{C}$ [3]

Az elektromos kölcsönhatás közvetítője a töltések körül kialakuló elektromos mező. [3]
A térerősség definíciójából következik, hogy az elektromos térerősség vektormennyiség; iránya mindig megegyezik a pozitív töltésű próbatestre ható erő irányával. [3]

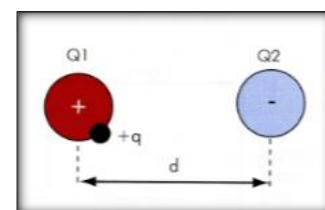
A Q töltésű pontszerű testtől r távolságra lévő pontban az elektromos mező térerősségének nagysága:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

Az olyan elektromos mezőt, amelyben a térerősségvektor mindenütt azonos nagyságú és ugyanolyan irányú, homogén elektromos mezőnek nevezzük. [3]

A vezetőn elhelyezkedő nyugvó többlettöltés mindig a külső felületen helyezkedik el. [3] A vezető felületének különböző részein annál több töltés gyűlik össze, minél nagyobb a görbület, a térerősség csúcsok, élek közelében a legnagyobb. Ha a vezetőn lévő töltések nyugalomban vannak, akkor a vezető belsejében a térerősség nulla, a felületen pedig mindig merőleges a felületre. A vezető belsejében lévő üregekben a térerősség szintén nulla, feltéve, hogy az üregben nincsenek elszigetelt elektromos töltésű testek, ezt a jelenséget használják ki a fém házak árnyékolás céljára történő felhasználására. [3]

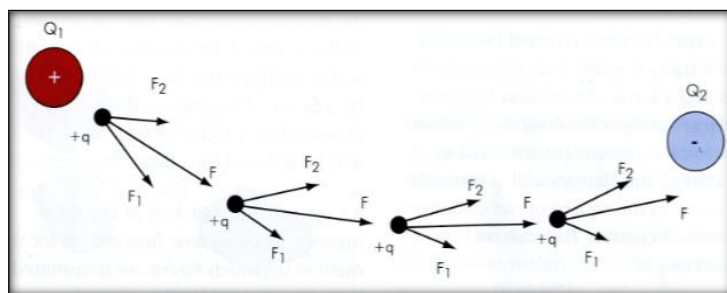
Egy elektromos mező egy mágneses mezőhöz hasonlóan viselkedik, kivéve, a feltöltött testek közötti erők átviteli tulajdonságait. Tekintsük az 23. ábrát, amely két ellentétesen töltött gömböt mutat, ezek Q_1 és Q_2 . A pozitív gömbhöz (Q_1) közelebb van egy kisebb, pozitív töltésű részecske ($+q$). Mivel az ellentétes töltések vonzzák egymást és az azonosak taszítják, a kis töltött részecskére taszító erő fog hatni a Q_1 , és vonzó erő a Q_2 részéről. A Q_1 felőli taszító erő jelentősen erősebb lesz, mint a Q_2 felől jövő vonzó erő, a relatív távolságok miatt. [1]



23. ábra: Két ellentétes töltés és egy pozitív részecske
Forrás: [1], 1-20.p.

Az erő másik tulajdonsága, hogy a töltött felületekre merőlegesen hatnak. A részecskén lesz egy eredő erő. Tegyük fel, hogy szabadon elmozdulhat, az eredő erő irányába fog mozogni. Amikor a részecske új pozícióba ér, az F_1 erő csökken, és F_2 megnövekszik.

Ráadásul, minden erő iránya megváltozott, ezáltal az eredő erő iránya is megváltozott, de a nagysága állandó marad. A részecske ekkor reagálni fog az új F eredő erőre. Ez egy folyamatos eljárás és a részecske egy íves pályát fog leírni a mozgása során, amíg el nem éri a Q_2 felületét.



24. ábra: A töltött részecskére ható F erő
Forrás: [1], 1-20.p.

Ha ezt a kísérletet a Q_1 töltés különböző pontjairól megismétljük, a részecskék által leírt pálya az 24. ábra szerinti lesz.

Összefoglalás

- Az erővonalak egy pozitívan töltött részecske lehetséges pályáját mutatják, a rajta ható erők eredményeképpen. Ezeket elektromos erővonalaknak nevezzük. Másnéven elektromos fluxus vonalak.
- A elektromos fluxus összessége építi fel az egész meglévő elektromos mezőt, a két elektromosan töltött részecske között és körül.
- A vonalak maguk képzeletbeliek és a mező háromdimenziós. A töltött részecskét körülvevő egész környező terület elektromos fluxusvonalakkal elfoglalva, így nincs olyan rés, amelyben lenne nem érintett töltött részecske.
- A fluxusvonalak a pozitívan töltött részecskék felületéről sugároznak ki és a negatív töltések felületén záródnak.
- A vonalak mindig a töltött felületre merőlegesen hagyják el (vagy záródnak).
- A rajzolt vonalak a valóságban nem léteznek, de ez egy nagyon hagyományos módja az elektromos mező reprezentálásának.
- Mivel az erő vektormennyiség, bármilyen vonal reprezentálja azt nyíllal ellátottnak kell lennie. A hagyomány az, hogy a nyíl a pozitív töltéstől a negatív töltés felé mutat.

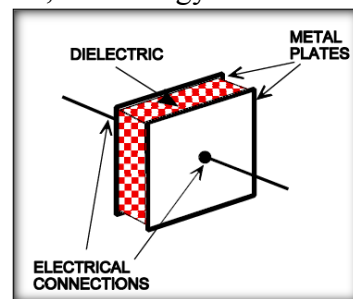
2 Kondenzátorok és tekercsek

2.1 Kondenzátor

A kondenzátorok (néha csak „sűrítőknak” nevezik) megakadályozzák a feszültségváltozást. Elektromos töltések tárolására használatosak. [1]

A kondenzátorok általában két vékony fém fólia lapból épülnek fel, ezeket fegyverzeteknek nevezzük. Ezek egy nem vezető szigetelőréteggel vannak elválasztva. Ezt a réteget gyakran dielektrikumnak nevezik. A fegyverzet felülete általában meglehetősen nagy a távolságukhoz képest.

Lásd 25. ábra Amikor elegendő ellentétes töltés halmozódik fel a kondenzátor két fegyverzetén, és áramkörbe kapcsoljuk azt, a kondenzátor kisül, lehetővé téve, hogy áram folyjon az



25.ábra: Kondenzátor felépítése
Forrás: [2], 42. p.

áramkörben addig, amíg a lemezekben tárolt töltések ki nem egyenlítődnek újra, és az eredő töltés nulla nem lesz. [1]

A kondenzátorokat számos áramkörben alkalmazzák mindenféle feladatra. Számos típusa létezik, ezek közül látható néhány a 26. ábrán. Lehetnek sík, hengeres vagy téglalap alakúak. [1]



26. ábra: Példák kondenzátorokra
Forrás: INTERNET [4]

2.1.1 Kapacitás

A kondenzátor bizonyos mennyiségű töltés tárolására képes. Azt a töltésmennyiséget, amelyet meg tud tartani egységnyi feszültség hatására, kapacitásnak nevezzük.

A kapacitás főként három tényezőtől függ:

1. A fegyverzetek közti távolság

Minél vékonyabb a dielektrikum, annál kisebb a távolság a fegyverzetek közt. Minél messzebb vannak a fegyverzetek, annál gyengébb a vonzó erő az egyes fegyverzeteken felgyülemelő töltések közt. Alacsonyabb erő csökkenti a kapacitást. Ezáltal a kapacitás fordítottan arányos a dielektrikum vastagságával.

2. A fegyverzetek felülete

Egy nagyobb felület több töltést képes összegyűjteni, mint egy kisebb felület.

3. A szigetelő anyag típusa

meghatározza milyen könnyen tudnak az elektromos erővonalak felállni a kondenzátoron belül.

A vezetőn lévő töltésmennyiség és a potenciál hányadosaként értelmezett fizikai mennyiséget a vezető kapacitásának nevezzük. [3] A kondenzátor kapacitásán az egyik fegyverzet töltésének és a fegyverzetek közötti feszültségnek a hányadosát értjük. [3] A kapacitás jele: C. A kapacitás mértékegysége a farad (F). Egy farad egy meglehetősen nagy mennyiség. Emiatt normál esetben ennek törtrészére méretezett kapacitásokat találunk, millifarad (mF), mikrofara (μF), nanofara (nF) vagy pikofara (pF) nagyságúakat. [1]

$$1F = 10^3 mF = 10^6 \mu F = 10^9 nF = 10^{12} pF$$

$$C = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

ahol:

C = a kondenzátor kapacitása

ε_r = a dielektrikum relatív permittivitása

ε_0 = a vákuum permittivitása

A = a fegyverzetek felülete

d = a fegyverzetek közti távolság

A dielektrikum „permittivitása” egy mérték arra, hogy mennyire könnyen jönnek létre az elektromos erővonalak egy anyagban. Sűrűbb anyagok hajlamosak arra, hogy nagyobb kapacitást biztosítsanak, mint a kevésbé sűrű anyagok, így nagyobb a permittivitásuk. [1]

Néhány anyag ε_r -je:

levegő = 1,0006

kerozin = 2,8

ásványi olaj = 2,1

víz, 20 °C = 80

A permittivitás $\varepsilon = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0$, ahol a

ε_0 a vákuum permittivitása, amely:

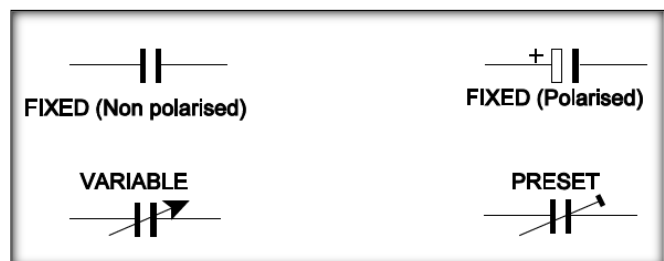
$\varepsilon_0 = 8,85419 \cdot 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$ [1]

A 27. ábra mutatja a különböző kondenzátorok jelölését.

2.1.2 Kondenzátor soros kapcsolása

Amikor a kondenzátorokat sorba kapcsoljuk, az eredő kapacitásuk kevesebb lesz, mint az egyes komponensek kapacitása. Ha a kapacitás fenti definíciójára tekintünk, láthatjuk, hogy C fordítottan arányos a fegyverzetek közti d távolsággal. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy minél vastagabb a dielektrikum, annál kisebb a teljes kapacitás. [1]

Képzeljünk el két ideális kondenzátort, amelyek mindketten 0,5 cm vastagságú dielektrikummal rendelkeznek. Azzal, hogy sorba kapcsoljuk őket a dielektrikum vastagsága 1 cm-re nő. Ezen példa eredménye, hogy az eredő kapacitás az egyes kapacitások értékének felére fog csökkenni. [1]



27. ábra: Kondenzátorok áramköri jelei
Forrás: [2], 42.p.

Ha sorba kapcsoljuk a kondenzátorokat, a kapacitást a következő formula alapján határozhatjuk meg:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Átrendezve a képletet:

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}}$$

Példa:

Alkalmazzuk ezt a formulát két kondenzátor soros kapcsolása esetére.

Legyen $C_1 = 5 \text{ nF}$ és $C_2 = 10 \text{ nF}$.

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}} = \frac{1}{\frac{1}{5} + \frac{1}{10}} = \frac{1}{0,2 + 0,1} = \frac{1}{0,3} \text{ nF} \approx 3,33 \text{ nF}.$$

Az eredő kapacitás 3,33 nF. Jegyezzük meg, hogy az eredő kapacitás mindig kevesebb lesz, mint az eredeti értékek közül a legkisebb. [1]

2.1.3 Kapacitások párhuzamos kapcsolása

Amikor a kondenzátorokat párhuzamosan kapcsoljuk, az eredő kapacitás egyszerűen az egyes kondenzátorok kapacitásainak összege lesz. A kapacitás képletéből következik, hogy a kapacitás nő, ha nő a fegyverzetek területe. A kondenzátorok párhuzamos kapcsolását a fegyverzeteik megnövelésének is tekinthetjük. [1]

Példa:

A következő kondenzátorokat párhuzamosan kapcsoltuk:

$C_1 = 3 \text{ nF}$, $C_2 = 5 \text{ pF}$, $C_3 = 20 \text{ pF}$. Számítsuk ki az eredő kapacitást!

Az általános képlet szerint:

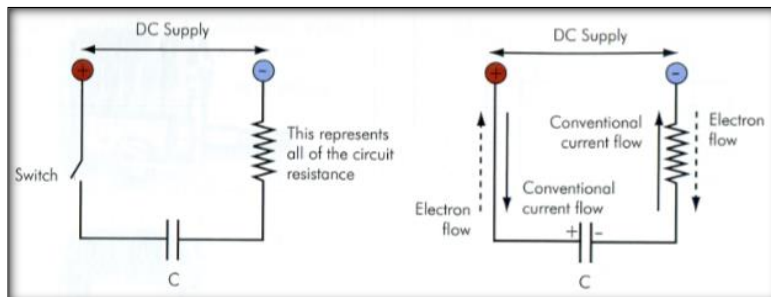
$$\begin{aligned} C_T &= C_1 + C_2 + \dots + C_n \\ C_T &= C_1 + C_2 + C_3 = 3 \cdot 10^{-9} + 5 \cdot 10^{-12} + 20 \cdot 10^{-12} \text{ F} \\ &= 3000 \cdot 10^{-12} + 5 \cdot 10^{-12} + 20 \cdot 10^{-12} \text{ F} = 3025 \text{ pF} = 3,025 \text{ nF} \end{aligned}$$

Az eredő kapacitás 3,025 nanofarad, az egyes kapacitások összege.

2.1.4 A kondenzátorok fontos tulajdonsága

A kondenzátorok vezetik a váltakozó áramot (AC), de az egyenáramot (DC) nem. (megjegyzés: lehetséges egyenárammal tölteni, de az áram csak addig folyik amíg a kondenzátor teljesen fel nem tölt) [1]

Képzeljük el az 28.ábrán látható áramkört. Amikor a kapcsoló zárva van, az elektronok az egyik fegyverzetről a másikra áramolnak az egyenáram által. Amikor ez végbemegy az a fegyverzet amely elveszít elektronokat pozitív, a másik negatív lesz.

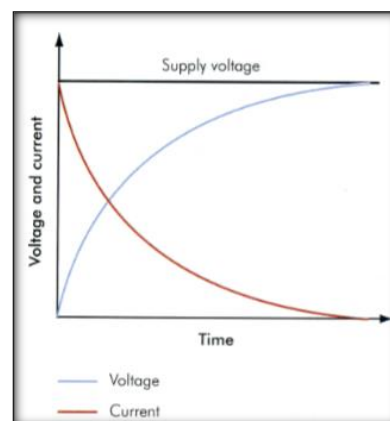


28. ábra: A kondenzátor töltése
Forrás: [1], 2-5.p.

Potenciálkülönbség (feszültség) jön létre a fegyverzetek közt, amint a kondenzátor elektromosan feltöltötté válik. [1]

Amikor a kondenzátor feszültsége elérte a tápfeszültség értékét, az áramfolyás megszűnik, és a kondenzátor töltve marad, lásd 29. ábra.

A kondenzátorban tárolt energia kisüthető egy megfelelő terhelésen keresztül, mint egy ellenálláson, ezután a kondenzátor feszültsége nullára csökken. [1]

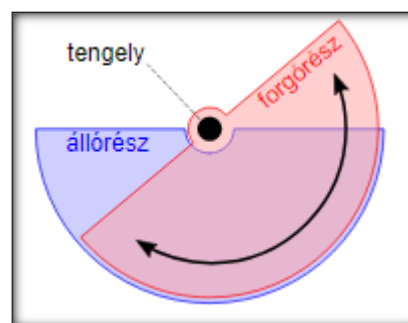


29. ábra: Feszültség, és áram a kondenzátoron
Forrás: [1], 2-5.p.

2.1.5 Változtatható kondenzátor

A változtatható kondenzátor a kapacitás változtatását teszi lehetővé. A változtatható kapacitású kondenzátorokat arra tervezték, hogy a kapacitást mechanikus úton tudják változtatni, azáltal, hogy a két fegyverzet milyen mértékben fedi egymást. A változtatható kondenzátorok működési elvét mutatja a 30. ábra [1]

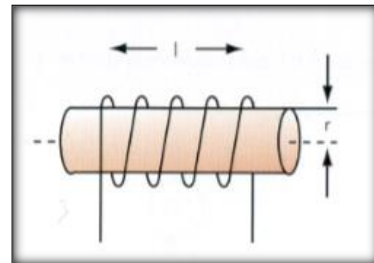
Akkor használják, ahol a kapacitás változtatására van szükség, úgymint másik állomásra hangolni egy rádiót.



30. ábra: A változtatható kondenzátor elve
Forrás: INTERNET [5]

Az illusztráció egy tipikus változtatható kondenzátor működését szemlélteti. Két készlet fegyverzete van. Egyiket forgórésznek hívják, a másikat állórésznek. [1]

A forgórész kapcsolódik az orsóhoz a kondenzátoron kívül. A két fegyverzetkészlet közel van egymáshoz, de nem érintkezik. A változtatható kondenzátor dielektrikuma levegő. A beállítástól függően, a fegyverzetek lemezei többé-kevésbé átlapolnak, így növelve vagy csökkentve az átlapolt felületet. Ahogy jobban átlapolódnak nő a kapacitás, ahogy kevésbé átlapolttá válnak csökken a kapacitás. [1]



31. ábra: Induktor
Forrás: [1], 2-7.p.

2.2 Induktorok

Egy induktor egy mag köré tekercselt vezetőből áll. lásd 31. ábra
A mag általában lágy mágneses anyagból készült, de lehet akár levegő is.

Az induktivitása, L a következőképpen határozható meg:

$$L = \mu \cdot \frac{N^2 \cdot A}{l}$$

Ahol:

μ = a mag permeabilitása

N = menetszám

A = a tekercs felülete

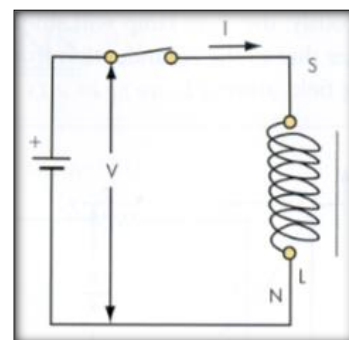
l = a tekercs hossza

Az induktivitás mértékegysége a Henry (H). Amikor áram (I) folyik át egy tekercsen (L) a mágneses tér (ugyan olyan, mint egy állandó mágnes körül) épül fel körülötte. A mágneses tér erőssége (vagy fluxus) egyenesen arányos az árammal. Az erőter létrehozásához szükséges energiát az áramforrás biztosítja, lásd 32. ábra.

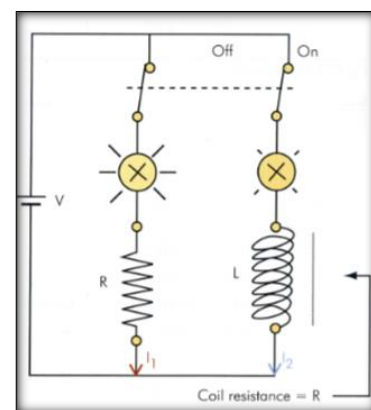
Az energia (W), mely a mágneses térben tárolódik, a képlet szerint adódik:

$$W = \frac{L \cdot I^2}{2}$$

A tekercs akadályozza az áram változását, így amikor felkapcsoljuk a két lámpát (lásd 33. ábra) egyszerre, a jobb oldali lassabban fog felkapcsolni, mint a baloldali. Amikor lekapcsoljuk a lámpákat, a jobb oldali kicsivel hosszabban fog világítani a tekercs körül összeomló erőter önindukciója miatt. [1]



32. ábra: Áram a tekercsen
Forrás: [1], 2-7.p.



33. ábra: Lámpák
Forrás: [1], 2-7.p.

3 Akkumulátorok

3.1 Bevezetés

Az akkumulátorok kémiai energiát alakítanak át elektromos energiává. Cellákból épülnek fel, ezek a cellák használatától függően lehetnek elsődleges és másodlagos cellák. A másodlagos cellák azok a cellák, amelyeket kimerülésük után újra lehet tölteni. Azáltal, hogy áramot vezetünk át a másodlagos cellán (a normális cella áram iránytól ellentétesen), a cella kémiai szerkezete helyreáll, és az akkumulátor feltöltődik. A másodlagos cellákat gyakran újratölthető celláknak nevezzük. [1]

A másodlagos cellákból felépülő akkumulátorok meglehetősen nagy teljesítményt tudnak rövid ideig szolgáltatni.

Az elsődleges (nem újratölthető) cellákat életmentő eszközökbe használják, úgymint mentőmellények, elemlámpák. Mindkét cellatípus ugyanazon elméleti alapok szerint működik, az elektrolit és az elektróda anyag között kémiai reakció során elektron áramlik. Az elsődleges cella csak egyszer kisüthető, mivel tönkremegy a kisütés során. A másodlagos cella, ezzel szemben, a kisütés során az aktív anyagot egy másik anyaggá alakítja, amely elektromosan visszaállítható az eredeti anyaggá. [1]

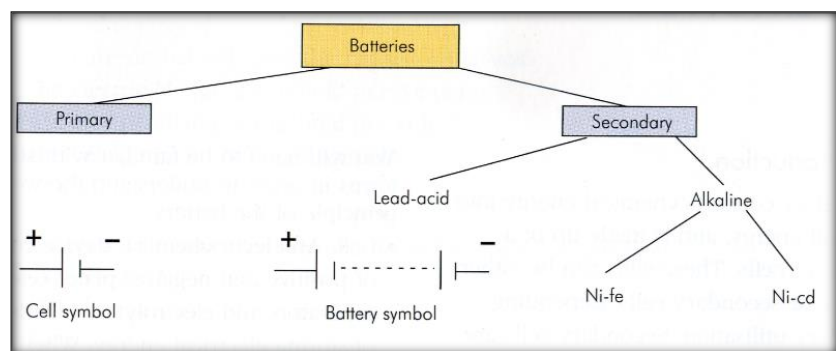
Tisztába kell lennünk néhány alapfogalommal annak érdekében, hogy megérthessük az akkumulátorok működését:

- **Cella:** Pozitív és negatív lemezekből (elektródákból), elválasztóból és elektrolitból álló elektromechanikus eszköz, amely elektromos energia tárolásra képes. Amikor be van ágyazva egy házba és el van látva érintkezőkkel, a cella az alapvető építőeleme egy akkumulátornak.
- **Elektróda:** Vezető test és az aktív anyag, amelyben a kémiai reakció végbemegy.
- **Elektrolit:** A kémiai anyag a cellában, amely kapcsolatban van az elektródákkal, így hozva létre köztük potenciálkülönbséget. Az elektrolit lehet nedves (azt jelenti, hogy az elektrolit folyékony), és száraz (paszta, gél, vagy az elválasztó anyagba beágyazott formában van jelen).
- **Elválasztó:** A cellán belül a pozitív és a negatív pólusok közti fémes kapcsolat megakadályozására alkalmazzák. [1]

3.2 Az akkumulátorok célja

A gépjármű akkumulátorok 3 fő célja:

- Hajtómű indítás, amikor a generátorok nem működnek és nincs rendelkezésre álló külső áramforrás.
- Tartalék, és kényszerhelyzeti energiaforrás, amennyiben az összes áramforrás működésképtelenné válik. Az akkumulátornak limitált kapacitása van és normál esetben nem képes a teljes üzemidőre elegendő energiát biztosítani (általában csak 30 percre elegendő energiát tud biztosítani). Ezen oknál fogva csak a nélkülözhetetlen elektromos berendezések lesznek táplálva.
- A fő feszültség szint tranziens állapotban van, ekkor segéd energiaforrás. Ez akkor fordulhat elő, ha nagy áramfelvevő fogyasztót használunk, például elindítunk egy egyenáramú hidraulika szivattyút.



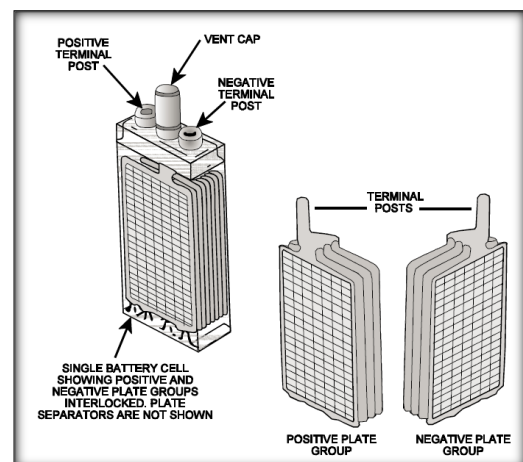
34. ábra: Akkumulátorok és cellák
Forrás: [1], 3-2

A 34.ábrán néhány fő akkumulátor és cella típust láthatunk, az áramköri jelükkel együtt. [1]

3.3 Az ólom (savas) akkumulátor

Számos másodlagos cella készül ólom (savas) kivitelben. Ezeket széles körben használják járművek akkumulátoraként, de az alkáli (nikkel-kadmium) akkumulátorok várhatóan kiszorítják ezeket. [1]

Az ólom (savas) cella esetében, lásd 35. ábra, a pozitív pólus ólom peroxid borítású, a negatív pólus ólomból készült és elektrolitba merül, amely hígított kénsavat tartalmaz (H_2SO_4 vízzel hígítva). Amikor kisül, mind a pozitív mind a negatív elektróda kémiaiilag ólom szulfáttá változik és a sav erőssége csökken, mivel a kén ionok az elektródákra vándorolnak. [1]



35. ábra: Akkumulátor cellák
Forrás: [2], 55.p.

Az elektrolit relatív sűrűsége 1,25-től 1,3-ig változik teljesen töltött akkumulátorok esetében és 1,17 a kimerült akkumulátor esetében. [1]

A sűrűség mérésével ellenőrizhető az ólom savas akkumulátor töltöttségi szintje.

A belső ellenállás miatt mindig kell kis mértékű feszültség vesztesre számítani, mikor a cella egy áramkörhöz kapcsolódik és áram folyik. Ezen okból kifolyólag használjuk a nyitott áramköri- és a zárt áramköri feszültség kifejezéseket. Egy ólom (savas) cella nyitott áramköri feszültsége 2,1 V. A cellát újra kell tölteni, amikor a feszültsége megközelíti a 1,8-1,85 V értéket. Egy 24 voltos ólom (savas) akkumulátornak 12 cellája van sorba kapcsolva, és 25,2 volt nyitott áramköri feszültsége (12 cella x 2,1 volt). [1]

Az ólom (savas) akkumulátor újratöltése folyamatos egyenáramú generátorra kapcsolással érhető el, kicsivel a nyitott áramköri feszültségnél nagyobb feszültséggel. [1]

Az eljárás során az elektrolit relatív sűrűsége nő és mindkét elektróda visszaáll az eredeti állapotába. [1]

Az ólom (savas) akkumulátorokat gyakran kell szellőztetni, és a disszociált vizet, amely elpárolgott újra kell tölteni tiszta vízzel.

Az akkumulátor kénsav elektrolitja nagyon korrozív. Káros a szemre, bőrre, lyukat vág a ruházatba és korrodálja a jármű szerkezetét. Az elektrolit kifolyás lúggal semlegesíthető, mint például szódabikarbonát és nagy mennyiségű víz.

Ahhoz, hogy az indításhoz szükséges nagy áramokkal megbirkózzon, az érintkezőknek és az indító kábelnek nagyméretűnek kell lenni, az érintkezők ólomból készülnek, korrózióvédelmi célból. Az ólom (savas) akkumulátorokat teljesen töltött állapotban kell tárolni, hogy megakadályozzuk a szulfátosodást és csökkentsük az elektrolit megfagyásának veszélyét.

Jegyezzük meg, hogy teljesen lemerült akkumulátor esetében az elektrolit körülbelül 7°C-on fagy meg, amíg a fagypontja egy teljesen feltöltött akkumulátornak körülbelül -68°C. Megjegyzés:

Az ólom (savas) akkumulátorok kénsavat használnak, aminek a gázai (főként a hidrogén) nagyon robbanásveszélyes, ezért:

- Mindig tartsuk az akkumulátort távol nyílt lángtól és minden fajta szikrától.
- Győződjünk meg a megfelelő szellőzés meglétéről ólom (savas) akkumulátor töltése közben, a hidrogén keletkezésének veszélye miatt. [1]

3.3.1 Töltés

Az ólom (savas) akkumulátorok töltése a következőket eredményezheti:

- Az elektródák kihajlása, vetemedése
- Az elektrolit gyengülése, károsodása
- A rácsok oxidációja
- Túlmelegedés
- Jelentős vízvesztés

Az akkumulátor töltöttségi állapotának ellenőrzéséhez elég ellenőrizni a terhelés nélküli kimenő feszültséget. Az akkumulátor kapacitásának ellenőrzéséhez a terhelés alatti és a terhelésmentes feszültségek közti különbséget kell mérni. Amikor jelentős a különbség a terhelés nélküli és a terheléssel mért feszültségek között az akkumulátor kapacitása alacsony.

[1]

3.4 Nikkel-Kadmium akkumulátorok

Az alkáli típusú Nikkel-Kadmium (Ni-Cd, gyakran NiCad néven emlegetik) akkumulátorokat széles körben alkalmazzák nagy repülőgépek esetében, mivel nagy áram termelésére képesek a gázturbina indításhoz.

Nagyon megbízható akkumulátorok, hosszú az élettartam várható el tőlük, lásd 36. ábra. [1]

3.4.1 Elméleti működés

Mint más akkumulátorok esetében, a nikkel-kadmium akkumulátorok alapeleme itt is a cella. A pozitív elektróda minden cellában nikkel hidroxidból áll nikkelezett acél támaszokon, míg a negatív elektróda kadmium-hidroxid nikkelezett acélon. A pozitív és negatív elektródák össze vannak fűsülve és nejlon (poliamid v. polietilén) valamint celofán (cellulóz alapanyagú anyag) választja el őket, lásd 37. ábra.

Kisütés során oxigén képződik a pozitív elektródán. A celofán membránként viselkedik az elektródák közt



36.ábra: Nikkel-kadmium akkumulátorok
Forrás: [4], 46.p.



37. ábra: NiCd cella
Forrás: [1], 3-4.p.

és megakadályozza, hogy az oxigén elérje a negatív elektródát. Az oxigén a kadmiummal reagálva a negatív elektródán hőfejlődést eredményezne az akkumulátoron belül.

A NiCad akkumulátorok elektrolitja 30 % (tömeg) káliumhidroxidból (KOH) áll. Amikor az akkumulátor kisül, az elektrolit hidroxid ionjai egyesülnek a kadmiummal a negatív elektródán, és elektronok szabadulnak fel. Ezzel egy időben, hidroxid ionok a pozitív elektródáról elektrolitba mennek, mialatt elektronokat visznek magukkal.

Az ólom (savas) akkumulátorokkal szemben, a Ni-Cd akkumulátorok elektrolitja nem változtatja szerkezetét a kisütés során, és a relatív sűrűsége sem változik a töltöttségi állapottal. A relatív sűrűség 1,24 és 1,3 közötti, hőmérséklettől függően. Habár, egy kevés elektrolitot elnyelnek az elektródok a kisütés során, így csökken az elektrolit szintje a cellában. Az elektrolit szintje a legalacsonyabb, amikor az akkumulátor teljesen lemerült. A töltés során az elektrolit előhívódik az elektródából, és az elektrolit szint újra növekedni fog.

Ha vizet öntünk egy Ni-Cd akkumulátorba, úgy, hogy az nincs teljesen feltöltve, egy kevés elektrolit ki fog szivárogni a cella szellőzőjén keresztül a töltés során.

Az egyes cellák feszültsége 1,2 V, vagy több töltött állapotban. A Ni-Cd akku lehet tömített vagy félig tömített; az utóbbi szellőzni tud amikor a belső nyomás kellően nagy. Egy 24 voltos akkumulátornak 19-23 (normál esetben 20) cellája lehet, amely egyenértékű egy 12 cellás ólom (savas) akkumulátorral, lásd 38. ábra. [1]

A cellákat feszültségmérővel kell ellenőrizni, mivel a relatív sűrűséget nem befolyásolja a töltöttségi állapot.

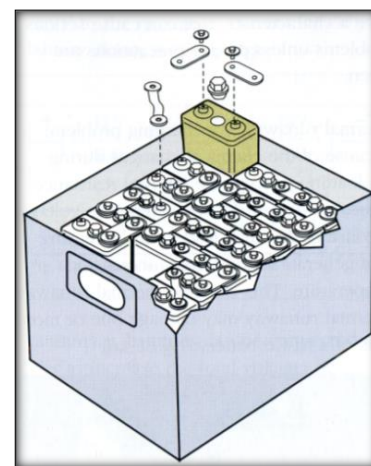
Megjegyzés

Az elektrolit nagyon korrozív. Bármilyen mértékű szembe, nyílt sebre, vagy bőrre, ruházatra kerülése kerülendő.

Bármilyen elektrolittal végzett tevékenység során kesztyű és védőszemüveg használata kötelező, védőruházat használata ajánlott. Égési sérülés esetén bő vízzel öblítsük le a sérült területet és azonnal vegyük fel a kapcsolatot egy orvossal. (Folyadékok, mint például a bórsav, ecet, citromlé, és víz használhatók az elektrolit semlegesítésére. [1])

3.4.2 Hőinstabilitás

Habár súly és tárolás tekintetében előnyben van a Ni-Cd akkumulátor, vannak hátrányai is, ezek közt van a



38. ábra: Ni-Cd akkumulátor
Forrás: [1], 3-5.p.

költségessége és a hőinstabilitása. Ezeknek az akkumulátoroknak olyan tulajdonságai vannak, amelyek megfelelő óvóintézkedések hiányában súlyos következményekkel járhatnak.

A hőinstabilitás egy töltési probléma: A töltés közbeni kémiai változások miatt a belső ellenállás csökken. Mivel a töltés során a feszültség állandó ez növekvő hőfejlődéshez vezethet, mely hőmérséklet emelkedéssel jár, ez a hőinstabilitás. A hőinstabilitás egy vagy több cellát is károsíthat. (lásd 39. ábra).



39. ábra: Hőinstabilitás következménye
Forrás: [1], 3-6.p.

Amelyik repülőgépen ilyen akkumulátorokat alkalmaznak, hőmérséklet érzékelőket építenek be az akkumulátorba. Ez figyelmeztetést ad, ha túl magasra emelkedik az akkumulátor hőmérséklete, illetve megakadályozza a túltöltésből eredő hőinstabilitást a töltő forrás egy adott hőmérsékleten történő leválasztásával. [1]

3.5 Akkumulátorok kapacitása

Az akkumulátorokat általában a feszültségük és a kapacitásuk jellemzi. A kapacitás azt fejezi ki, hogy az akkumulátor meddig képes egy adott kimenő áramot szolgáltatni, vagyis mikor esik egy kimerült állapotot jellemző értékre, ez ólom savas akkumulátor cellák esetében pl. 1,8-1,85 V a mértékegysége az amperóra (Ah).

Az amperóra a felvett áram és az idő eredményeként létrejövő mértékegység. Például, egy akkumulátor 11 ampert szolgáltat 2 órán keresztül azt mondjuk, hogy a kapacitása $11 \cdot 2 = 22$ amperóra (Ah).

Ugyanez az akkumulátor, ha 1 órán át sütjük ki csak 18 ampert képes szolgáltatni, így a kapacitása csak 18 amperóra. Minél gyorsabb a kisütés, annál kisebb a kapacitás, és fordítva.

Amennyiben a generátor meghibásodik, az akkumulátornak kell a repülőgépeken 30 percig, vagy hosszabb ideig biztosítani a szükséges fogyasztók áramellátását.

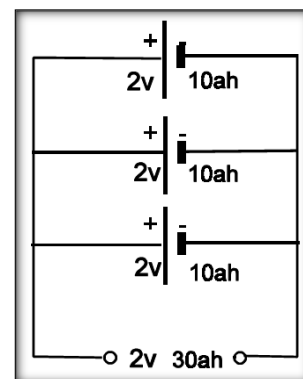
A minimális idő, ameddig a vészvilágításnak ki kell tartani az 20 perc. Habár, ha az akkumulátort ellátták árammérővel, az aktuális fogyasztás mértékéből következtetni lehet arra az időre, ameddig az akkumulátor kitart, generátorhiba esetén, ha figyelembe vesszük, hogy az aktuális kapacitás csak kb. 80 %-a a tárolt kapacitásnak, úgymond 80 %-os hatásfokú.

Akkumulátor kapacitás ellenőrzést 3 havonta kell végezni. A hatásfoknak 80 %-nak, vagy afölött kell lennie.

Egy 18 amperórás akkumulátor, amely 18 amper szolgáltat, $0,8 \cdot 1 \text{ óra} = 48 \text{ perc}$ -ig elég. Az akkumulátor ellenőrzést egy ismert terhelésre való kapcsolással végzik, hogy jobb képet kapjanak az akkumulátor állapotáról.

A kapacitás nagyban függ a cellák elektródáinak felületétől, de növelhető két vagy több akkumulátor párhuzamos kapcsolásával. Amikor akkumulátorokat párhuzamosan kapcsolunk, az eredmény a következő:

- Az eredő feszültség egyenlő ez egyes akkumulátorok feszültségével
- A maximális lehetséges kimenő áram az akkumulátorok áramainak összegével egyenlő Lásd 40. ábra



40.ábra: Akkumulátor párhuzamos kapcsolása
Forrás: [2], 54.p.

Amikor sorosan kapcsoljuk az akkumulátorokat, a következők érvényesek:

- Az eredő feszültség az egyes feszültségek összege
- A maximális lehetséges kimenő áram egyenlő a legnagyobb áramú akkumulátoréval. lásd 41. ábra

Összefoglalva, az akkumulátorok lehet sorosan kapcsolva, hogy megnöveljük az eredő feszültséget, vagy párhuzamosan, hogy megnöveljük a maximális áramot.

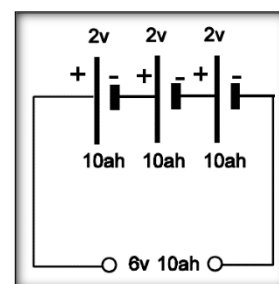
Ha a másodlagos akkumulátorok sorba kapcsolt cellái közül bármelyik cellája megsérül, az akkumulátor használhatatlanná válik.

[1]

3.6 Az akkumulátorok töltése

Az ólom (savas) akkumulátorokat normál esetben állandó feszültségű töltővel töltik. Egy 12 voltos akkumulátort 14 voltos generátor feszültséggel, egy 24 voltost egy 28 voltos generátor feszültséggel lehet tölteni.

Mivel a hőinstabilitás problémát jelent a NiCd akkumulátorok esetében, ezeket normál esetben állandó áramú rendszer tölti. Egy folyamatos ellenőrző rendszer tartja a megfelelő korlátok közt az akkumulátor hőmérsékletét. Gyakran alkalmaznak csepptöltést, hogy folyamatosan feltöltött állapotban tartsák. A csepptöltés kis impulzusú töltőáramot jelent. Ez az ampermérő rövid idejű kitéréseként észlelhető a kezelő számára. [1]



41.ábra: Akkumulátorok soros kapcsolása
Forrás: [2], 54.p.

3.7 Ni-Cd vs. ólom (savas) akkumulátor

A Ni-Cd akkumulátornak számos előnye van az ólom (savas) akkumulátorral szemben, és ezért gyakrabban alkalmazzák repülőgépeken, míg más járműveken a savas akkumulátort találunk:

- Robosztus kialakítás
- Hosszabb várható élettartam a kisütések és feltöltések vonatkozásában. Több száz kisütési és feltöltési ciklus, és 10 éves élettartam (körülbelül 4 év ólom (savas) esetében).
- Az egyes cellák cserélhetők, lásd 38. ábra
- Hosszabb ideig kisüthető, mielőtt károsodna. Emiatt kimerült állapotban is tárolhatók hosszabb ideig.
- Jobb elektromos tulajdonságok, akár alacsonyabb hőmérsékleteken is.
- Azonos kapacitású akkumulátorokat tekintve a Ni Cd akkumulátorok nagyobb áramokra (mind töltés, mind kisütés esetében) képesek, mint a savasak.
- Hosszabb ideig képesek közel azonos feszültség szintet tartani a kisütési ciklus során, mint az ólom (savas) akkuk.
- Kisebb tömegűek

Ni Cd akkumulátorok hátrányai:

- Magasabb költség
- Hőinstabilitás [1]

3.8 Akkumulátor hőmérséklet

Ha az akkumulátor hideg, akkor a kémia aktivitás mértéke csökken. Ez az akkumulátor kapacitásának csökkenését eredményezi. Ez a jelenség egy hideg napon történő indításnál a legjobban megfigyelhető, amikor előfordulhat, hogy csak egy indításra lesz lehetőség. [1]

3.9 Akkumulátor kezelése

A töltőáramot a lehető legkisebb értéken kell tartani, annak érdekében, hogy elkerüljük a túlmelegedést és az elektródok vetemedését. Az elektrolit szintjét ellenőrizni kell és szükség szerint újra tölteni, hogy éppen ellepje a lemezeket, az utántöltéshez csak desztillált víz használható az ólom (savas) akkumulátorok esetében. Az akkumulátor tereket szellőztetni kell, a korrozív és adott esetben robbanásveszélyes gázok veszélye miatt, melyek a járművek szerkezetben is kárt okozhatnak. [1]

4 Kapcsolók és áramvédők

Az áramkörök vezérlése többnyire kapcsolókkal és reléekkel történik. Az áramvédő eszközök úgy vannak elhelyezve, hogy csere vagy visszakapcsolás esetén hozzáférhetőek legyenek, és közel legyen az áramelosztó pontokhoz, annak érdekében, hogy minimális legyen a védelem nélküli vezetékszakas. Ezek a védelmi eszközök ezen fejezet végén kerülnek tárgyalásra. [1]

4.1 Kapcsolók

Lényegében a kapcsoló két elszigetelt érintkező felületből áll, melyek egy mozgatható kapcsoló elemmel összekapcsolhatók.

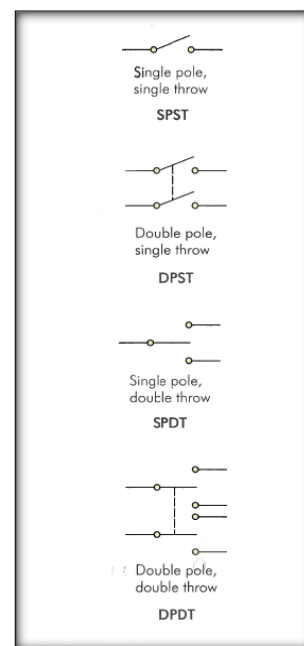
Ezt a kapcsoló elemet pólusnak nevezzük, amennyiben egy áramkört zár akkor egy pólusú egy áramkörű kapcsolóról beszélünk. Ha két áramkört zár (nem egyszerre) egy pólus mozgatásával, akkor azt egy pólusú kétáramkörű kapcsolónak nevezzük. Kétpólusú kapcsoló, melyben minden egyes pólus külön áramkört zár egyszerre a kétpólusú egy áramkörű kapcsoló.

Ez a nomenklatúra folytatható, kétpólusú kétáramkörű és így tovább, ahogy a 42. ábra mutatja. A kapcsolókat aszerint is csoportosíthatjuk, hogy hány állásuk van.

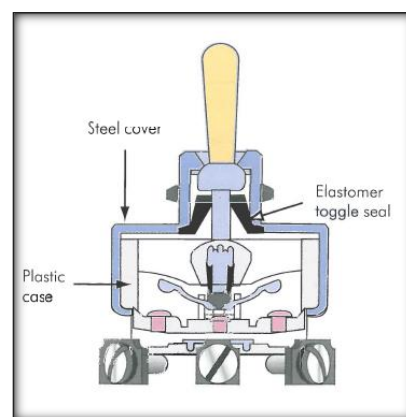
„Egyállású”, „kétállású” és „háromállású” kapcsolók a leggyakoribbak. Az „egyállású” kapcsolót rugó tartja az egyik helyzetben, míg a másik állásban tartva zárja az áramkört. A „kétállású” kapcsoló nyitott és zárt helyzetbe is kapcsolható. A „háromállású” van egy ’Ki’ és két ’Be’ helyzete emiatt választó kapcsolónak is hívják. A különböző típusok később kerülnek részletezésre. [1]

4.1.1 Billenőkapcsolók

Ezek általános célú kapcsolók, melyeket számos helyen alkalmaznak a járművek elektromos rendszereiben. Lásd. 43. ábra [1]



42. ábra: Különböző kapcsoló fajták
Forrás: [1]. 4.1.p.



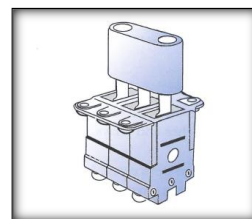
43. ábra: Billenőkapcsoló
Forrás: [1], 4.2.p.

4.1.2 Összekapcsolt kapcsolók

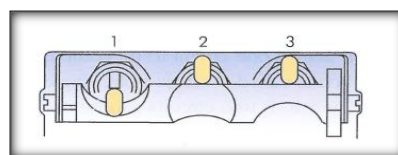
Olyan kapcsolók sora, melyek mechanikusan (nem elektromosan) össze vannak kapcsolva és egyszerre működtethetők. Lásd.: 44. ábra

Az ábrán látható merev összekapcsolás helyett, lehetséges egy, a kapcsolók felett elhelyezett, rugó által fenti helyzetben tartott billenthető rúd, amelyet lefelé nyomva működteti a kapcsolókat. Általában lekapcsolja a rendszereket és elengedés után a rugó által áll vissza az alaphelyzetbe.

Egy másik változat esetében az összekapcsoló elem egy vagy több kapcsolót nyitott helyzetben hagy, míg biztosítja, hogy egy vagy több kapcsoló zárva maradjon. A 45. ábra mutatja azt a felállást, ahol három generátor kapcsoló van összekapcsolva, úgy hogy az 1-es számú 'Ki' helyzetben van, és a másik kettőt zárt helyzetben tartja az összekötő elem, mely forgatható, így biztosítva több kapcsolási lehetőséget. [1]



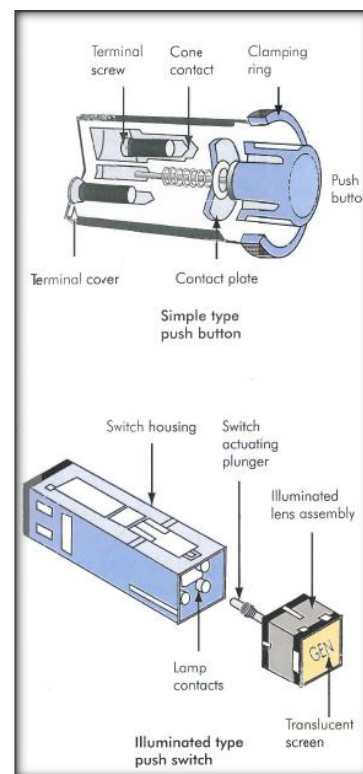
44.ábra: Összekapcsolt kapcsolók
Forrás: [1], 4-2.p.



45.ábra: Összekapcsolt kapcsolók
Forrás: [1], 4-2.p.

4.1.3 Nyomógombok

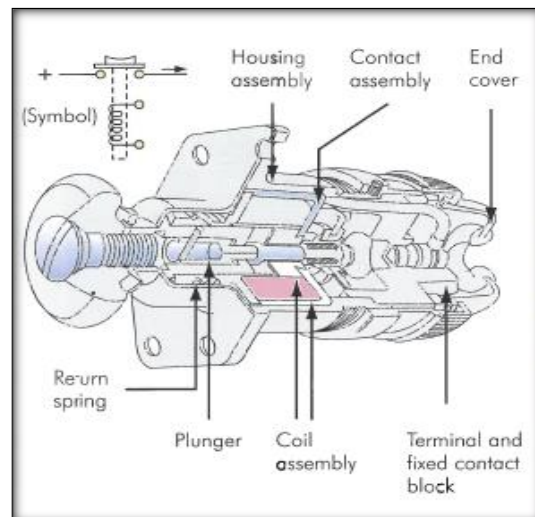
A nyomógombokat elsősorban rövid idejű kapcsolásra használják. Egy gomb által működtetett, rugó által terhelt rúd tartalmaz egy vagy több érintkezőt, melyek rögzített érintkezők közt mozognak, így zárják az áramkört. Bizonyos gomb típusok tetején vészjelző, vagy tájékoztató világító feiratok tartalmazhatók. Lásd.: 46. ábra



46.ábra: Nyomógombok
Forrás: [1], 4-3.p.

Néhány nyomógomb mind kézi, mind elektromágneses úton működtethető. Lásd.: 47. ábra

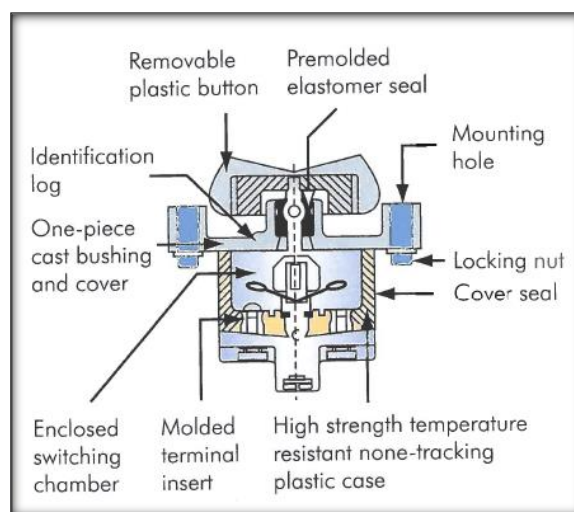
A rugó terhelésű mozgató rúd körül van egy szolenoid tekercs mely két kivezetéshez csatlakozik. A gomb megnyomása összekapcsolja a két érintkezési pontot és zárja a szolenoid áramkörét, mely ezután benyomott állapotban tartja a mozgató rudat, és biztosítja az áram útját a fogyasztóhoz. Amint a fogyasztó elvégezte a feladatát vagy nem tartjuk nyomva a kapcsolót az áram megszakad a szolenoid felé. A mozgató rúd visszatér a kinti helyzetébe és a szolenoid árama megszűnik, vagy a nyomógomb elengedésre kerül. [1]



47.ábra: Behúzó szolenoid
Forrás: [1], 4-3.p.

4.1.4 Billenőkapcsolók (rocker-button switch)

A billenőkapcsolók (rocker-button switch) (48. ábra) kombinálják a billenőkapcsolók (toggle switch) és a nyomógombok funkcióját. Néhány típus tetején felíratozott fedél látnak el vagy vészjelző, tájékoztató világító feiratok tartalmazhatók. [1]



48.ábra: Rocker-button switch
Forrás: [1], 4-4.p.

4.1.5 Forgó kapcsolók

Kézi kapcsolásúak és a billenőkapcsolóval szembeni előnyük, hogy kevésbé hajlamosak a véletlenszerű működésre. Ráadásul a forgókapcsolók működési elve és jobb kapcsolódás az érintkezők közt alkalmasabbá teszi ezeket a különböző áramkörök közti váltásra, mint a billenőkapcsolókat. Tipikus alkalmazási területe, a voltmérő különböző busbar-okra való kapcsolása, feszültség ellenőrzés céljából. Alapvetően, a forgó kapcsoló egy központi forgórészből áll, mely tartalmaz egy vagy több érintkezőt, vagy lapátot, melyek kapcsolódnak

a fix házba rögzített érintkezőkhöz. A mozgás általában rugó terhelésű és excentrikus résszel van ellátva a jobb kapcsolódás érdekében. [1]

4.1.6 Mikrokapcsolók

A mikrokapcsolók a kapcsolók egy speciális kategóriája, melyek a legszéleskörűbben használt elektromos berendezések a járművekben, ahol feladatok széles skáláját látják el a különböző rendszerek és komponensek biztonságos üzemeltetése érdekében.

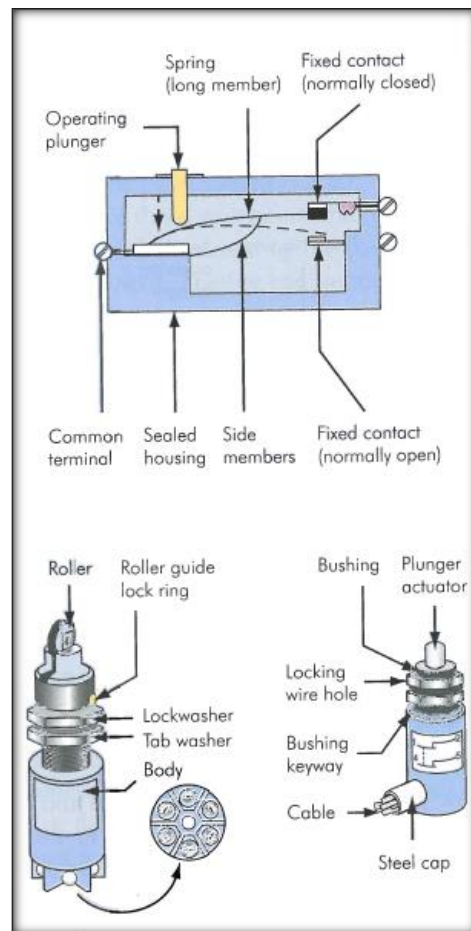
A mikrokapcsoló kifejezés egy kapcsoló szerkezetet takar, melyben a működtető mechanizmus által megtett út a kapcsolási periódusok között néhány ezred inch. A kapcsoló elemek mozgását mechanikusan előfeszített rugó határozza meg. Lásd.: 49. ábra. [1]

4.1.7 Reosztát

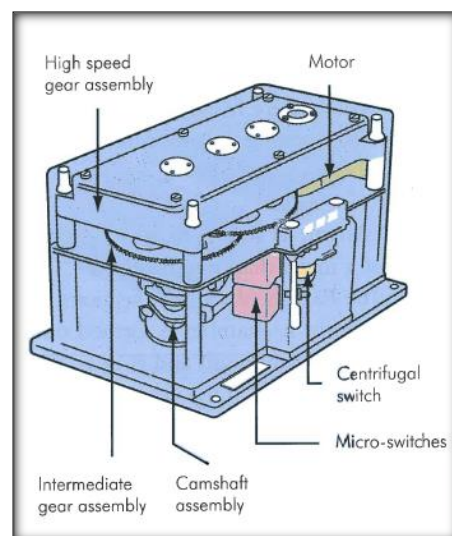
Vezérlő elemek, melyek változtatható ellenállást tartalmaznak, ezáltal a kapcsolt áramkörben folyó áram változtatható (állandó feszültség mellett). Egy tipikus példa ezen metódus alkalmazására a műszerfal világítás és a világítás fényerősségének szabályozása. A reosztát általában az áramkör ellenállását változtatja, anélkül, hogy megszakítaná azt, habár számos esetben egyben ki-be kapcsolóként és változtatható ellenállásként is működnek. [1]

4.1.8 Időkapcsolók

Az előre meghatározott időperiódus szerint működő berendezések számára szükséges egy, az adott komponenseket, vagy áramköri részeket ki és be kapcsoló időzítő mechanizmus. Az időkapcsolók elve különbözik, de általában egy büttyök által működtetett



49. ábra: Mikrokapcsolók
Forrás: [1], 4-4.p.



50. ábra: Időkapcsoló
Forrás: [1], 4-5.p.

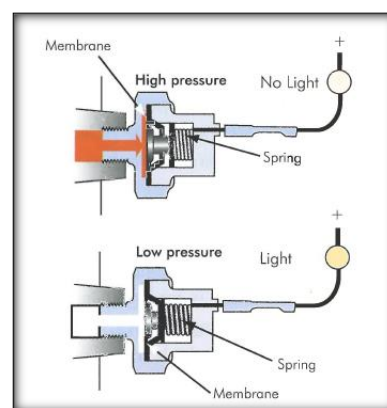
szerkezet, a büttyköt egy adott fordulatszámmal forgatja egy változtatható fordulatszámú elektromotor. Néhány speciális fogyasztó esetében termikus elven működő kapcsolót használnak. Ezekben az érintkező elem a termoelem alakváltozása útján kerül működtetésre, addig amíg az egy előre meghatározott ideig vezette a kijelölt árammennyiséget.

Motor által hajtott időkapcsoló ábrája látható a 50. ábrán. Ezeket arra tervezték, hogy reléket működtessenek, melyek a váltóárammal működtetett jégtelenítő rendszert irányítják.

A 'gyors', vagy 'lassú' beállítástól függően az időkapcsoló rövid, vagy hosszú ciklusokban küld jelet a relékhez. [1]

4.1.9 Nyomáskapcsoló

Számos rendszer esetében, mely nyomásmérést tartalmaz, szükség van a veszélyes működéshez vezető magas, vagy alacsony nyomások jelzésére. Néhány rendszerben a működés frekvenciája olyan, hogy nyomásmérő beépítése nem indokolt, mivel a szükséges nyomás meglétének jelzése a működés időtartama alatt elégséges. Az utóbbi követelmény teljesítése érdekében nyomáskapcsolókat építenek be, amelyek a vezetőfülkében lévő jelzőfényekhez kapcsolódnak.



51. ábra: Nyomáskapcsoló

Forrás: [1], 4-6.p.

Egy átlagos nyomáskapcsolót mutat az 51. ábra, mely a kapcsoló két felének pereméhez csavarozott fém membránt tartalmaz. Egy, a nyomás forrás felé nyitott üreg jön létre a membrán egyik oldalán. A membrán másik oldalán egy nyomórúd található, mely egy szigetelt furaton keresztül kapcsolódik az érintkezőkhöz, melyek végül a jelzőlámpákhoz csatlakoznak. Az érintkezők akár csökkenő, akár növekvő nyomás jelzésére is beállíthatók, és a köztük lévő hézag nagyságát a jelzendő nyomás határozza meg.

Nyomáskapcsolók olyan rendszerekben is alkalmazhatók, ahol adott nyomáshoz képest kell jelezni a nyomásváltozást, tehát nyomáskülönbség jelző eszközként. A felépítés és működés az előbbihez hasonló, azzal a különbséggel, hogy a membrán mindkét oldalról nyomás alatt van. [1]

4.1.10 Hőkapcsolók

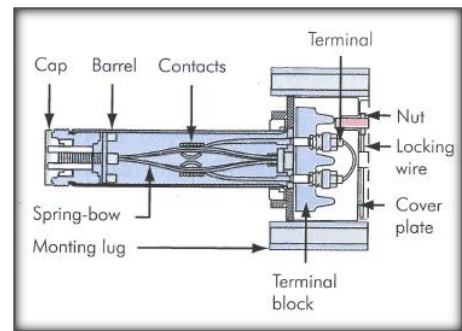
Hőkapcsolókat azon rendszerekben alkalmaznak, ahol a túlmelegedés jelzésére van szükség. Automatikusan hőmérséklet szabályozó és automatikus védelmi rendszerekben is alkalmazhatók.

Példák a hőkapcsolók alkalmazására: generátor túlmelegedés, termikus jégtelenítő rendszer szelepeinek szabályozása, és a automatikus tűzoltó berendezések. A bimetalos hőkapcsolók két különböző összepántolt, vagy szegecselt fémfémcsíkot tartalmaznak.

Különböző hőtágulási együtthatójú fémeket választanak, melyek meghajlanak a hőmérséklet növekedésével (általában invar és bronzot, az invar egy nikkel (36%) és acél ötvözet, hőtágulási együtthatója kb. huszada a bronzénak). Ahogy meghajlanak érintkezőket nyomnak össze, melyek így áramkört létesítenek és aktiválják a figyelmeztető lámpát, vagy relét. A fémcsík kiegyenesedik ahogy a hőmérséklet csökken, így nyitja az áramkört.

Egy másik típus látható a 52.ábrán. A hőérzékeny elem egy ötvöztött acél dob (barrel), amely alacsony hőtágulási együtthatójú laprugó összeállítást tartalmaz (spring bow). Az laprugó mindkét oldala tartalmaz egy-egy ezüst-ródium érintkezőt, amely egy tűzálló vezetéken keresztül kapcsolódik az acél házban lévő elosztó dobozba.

Tűz, vagy jelentős hőmérséklet emelkedés esetén a dob megnyúlik és feszíteleníti az laprugót, mely így lehetővé teszi, hogy az érzékelők zárják a a hozzájuk tartozó jelzőláma áramkörét. Ha csökken a hőmérséklet a dob összehúzódik az laprugó összenyomódik és nyitja az áramkört. [1]

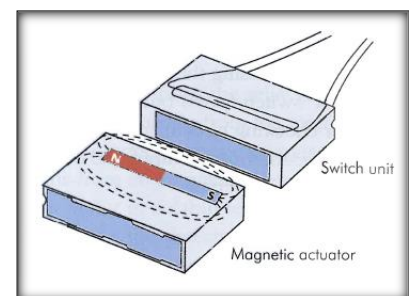


52.ábra: Hőkapcsoló
Forrás: [1], 4—7.p.

4.1.11 Közelítéskapcsoló

Olyan kapcsolók melyeket számos jármű típusban alkalmaznak bejáratú ajtók, tehertér ajtók, stb. bezárt és biztosított helyzetének jelzésére szolgáló áramkörökben.

Mivel nincs mozgó alkatrészük számos előnnyel rendelkeznek a mikrokapcsolókkal szemben, melyeket szintén alkalmaznak ilyen rendszerekben.



53.ábra: Közelítéskapcsoló
Forrás: [1], 4-7.p.

Egy átlagos változatot mutat a 53. ábra, ez két fő részből áll, egyik egy hermetikusan zárt állandó mágnes, ez a működtető elem, a másik egy kapcsoló egység, mely két ródium bevonatú érintkező nyelvet tartalmaz, melyek a jelző áramkör részei. A két fő rész úgy van beépítve, hogy amikor egymáshoz érnek az állandó mágnes mágneses mezeje zárja a nyelveket, így hozva létre az „ajtó zárva” jelzés zárt áramkörét. [1]

4.1.12 Tehetetlenség kapcsoló

Az inercia kapcsoló hirtelen gyorsulás, lassulás hatására lép működésbe. Ezt például a repülőgép elektromos rendszerének lekapcsolására alkalmazzák jelentős hossz- vagy keresztirányú lassulás esetén, mely becsapódáskor jön létre. Nem jön működésbe egy nagy, normál körülmények között bekövetkező lassulás esetén, például durva leszállás során. A tehetetlenség kapcsoló működésbe hozza a kényszerhelyzeti vészjeladót is (ELT). [1]

4.1.13 „Nyomd az ellenőrzéshez”

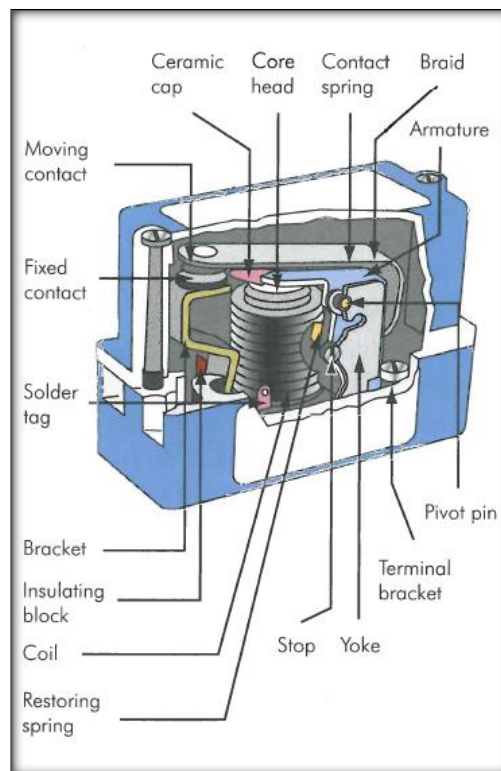
Ez a képesség lehetővé teszi égők működésének ellenőrzését, a burkolat megnyomásának hatására. Az ellenőrző nyomógomb áramkörök helyes működésének ellenőrzéséhez is használható, például alternátor, vagy átesésjelző áramkörei. [1]

4.1.14 Relék

A relék (lsd.: 54. ábra) elektromágneses kapcsolók, amelyekkel az áramkör indirekt módon vezérelhető, az ugyanazon vagy egy másik áramkörben bekövetkezett változás által. Számos relé típus van használatban, a felépítésük, működésük, teljesítmény korlát, stb. alapján.

Alapjában véve a relé két fő részből épül fel, egy a relé mechanizmusainak működtetésére, és a másik a változások irányítására. Az érzékelő és a működtető elem egy elektromágneses tekercsből és armatúrából áll, valamint az irányító elem egy vagy több érintkezőpár.

Mint a kapcsolók esetében, a relék is lehetnek 'egy pólusú egy áramkörű' típusúak, egészen a



54. ábra: Relé
Forrás: [1], 4-8.p.

komplexekig, amelyek esetében egy relé számos áramkört vezérel. [1] A reléről a Starter solenoid (relay) című videóban is tájékozódhatunk. [12]

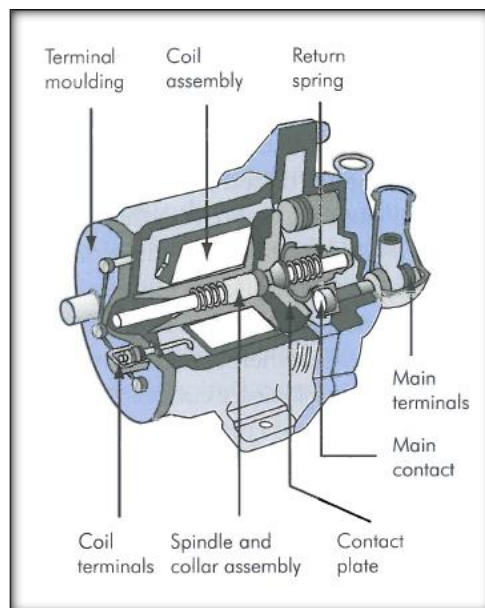
4.1.15 Szolenoid

Szolenoidok (kontaktorok) rövid lineáris mozgást biztosító eszközök, melyek arra használhatók, hogy zárjanak vagy nyissanak kapcsolatokat, például: indító szolenoid, szelepek. Lásd.: 55. ábra.

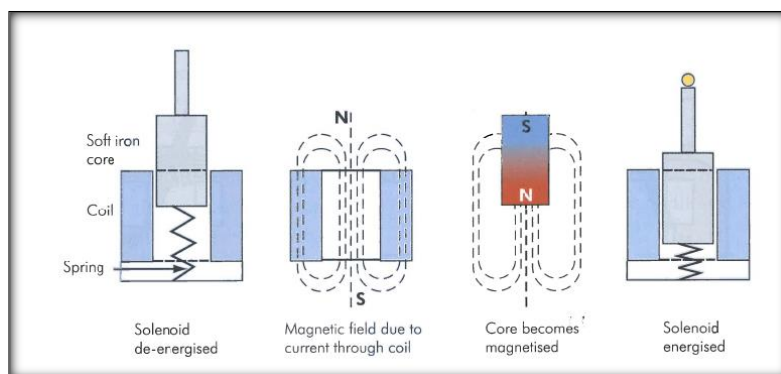
Az áramjárta tekercs mágneses mezőt generál, mint egy állandó mágnes, amely magnetizálja a mozgatható lágyvas magot, annak érdekében, hogy a tekercs polaritásával ellenkező mágneses mező alakuljon ki körülötte. Mivel különböző pólusok vonzzák egymást a mag rugó ellenében behúzódik a tekercsbe, ahogy a 56. ábra mutatja.

Mechanikus kapcsolatot lehet létesíteni a kapcsolandó elemekhez, ami zár, ha a tekercs áram alá kerül, pl.: indító motor BE.

Amikor a tekercs árama megszűnik a mágneses mező összeomlik és a rugó nyitja a kapcsolatot.



55.ábra: Szolenoid kapcsoló
Forrás: [1], 4-9.p.



56.ábra: Szolenoid
Forrás: [1], 4-9.p.

Számos alkalmazásban a relé (vagy szolenoid) közvetlenül a jármű elektromos rendszeréről kerül táplálásra, míg más esetekben automatikus eszközök, jelei által pl.:erősítő a fülke hőmérséklet szabályzó rendszerében, vagy tűzérzékelő egység.

Amikor a relé tekercse áram alá kerül mágneses mező épül fel és egy előre meghatározott feszültség szintnél (ún.: behúzási feszültség) egy rugó ellenében egy pólushoz vonzódik az armatúra, és működteti a kapcsoló elemet. Ezzel egy időben ez megtartja vagy megszakítja az irányított áramkört. Amikor a relé tekercse áramtalanítódik a rugó visszatéríti az armatúrát és a kapcsoló elemet a kikapcsolt helyzetbe. A feszültség aminél a rugó elhagyja a pólus elemet a

kidobási feszültség. [1] A Solenoid Basics – Part 1 című videó bemutatja a szolenoidok működését. [13]

4.1.16 Polarizált armatúra relé

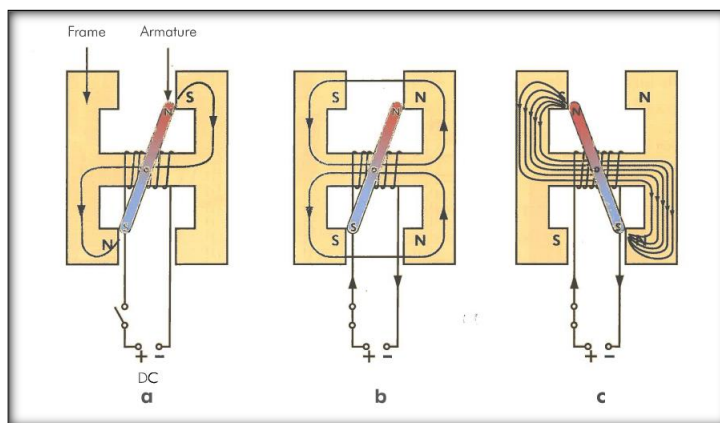
Néhány speciális alkalmazás esetében a vezérlő áramkör feszültségei és áramerősségei néhány milliamper és millivolt nagyságrendűek, ebből adódóan kivételes érzékenységű relékre van szükség. Ezt a követelményt a rugó vezérelt armatúrájú relék nem mindig tudják teljesíteni, habár a terhelés csökkenthető, egy kisebb behúzási feszültséggel történő üzemelés érdekében, a vezérlés hatékonysága csökken és belengési jelenség áll fenn. Egy praktikus megoldás erre a problémára egy olyan reléhez vezetett, amelyben hagyományos rugó vezérlésű armatúra és kapcsolóelem helyettítésre került a mágneses tér vonzó és taszító erői által. Az armatúra egy állandó mágnes, mely egy nagy permeabilitású anyagból készült keret közepén helyezkedik el, úgy, hogy benne el tud fordulni. A keret anyaga általában μ -fém. (a μ -fém egy ötvözet, mely többnyire nikkelt és vasat tartalmaz, mely kiemelkedően magas mágneses permeabilitást eredményez alacsony térerősség esetén) Lásd.: 57. ábra

Ahogy az (a) rajz mutatja a az armatúra el van fordulva, hogy a kapcsolót statikus állapotban tartsa.

A keret középső tagja egy alacsony induktivitású, alacsony feszültségű

tekercs, mely alacsony mágneses erőt gerjeszt a keretben, amikor megfelelő egyenáramú táplálást kap. Amikor az armatúra statikus állapotban van, a keret pólusai, az armatúra indukciója, az ábrán jelzett polaritások és az eredő mágneses vonzóerők által határozottan a helyén tartja az armatúrát.

Amint DC feszültség alá kerül a tekercs, a keret egy elektromágnes magjává válik. A mag fluxusa ellentétes. és meghaladja az állandó mágnesű armatúráét és a keret pólusai a (b) rajzon látottak szerint alakulnak. Az armatúra pólusai és a keret pólusai immár azonosak, így a taszítóerő jóvoltából az armatúra a (c) rajzon látható helyzetbe mozdul. Ebben a helyzetben elmondható, hogy az armatúra és a keret különböző polaritásúak, így köztük létrejövő erős vonzóerő tartja a kapcsolót a működési helyzetben.



57. ábra: Polarizált armatúra relé
Forrás: [1], 4-10.p.

A tekercs és az armatúra fluxusa ugyanazon irányúak, ahogy a (c) rajz mutatja. Amikor a tekercs táplálása megszűnik, az állandó mágnes fluxusa megmarad, de az ebből származó erő gyengébb, mint a visszatérítő erő, így az armatúra és a kapcsoló visszatér a statikus helyzetébe.

4.2 Áramkör védelmi berendezések

Rövidzárlat, túlterhelés, vagy a vezetékek, komponensek okozta áramköri hibák kiterjedt károkat, meghibásodásokat okozhatnak. Például, ha rövidzárlat miatt jelentős áram folyik keresztül egy vezetéken, és ez a nem észlelhető, a hőfejlődés következtében a vezetéken károsodás léphet fel.

Emiatt alapvető jelentőségű védelmi eszközök beépítése a teljesítmény elosztási rendszerbe, melyek alapvető feladata az áramkörök, vezetékek és komponensek védelme. Az alkalmazott védelmi berendezések olvadóbiztosítékok, megszakítók és áramkorlátozók. Számos esetben lehetnek védelem nélküli áramkörök, pl.: fő indító áramkör. [1]

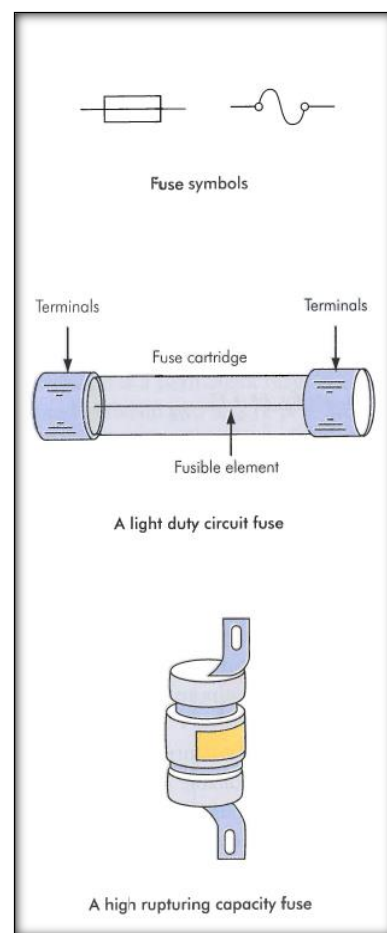
4.2.1 Olvadóbiztosíték

Az olvadóbiztosítékok termikus eszközök, melyeket arra terveztek, hogy megvédjék a vezetékeket és a komponenseket a rövidzárlattól és a túlfeszültségtől. Alapvetően az olvadóbiztosíték egy alacsony olvadáspontú olvadóelemből vagy kapcsolóelemből áll egy elzárt üveg vagy kerámia házban, mely nemcsak védelmi elem, de lokalizálja az olvadóelemet, amikor az 'elolvad'.

Az olvadó elem a biztosíték végzáró sapkáikhoz kapcsolódnak, így biztosítva a kapcsolatot az áramkör egyéb elemeivel, amely áramkör védelmét ellátja. Lásd.: 58. ábra

Rövidzárlat, vagy túlfeszültség esetén hő termelődik, de mielőtt ez érintené az áramkör vezetékeit vagy más elemét, az olvadó elem felmelegszik és közbelép, mivel alacsonyabb áram átviteli képessége van. Anyaguk leggyakrabban ón, ólom-ón ötvözet, bizmut, ezüst vagy réz tiszta vagy ötvözött állapotában.

A felépítésük és az áram határak változó, így biztosított a megfelelő biztosíték kiválasztásának lehetősége a különböző



58.ábra: Olvadóbiztosítékok és áramköri jeleik
Forrás: [1], 4-12.p.

áramkörökhöz és a megfelelő védelem. Az olvadóbiztosítékokat általában a folyamatos, megbízható működéshez szükséges legkisebb értékűre választják, a vezetékek termikus karakterisztikáját figyelembe véve és elkerülve a felesleges kiolvadást. A biztosítékok értékét amperben adják meg, mely azt mutatja milyen áramot visz át leolvadás nélkül.

Kényszerhelyzeti áramkörökben, pl.: áramkörök amelyek meghibásodása esetén a repülőgépek biztonságos repülése és leszállása lehetetlenné válna, a biztosítékokat a lehető legmagasabb értékűre választják a vezetékek védelmével összhangban.

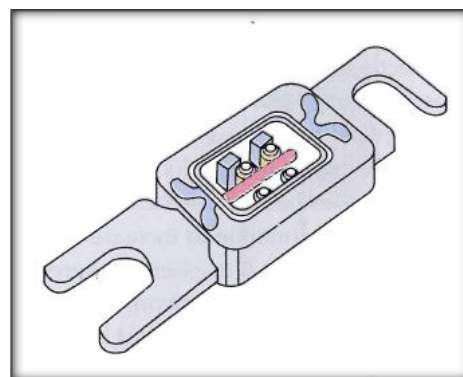
Az olvadóbiztosítékokat a külső hőmérsékletváltozások is befolyásolják. Ez befolyásolhatja a minimális olvadási áramot és az olvadási időt nagyobb áramok esetén. A nagyteljesítményű olvadóbiztosítékokat a fő teljesítmény elosztási körben történő beépítésre tervezték. Ezek egy homokkal töltött kerámia csőből állnak a fellépő nagy hőmérsékletek miatt. [1]

4.2.2 Áramkorlátozók

Az áramkorlátozók egy előre meghatározott amper értékre korlátozzák az áramot. Ezek is termikus eszközök, de a hagyományos olvadóbiztosítékokkal szemben magas olvadáspontjuk van, így a idő/áram karakterisztikájuk lehetővé teszi mérsékelt túlterhelés átvitelét a leolvadásuk előtt. Lásd.: 59. ábra

Az alkalmazásuk a nagy teljesítmény elosztó rendszerekre korlátozódik. Egy tipikus áramkorlátozó magában foglal egy olvadó elemet,

amely gyakorlatilag ónozott réz csík, kifűrva és olyan formára alakítva, hogy kihúzható kapcsolódást biztosítson. A középső része elvékonyított, ez alkotja az olvadó elemet. Ezt a középső részt egy szögletes kerámia ház veszi körül, egyik oldalon ellenőrző ablak található, mely típustól függően üveg vagy csillám üveg. [1]



59. ábra: Áramkorlátozó
Forrás: [1], 4-12.p.

4.2.3 Kismegszakítók

A kismegszakítók az olvadóbiztosítékokkal, áramkorlátozókkal szemben elkülönítik a hibás áramkört vagy berendezést egy mechanikus eszköz által. Ez egy áramot vezető, annak hőhatása révén működő bimetál szerkezet. Lásd.: 60. ábra

Ezek kombinálják az olvadóbiztosítékokat és a kapcsolókat.

A kismegszakítókat a vezetékek és komponensek védelmére használják, melyeket a hibaelhárítás után visszakapcsolhatók.

Ily módon elkerülhetők az olvadóbiztosítékok és áramkorlátozók cseréjéhez kapcsolódó problémák.

Általában bimetál hőelemből, kontakt típusú kapcsoló egységből és mechanikus retesz szerkezetből áll. Tartalmaz egy kapcsolót, mellyel kézzel visszakapcsol-

ható egy esetleges kioldást követően, illetve manuálisan lekapcsolható, ha le kell kapcsolni egy adott rendszer áramkörének táplálását. Fehér tetővel is elláthatják a kapcsolók tetejét, amely láthatóvá teszi, ha a megszakító leold. Ez a kioldott biztosíték könnyű azonosítását teszi lehetővé a számos biztosíték közt a kezelő személyzet számára.

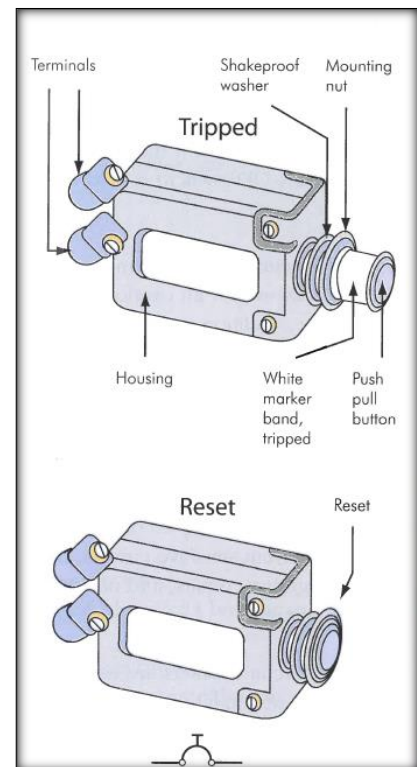
A visszakapcsoló gomb megnyomása bármelyik kismegszakítót visszaállítja ha a hiba elhárult. A létfontosságú rendszerek kismegszakítói csak egyszer kapcsolhatók vissza, ha nincs nyoma füstnek. A nem létfontosságú rendszerek esetében azok kismegszakítói nem kapcsolhatók vissza.

***Trip free/Nontrip-free* áramköri megszakítók**

Az áramköri megszakítókat két kategóriába sorolhatjuk, lehetnek *trip free*, vagy *nontrip free* típusúak.

A *trip free* megszakító egy áramköri megszakító, amely nyitni fog, ha a működtető mechanizmus (KI-BE kapcsoló) a BE állásban van tartva.

A *nontrip free* típusú áramköri megszakítók visszakapcsolhatók, és/vagy BE helyzetbe tarthatók, ha egy túlterhelés, vagy túlmelegedés áll fenn. Másként fogalmazva a *nontrip free*



60.ábra: Áramköri megszakító
Forrás: [1], 4-13.p.

megszakító működése felülbírálnak a működtető gomb BE helyzetben tartásával. Ez nyilván veszélyes lehet.

A *trip free* megszakítókat a túlterheléseket nem toleráló áramkörökben használják, ezek nem vészhelyzeti áramkörök. Például precíziós, áram érzékeny áramkörök, nem vészvilágítás és nem létfontosságú berendezések.

A *nontrip-free* áramköri megszakítók az üzemelés szempontjából lényeges rendszerek áramköreiben használják. Példák ilyen áramkörökre: a tartalék világítás, nélkülözhetetlen vezérlő áramkörök és létfontosságú berendezések áramkörei.

Az áramköri megszakítók a repülőgépeken leggyakrabban alkalmazott túlterhelés ellen védő berendezések, ezek közül a leggyakoribb a kihúzható, visszanyomható fajta. [1]

4.2.4 Visszáram megszakítók

Ezeket a megszakítókat a tápellátó rendszer és az ehhez kapcsolódó áramkörök védelmére tervezték a normál áram iránnyal ellentétes irányú, a normál védelmi rendszerek működésbe lépési áramától nagyobb áramok ellen. Úgy tervezték őket, hogy a hiba kijavításáig ne kapcsoljon vissza. [1]

4.2.5 Mágneses áramköri megszakítók

A mágneses áramköri megszakítók gyors kapcsolási idejű védelmi rendszerek. [1]

5 Félvezetők

5.1 Vezetők, szigetelők és félvezetők

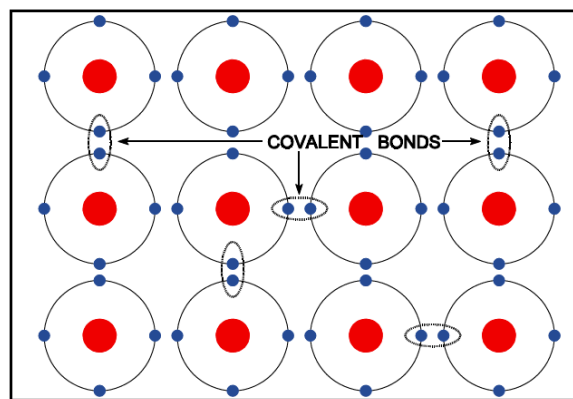
A félvezetők kora előtt az anyagokat elégséges volt két csoportra osztani, vezetőkre és szigetelőkre. Az alapvető különbség egy tipikus szigetelő és egy tipikus vezető között az anyag atomjainak csoportosulásának módjában van. Egy szigetelőben minden egyes atom viszonylag távoli. Egy atom elektron leadás, vagy felvétele nem okoz elektron mozgást egyik atomtól a másikig a nagy távolság miatt (atomi léptékben).

Egy vezető atomjai szorosan helyezkednek el, ráadásul az atomoknak csak néhány elektronja van a külső héjon, amelyek nagy távolságra helyezkednek el az atommagtól. Ebből adódóan, nem kötődnek szorosan az atommaghoz és könnyen tovább tudnak menni a következő atomra (ezt nevezzük elektromos áramnak).

A vezető anyag sűrű és erős. A legtöbb vezető fémből készült és minden fém vezető.

A vegyérték elektronok olyan elektronok, amelyek az atom vegyérték héján keringenek; ez az atommagtól legtávolabb eső héj.

A félvezetők vegyérték elektront tartalmazó atomok, így se nem jó vezetők, se nem jó szigetelők. Szilícium egy nagyon gyakran alkalmazott félvezető. 14 elektron kering az atommagja körül, 4 a vegyérték héjon. Amikor ezek kristály szerkezetet alkotnak, minden egyes atom megosztja a vegyérték elektronjait a szomszédos atomokkal. Lásd 61. ábra [1]



61. ábra: Félvezető atomok
Forrás: [1], 5-1.p.

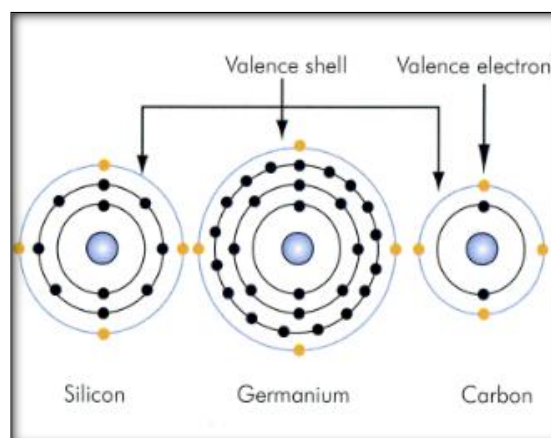
5.2 Tisztaság

Kémiai értelemben véve minden anyag a saját atomjaiból épül fel, úgymond 100 %-ig tiszta. A gyakorlatban más anyagok atomjait is tartalmazzák. Semmi sem teljesen tiszta, habár modern eljárásokkal elérhető, hogy néhány elem esetében egymilliárdból csak egy atom legyen nem tiszta atom. Normál esetben nem tiszta atom hozzáadása nem változtatja nagy mértékben az ellenállást, kivéve, ha a szennyezés jelentős. Egy jó szigetelő jó szigetelő marad. Szilícium, (Germánium és szén is), normál esetben jó szigetelő, de kivételes a fenti szabály alól, abból a szempontból, hogy jelentős ellenálláscsökkenés figyelhető meg szennyező jelenléte esetén.

Minden egyes atom külső elektronhéján (vegyérték héj) négy vegyérték elektron van, minden egyes atom megosztja a vegyérték elektronjait a szomszédos atommal, mely úgy tűnik, mintha minden atomnak nyolc külső elektronhéjon lévő elektronja lenne. Az atom szempontjából ez egy vonzó, stabil állapot, lásd 62. ábra.

Kismértékű szennyezés, egy az százmillióhoz vagy hasonló mérték elég ahhoz, hogy a szilícium ellenállását

jelentősen megváltoztassa. Ez az egyik tulajdonság, mely meghatározza a szilícium félvezető tulajdonságát. Nem tiszta atom hozzáadását egy elemhez szennyezésnek nevezzük.



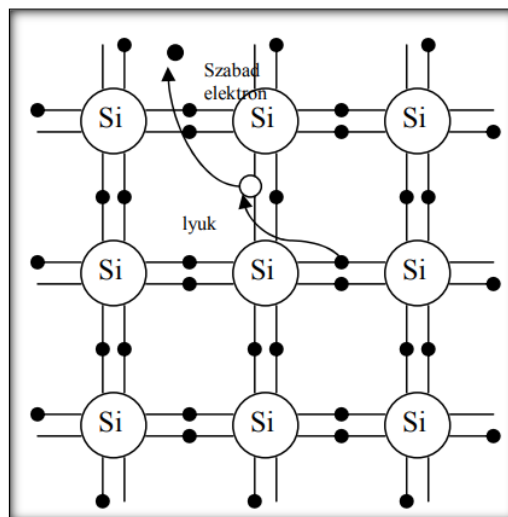
62. ábra: Szilícium atomszerkezete (csak vegyérték elektronok kerültek feltüntetésre)
Forrás: [1], 5-2.p.

Lehetséges bármilyen ellenállású félvezető gyártása. Ez nagyon kis mennyiségű más elemmel történő szennyezés során érhető el. A szilíciumot két szennyezőtípussal szennyezik, az egyik csoport 3 vegyérték elektronnal, a másik 5 vegyérték elektronnal.

Példák az első csoportra a bór, alumínium, gallium, néhány példa a másik csoportból: arzén, antimon, vagy foszfor. Bármelyik szennyező jelentős ellenálláscsökkentést eredményez, így az anyag vezetővé válik. [1]

5.3 Hőmérsékleti hatás

A másik meghatározó tényező a szilícium, mint félvezető esetében a hőmérséklet, ezen belül az, hogy változtatja ellenállását hőmérsékletváltozás hatására. A hőmérséklet emelésével a szigetelő ellenállása csökken, de még így is egy szigetelő, meglehetősen jó szigetelő marad. Amikor a tiszta szilíciumot melegítjük, az elektronok elegendő kinetikus energiát kapnak, hogy felszakítsák a kötéseiket és szabad elektronná váljanak, helyükön ugyan annyi számú lyuk keletkezik, így elektron-lyuk párok jönnek létre. Lásd 63. ábra.



63.ábra: Elektron lyuk pár
Forrás: INTERNET [6]

Ez az eljárás növeli a félvezető vezető képességét. Az elektron-lyuk párok száma rohamosan nő a hőmérséklettel és óriási mértékben csökken az ellenállás, habár nem eléggé ahhoz, hogy a jó vezetők kategóriájába sorolhassuk őket. [1]

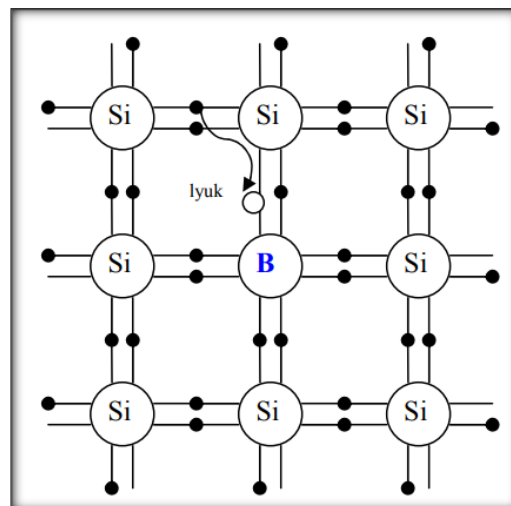
5.4 Lyukak

Elektronok nem feltétlenül okoznak elektromos áramot. Egy kristályban kétféle módon folyhat áram. Első, az elektronok mozgása és a másik a lyukak mozgása. A lyuk az atom szerkezetének azon része, ahonnan hiányzik egy elektron. Egy lyuk képes atomról atomra mozogni, úgy mintha egy pozitív töltésű részecske lenne.

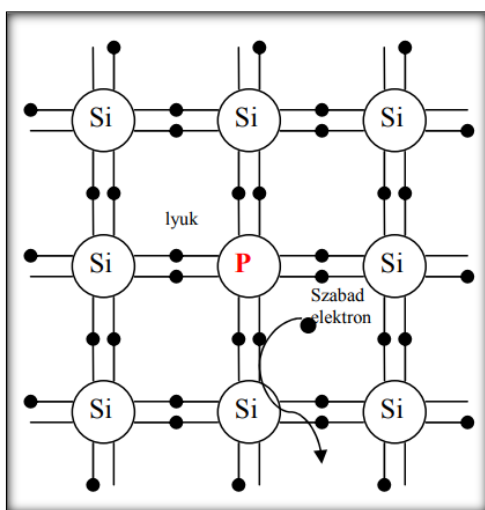
Ezt részletesebben leírni a kristály atomszerkezetének, és a hozzáadott szennyező figyelembevételével lehet, habár ez túlmutat e jegyzet témáján, így elegendő a lyukak koncepciójának elfogadása a dióda és a bipoláris tranzisztor működésének megértéséhez, a vizsgákhoz szükséges mélységben. [1]

5.5 P-típusú és N-típusú anyag

Tiszta szilícium kristály *bórral* történő szennyezésével lyukak jönnek létre. A szilícium kristály főképp a lyukak mozgása által vezet áramot, lásd 64. ábra. Mivel a lyukak pozitív töltésű részecskékként viselkednek, a szilícium ilyen módon történő szennyezését *P-típusúnak* nevezzük. Ez nem jelenti azt, hogy a kristály pozitív töltésű; csak azt, hogy a rajta keresztül folyó áram nagy részét a pozitív töltésű lyukak viszik át.



64. ábra: P típusú anyag
Forrás: INTERNET [6]



65. ábra: N típusú anyag
Forrás: INTERNET [6]

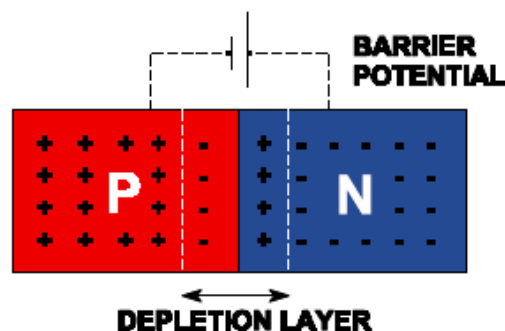
Tiszta szilícium kristály *foszforral* történő szennyezésével elektron többlet alakul ki. Az ilyen módon elszakadt elektronok biztosítják, hogy az áram a mozgó elektronok eredményeként folyjék, lásd 65. ábra.

Mivel az elektronok negatív töltésűek, a szilícium ilyen szennyezését *N-típusúnak* nevezzük. Ez nem jelenti azt, hogy a kristály negatív töltésű, csak azt, hogy a mozgó töltések többsége elektron.

A félvezetők, mint önálló anyagok, más szilárd anyaghoz hasonlóan semlegesek, minden egyes negatív töltésre esik egy pozitív is. A P- és N-típus közti különbség a pozitív vagy negatív mozgó töltésekhez kapcsolódik, ellentétben azokkal, amelyek szorosan az atomhoz kapcsolódnak. [1]

5.6 Diódák

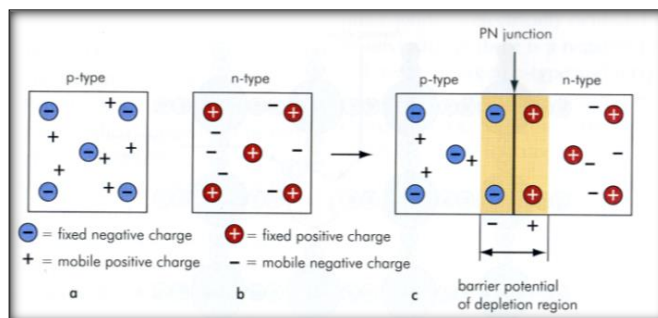
Egy vékony kristály szeletet mindkét oldalról lehet szennyezni, így egyik oldala P-típusúvá, a másik N-típusúvá válik. A két típus találkozásánál található központi terület extrém vékony (10^{-3} mm nagyságrend), ezt határrétegnek nevezzük. Jegyezzük meg, hogy csak egy határréteg alakul ki, 66. ábra.



66. ábra: P-N átmenet
Forrás: [2], 279.p.

A félvezetők határrétegének fontos tulajdonságai alkotják a modern elektronika alapjait, mivel egyenirányítanak, vagyis a határréteg csak egy irányba hagyja folyni az áramot.

Az 67. ábra (a) és (b) képén a plusz és a mínuszjelek a főbb hordozó töltéseket, míg a bekarikázott plusz és mínuszjelek a megfelelő fix töltéseket jelölik, így láthatjuk, hogy az anyag kifelé semleges. Ahogy létrejön a határréteg néhány a hordozók közül átmegy a határréteken, de aztán ez az



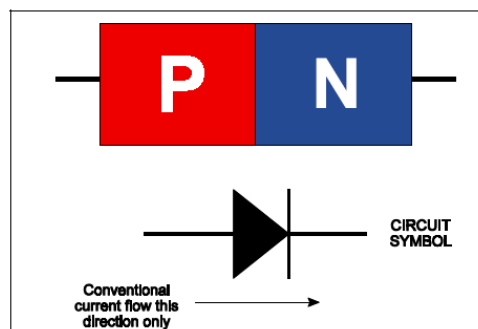
67. ábra: Elektronok
Forrás: [1], 5-6.p.

áramlás megszűnik. Elektronok ugranak a lyukakba és az ellentétes töltésű hordozók elektromosan kiegyenlítődnek, és egy kis feszültség alakul ki a határréteken keresztül. Végül a P-N átmenet mindkét oldalán kialakul egy terület, amely mobil töltéshordozókban szegény.

A semlegesített hordozókat zárórétegnek nevezzük, és egy kis záróirányú feszültség jön létre, mely megakadályozza, hogy a főbb hordozók átjussanak ezen a rétegen, ahogy a 67. ábra (c) képe mutatja. Mivel a P réteg elvesztett néhány lyukat, és negatív potenciálú lett, hasonlóképpen az N réteg is elvesztett néhány elektront, és pozitív töltésű lett. Ebből adódóan zárófeszültség jön létre a zárórétegben. Ez a potenciálkülönbség 0,7 V szilícium esetében (0,2-től 0,4 V-ig terjed germánium esetében).

A dióda egy olyan elem, amely egyirányú vezetőként viselkedik. A dióda és az áramköri jele az 68.ábrán látható.

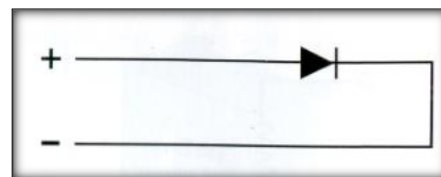
A dióda P-N átmenetet használ a működése során. A P-réteg az anód, az N-réteg a katód. Ideális esetben csak egy irányba enged áramot folyni (nyitó irányú előfeszítés), de az ellenkező irányba nem (záróirányú előfeszítés). [1]



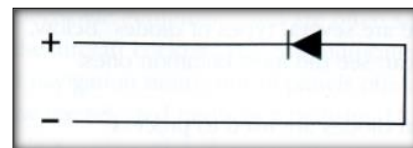
68.ábra: Dióda és áramköri jele
Forrás: [2], 281.p.

5.6.1 Nyitó irányú feszültség esés

Ha a diódát külső áramforrással rendelkező áramkörbe kapcsoljuk úgy, hogy a P réteget az áramforrás pozitív oldalára, az N réteget a negatív oldalára, lásd 69. ábra, elektromos áram nem fog folyni ameddig a nyitó irányú előfeszítés le nem győzi az eszköz záróréteg feszültségét. Amikor a (szilícium esetében) 0,7 V potenciálkülönbség legyőzésre kerül, a záróréteg feszültsége eltűnik, és a dióda ellenállása nagyon alacsony értékre csökken. A tápfeszültség nagyon kicsi növekedése esetében is nagyon nagymértékben nő a diódán átfolyó áram nagysága. Lásd 71. ábra [1]



69. ábra: Nyitó irányú kapcsolás
Forrás: [1], 5-7.p.

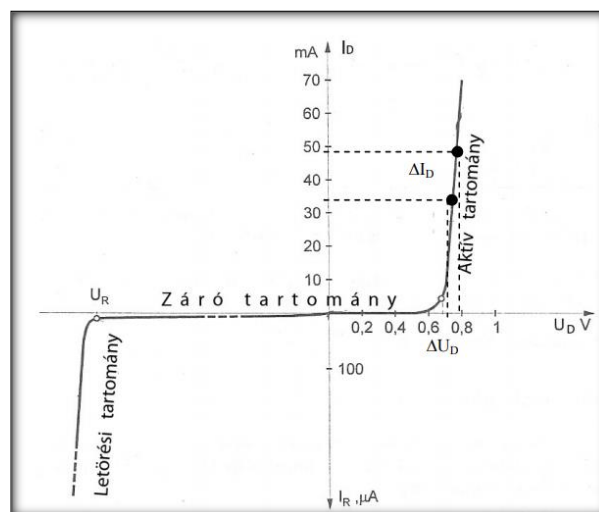


70. ábra: Záróirányú kapcsolás
Forrás: [1], 5-7.p.

5.6.2 Ellentétes feszültség

Amikor megfordítjuk a tápfeszültség polaritását, a záróréteg kiszélesedik, és csak nagyon kis értékű ellentétes irányú áram folyik keresztül diódán. Lásd 70. ábra.

Gyakorlati célból, a diódán nem tud áram folyni ebbe az irányba, van egy kis áram szivárgás, de ez állandó nagyságú, néhányszor tíz nanoamper marad a letörési feszültség eléréséig. A záróirányú előfeszítési feszültség ezen értékén (letörési feszültség), az ellentétes irányú (szivárgó) áram nagysága hirtelen nagymértékben megnő, ami véglegesen tönkre teheti a diódát. 71. ábra. Ezt a félvezető összeállítást, a különböző félvezető anyagfajták használatával, félvezető diódának, vagy rétegdiódának nevezzük. [1]



71. ábra: Dióda karakterisztika
Forrás: INTERNET [6]

5.6.3 Jeldiódák (kis áramú)

Számos dióda típus létezik. Az alábbiakban láthatunk néhány példát a leggyakrabban alkalmazottakra. A jel diódákat áramköri jelfeldolgozásra (elektromos jelek) használják, így ezeknek csak kis áramot kell vezetni, 100 mA értékig. [1]

5.6.4 Egyenirányító dióda (nagy áramú)

Az egyenirányító diódákat az energiaellátó rendszerben váltakozó áram (AC) egyenárammá alakítására (DC) használják, ezt az eljárást egyenirányításnak nevezzük. Az áramkör egyéb részein is használhatók, ahol nagy áramoknak kell átmenni a diódán. [1]

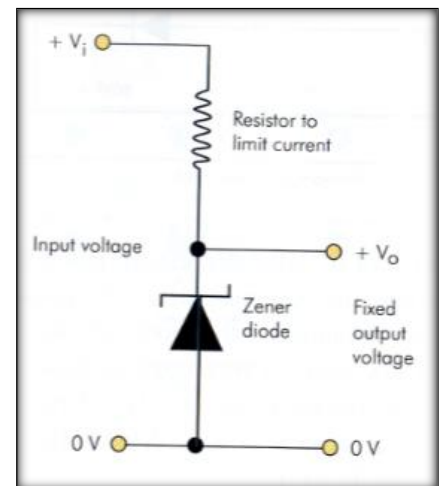
5.6.5 A Zener dióda

Ahogy fentebb említésre került a diódákat a letörési feszültség alatti üzemre tervezték. Vannak olyan diódák, amelyeket a letörési tartományban történő működésre terveztek, ezek a Zener diódák.

Két dolog történik, amikor a letörési feszültséget (V_z) elérjük:

- A dióda árama (I_z) drámaian megnő
- A dióda ellenirányú árama (V_z) relatíve állandó marad.

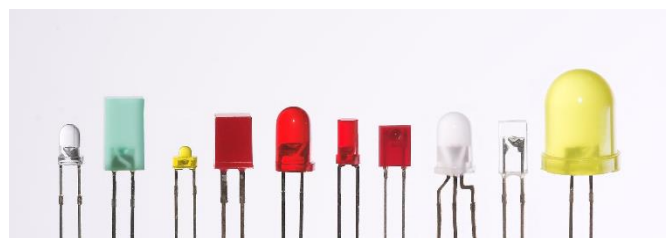
Másképp fogalmazva, a letörési tartományban üzemeltetett Zener dióda árama meglehetősen állandó, széles áram tartományban. Ez alkalmassá teszi a Zener diódát feszültségszabályozásra, 72. ábra. [1]



72. ábra: Zener dióda
feszültségszabályozóként
Forrás: [1], 5-8.p.

5.6.6 Fény kibocsájtó dióda (LED)

A fény kibocsájtó diódák (LED-ek) fényt sugároznak, ha áram halad rajtuk keresztül. A LED-ek számos színben elérhetők. A színt a félvezető anyag határozza meg, nem pedig a műanyag ház színe. Lásd 73. ábra. Mivel a LED



73. ábra: Példák LED-re
Forrás: INTERNET [7]

is egy félvezető eszköz és nem egy hagyományos égő, a megfelelő polaritású kapcsolásra figyelni kell, egyébként a dióda nem működik.

A LED-ek és LED kijelzők gyakran alkalmazott elektromos berendezések, gyakran láthatók a vezetőfülkében. Repülőgépeken a kommunikációs és navigációs rádió paneleken és az autók műszerfalában gyakran alkalmaznak LED-et a különböző karakterek megjelenítésére. 74. ábra [1]

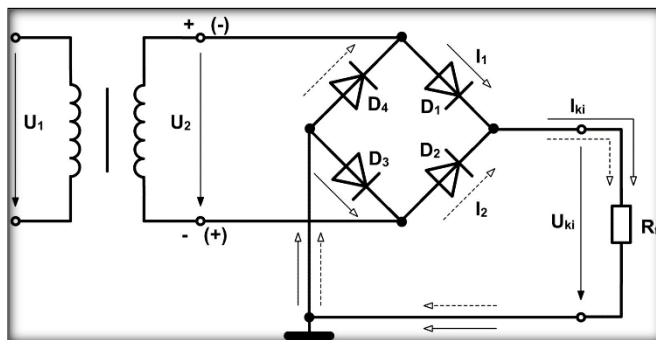


74. ábra: Transzponder LCD kijelzője
Forrás: [1], 5-9.p.

5.6.7 Az egyenirányító híd

A diódák egy fontos alkalmazási területe az egyenirányítás, amikor a váltakozó áramból egyenáramot hozunk létre.

Hogy ezt elérjük, számos lehetőség van a diódák kapcsolására. Egyik módszer, az egyenirányító híd alkalmazása, amely 75. ábrán látható. Az ábra tanulmányozásával megérthető a működési elv. Négy érintkezője van, 2 bemenő AC, 2 kimenő DC (+ és -).



75. ábra: Egyenirányító híd
Forrás: INTERNET [8]

Figyeljük meg hogyan vezet minden

második diódapár. Háromfázisú egyenirányító hidakról a 8-as fejezetben olvashatunk. [1]

5.6.8 Szilícium vezérelt egyenirányító (SCR)

A szilícium vezérelt egyenirányító, egy olyan eszköz, amely egyenirányítja az áramot és kis feszültséggel hozható működésbe. Ha kizárólag váltakozó árammal használják, a váltóáram felének megfelelő impulzusokat hoz létre, ha be van kapcsolva. Ebből adódóan, amikor az SCR be van kapcsolva, normál esetben párban használják őket, hogy a váltóáram mindkét felét továbbítsa.

Az SCR négyrétegű szilícium szerkezet, három érintkezővel rendelkezik: anód, katód, kapu. Például a mindennapi életben SCR-t a telefonok „tartás” funkciója használ. Az SCR indítása után áram alatt tartja a telefonvezetékét, ez azt eredményezi, hogy a kapcsoló központ tartja a vonalat, mindaddig, amíg egy másik telefon felvételre nem kerül, ami csökkenti az SCR áramát annyira, hogy az kikapcsoljon. [1]

5.7 A tranzisztor

A tranzisztorok képezik a modern elektronikai berendezések alapját. A tranzisztor egy három érintkezős berendezés, amely kimeneti áramát, feszültségét, és/vagy teljesítményét a bemenő feszültség vagy áram határozza meg. Az első tranzisztort 1947-ben William Shockley mutatta be a Bell Labs-nál. Ez az új P és N típusú félvezetőkől álló találmány forradalminak számított az elektronikában.

Tranzisztorokat minden hétköznapi eszközben használnak, amelyben áram szabályozásra, vagy erősítésre van szükség. Nagyon könnyű és precíz teljesítmény szabályozást tesznek lehetővé az áramkörüi elemeknél, megbízhatóan és nagyobb hatékonysággal, mint más berendezések. Kis elektronikai elemek, amelyek nagy változásokat okoznak a kimenő elektromos jelekben, a bemenő jelek kismértékű változásának hatására. Ezáltal egy gyenge bemenő jel felerősíthető (erősebbé tehető) tranzisztor alkalmazásával. Például, antennával fogható nagyon gyenge rádiójelek is feldolgozhatók tranzisztoros erősítőkkel az emberi fül számára hallható mértékig.

Tranzisztoroknak három alapvető alkalmazásuk van:

- Kapcsolók
- Relék
- Változtatható ellenállások

Kommunikációs rendszerekben, a tranzisztor a legfőbb eleme az erősítőnek, mely egy gyakran használt áramkör AC jelek erősségének növelésére. Digitális számítógépes rendszerekben, nagysebességű elektromos kapcsolóként alkalmazzák, másodpercenként akár egymilliószor is képes kapcsolni két működési állapot közt (nyitott és zárt). Valójában, egy modern számítógép minden elemét tranzisztor vezérli: videófeldolgozó funkciók, rendszermemória, rendszer busz funkciók és a fő feldolgozó rendszer. Ezen chippek többsége tranzisztorok millióit tartalmazza. A logikai tranzisztorok kapcsolási frekvenciája meghatározó tényező a chippek teljesítményét tekintve.

A tranzisztorok P típusú (pozitívan szennyezett) és N típusú (negatívan szennyezett) félvezető anyagokból épülnek fel.

A két fő típus a következő:

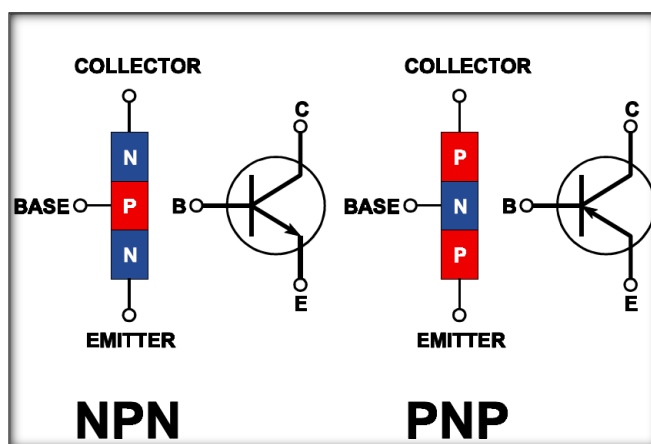
- Bipoláris tranzisztor (BJT)
- Térvezérlésű tranzisztor (FET)

Ezen két típus közti alapvető különbség a felépítésükben és a működési elvükben rejlik, de a fő különbség, hogy a BJT kimenete a bemenő árammal vezérelt, míg a FET esetében a vezérlés a bemenő feszültséggel történik. [1]

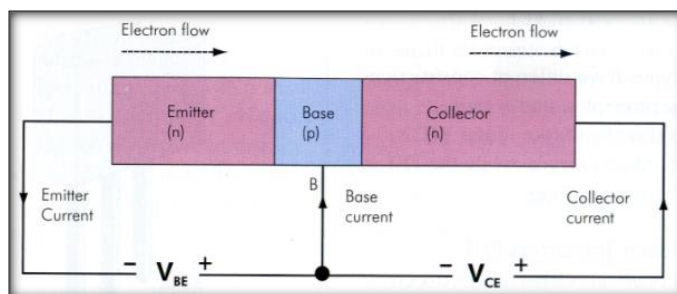
Bipoláris tranzisztorok (BJT)

A bipoláris tranzisztorok esetében fizikai kapcsolat van a bemenő vezérlő áram (*base* B) és a bemenet és kimenet (*collector* C és *emitter* E) között, ez áramszivárgást eredményez a *base* felé.

A három réteg N típusú és P típusú félvezetőből áll. Egy vékony, gyengén szennyezett P- vagy N-típusú anyag alkotja a *base*-t, melyet két vastagabb, erősebben szennyezett ellentétes anyagból készült rész vesz körül, ezek a *collector* és *emitter*. A kétféle elrendezést az 76. ábra mutatja, amelyek név szerint az NPN és PNP tranzisztorok. 77. ábra egy NPN tranzisztort mutat, megnevezve a három alkotóelemet; melyek: *emitter*, *base*, *collector*. Egy működő áramkörben a *base* árama vezérli az áramot a *collector* és az *emitter* közt.



76. ábra: NPN és PNP tranzisztorok
Forrás: [2], 281.p.



77. ábra: Áram egy npn tranzisztoron
Forrás: [1], 5-12.p.

Egy kismértékű feszültségváltozás a *base*-en (és egy kismértékű áramváltozás), nagy *emitter-collector* áramváltozást eredményez.

Így nagyjából 300-szoros erősítést kapunk. Mivel a *base* feszültségváltozása végzi a vezérlést, ez nem áramváltozás, ezért a bemenő teljesítményszükséglet nagyon alacsony. Az alacsony hőfejlődés alacsony energiaszükségletet eredményez a régi katódsugárcsőhöz képest.

Ez az elrendezés elektromos kapcsolásra is felhasználható:

- Off = Nincs feszültség a *base*-en (nincs *collector* áram)
- On = Feszültséget adunk a *base*-re.

A tranzisztor áramköri jelén nyíl mutatja, hogy NPN vagy PNP típusról van-e szó. A hagyományos áramirányt (elektronok) használva, pozitívtól a negatív felé, egyszerű

eldönteni a nyíl melyik vége a pozitív, és milyen feszültséget kell adni a *base*-re és az *emitter*-re.

A PNP tranzisztor ugyanúgy működik, mint a szilícium társa (kivéve, hogy kisebb az előfeszítési feszültség), de a szilícium tranzisztor gyakoribb, mivel könnyebb gyártani, robusztusabb és nem annyira érzékeny a hőmérsékletváltozásra. [1]

A félvezetők gyakorlati felhasználása

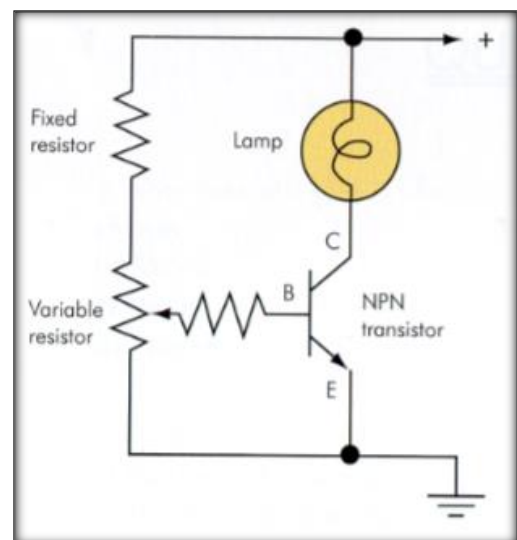
Manapság nehezen találunk olyan elektromos alkalmazást, amely nem tartalmaz félvezetőket. Az alábbiakban bemutatásra kerül néhány gyakori alkalmazás, ahol a félvezetők főszerepet játszanak. [1]

Fényerőszabályzó

Egyetlen tranzisztor felhasználásával összeállítható olyan áramkör, amellyel szabályozható a lámpán, vagy lámpacsoporton átmenő áram, például a jármű műszerfal világítás.

Az 78. ábra alapján amikor a változtatható ellenállás (potenciométer) a legkisebb értéken van, a tranzisztor (NPN) *base* feszültsége nulla lesz, így nem fog áram folyni a BE-területre, és nem fog áram folyni a *collector*-tól az *emitter* felé sem. Növelve a feszültséget a *base*-en, az feszültséget eredményez a BE területen, ami lehetővé teszi, hogy áram folyjon a *collector-emitter* szakaszon. Mivel ez az áram folyik

át a lámpán, így a lámpa világosabban világít, a BE feszültség növekedésével. A relatíve alacsony BE áram változtatásával, jóval magasabb CE áram jön létre, ez folyik át a lámpán, így annak fényereje nullától a maximumig változtatható. [1]



78. ábra: Fényerőszabályzó
Forrás: [1], 5-13.p.

Tranzisztoros erősítő

Egy egyszerű tranzisztoros erősítőt mutat az 79. ábra.

A tranzisztor kezdetben úgy van előfeszítve, hogy a *collector emitteren* keresztüli áram egy adott feszültséget hoz létre az R_c ellenálláson, $U_c = 10\text{ V}$.

Amikor $\pm 0,1\text{V}$ AC jelet adunk a C_i kondenzátoron keresztül a tranzisztor *base*-jére, az a teljesen vezető és teljesen zárt állapot között lesz kapcsolva. Ez az R_c ellenálláson feszültségcsökkenést fog eredményezni, amely 0 V és 20 V közt változik, ebből adódóan a *collector* feszültség $\pm 10\text{V}$ -nyit fog ingadozni a

kezdeti 10 V körül. Másik C_0 kondenzátort használva, a *collector* 10V DC komponensét ki lehet szűrni és a kimenő jel $\pm 10\text{ V}$ -tal fog a 0 V körül ingadozni. Ebben a példában a kimenő jel és a bemenő jel aránya $100:1$, így az erősítési tényező (A) 100 -al egyenlő. Jegyezzük meg, hogy a bemenő és a kimenő jelek ellentétes fázisúak. [1]

Térvezérlésű tranzisztorok (FET)

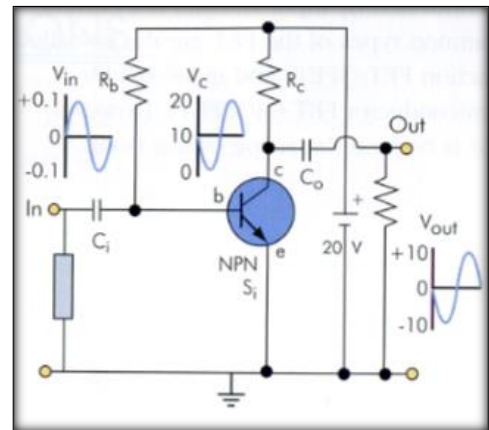
A térvezérlésű tranzisztorok esetében fizikailag el van választva vezérlés (*gate*-nek nevezzük) és a be- és kimenet (nevük: *drain* és *source*). A BJT-vel ellentétben, a FET csak két anyagot tartalmaz; kizárólag P típusú és kizárólag N típusú anyagot. Ahogy fent említésre került, a FET kimenetét a bemenő feszültség szabályozza és nem az áram.

A FET gyakran használt típusai a következők:

- záróréteges térvezérlésű tranzisztor (JFET)
- fém-oxid félvezető FET (MOSFET)

Ezeknek a részletezése túlmutat ezen a jegyzeten. [1]

A FET és MOSFET tranzisztorok működésének alapelvét megtekinthetjük a *How MOSFETs and Field-Effect Transistors Work!* című videóból. [14]



79. ábra: Egyszerű tranzisztoros erősítő
Forrás: [1], 5-13.p.

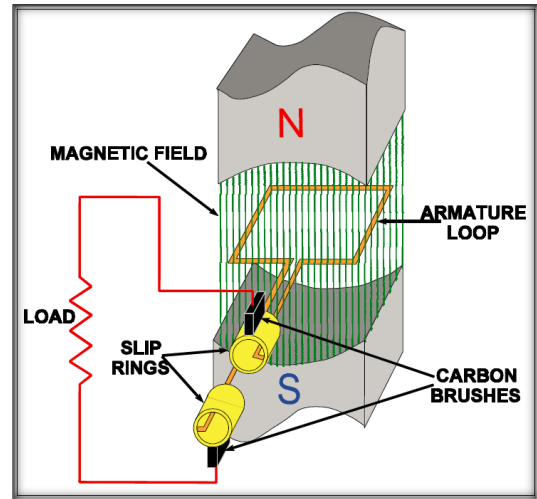
6 DC generátorok és motorok

6.1 DC generátorok

6.1.1 A generátorok alapvető működési elve

A generátor olyan berendezés, mely a mechanikai energiát elektromos energiává alakítja, mágneses indukció révén. Mind az egyenáramú (DC), mind a váltakozó áramú (AC) generátorok esetében, az indukált feszültség váltakozik. A fő különbség közöttük az elektromos energia összegyűjtése és fogyasztókhöz való eljuttatásának módjában van.

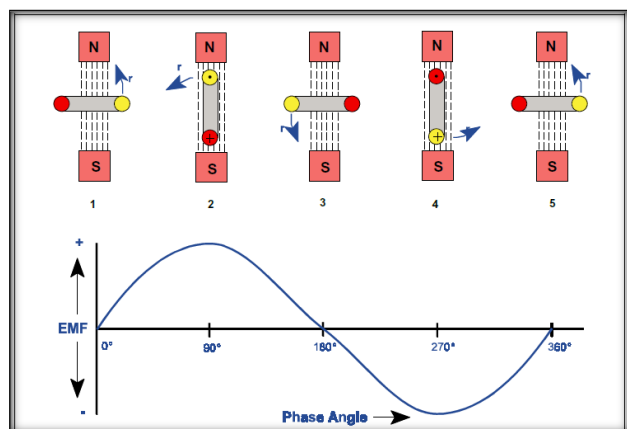
Megjegyzés: A magyar szakirodalom használja az egyenáramú generátorokra a dinamó kifejezést is. A kerékpár „dinamó” egy váltakozó frekvenciájú, váltakozó áramú generátor, de használja a dinamó elvet.



80.ábra: Egyszerű csúszógyűrűs generátor
Forrás: [2], 86.p.

A legegyszerűbb generátor egy állandó mágneses mezőben forgó vezetőkhurokból áll, lásd 80. ábra. A vezetőkhurok végeit összekapcsolják, hogy áramkör jöheszen létre. ezt csúszógyűrűvel, kefékkel oldják meg, ebbe az áramkörbe egy külső terhelést is kapcsolnak. A forgó vezetőkhurkot armatúrának nevezzük. Amikor a hurok síkja merőleges a mágneses mezőre (1-es pozíció), a vezetékben nem indukálódik feszültség. Ahogy a vezeték hurok forog, a vezeték merőlegesen metszeni fogja a mágneses erővonalakat, és a 2-es pozícióban az indukált feszültség maximális lesz. Amint a vezeték hurok újra megközelíti a függőlegest a feszültség csökkenni fog, mivel egyre kisebb mértékben metszi az erővonalakat. A 3-as pozícióban az indukált feszültség nulla.

Ha forgás folytatódik, a metszett erővonalak száma nő, amíg eléri a 270 fokos pozíciót (4-es), ahol a feszültség maximális lesz, de ellenkező irányba történik az erővonalak metszése az indukált feszültség iránya is megfordul. A forgás folytatódásakor az elmetsett erővonalak száma újra csökken, így az indukált feszültség is nullára csökken,



81.ábra: Szinuszos hullám létrehozása
Forrás: [2], 87.p.

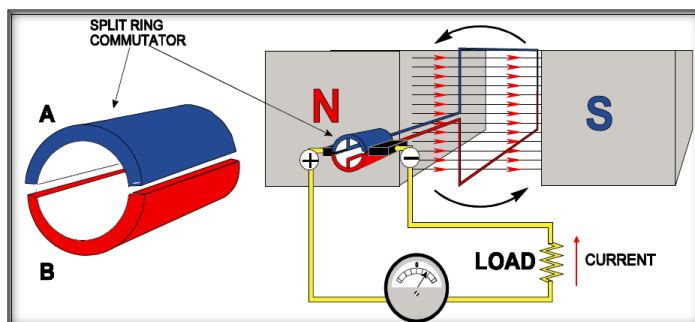
mikorra a vezeték hurok újra eléri az 1-es pozíciót. Ha ábrázoljuk az indukált feszültséget a szögelfordulás függvényében a teljes cikluson keresztül szinuszfüggvényt kapunk, mely az 81.ábrán látható.

Annak érdekében, hogy a termelt váltakozó áramot egyenirányítsuk a csúszógyűrűket egy gyűjtő eszközre kell cserélni, melyet kommutátornak nevezünk. [1] A DC generátorokat a Working of DC Generator - Magic Marks című videóban láthatjuk. [15]

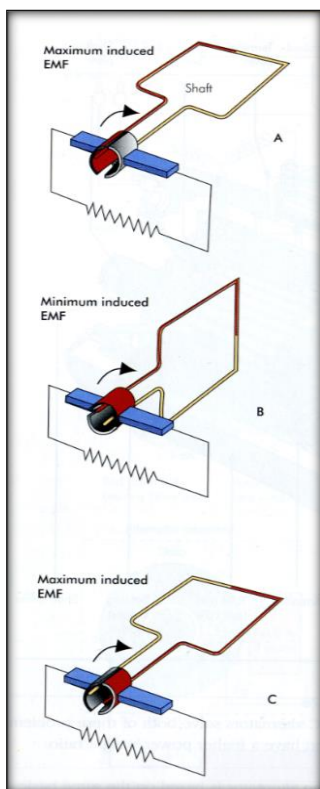
6.1.2 Kommutátor

Képzeljünk el egy egyszerű tekercshurkot, melynek végződéseit egy hasított gyűrűhöz kapcsolják. Lásd 82. ábra.

Ezen csúszógyűrű mindkét fele el van szigetelve egymástól és a tengelytől, amelyre rögzítették. Ez az elrendezés a klasszikus kommutátor, ahol a külső áramkörüi kapcsolatot szénkefék valósítják meg.

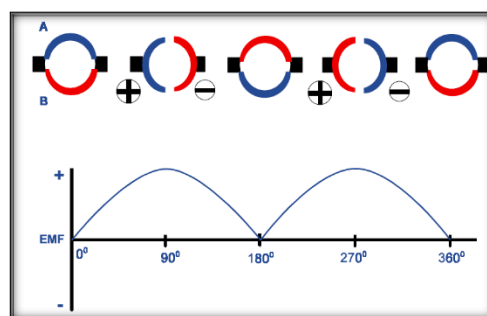


82.ábra: Egyszerű kommutátoros generátor
Forrás: [2], 87.p.



84.ábra: Óramutató járásával megegyezően forgó tekercs
Forrás: [1], 6-3.p.

Az egyenirányítás folyamatát demonstrálja az 83. ábra. Ezeken az ábrákon a tekercs egyik oldala és a hozzá tartozó kommutátor elem piros színnel van jelölve.



83.ábra: DC generátor feszültsége
Forrás: [2], 88.p.

84. ábra (A) jelzi azt a pozíciót, ahol a legnagyobb feszültség indukálódik a tekercsben. Az áram irányát Fleming jobbkéz szabálya alapján határozhatjuk meg. Ez a pillanatnyi áram a tekercsből kivezetésre kerül, jobbról balra, és vissza a tekercs másik oldalába. Amint ebből a helyzetből a tekercs forogni kezd, az indukált feszültség és áram csökkenni fog. 84. ábra (B) mutatja azt a pillanatot, amikor a kefék rövidre zárják a kommutátor két szegmensét, ekkor az indukált feszültség nulla, így nem folyik áram a külső áramkörbe. A tekercs tovább fordulása feszültségnövekedést

okoz, de ez a korábban indukálttal szemben ellentétes polaritású lesz. 84. ábra (C) mutatja azt az állapotot, amikor a feszültség újra eléri a maximumát.

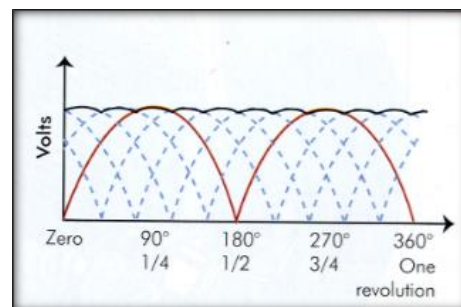
Habár a létrehozott feszültség ellentétes, az áram a korábbival megegyező irányú. A terhelési áram azonos polaritású fél szinuszos hullámok sorozatából áll, ahogy a 83. ábra mutatja. A kommutátor egyenáramú (DC) kimenetet biztosít, holott a generált armatúra feszültség váltakozó. [1]

Egyenfeszültség lüktetése

Egy egymenetes tekercs csak nagyon kicsi feszültséget hoz létre, ezért megnövelt feszültség létrehozásához többmenetes tekercseket alkalmaznak.

Az eredő hullámforma a 85. ábrán látható.

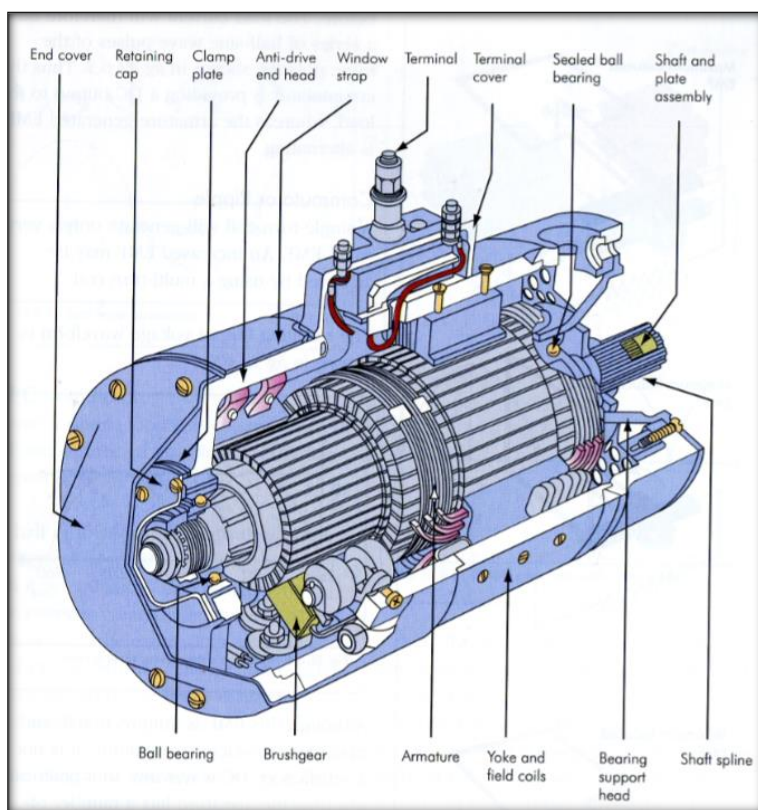
Habár ez a feszültség egyirányú, és lehetséges, hogy megfelelő amplitúdójú, de nem kielégítő egyenáramú hullámforma. A gyakorlatban az armatúra sokmenetű tekercsből áll, lásd 86. ábra, ezek egy laminált acél magú tekercs kerületén lévő résekben vannak elosztva. [1]



85. ábra: Több tekercs hatása a kimenő feszültségre
Forrás: [1]. 6-3.p.

DC alternátor

A DC generátorok járművekben történő alkalmazásának két jelentős korlátja van. Elsőként: csak korlátozott póluspár használható, mely alacsony motorfordulatszámon (túl) alacsony kimeneti feszültséget eredményezhet. Másrészt: a teljes terhelő áram a forgórészen keletkezik, és onnan kefékkel kell továbbítani, ezeknek nagyoknak kell lenniük, emellett élettartamuk kicsi. DC *alternátorok* mindkét problémát megoldják, és nagyobb teljesítmény/súly aránnyal

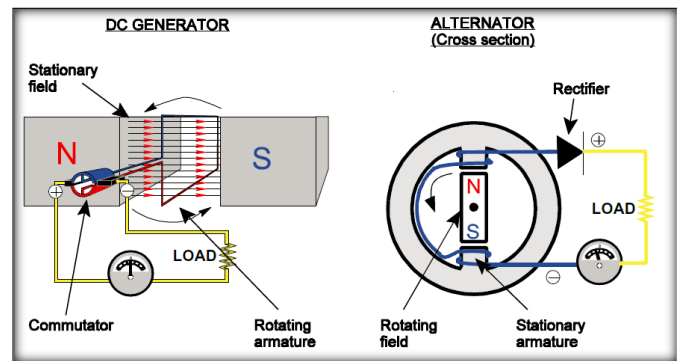


86. ábra: Generátor metszeti képe
Forrás: [1], 6-4.p.

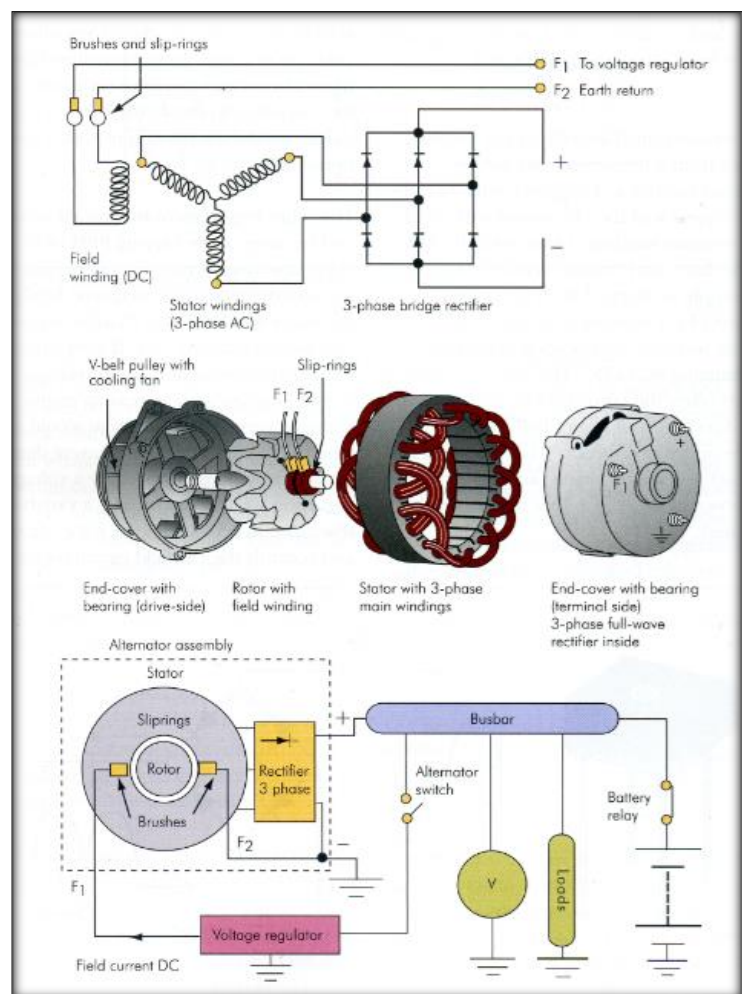
rendelkeznek. [1] A generátor és az *alternátor* közötti különbséget a 87. ábra mutatja. [1] Megj. a magyar szakirodalomban a váltakozó áramú generátor elnevezés használatos, az angol irodalom *alternátort* használ.

Az *alternátor* ugyanazokon az elveken alapszik, mint a csúszógyűrűs generátor, váltakozó áramot termel. A gerjesztő feszültség csúszógyűrűkön keresztül táplálja a forgórészt, és az eredő terhelő áram az állórész fix tekercseiben generálódik, lásd 88. ábra.

A modern kisrepülőgépek esetében általában változó frekvenciájú (*frequency wild*), híd egyenirányítós *alternátort* alkalmaznak. A változó frekvenciás azt jelenti, hogy a váltakozó áram frekvenciája az állórész tekercseinek kimenetén, a meghajtás fordulatszámának megfelelően változik. A híd egyenirányítás, pedig azt jelenti, hogy a táplálás váltakozó áramról egyenáramra váltást diódák hálózatát tartalmazó híd egyenirányító végzi.



87.ábra: Generátor és alternátor
Forrás: [2], 94.p.



88.ábra: Alternátor és rendszerének komponensei
Forrás: [1], 6-5.p.

Az egyenirányítás, az a folyamat, amikor AC-ről DC-re váltunk, a dióda pedig, olyan berendezés, amelyen egyik irányba alacsony ellenálláson keresztül folyik az áram, míg a másikba nagy ellenálláson.

Egy fázis egyenirányításához szükséges négy diódát tartalmazó összeállítást a 75. ábra mutatja.

A kimeneten pulzáló egyenáram jön létre, ha sima egyenáramra van szükség, egy simító áramkört kell

beépíteni. A legtöbb *alternátor*

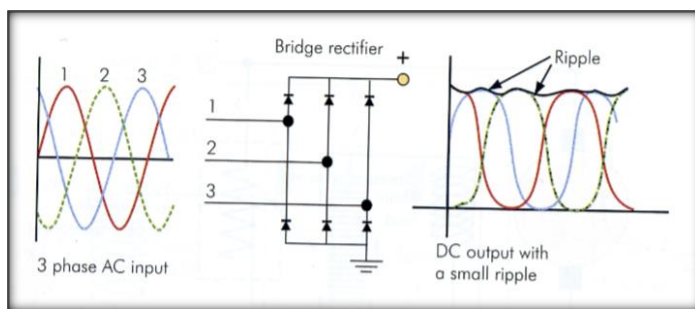
háromfázisú és hat diódát tartalmaz. Ezek a diódák kis lüktetéseket tartalmazó egyenáramot biztosítanak, lásd 89. ábra.

A másik követelmény az állandó feszültség, mivel az *alternátor* fordulatszámának változásával (változó motorfordulatszám miatt), a sebesség, mellyel áthalad a mágneses mező az állórész tekercsein, változik, így változik az indukált feszültség is. Ha a mező erőssége állandó maradna, a kimeneti feszültség növekedne, a növekedő motor fordulatszámmal, és fordítva. A kimenő feszültség csökkenni kezdene, ha a fogyasztók áramszükséglete megnő. Ezt a feszültségszabályzó oldja meg, ez a forgórész tekercseivel sorba kapcsolt változtatható ellenállásként viselkedik és az egyenáramú gerjesztés áramát szabályozza.

Az *alternátor* nem lesz öngerjesztő (önindító), az *alternátornak* a gyűjtősíneken keresztül az akkumulátorra kell kapcsolni, hogy az *alternátor* áramot kezdjen termelni, amikor az *alternátor* kapcsoló zárva van. Ennek hasonlóképpen kell lennie, ha a generátor elveszti a maradó mágnesességét vagy nem megfelelően polarizálódik hő, ütés, vagy pillanatnyi rossz irányba folyó áram miatt. Ezt pillanatnyi, mezőn (a pozitív pólustól a negatív pólus irányába) átvezetett árammal lehet korrigálni. Ezt az eljárást *flashing the field*-nek nevezzük.

Ha csak az akkumulátor van a gyűjtősínre kapcsolva, a feszültségmérő az akkumulátor feszültségét fogja mutatni, például 12 V körül, és emelkedőben a generátor által szabályozott feszültségre, 14 V körül, amikor a generátor gerjesztett.

Az *alternátornak* van egy (Akkumulátor) Főkapcsolója. Amikor az *alternátor* be van kapcsolva, általában szükséges, hogy az akkumulátor a gyűjtősínre legyen kapcsolva. A Főkapcsoló kikapcsolt helyzetében nyitja az akkumulátor relét, és megakadályozza, hogy az *alternátor* gerjesztő áramot kapjon. [1]



89.ábra: Egyenirányított feszültség, kis hullámzással
Forrás: [1], 6-7.p.

6.1.3 Feszültség szabályozók

A járművek egyenáramú elektromos berendezéseinek hatékony működése attól függ, hogy az elosztó sín (busbar) rendszerben a generátor feszültséget állandó értéken tudjuk-e tartani a változó terhelések ellenére. Szükség van egy olyan berendezésre, mely a generátor kimeneti feszültségét, egy meghatározott tűréshatáron belüli értékre szabályozza.

A generátor kimeneti feszültsége függ:

- A mező, vagy az armatúra forgási sebességétől
- A mágneses tér erősségétől
- Az armatúra tekercsének menetszámától
- Az armatúrában lévő menetek mérete és alakja.

A legkényelmesebben szabályozható tényező a mező tekercsének árama, mely meghatározza a mágneses mező erősségét. Ez a szabályozás, a mező tekercsével sorba kapcsolt változtatható ellenállással érhető el.

Ennek a változtatható ellenállásnak a beállítása határozza meg a mező tekercsének ellenállását, így a mező árama és kimeneti feszültsége is változik, ezzel pedig a kívánt értékre szabályozható. Egy ellenállás alkalmazása limitált ebben az esetben, így szükség van egy szabályozó berendezésre, mely automatikusan elvégzi a szükséges gerjesztőáram beállításokat.

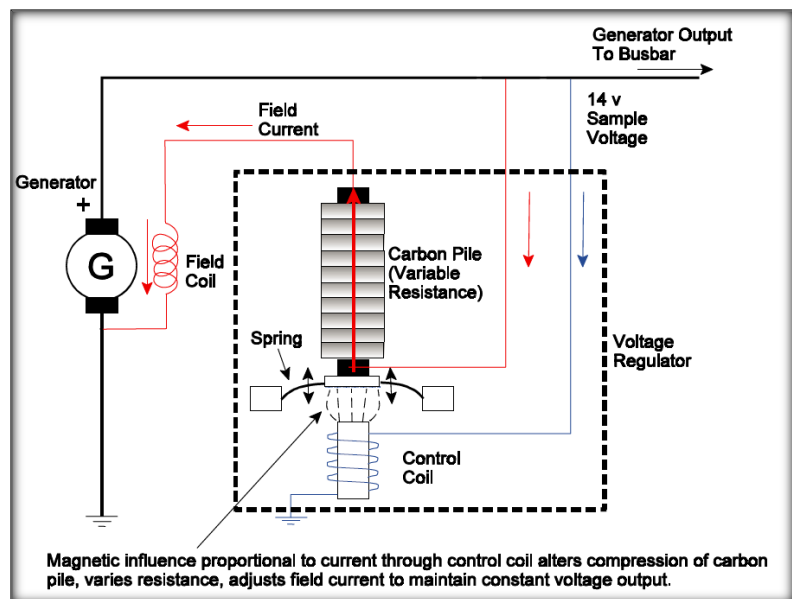
A három fő szabályozási módszer van:

- Szénoszlopos szabályozó
- Vibrációs szabályozó
- Elektronikus

szabályozó [1]

Szénoszlopos szabályozó

A szénoszlopos szabályozó egy szénoszlopot használ változtatható ellenállásként. A szénoszlop, egy szén tárcsákból álló rúd, melynek a teljes ellenállása arányos az oszlop összenyomásával. Minél jobban össze van nyomva, annál kisebb az ellenállása. A szükséges oszlop



90.ábra: Szénoszlopos feszültség szabályozó

Forrás: [2], 96.p.

nyomást a változó generátor sebességnek megfelelően, egy elektromágnes és egy rugó vezérelt armatúra biztosítja. Lásd 90. ábra.

A generátor rendszer nyugvó állapotában a szénoszlop teljesen összenyomott állapotban van, mivel nincs mágneses 'húzóerő' az armatúrán, így a generátor gerjesztőtekercsének áramkörében az ellenállás minimális.

A hatékony sebességtartományon belül bármekkora csökkenés a generátor sebességében, a generátor kimenő feszültségének csökkenését eredményezi, ez megzavarja a szabályzó armatúrájának egyensúlyát, úgy, hogy a rugó által kifejtett erő válik dominánssá, így az armatúra eltávolodik az elektromágnes magjától. A szénoszlop jobban összenyomódik a mozgás által, így csökken a generátor gerjesztőtekercsének áramkörében az ellenállás, ez növeli a gerjesztőfeszültséget, amíg a szabályzó újra egyensúlyi helyzetbe nem kerül. A generátor kimenő feszültségének növekedése, az armatúra elektromágnes magja felé történő mozgását okozza, az elektromágneses vonzóerő növekedése miatt. Ez a szén tárcsák közti rés növekedését okozza, így növelve a szénoszlop ellenállását, mely a generátor kimeneti feszültségének csökkenését vonja maga után. A rugó terhelése is növekszik, amely távol tartja az armatúrát a magtól. Az egyensúly állapota visszaáll az armatúra egyik új helyzetében és a generátor kimeneti feszültsége a kívánt szabályozott értéken marad.

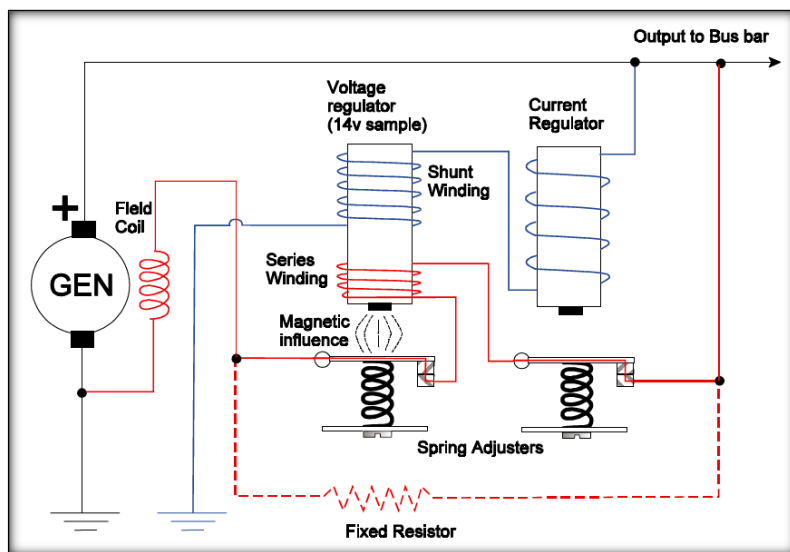
[1]

Vibrációs szabályzó

A vibrációs feszültség szabályzó, a szénoszloposhoz hasonlóan szabályozza a kimeneti feszültséget, de az ellenállás változtatása helyett, egy állandó értékű ellenállást kapcsol ki-be. 91. ábra

Amikor a generátor működésbe lép, mindkét rugó előfeszítésű érintkező zárva

van. A generátorfeszültséget a sönt tekercs és a feszültség szabályozó sorba kapcsolt tekercse érzékeli. Az áram keresztül folyik a sorba kapcsolt tekercsen és a feszültség szabályozó zárt megszakítóján, mely a gerjesztőtekercshez kapcsolódik, hogy felépüljön a generátor kimeneti feszültsége.



91. ábra: Vibrációs feszültség szabályzó
Forrás: [2], 97.p.

Amint a generátor kívánt kimeneti feszültsége létrejött, az elektromágneses erő elég erős lesz, hogy legyőzze az armatúra rugójának előfeszítését, így nyitja a megszakítót. Ebben az egyensúlyi állapotban, a sorosan kapcsolt tekercs áramköre megszakításra kerül, így annak a mezeje összeomlik. Ezzel egy időben, a gerjesztőtekercs táplálása egy fix ellenálláson keresztül történik, amely a gerjesztő áram csökkenését eredményezi, ez pedig a generátor kimeneti feszültségének csökkenését.

Ahogy a sorosan kapcsolt tekercs elektromágneses hatása elvész, a megszakító a rugó erő miatt zár, és visszaállítja a gerjesztőáramot, és a generátor feszültséget, amíg a ciklus kezdődik előlről. A megszakító működési frekvenciája a generátor terhelésétől függ, de általában másodpercenként 50 és 200 között van. [1] A vibrációs feszültség szabályozó működését a Vibrating Point Voltage Regulator című videóból is megismerhetjük. [16]

Elektronikus szabályozók

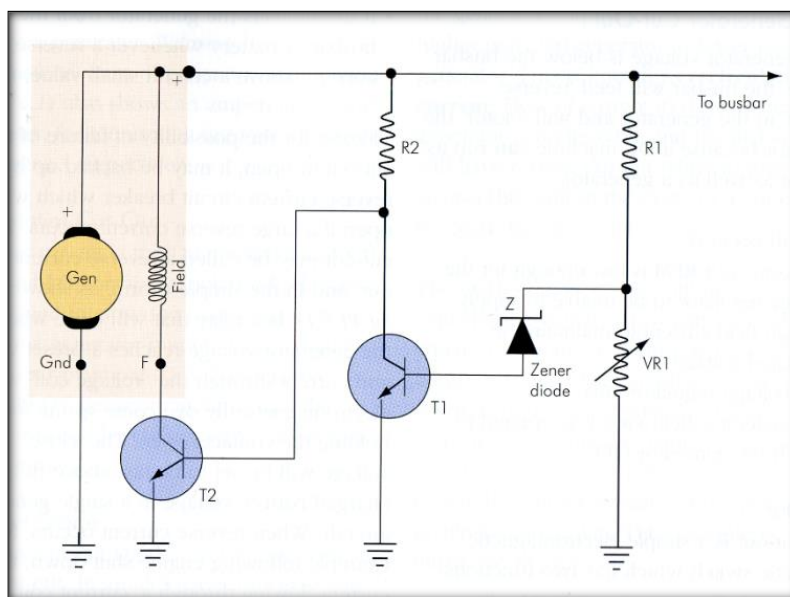
Az elektronikus feszültség szabályozó tranzisztort (11-es fejezet) használ változtatható ellenállásként, lásd 92. ábra.

Az áram először az elosztó rendszerből a T2 tranzisztor bázisához folyik, egy feszültség választó hálózaton keresztül, mely az R1 és VR1 ellenállásokból áll. A célja ennek a hálózatnak, hogy a Zener (Z) diódával együtt, hogy beállítsa a rendszer működési feszültségét.

Amikor teljesítmény kerül a T2 tranzisztor bázisára, az

bekapcsol és a gerjesztőtekercset ellátó áram a T2 tranzisztor kollektor-emitter részén keresztül a földhöz vezetődik (záródik az áramkör). Amikor a generátor működik, a szolgáltatott teljesítmény a jármű DC Bus rendszerére kerül.

Amikor a generátor kimenő feszültsége eléri az előre beállított értéket, az éppen letörési tartományba került Zener diódán keresztül ellentétes irányba folyik áram, a T1 bázisához. A T1 kollektor-emitter átmenete most már vezetni fog, így eltereli az áramot a T2 bázisáról, mely egy korlátozott áramfolyást eredményez a kollektor-emitter átmenetén. Ez csökkenti az alternátor gerjesztő áramát, az pedig a kimenő generátor feszültség csökkenését eredményezi.



92.ábra: Elektronikus feszültség szabályozó

Forrás: [1], 6-11.p.

Ez a működési sorozat folyamatos, és biztosítja, hogy a generátor kimeneti feszültsége a beállított működési értéken maradjon. [1]

6.1.4 Áram szabályozó

Az áram szabályozó korlátozza a generátor kimeneti áramát, ugyanúgy, mint a feszültség szabályozó szabályozza a kimeneti feszültséget, a generátor gerjesztőáramának változtatásával. Az egyedüli különbség az egy, néhány menetes vastag vezetékű tekercsből álló felépítés. Az áram szabályozó érintkezői nyitnak, így ellenállást kapcsolnak be, a gerjesztőáram csökkentésére. [1]

6.1.5 Minimálrelé (Generator Cut-out)

Ha a generátor feszültsége a gyújtósín feszültsége alatt van, a gyújtósín fogja ellátni a generátort, az ellentétes irányú áram fogja megforgatni a generátort, mint egy motort, mivel az egyenáramú gépek motorként és generátorként is működhetnek.

Ez akkor lép fel, ha:

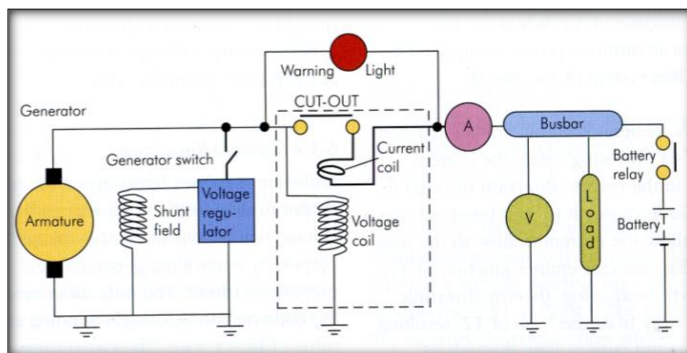
- A generátor fordulatszáma olyan alacsony, hogy a feszültség szabályozó képtelen elegendő gerjesztőáramot szolgáltatni, hogy tartsa a kívánt feszültséget
- A feszültség szabályozó meghibásodik
- A generátor gerjesztés kapcsoló nyitott, hogy lekapcsolja a generátort

Minimálrelé

A minimálrelé egy elektromágneses automata kapcsoló, két funkciója van:

- Összekapcsolja a generátor kimenetét a gyújtósínnel, vagy akkumulátorral, amikor a generátor kimeneti feszültsége kissé meghaladja a gyújtósín, vagy akkumulátor feszültségét
- Lekapcsolja a generátort a gyújtósínról, vagy az akkumulátorról, bármikor, ha ellentétes irányú áram folyik, egy adott kis értéket meghaladó mértékben.

Ahhoz, hogy elkerüljük, hogy a minimálrelé meghibásodásából adódóan ne nyisson ki, egy tartalék visszáram áramköri megszakító kerül beépítésre, amely nyit, ha nagy visszáram lép fel (a generátor felé). A



93.ábra: Minimálrelé áramköri ábrája
Forrás: [1], 6-12.p.

minimálrelét nevezhetjük visszaáram relének is, felépítését az 93. ábra mutatja. Ez egy relé, mely zár, ha a generátor feszültsége eléri egy előre meghatározott értéket és a 'Feszültség tekercsen' áthaladó áram elektromágnesesen legyőzi az érintkezőket nyitva tartó rugó erejét. A zárást jelentő feszültséget úgy állapítják meg, hogy egy, egy generátorral rendelkező, jármű esetében éppen a teljesen töltött akkumulátor feszültsége fölött legyen. Amikor visszaáram folyik, például hajtómű leállítás után, ez az áram átfolyva a minimálrelé 'áram tekercsén' elektromágnesesen ellentétes lesz a feszültség tekercsével, és lehetővé teszi, hogy a rugó nyissa a relét. Amikor a minimálrelé nyit, hogy megvédje az akkumulátort, egy generátor figyelmeztető lámpa fog felvillanni, jelezve a generátor meghibásodást. A 93. ábra egy ampermérőt és feszültségmérőt mutat, melyek a rendszer áramának és feszültségének ellenőrzésére szolgálnak. [1]

Differenciál minimálrelé

Másik változat a differenciál minimálrelé, mely egy polarizált relét tartalmaz, és arra tervezték, hogy zárja a fő relé érintkezőit, amikor a generátor kimeneti feszültsége meghaladja a gyűjtő sín feszültségét körülbelül 0,5 V-tal. Ez alkalmas több DC generátort tartalmazó rendszerben való alkalmazásra, és a generátorok bármilyen sorrendben a gyűjtő sínre kapcsolhatók.

Áram dióda

Egy nagy áramokra tervezett diódát használhatnak minimálrelé helyett. Egy *alternátorban* a beépített egyenirányító híd biztosítja a visszaáram védelmet. [1]

6.1.6 Terhelésmegosztó áramkörök (repülőgépeknél)

Két, vagy több hajtóműves repülőgépek esetében kívánatos, hogy az egyes hajtóművek által hajtott generátorok párhuzamosan működjenek, és így egy hajtómű vagy generátor meghibásodás esetében ne legyen hatása az elsődleges áramellátásra. A másik előnye a generátorok párhuzamos üzemeltetésének az, ahogy két akkumulátor párhuzamos üzemeltetése esetében is, duplázódik a kapacitás.

A párhuzamos üzemeltetés szükségessé teszi, hogy a generátorok egyenlően legyenek terhelve, és így a kimenő feszültségeik közel azonosak legyenek, amennyire lehet minden üzemeltetési körülmény esetében. Amennyiben valamennyi potenciálkülönbség alakul ki a generátorok kimenetei között, áram fog folyni a magasabb potenciálú generátortól, az alacsonyabb potenciálú generátor felé. Ezt recirkulációs feszültségnek nevezzük. Az áramfolyás a kisebb kimenő feszültséggel rendelkező generátor felé nemkívánatos, mivel

párhuzamos rendszerek visszáram reléi nyitni fognak, hogy megvédjék a rendszert ezen hibától, egy terhelésmegosztásban bekövetkezett hiba esetében.

A leggyakrabban alkalmazott terhelésmegosztási módszer az, hogy terhelés kiegyenlítő áramkört alkalmazunk, ami feszültségszabályzókkal irányítja a generátor kimeneti feszültségét. A terhelésmegosztó áramkör kiegyenlítő tekercseket alkalmaz a feszültségszabályzóknak, amelyek precízen állítják be minden egyes generátor gerjesztő áramát, hogy a párhuzamosított generátorok kimeneti feszültségei egyformák legyenek. Ezt az elvet szemlélteti a 94. ábra.

A generátorok negatív oldalain össze vannak kapcsolva, a kiegyenlítő tekercseket tartalmazó terhelésmegosztó, vagy kiegyenlítő hurkon keresztül. Minden egyes tekercs az egyes feszültségszabályozó áramkörök részét képezi.

Az R1 és R2 ellenállások a generátorok negatív oldalainak ellenállásait reprezentálják, kiegyensúlyozott terhelésmegosztás esetén a feszültségesés minden egyes oldal esetében ugyanannyi, $U_1 = I_1 \cdot R_1$ és

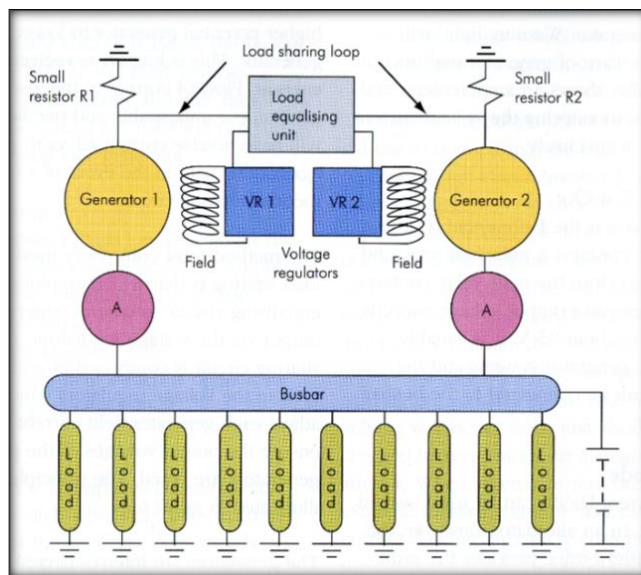
$U_2 = I_2 \cdot R_2$. Az eredő feszültségesés nulla, és nem folyik áram a kiegyenlítő áramkörön keresztül.

Ha valami oknál fogva az 1-es generátor nagyobb részt vesz át a teljes terhelésből, mint a 2-es számú generátor, akkor a feszültség esés U_1 nagyobb lesz, mint U_2 (a tűrés 0,5 V).

Végeredményben, áram fog folyni a kiegyenlítő tekercseken, melyek úgy vannak bekötve, hogy a rajta folyó áram a 2-es számú generátor kimenő feszültségét növelje meg, és csökkentse az 1-es számú generátorét, ezzel hatékonyan csökkentve a terhelésmegosztásban lévő kiegyensúlyozatlanságot.

A repülőgép gyújtósínjén lévő terhelések párhuzamosan vannak kapcsolva, így a teljes áram csökken a gyújtósínen, a terhelések kikapcsolásával. [1]

Megjegyzés: A generátorok teljesítményének ellenőrzésének módjait a 10-es fejezet tartalmazza. [1]

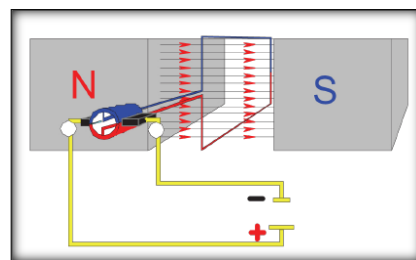


94.ábra: Generátor kiegyenlítő áramkör
Forrás: [1], 6-14.p.

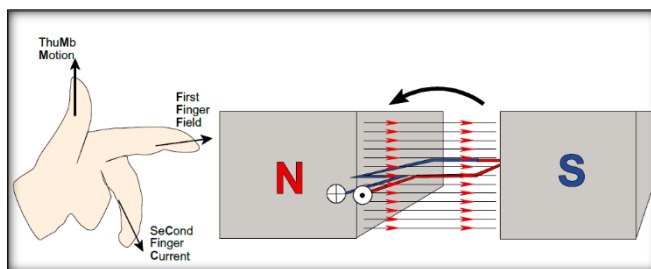
6.2 DC Motorok

A DC motorok funkciója és a működése az ellentéte a generátorokénak. Ha külső táplálást kapcsolunk a motor érintkezőire, az mozgásba hozza az armatúrát, így alakítva át az elektromos energiát mechanikai energiává.

A motor alapján véve egy vezetékhurok, mely egy mágnes pólusai körül forog. Lásd 95. ábra. A vezeték végei egy kommutátorhoz, azok pedig kefékhez kapcsolódnak. A keféket egyenárammal táplálják, mely a pozitív pólustól a negatív irányába folyik. A vezeték körül mágneses mező alakul ki, mely kölcsönhatásba lép a fő mezővel.



95.ábra: Egyszerű DC motor
Forrás: [2], 108.p.

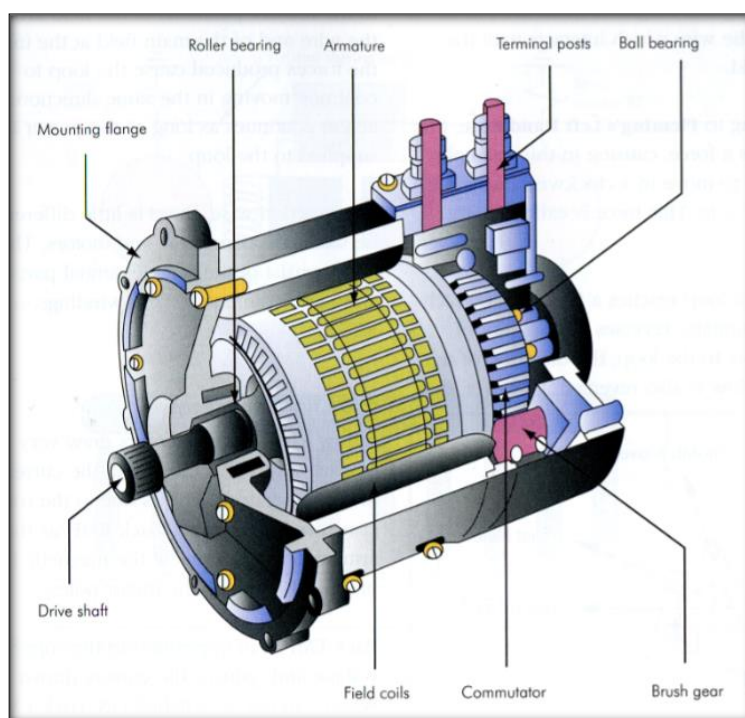


96.ábra: Fleming balkéz szabálya
Forrás: [2], 107.p.

A Fleming balkéz szabálya szerint, ez egy erőt hoz létre, ebben a példában ez azt okozza, hogy a vezetékhurok óramutató járásával ellenkező irányba fog mozogni, lásd 96. ábra. Ezt az erőt Lorentz erőnek nevezzük.

Amikor a hurok eléri azt a pozíciót, amelyben a kommutátor megfordítja a hurok táplálásának polaritását, az áram folyásiránya szintén megváltozik. A vezeték körüli mező és a fő mező relatív helyzete pillanatnyilag olyan, hogy a létrejövő erők a hurkot ugyanabban az irányban tovább mozgatják. Ez a hatás mindaddig tart, míg a hurok áram alatt van.

Konstrukciótól függően lehet kisebb különbség a DC motorok és generátorok között. Mindkettő ugyanazon fő elemekből épülnek



97.ábra: Tipikus indító motor
Forrás: [1], 6-16.p.

fel, például armatúra, kommutátor és tekercsek, lásd 97. ábra. [1] Az indítómotor az indítás után általában generátorként működik, a súlycsökkentés érdekében. A DC motorokról a DC Motor, How it works [17] és a Brushless DC Motor, How it works [18] című videók szólnak.

6.2.1 Ellentétes feszültség

Alacsony fordulatszámon, az elektromos motorok nagy áramot vesznek fel. Amint a fordulatszám nő, az áramfelvétel csökken. Ez a forgó armatúra által generált ellentétes feszültség miatt van, mivel az armatúra vezetői metszik a motor pólusai közti mágneses mezőt.

Ellentétes feszültség (indukált feszültség) a tápláló feszültséggel ellentétes és csökkenti az áramfelvételt. Amikor a motort bekapcsoljuk, az ellentétes feszültség nulla, és a felvett áram nagyon magas. Amint a fordulatszám nő, a növekedő ellentétes feszültség csökkenti az áramfelvételt. Ha egy elektromos motor megáll, például egy aktuátor (működtető elem) motor túlment a határoló kapcsolón, (elérte a mechanikus ütközőt, de még mindig kap táplálást az áramforrástól) az ellentétes feszültség megszűnik és a felvett áram rendkívül magassá válik.

6.2.2 Motor karakterisztika

Egy motor adott célú felhasználását két fő tényező határozza meg:

1. Fordulatszám
2. Nyomaték

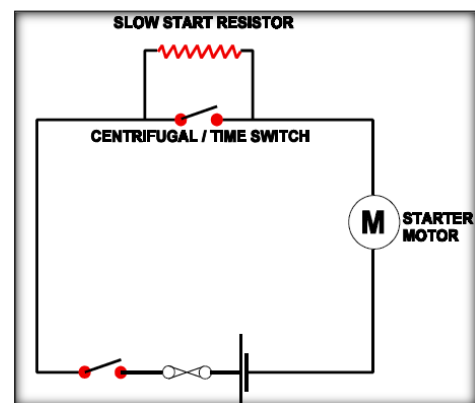
A fordulatszám karakterisztika, azt fejezi ki, hogyan változik a fordulatszám az armatúra áram függvényében, melyet az ellentétes feszültség határoz meg, ez ebben az értelemben a motor mechanikai terhelésétől függ. A motor nyomaték karakterisztikája, egy adott terhelés meghajtásához szükséges nyomaték és az armatúra áram közti összefüggést jelenti.

Három alapvető motor típus ismert, ezek:

- Soros gerjesztésű
- Sönt gerjesztésű
- Kompound (vegyes) gerjesztésű [1]

Előtétellenállás

Néhány motor az armatúrával sorosan kapcsolt előtét ellenállást alkalmaz a nagy indítóáramok csökkentése érdekében, mielőtt az ellentétes feszültség felépülne. Az ellenállást indítás után amikor már a motor forog, centrifugál, vagy

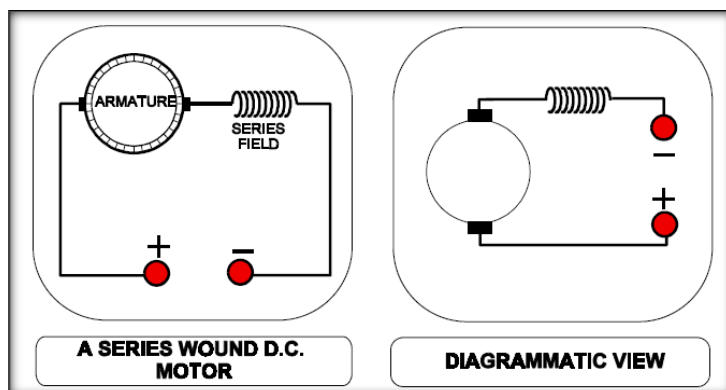


98.ábra: Előtétellenállás
Forrás: [2], 109.p.

időkapcsolóval kikapcsolják az áramkörből az előtét ellenállást, hogy az armatúra teljes áramot kapjon. Lásd 98. ábra. [2]

6.2.3 Soros motorok

Soros gerjesztésű motorok estében, a gerjesztő tekercs és az armatúra tekercs sorba vannak kapcsolva egymással és az áramforrással. A rajtuk átfolyó áram egyforma, lásd 99. ábra.



99.ábra: Soros gerjesztésű motor
Forrás: [2], 110.p.

A tekercsek alacsony ellenállásúak. Ebből adódóan,

indításkor a soros motor nagy

áramfelvételre képes, ezáltal gyorsan felépül a mező, és ez adja a motor egyik fő tulajdonságát, hogy jól gyorsul és nagy indítási nyomatékkal rendelkezik. Nagyon gyorsan felépül az armatúrában indukálódott ellentétes feszültség, mely korlátozza az áram átfolyását a motoron.

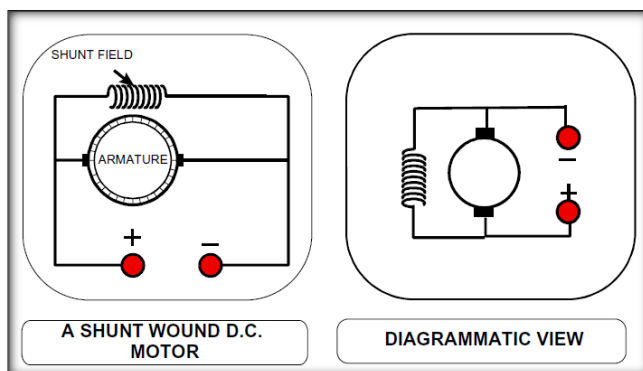
A motor sebességi karakterisztikája olyan, hogy a mechanikai terhelésben bekövetkezett változásokat lényeges sebességváltozások követik, egy kis terhelés nagy fordulatszámon való üzemeléssel jár, míg egy nagy terhelés alacsony fordulatszámú üzemelést eredményez. A nyomaték arányos az armatúra áram négyzetével, és egy terhelésnövekedés az ellentétes feszültség csökkenését fogja eredményezni, aztán növekedés következik be az armatúra áramban és gyors meghajtó nyomatéknövekedés.

A nyomatéki karakterisztikája olyan, hogy a motort teljes terheléssel is lehet indítani. [1] A soros motorok alacsony fordulaton forognak nagy terhelés alatt és nagyon nagy fordulaton kis terhelés mellett. Amennyiben a terhelést eltávolítjuk a motor veszélyesen túlpöröghet.

Főként elektromos aktuátorokban, indítómotorokban és orrfutómű működtetésre használják. [2]

6.2.4 Párhuzamos (sönt) gerjesztésű motor

A sönt gerjesztésű motorok esetében a gerjesztő tekercs az armatúrával párhuzamosan van kapcsolva. A tekercs

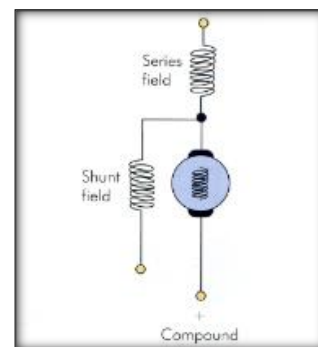


100.ábra: Sönt gerjesztésű motor
Forrás: [2], 111.p.

ellenállása nagy, és mivel közvetlenül van az áramforrásra kapcsolva, a rajta áthaladó áram állandó, lásd 100. ábra. A terheletlentől a teljesen leterhelt állapotú üzemig, a motor sebességváltozása egy alacsony ellenállású armatúrával kicsi, úgy tekinthetjük, hogy a motornak állandó fordulatszámú karakterisztikája van. Az indítási nyomaték kicsi, egy soros gerjesztésű motorhoz képest. A nyomatéki karakterisztikája olyan, hogy kicsi, vagy terhelésmentes állapotban kell indítani. [1]

6.2.5 Vegyes (kompond) gerjesztésű motor

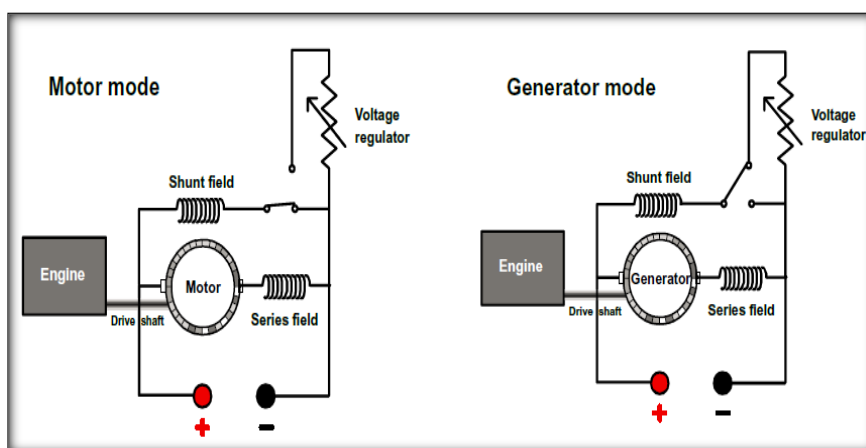
Néhány alkalmazás esetében, mind a soros, mind pedig a sönt gerjesztés alkalmazására is szükség van, ezek negatív üzemi tulajdonságai nélkül. Például, egy motornak a soros motorok nagy indítási nyomatékát kellene leadni, anélkül, hogy megszaladna a terhelés eltávolításával. Ez és más követelmények teljesíthetők a soros és sönt gerjesztés kombinálásával. 101. ábra [1]



101.ábra: Kompond motor
Forrás: [1], 6-18.p.

Indítómotor-generátor

Gázturbinás repülőgépek esetében gyakran alkalmaznak úgynevezett indító generátorokat, ezek kombinálják az indítómotorokat és a generátorokat. Indítási célra, az egység egy kompond motorként funkcionál, a sönt



102.ábra: Indítómotor-generátor
Forrás: [2], 112.p.

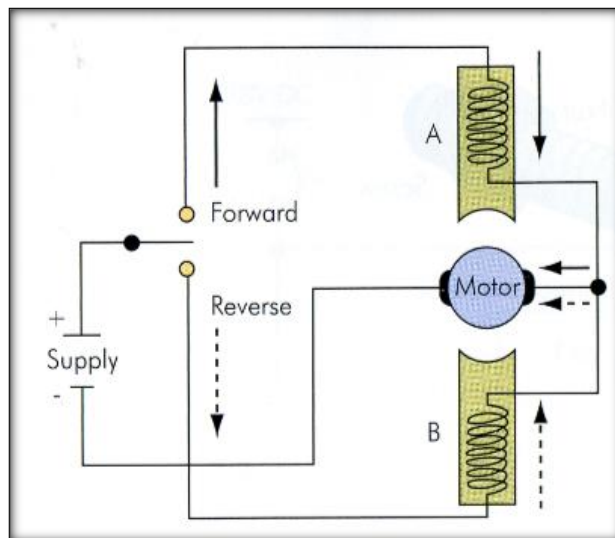
tekercset egy átkapcsoló relé táplálja árammal. Amikor a motor elérte az önfenntartáshoz szükséges sebességet, és az indító motor áramköre leválasztásra kerül az áramforrásról, az átkapcsoló relé automatikusan lekapcsolódik az áramforrásról és az érintkezői összekapcsolják a sönt tekercset a feszültségszabályozóval. A relé lehetővé teszi az egyenáram folyását a sönt tekercsen, ezzel biztosítva a kezdeti gerjesztést. Innentől az egység egy hagyományos DC generátorként funkcionál, lásd 102. ábra. [1]

6.2.6 Osztott mezőjű motor

Számos motorokat tartalmazó alkalmazásban szükség van a motor forgásirányának megfordítására, egy bizonyos funkció ellátása érdekében, például egy szelep nyitása, zárása egy *aktuátor* által.

Ezt az áram irányának és a mágneses mező polaritásának a megfordításával lehet elérni, a gerjesztőtekercsben vagy az armatúrában. lásd 103. ábra

Ez az eljárás arra az elvre alapszik, hogy a rendszert két elektromosan elkülönített részre osszuk, ezáltal lehetővé téve, hogy a mágneses mező az ellenkező irányba mozogjon. A két tekercs egyikét mindkét forgásirány esetében használják, ezt egy, egy pólusú két áramkörű kapcsoló irányítja.



103.ábra: Osztott tekercsű motor
Forrás: [1],6-18.p.

Amikor a kapcsoló az 'előre' helyzetben van, a gerjesztő tekercs A felében fog áram folyni, és egy megfelelő polaritású mezőt hoz létre a vasmagban. Az áram átfolyik az armatúra tekercsén is. Az armatúra körüli és az A gerjesztőtekercs körüli mező kölcsönhatásaként a motor előre forog. Amikor a hátramenet kerül kiválasztásra az irányító kapcsolón, az A tekercs elkülönítésre kerül és az áram a B tekercsen folyik keresztül. Az armatúrán átfolyó áram az előzővel egyező irányú, de a vasmag pólusainak polaritása megfordult, a mezők kölcsönhatásának eredményeképp az armatúra az ellenkező irányba fog forogni. [1]

6.3 Aktuátorok (működtető elemek)

A modern járművekbe épített berendezések és komponensek manuális működtetés érdekében általában elérhetetlenek a kezelő személyzet számára. Távoli irányításuk elektromos *aktuátorok* segítségével történik. Ezek az *aktuátorok* lehetnek motor *aktuátorok* és szolenoid (mágneskapcsoló) *aktuátorok*. [2]

A motor *aktuátorok* önálló egységek, kombinálják az elektromos és mechanikus eszközöket, képesek megfordítható lineáris nyomóerőt kifejteni rövid távolságon, vagy megfordítható alacsony sebességű forgató hatást biztosítani. Lehetnek lineárisak, vagy forgók és lehetnek egyen- vagy váltóáramúak. [1]

A *szolenoid aktuátorokat* a hidraulika és pneumatika rendszerekben alkalmazzák. A *szolenoidra* adott elektromos teljesítmény mágneses vonzás elvén eredményezi az adott szelepek nyitását. [2]

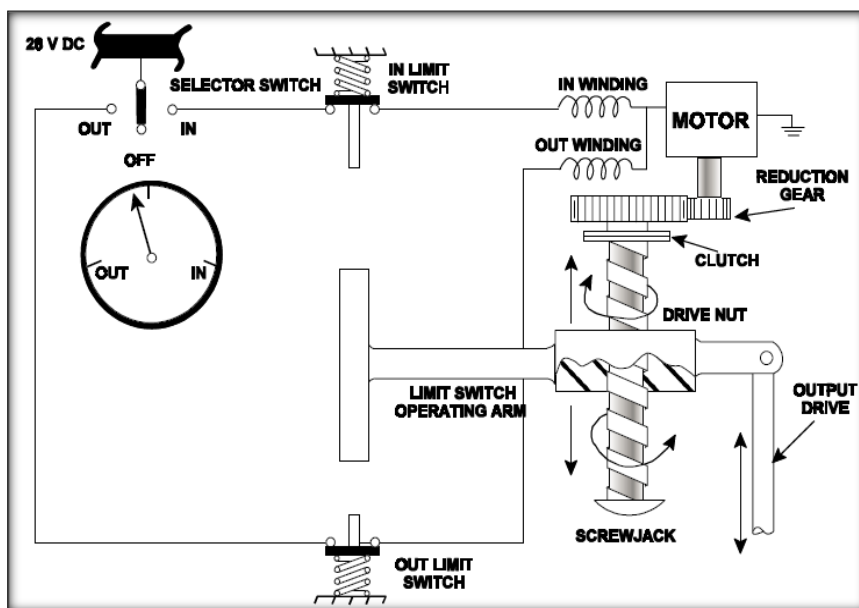
6.3.1 Lineáris aktuátorok

Általában, a lineáris *aktuátorok* egy motorból állnak, mely egy reduktoron keresztül egy vezérorsót hajtanak, amelynek a forgatásával kinyújt, vagy behúz egy tolattyút, vagy dugattyút, lásd 104. ábra.

Az *aktuátor* méretétől függően, a kinyújtás és a behúzás történhet hagyományos csavarmenet segítségével, vagy golyós csapágyas menettel. [1]

Számos helyen alkalmazásra kerülnek, ahol nyomásra/húzásra van szükség, például:

repülőgépeken fékszárnyak, futómű, *trim lapok*. A működtetéshez választókapcsolókat alkalmaznak, ha teljes fel/le mozgásra van szükség, de kisebb mozgásokra, például trimmeléshez rugó által középen tartott kapcsolókat használnak, melyeknek az adott irányba mozgatásával az *aktuátor* a kiválasztott irányba fog mozogni. [2]

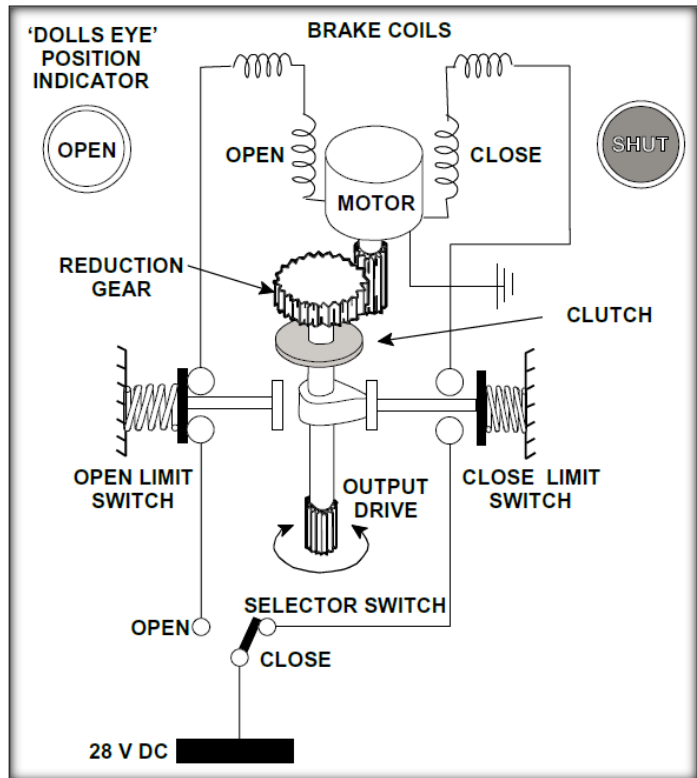


104.ábra: Lineáris aktuátor
Forrás: [2], 115.p.

6.3.2 Forgó aktuátorok

A forgó *aktuátorokat* általában olyan berendezésekben használják, ahol lassan, vagy csak limitált szögelfordulással kell forgatni valamit. A motortól érkező meghajtás egy lassító áttételen megy keresztül. A kimenő tengelyt közvetlenül a mozgatandó elemhez kapcsolják,

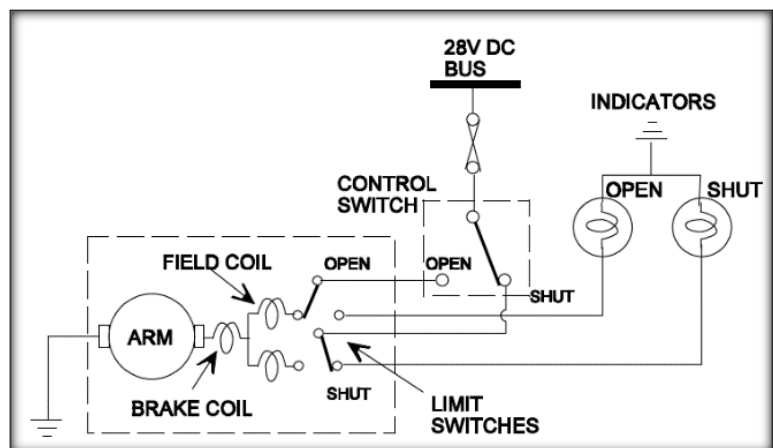
például szelep. [1] Üzemanyag csapok és olaj/levegő elzáró csapok működtetésére használják. [2] Az irányításuk ON/OFF vagy NYITÁS/ZÁRÁS kapcsolókkal történik. Két mikrokapcsoló irányítja az elmozdulás mértékét és működteti a vizuális visszajelzéseket a kezelő részére. Egy határoló kapcsoló mindig nyitva van, biztosítva az áram folyását a kapcsolótól az *aktuátor* felé. A határoló kapcsoló átvált a teljes elmozdulás elérésekor. [2] Egy példát láthatunk a 105.ábrán. [1]



105.ábra: Forgó aktuátor
Forrás: [2], 114.p.

6.3.3 Osztott tekercsű aktuátor

Ez az *aktuátor* típus két különböző sorosan kapcsolt tekercset tartalmaz, melyek mindegyike ellentétes irányú fluxust hoz létre. Lásd 106. ábra. Csak egy tekercset lehet egyszerre áram alá helyezni és a forgásirány az áram alá helyezett tekercstől függ. A mechanikus terhelés által működtetett korlátozó kapcsolókat építenek be,



106.ábra: Osztott tekercsű aktuátor
Forrás: [2], 118.p.

normál esetben a gerjesztő tekercssel sorosan. Ezek megállítják a motort amikor a terhelés elérte a mozgás határát. [2]

A NYITOTT helyzet kiválasztásakor, az armatúra táplálása a határoló kapcsolón (limit switch), a gerjesztő és fék tekercseken (brake coil) keresztül történik. A fék tekercsek energizálásakor a fék old. [2]

Az aktuátor kitérésének befejeztével, a határoló kapcsoló a következők szerint kapcsol:

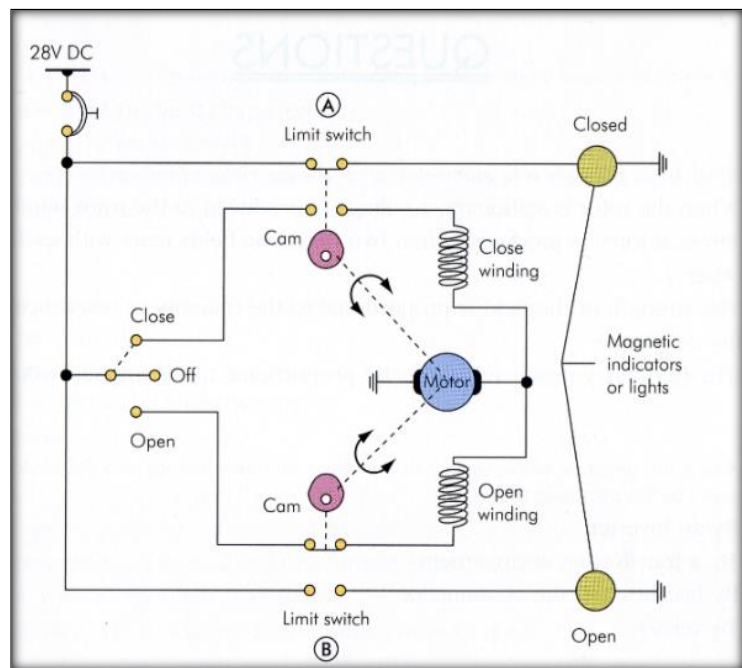
- Nyitó korlát kapcsoló (Open limit switch). Ez bontja a motor áramellátását a mozgás végén és az áramkört a nyitott pozíció jelzésére kapcsolja.

- Záró korlát kapcsoló (Close limit switch). Ez a záró áramkört hozza létre a működtetéshez, amikor a zárás kerül kiválasztásra a vezérlő panelen. [2]

Csúszó kuplungot építhetnek be az armatúra tengelye és a meghajtás közé, mely megakadályozza a mechanikai túlterhelést. [2]

6.3.4 Korlátozó kapcsolók

Mind a lineáris, mind pedig a forgó *aktuátorok* el vannak látva korlátozó kapcsolókkal, melyek megállítják az adott motort, amikor a működtető tolattyú, vagy kimenő tengely elérte a megengedett elmozdulást. Ezek a kapcsolók normál esetben mikrokapcsolók. 107. ábra [1]



107.ábra: Korlátozó kapcsolók
Forrás: [1], 6-20.p.

6.3.5 Fékek

Az *aktuátorok* többsége elektromágneses fékkel van ellátva, hogy megakadályozzák a túlzott elmozdulást, amikor a motor ki van kapcsolva.

Minden esetben a fékeket rugók tartják a benti helyzetben a motor kikapcsolt állapotában. A működtető *szolenoidok* sorba vannak kapcsolva az armatúrával, így a fékek azonnal oldanak, ha áram alá helyezzük a motort. [1]

6.3.6 Kuplungok

Súrlódó tengelykapcsolók, melyek az *aktuátor* méretétől függően, általában egytárcsásak, és beépítésre kerülnek az *aktuátorok* erőátviteli rendszerébe, hogy be- illetve lekapcsolják az *aktuátorokat*, és megvédjék őket a mechanikai túlterheléstől. [1]

7 AC alternátorok

7.1 Bevezetés

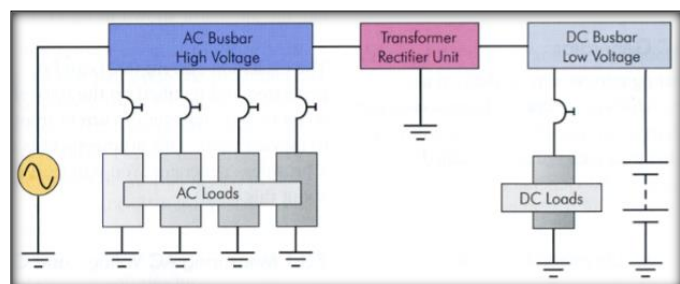
A váltakozó áramú (AC) generátor, és elosztó rendszerek számos nagy teljesítmény igényű elektromos rendszerrel rendelkező járműben megtalálhatók, a DC rendszerekkel szembeni jelentős súlymegtakarítás, illetve a kommutátorok hiánya miatti nagyobb megbízhatóság miatt. További előnyük, hogy két feszültségszint létrehozása lehetséges.

Számos egységet lát el az AC rendszer, többek között, műszereket, fényeket, rádiókat motorokat, jégtelenítőket, és egyéb fűtő elemeket, beleértve a konyhai sütőket is. Az akkumulátorokat a járműveken elektromos energia tárolására használják, de mivel az akkumulátorok egyenáramot biztosítanak, így lennie kell egy egyenáramú rendszernek is a fedélzetén, amelyet az AC rendszer lát el egy Transzformátor/Egyenirányító egységen keresztül. Állandó frekvenciájú váltakozó áramot a DC rendszerből is elő lehet állítani egy *inverter*en keresztül.

Inverter: Egyenfeszültséget váltakozó feszültséggé alakító berendezés.

Amikor a váltóáramú generátor a hálózatra van kapcsolva, a legtöbb felhasznált teljesítmény AC, ha az ilyen repülőgépek elektromos rendszerét jellemezzük, gyakran nevezzük őket AC repülőgépeknek.

Az elsődleges DC forrás jelenleg az úgynevezett Transzformátor Egyenirányító Egység, míg az akkumulátor a tartalék DC áramforrás marad, lásd 108. ábra, illetve rövid időtartamra állandó frekvenciájú tartalék AC forrás is lehet egy *inverter* használatával.



108. ábra: Egyszerű AC rendszer
Forrás: [1], 7-1.p.

A fejezet első része általános váltakozó árammal kapcsolatos elmélettel foglalkozik, aztán a különböző generátorrendszerek kerülnek tárgyalásra. [1]

7.1.1 Fogalmak

A váltakozó árammal kapcsolatos fogalmak közül a legfontosabbak kerülnek említésre:

- Ciklus: Az egymást követő pozitív és negatív félperiódusok sorozata.
- Frekvencia: Az energiaforrás frekvenciája, a másodpercenkénti ciklusok számát jelenti. A mértékegysége Hertz (Hz). Egy ciklus másodpercenként egy hertz-el egyenlő. A

frekvencia attól függ, hogy az Északi és a Déli pólus periódusonként hányszor halad el az armatúra mellett.

- Periódusidő (T): A periódus az egy ciklus megtételéhez szükséges idő. A következő összefüggéssel számítható:

$$\text{Periódusidő } (T) = \frac{1}{f} \text{ másodperc}$$

- Amplitúdó, vagy legmagasabb érték: Egy hullám amplitúdója az a maximális érték, melyet egy cikluson belül elér.
- Fázis: A feszültség, vagy áram cikluson belüli pozíciója. Egy ciklus 0°-tól 360°-ig tart. [1]

7.2 AC generátor

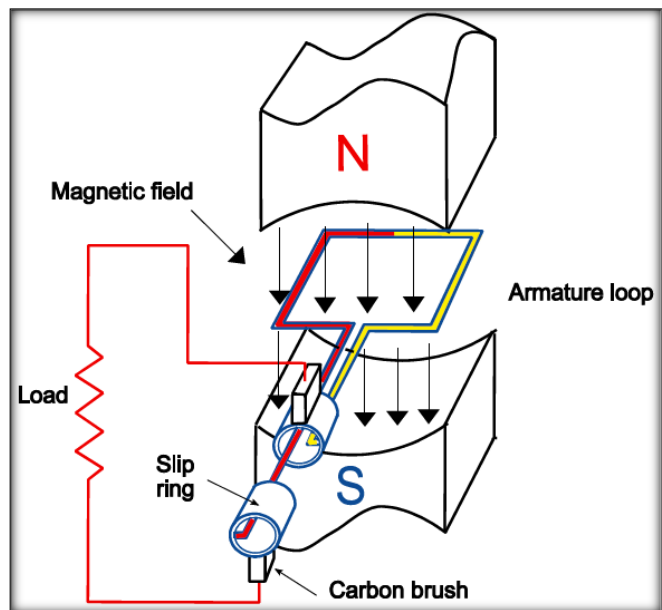
A váltakozó áramot úgy lehetne definiálni, mint egy áramot, amely periódikusan változtatja az irányát és nagyságát. A váltakozó áramot normál esetben egy forgó gép állítja elő, melyet *alternátornak*, vagy AC generátornak nevezünk.

Megjegyzés: Ha az *alternátor* kifejezést egy DC rendszerrel kapcsolatba használjuk, az egy *alternátort*, és egyenirányítót jelent, amely DC kimenetet biztosít az elosztórendszer felé, ahogy azt a korábbi DC fejezet tárgyalja. AC-t egy DC forrásból is létre lehet hozni, egy *inverter* segítségével, ez lehet álló *inverter*, mely tranzisztorokat tartalmaz, vagy forgó *inverter*, amely egy DC motor által hajtott AC generátor. [1]

7.3 Egyfázisú generátor

Ha az 109.ábrán látható generátor kimenetei csúszógyűrűs kialakításúak, akkor az eredmény váltakozó áram lesz, fordulatszámmal megegyező frekvenciával (f). Ha a csúszógyűrűket kommutátorra cserélnénk, egy DC generátor jönne létre, mivel a kommutátor a forgó armatúra AC áramát egyenirányítja.

A gyakorlatban, mivel a mező árama érzékelhetően kisebb, mint a kimenet árama, gyakori, hogy az AC gépek fordított elrendezésűek, mely azt jelenti,



109. ábra: AC generátor elve
Forrás: [2], 167.p.

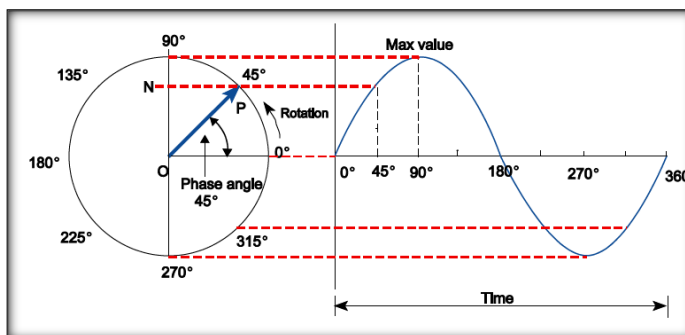
hogy egy forgó mágneses mezőből és egy sztátor vagy állórészből állnak. Ezzel elkerülhető, hogy a hatalmas áramok csúszógyűrűkön menjenek át, míg a kis gerjesztőáramok, inkább megfelelnek arra, hogy csúszógyűrűkön folyjanak át. [1] A működést a How does an Alternator Work [22] című videó is bemutatja.

A gerjesztőáram (DC) létrehozható és egyenirányítható a forgórész tengelyén, így nincs szükség fix és forgó részek közti áram átvezetésre. Ezt az elrendezést kefe nélküli generátornak nevezzük. A továbbiakban további leírást olvashatunk ezekről. [1]

7.3.1 AC feszültség és áram mérése

A kimenő feszültség és áram szinuszos hullámot mutat, egy állandó térerősséget, és állandó fordulatszámot feltételezve. [1] A 110. ábra a váltakozó áram létrejöttét illusztrálja. A kék OP vektor a generátor tekercsének egyik

felét szimbolizálja, amely az O pont körül forog az óramutató járásával ellentétes irányba. A tekercsben indukált feszültség egyenesen arányos az ON ordinátával, vagy számítható a maximális érték és a fázisszög szinuszával, vagy számítható a maximális érték és a fázisszög szinuszával szorozva. [2]

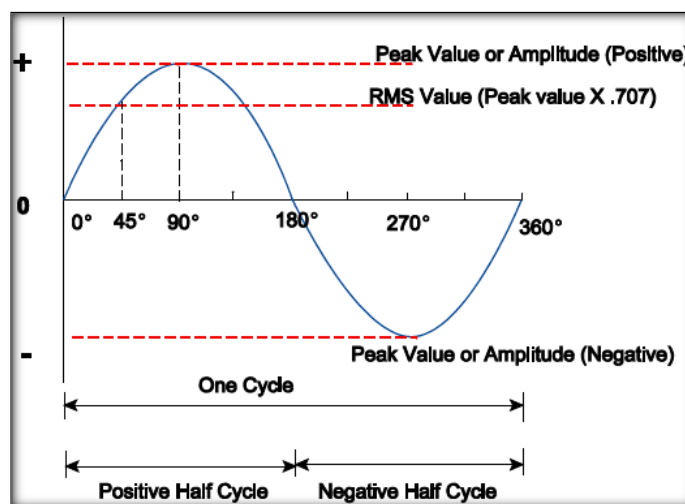


110. ábra: AC szinuszhullám létrejötte
Forrás: [2], 169.p.

7.3.2 Effektív értékek

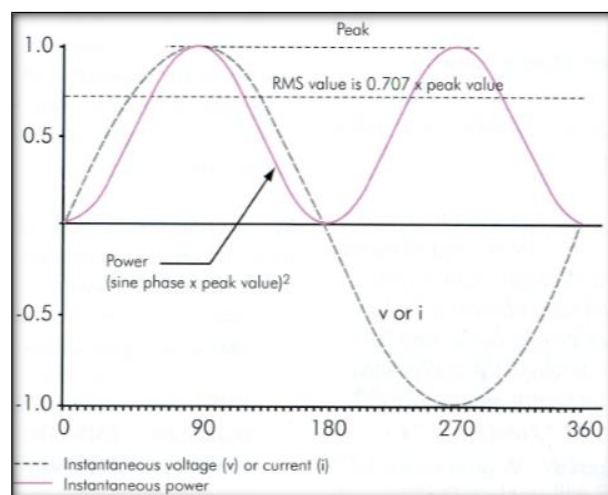
Az átlagtól jobban használhatók az effektív értékek, melyek a teljesítményen alapulnak.

Egy ellenállás teljesítménye egyenlő I^2R vagy U^2/R . Az első fél ciklus alatt az áram pillanatnyi értékei ('i' betűvel jelölve) pozitív értékek, így a teljesítmény is pozitív. A második fél ciklus alatt a teljesítmény szintén pozitív, mivel $(-i)^2R$ és $(-u)^2/R$ pozitív értékek. Lásd 111. és 112. ábra



111. ábra: A váltakozó áram effektív értékei
Forrás: [2], 171.p.

Azáltal, hogy az $I^2 \cdot R$ vagy U^2/R pozitív értéket ad mindkét félciklus esetében, és az effektív értékek az i^2 vagy u^2 átlagértékei a ciklus során, a teljesítmény alapján. Az effektív értékek, egyenáram vagy egyenfeszültség értékek, melyek ugyanannyi teljesítményt hoznak létre egy ciklus, vagy egy másodperc alatt, mint az AC áram, vagy feszültség amelyet jellemzik. Az elektromos teljesítmény effektív értéke, másodpercenként elvégzett munka.



112. ábra: Teljesítmény, áram, feszültség az AC áramkörben
Forrás: [1], 7-4.p.

Az AC feszültség és áram műszereken kijelzett értékei effektív értékek, ha nincsenek ennek ellenkezőjére utalójelzések.

$$\text{Effektív érték} = \text{maximális érték} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$$

effektív érték = maximális érték $\cdot 0,707$

maximális érték = effektív érték $\cdot \sqrt{2}$

maximális érték = effektív érték $\cdot 1,414$

A AC áram, vagy feszültség effektív értékei ugyanazt a teljesítményt (hőt) jelentik egy ellenállásban, mint amennyit az ugyanakkora értékű DC áram, vagy feszültség eredményezne az ellenállással.

Példa:

100 V egy 20 ohm-os ellenálláson 5 amper folyását eredményezi. (Ohm törvénye az ellenállásra vonatkozóan AC és DC áramkörben is igaz.)

Így a létrejött teljesítmény:

- $U \cdot I$ használatával $100 \cdot 5 = 500 \text{ watt}$
- $I^2 \cdot R$ használatával $5^2 \cdot 20 = 500 \text{ watt}$
- u^2 / R használatával $100^2 / 20 = 500 \text{ watt.}$

A 100 V lehet AC_{eff} vagy DC és az 5 A lehet AC_{eff} vagy DC, míg a létrejött teljesítmény ugyanannyi.

A szigetelést az AC áramkör maximális feszültségére kell méretezni.

Egy 100 V-os forrás esetén, a maximális feszültség $100 \text{ V} \cdot 1,414 = 141,4 \text{ V.}$ [1]

7.4 Impedancia

Egy AC áramkörben az áram folyását akadályozó tényezőt impedanciának nevezzük. Impedancia, az az 'AC ellenállás', lásd 113. ábra.

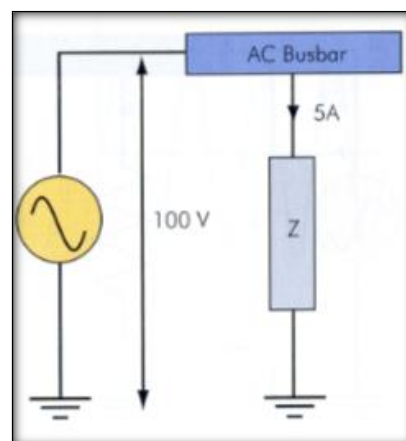
Például:

Ha 100 V tápfeszültség 5 A áram folyását engedélyezi a terhelésen keresztül, a terhelés impedanciája:

$$Z = \frac{100 \text{ V}}{5 \text{ A}} = 20 \Omega$$

Impedancia lehet Ohmos ellenállás, Induktivitás, és Kapacitás. (Ha csak ellenállás akadályozza az áram folyását az áramkörben, az impedancia ohm-ban megegyezik az ellenállás értékével ohm-ban).

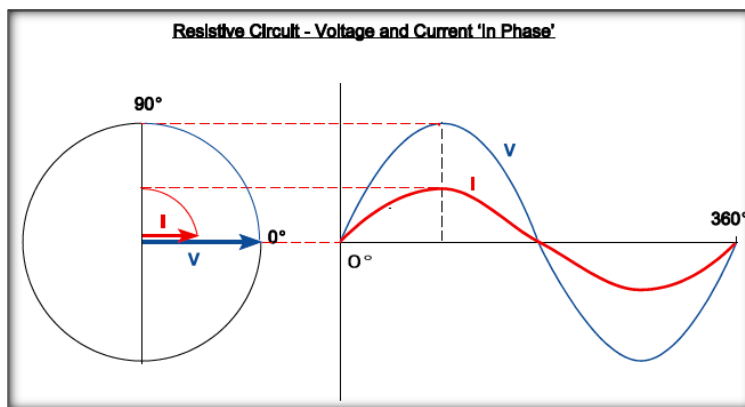
113-tól a 122-ig terjedő ábrák mutatják a fáziskapcsolatot az áram és a feszültség között, illetve az áramkörben a frekvencia változását az ellenállás, induktivitás, és kondenzátor hatására. Valós áramkörökben mindhárom előfordul, de egyik, vagy másik hatása domináns lehet. Egy jégtelenítő fűtés áramkörében az ellenállás dominál, míg egy motor esetében, az induktivitás és ellenállás játszik főszerepet. [1]



113. ábra: Impedancia
Forrás: [1], 7-5.p.

7.4.1 Tiszta ellenállás

A pillanatnyi áramot az ellenállás révén könnyen össze lehet kapcsolni a generátor kimenetén mérhető pillanatnyi feszültséggel, mert a generátor kimeneti feszültsége szabályozott, míg a felvett áram a terheléstől függ, lásd 114. ábra.



114. ábra: Tiszta ellenállás AC áramkörben
Forrás: [2], 172.p.

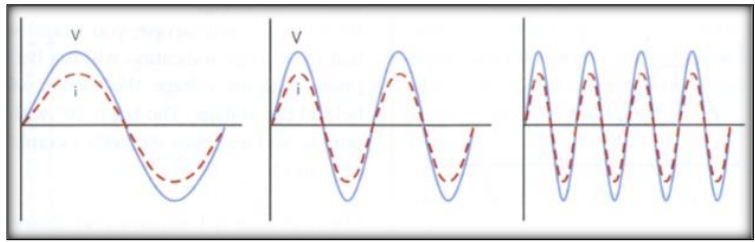
A generátor feszültséget használják viszonyítási pontként az elosztási rendszerben. Bármelyik példában:

$$\frac{U}{I} = R,$$

ahol, U a feszültség, I az áramerősség, R az ellenállás, és U és I is effektív értékek. Így az áram fázisban van a feszültséggel. [1]

A táplálási frekvencia hatása a felvett áramra

A növekvő generátor sebesség miatti táplálási frekvencia növekedés növeli a feszültség hullám frekvenciáját is és a hozzátartozó áram hullám frekvenciáját is. A feszültség



115. ábra: Tiszta ellenállás frekvenciafüggése
Forrás: [1], 7-7.p.

hullám amplitúdója állandó, mert a

generátor feszültség szabályozott. Az áram hullám fázisban marad a feszültséggel és az áram amplitúdója állandó marad. Mivel a feszültség amplitúdó állandó, az effektív feszültség is állandó, hasonlóképpen, az áram amplitúdó is állandó, ezért az effektív áram is állandó marad amint a frekvencia változik. 115. ábra.

Ha egy terhelés tiszta ellenállás, a frekvencia nem befolyásolja az ellenállást.

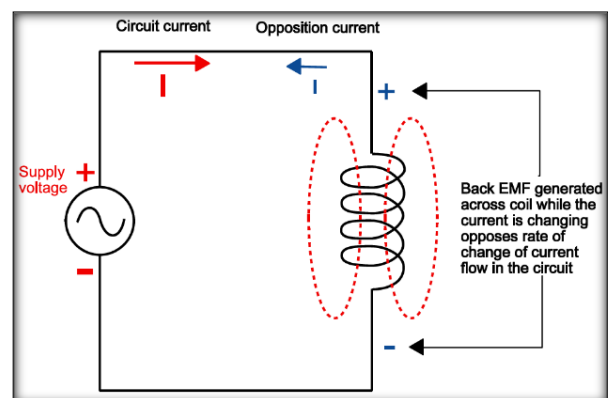
Egy 20 Ohm-os ellenállásnak 20 Ohm lesz az ellenállása egy DC rendszerben (frekvencia nulla) és 20 Ohm lesz egy AC rendszerben is. Ha a tápfeszültség szabályozott 100 V, az áram 5 A és a felvett teljesítmény 500 W, változó frekvencia ellenére is állandók maradnak.

Melegítő berendezések, például jégtelenítő fűtőbetétek, Ohmos ellenállások, és állandó teljesítményt vesznek fel egy változó frekvenciájú forrásból mindaddig, míg a feszültség állandó.

Állandó felvett teljesítmény állandó hőmennyiség előállítást fog jelenteni, és a jégtelenítő megfelelően fog működni egy változó frekvenciájú feszültségforrásról üzemeltetve. [1]

7.4.2 Induktív terhelés

Az áramjárta tekercs mágneses mezőt hoz létre maga körül. Amikor az áram változik, a mágneses mező is változik, miközben a változó mágneses mező a tekercset metszi. Ez önindukcióhoz vezet, az indukált feszültség iránya olyan, hogy akadályozza az őt létrehozó áramot, ezt mondja ki Lenz törvénye lásd 116. ábra.



116. ábra: Önindukció
Forrás: [2], 173.p.

A váltakozó áram egy folyamatosan változó áramot jelent, ez alól csak akkor van kivétel, ha az áram maximális, és az

önindukció kiegyenlíti a tápfeszültséget, 117. ábra. Ez az elektromágneses önindukciós hatás korlátozza az áram amplitúdóját és szintén korlátozza az áram effektív értékét is, egy adott tápfeszültség esetén.

Most:

$$\frac{U}{I} = X_L \text{ (ohm)}$$

ahol X_L az induktív ellenállás, *reaktancia*.

A *reaktancia* egy tökéletes vezető az AC-t akadályozó hatása. Mértékegysége az ohm.

Az áram késik a feszültséghez képest. Egy oszcilloszkóp használatával láthatjuk, hogy az áram jele nem lesz fázisban a feszültséggel, az áram a feszültség mögött lesz. A késés 90° tiszta induktív terhelés, és kevesebb, mint 90° ohmos ellenállás és induktív terhelés kombinációja esetén. [1]

A táplálási frekvencia hatása a felvett áramra

A táplálási frekvencia növelése, állandó (szabályozott) feszültség mellett, az áram amplitúdójának csökkenését fogja eredményezni. lásd 118. ábra. Ezáltal, megnövelt frekvenciával és állandó feszültséggel az áram csökken és így az induktív ellenállás megnő.

Az áram szintén késik a feszültséghez képest 90° -kal tiszta induktív terhelés esetében.

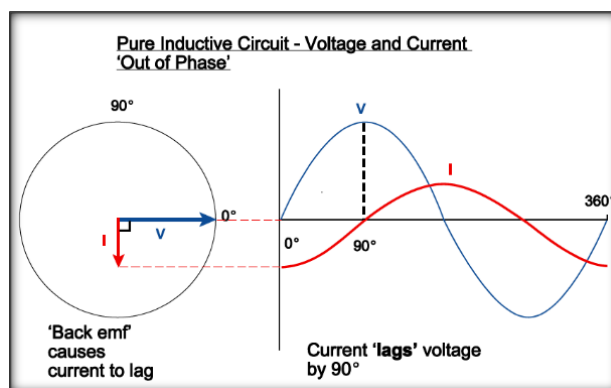
$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \text{ (ohm)}$$

ahol,

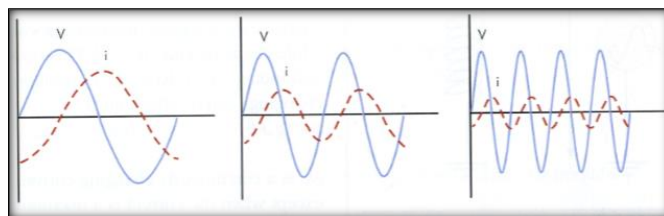
f =frekvencia Hertzben

L =induktivitás Henryben

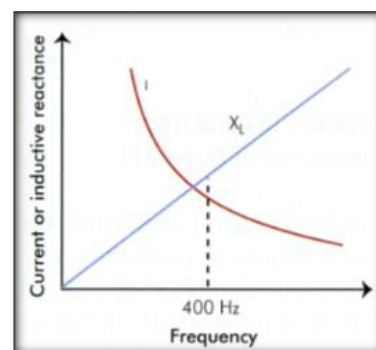
Az induktivitás a menetszámtól és a tekercs magjának anyagától függ. Egy vasmagos tekercsnek nagyobb az induktivitása, mint a levegőnek. Lásd 119. ábra.



117. ábra: Áram lemarad a feszültséghez képest
Forrás: [2], 174.p.



118. ábra: Frekvencia hatása a feszültségre és áramra induktív terhelés esetén
Forrás: [1], 7-8.p.



119. ábra: Az induktív ellenállás frekvenciafüggése
Forrás: [1], 7-9.p.

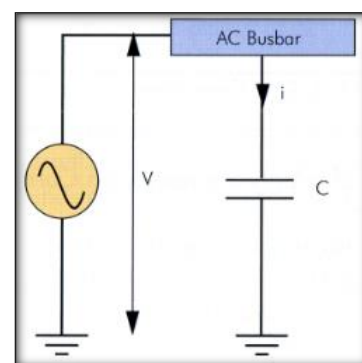
A frekvencia csökkentése csökkenti a vezető induktív ellenállását. 20 ohm induktív ellenállás 400 Hz-en 10 ohm-ra csökken 200 Hz-en. Ha a tápfeszültség állandó 100 V volt, az áram 5 A-ról 400 Hz-en megemelkedik 10 A-re 200 Hz-en.

Egy induktív ellenállás rendelkező motor tekercs esetében, ha a táplálási frekvencia lecsökken, a tekercs ellenállása is lecsökken, ez az áram emelkedését ösztönzi. A motornak valamennyi ohmos ellenállása is van, az induktancia mellett, és így a megnövekedett áramfelvétel, a motor ellenállásán keresztül a motor túlmelegedését is eredményezheti.

A repülőgépekben számos motor vesz fel áramot az ellátórendszerből, ebből adódóan, ha a táplálási frekvencia leesik, az ellátó generátorból felvett áram jelentősen megnövekedhet, és a generátor túlmelegedhet. Az induktív terheléseknek állandó tápfeszültségre, megfelelő frekvencián van szüksége helyes működéshez, emiatt a feszültséget és a frekvenciát állandó értékre szabályozzák. [1]

7.4.3 Kapacitív terhelés

A feszültség alá helyezett kondenzátor feltöltődik és lemezei között feszültségkülönbség jön létre. Áram a külső áramkörben folyik, a lemezek között nem. A kondenzátor lehetővé teszi a váltakozó áram folyását az áramkörben, amint töltődik, kisütődik, és újratöltődik ellentétes polaritással, minden ciklusban. Lásd 120. ábra.

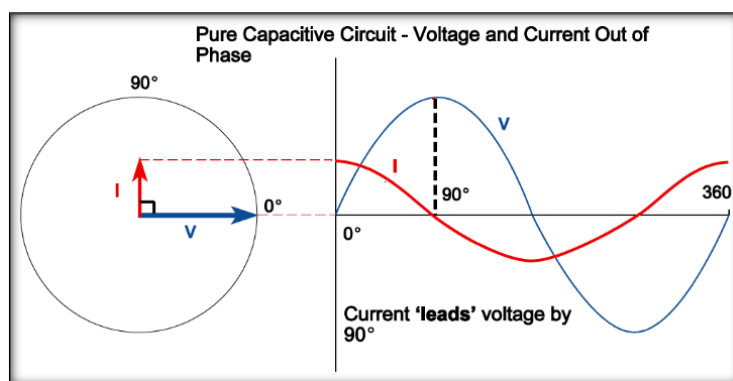


120. ábra: Kondenzátor AC áramkörben
Forrás: [1], 7-9.p.

$$\frac{U}{I} = X_C \text{ (ohm)}$$

ahol, X_C a kapacitív ellenállás, U a feszültség, és I az áramerősség.

Az áram siet a feszültséghez képest. A siettség 90° tiszta kapacitív terhelés esetén, és kevesebb, mint 90° ohmos ellenállás és kapacitív terhelés esetében, lásd 121. ábra. [1]



121. ábra: Az áram siet a feszültséghez képest
Forrás: [2], 177.p.

A táplálási frekvencia hatása a felvett áramra

A táplálási frekvencia növelésével, állandó (szabályozott) feszültség mellett, az áram amplitúdója nő. 122. ábra

Megnövekedett frekvencia, és állandó feszültség mellett az áram megnő és így a kapacitív ellenállás lecsökken.

Az áram 90°-kal sietni fog a feszültséghez képest.

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \text{ (ohm)}$$

Ahol, f a frekvencia Hertz-ben, C a kapacitás Faradban.

A növekvő frekvencia le fogja csökkenteni a kondenzátor kapacitív ellenállását. Egy 400 Hz-en 20 ohmos kapacitív reaktancia 10 ohmra fog csökkenni 800 Hz-en.

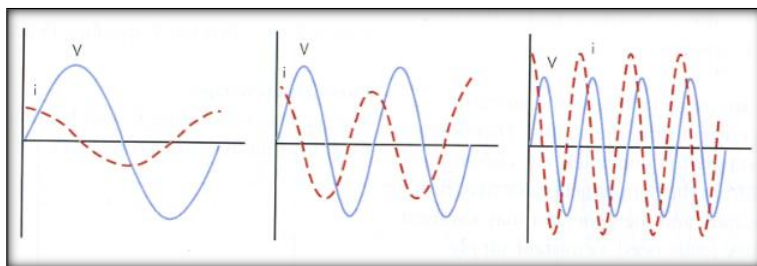
Ha a tápfeszültség állandóan 100 V, akkor az áram 5 A-ról 400 Hz-en 10 A-re fog emelkedni 800 Hz-en.

123. ábra

Egy kondenzátornak valamennyi ohmos ellenállása is van a kapacitív ellenállás mellett, és a megnövekedett áramfelvétel az ellátórendszerből, a terhelő ellenállással a kapacitív terhelés túlmelegedéséhez vezethet. Mivel kis kapacitív hatás van a repülőgépeken, a teljes ellátórendszerből felvett áram nem fog növekedni, mivel az induktív terhelések áramai csökkennek, generátor túlmelegedés elég valószínűtlen. [1]

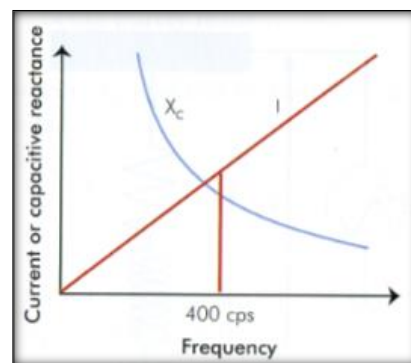
Kapacitív üzemanyagszintmérés

A kapacitív üzemanyagszint mérő rendszerek az üzemanyagtank különböző helyein található szondákat használnak az üzemanyag felszín szintjének a mérésére. A szondákat párhuzamosan kapcsolják és az elektromos jeleket úgy dolgozzák fel, hogy például a repülőgép horizonthelyzete ne (nagyon) befolyásolja a mért értéket.



122. ábra: Frekvencia hatása az áramra és a feszültségre induktív terhelés hatására

Forrás: [1], 7-10.p.



123. ábra: A kapacitív ellenállás frekvenciafüggése

Forrás: [1], 7-11.p.

A mérőműszert kalibrálhatják az üzemanyag súlyára (tömegére), ezáltal helyes értéket mutat különböző sűrűségek esetén is. A sűrűségkülönbség miatti mérési pontatlanság miatt alakulhat ki, hogy a sűrűbb üzemanyag nagyobb kapacitást biztosít, és ezáltal a mért jel is nagyobb lesz, a nagyobb pontosság elérése érdekében sűrűségkompenzátort építhetnek be.

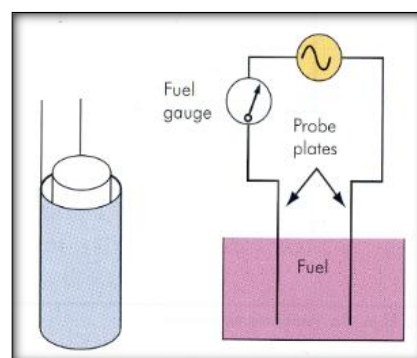
Ha a frekvencia magasabb lenne, mint a helyes érték, a csökkenő kapacitív ellenállás nagyobb áram folyását okozná, mely azt eredményezheti, hogy a műszer többet mutat.

A szonda két koncentrikus csőből áll, amelyek a kondenzátor lemezeit alkotják, ennek a kondenzátornak a kapacitása a lemezek közötti dielektrikumtól függ.

Az üzemanyag, mint dielektrikum a levegőnél nagyobb kapacitást ad, így AC táplálást kapcsolva a lemezekre, egy az üzemanyagszinttől függő AC jelet fog eredményezni.

124. ábra

Ha a tápfeszültséget és az állandó frekvenciát egyenletesen tartják, a kapacitív üzemanyag szintjelző megfelelően működik. Egy DC áramkörben a kapacitív üzemanyag szintjelző rendszert *invertter*ről látják el. Egy kapacitív szintjelző meghibásodása esetén a kijelzett érték lassan nullára csökken. [1]



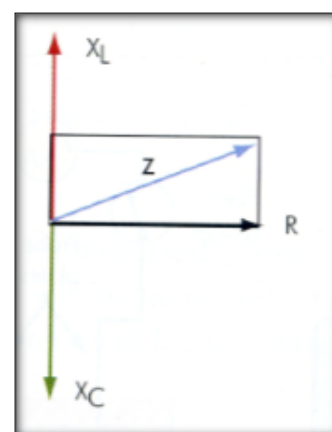
124. ábra: Kapacitív üzemanyagszint mérés

Forrás: [1], 7-11.p.

7.4.4 Ellenállás, Induktivitás és Kapacitás sorba kapcsolva

Az impedancia, Z , az R , X_L és X_C összege. Soros áramkörben, R , X_L és X_C vektorokként képzelhetők el és adhatók össze, ezt mutatja az 125. ábra. A vektorokat a következő rész mutatja be. Ha X_L meghaladja X_C -t, az induktivitás uralja a reaktanciát, így az áram késni fog a feszültséghez képest. Ha X_C haladja meg X_L -t, a kapacitás uralja a reaktanciát, így az áram sietni fog a feszültséghez képest.

126. ábra reprezentálja az ellenállást, kondenzátort és tekercset tartalmazó soros áramkört. Az áramkör impedanciájának (Z) meghatározásához először is ki kell vonni a legnagyobb X -et a legkisebből, ebben az esetben, $X_L - X_C$. Ehhez még hozzá kell adni az áramkör ellenállását



125. ábra: Az impedancia vektor ábrája

Forrás: [1], 7-12.p.

(R). Matematikailag, Z , Pitagorasz tételének felhasználásával határozható meg: lásd 127. ábra

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Ahol,

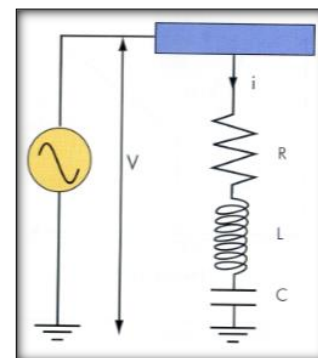
R = ohmos ellenállás

X_L = a tekercs induktivitása

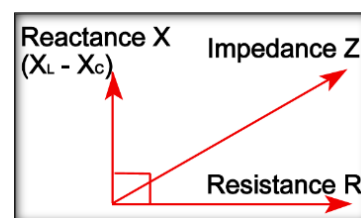
X_C = a kondenzátor kapacitása

Ha $X_L = X_C$, $Z = R$. Ez azt mutatja, hogy az áram maximális egy adott feszültség esetén, és fázisban van a feszültséggel. Az áramkör rezonánsnak nevezhető, és tisztán ohmosként fog viselkedni. A frekvencia, mely során $X_L = X_C$, a rezonancia frekvencia, f_r , és a következő egyenlettel határozható meg: [1]

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$$



126. ábra: Ellenállás, tekercs és kondenzátor soros kapcsolása
Forrás: [1], 7-12.p.



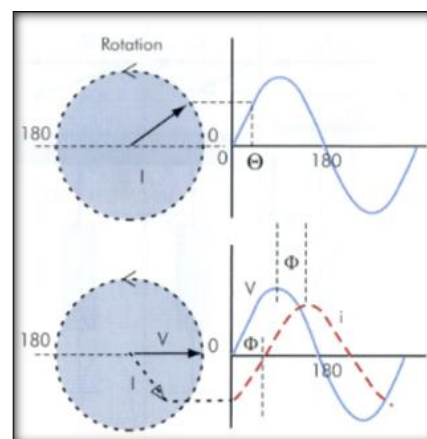
127. ábra: Impedancia meghatározása
Forrás: [2], 178.p.

7.5 AC feszültség és áram vektor reprezentációja

A szinuszhullámok forgó vektorokkal reprezentálhatók.

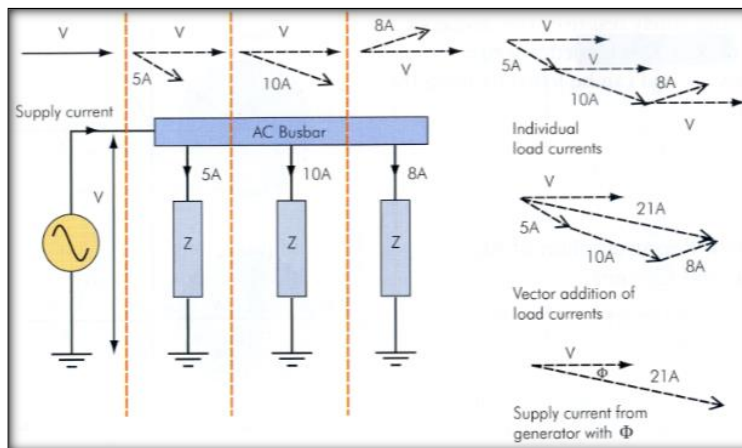
A feszültség, áramerősség és fázisszög (φ) ilyen módon való ábrázolása, az AC mennyiségek összeadásának és kivonásának hagyományos módszere. Az ábrán látható feszültség és áramerősség értékek maximális értékek, habár számszerű értékei effektív értékek lennének, a teljesítmény figyelembevétele miatt. Lásd 128. ábra.

A gyűjtősínről (párhuzamosan), és a generátorról felvett terhelő áramok összeadása egyszerű, mert az áram vektorok összege adja a teljes áramot. Generátor kimeneti feszültsége ugyanannyi az összes terhelésen (leszámítva az elosztórendszer impedanciáját) és ez a feszültségvektor biztosít alapot az áramvektorok összeadásához. A terhelő áramok vektor összeadása adja az ellátó áramot és fázisszöget. lásd 129. ábra



128. ábra: AC vektor ábrája
Forrás: [1], 7-13.p.

Mivel az egyes terhelések impedanciája határozza meg az egyes áramokat és fázisszögeket. Egy soros R, L, C áramkör impedanciáját az R-en, L-en és C-n eső feszültségek vektori összegéből lehet meghatározni, az áram vektort alapul használva, mert az áram ugyanannyi R, L és C esetében. 125. ábra [1]



129. ábra: A vektorok összeadása
Forrás: [1], 7-14.p.

7.5.1 Összefoglalás

Önindukció, az tulajdonsága egy áramkörnek, vagy komponensnek, amely egy indukált feszültséget eredményez, amikor a rajta áthaladó áram változik. Az önindukció mértékegysége a Henry (H) és a jele az L. Az induktív és kapacitív ellenállások számításának módjai:

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L \quad [1]$$

Amikor egy áramkörben a kapacitív és induktív ellenállások egyformák, azt mondjuk, hogy az áramkör rezonáns. Amennyiben egy kondenzátort és egy tekercset sorba kapcsolunk egymással, a rezonanciafrekvencián az áram maximális lesz. Ha azonban, a kondenzátor és a tekercs párhuzamosan vannak kapcsolva, a rezonanciafrekvencián folyó áram minimális lesz. [2]

Rezonancia frekvencia ha $X_L = X_C$.

Rezonanciafrekvencia meghatározása:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad [1]$$

7.6 Teljesítmény a váltakozó áramú rendszerben

7.6.1 Látszólagos teljesítmény

A látszólagos teljesítmény, feszültség szorozva látszólagos áramerősséggel, melynek mértékegysége a volt-ampér (VA).

Egy 200 V-os forrás 100 A-t vezet, a látszólagos teljesítmény:

$$200 \text{ V} \cdot 100 \text{ A} = 20000 \text{ VA} = 20 \text{ kVA}$$

A terhelés vagy terhelések 20kVA látszólagos teljesítményt fogyasztottak. [1]

7.6.2 Valós teljesítmény

A valós teljesítmény, a látszólagos teljesítmény szorozva a teljesítmény tényezővel, mértékegysége a W vagy kW.

A valós teljesítmény biztosítja a hőt, elektromos motorok mechanikai teljesítményét, és avionikai rendszerek kimenő teljesítményét, például. A valós teljesítményt nevezik effektív teljesítménynek is. [1]

7.6.3 Teljesítmény tényező

A teljesítmény tényező az áram és a feszültség hullámformái között lévő szögtől függ és egyenlő a fázisszög koszinuszával. 130. ábra

$$\text{Teljesítmény tényező} = \cos \varphi$$

Ha a pillanatnyi áram fázisban volt a pillanatnyi tápfeszültséggel, a teljes látszólagos teljesítmény valós teljesítményként használható.

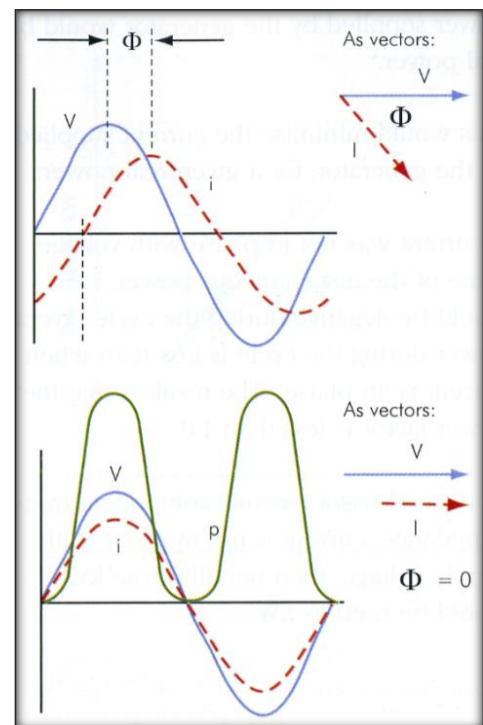
A teljesítmény tényező 1,0, mert $\cos 0^\circ$ az 1,0. Ez ohmos ellenállás esetében történik. Ezt úgy lehetne megmagyarázni, hogy a pillanatnyi teljesítmény, amely $i \times u$, a ciklus során mindig pozitív, így az ohmos ellenállás által felvett látszólagos teljesítmény egyenlő a valós teljesítménnyel. Hasonlóképpen, ha a gyűjtőszint terhelő számos terhelés által felvett teljes áram fázisban van a tápfeszültséggel, a generátor által termelt teljes látszólagos teljesítmény valós teljesítmény lesz. Ez minimalizálná a generátor által termelt áramot, egy adott valós teljesítményhez.

A $\cos \varphi$ értékét igyekeznek 1-0,8 között tartani, szükség esetén kondenzátorokat alkalmaznak.

Ha az áram nem volt fázisban a feszültséggel, a pillanatnyi teljesítmény egy része negatív a ciklus során. Az átlagteljesítmény a ciklus során kisebb, mint amikor az áram fázisban volt. Az eredmény, hogy a teljesítménytényező kevesebb, mint 1,0.

Ha a terhelésnek van egy reaktív komponense az impedanciában, az áram nem lesz fázisban a tápfeszültséggel, így a nem a teljes látszólagos teljesítmény lesz valós teljesítmény.

$$\text{Teljesítmény tényező} = \frac{\text{Valós teljesítmény (kW)}}{\text{Látszólagos teljesítmény (kVA)}} [1]$$



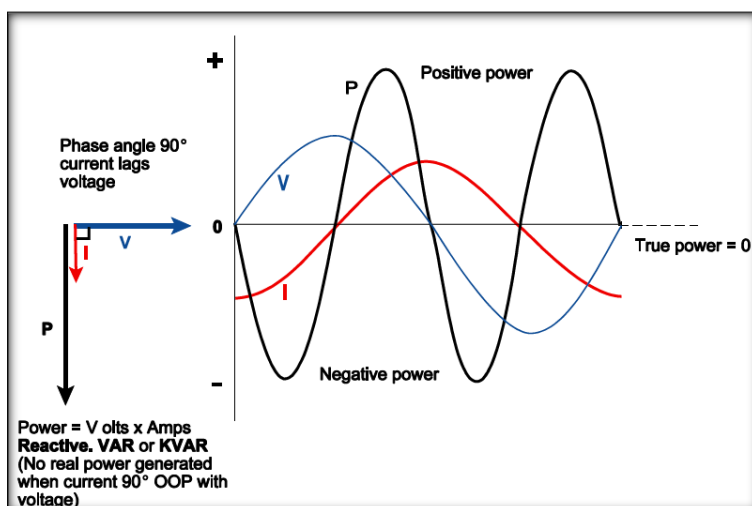
130. ábra: Teljesítmény tényező és fázisszög
Forrás: [1], 7-15.p.

A 131. ábra egy tisztán induktív áramkört mutat, ahol az áram 90° -al késik a feszültséghez képest. Látható, hogy ha összekötjük a pillanatnyi áram szorozva feszültség értékeket, a pillanatnyi teljesítmény görbáját kapjuk. [2]

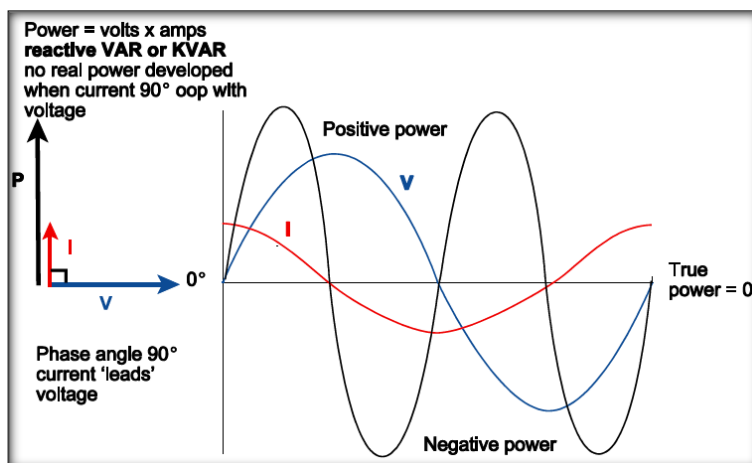
132. ábrán egy tisztán kapacitív áramkört jellemző értékeket láthatjuk, mely hasonlít az előző esetre, azzal a különbséggel, hogy ebben az esetben az áram siet a feszültséghez képest. A pozitív teljesítmény egyenlő a negatív teljesítménnyel, ezáltal nincs elemészett valós teljesítmény. [2]

Általában a generátor teljes terhelésének késő teljesítmény tényezője van, mert több induktív terhelés (indukciós motorok, és transzformátorok) van, mint kapacitív.

Egy terhelés generátor irányába mutatott teljesítmény tényezőjét a terhelés impedanciájának ohmos és reaktív komponensei határozzák meg. A terhelés ellenállását és reaktanciáját a feladata határozza meg, egy fűtő elemnek ohmos, míg egy motornak ohmos és induktív. A látszólagos teljesítmény a effektív áram szorozva az effektív szabályozott feszültséggel, így a látszólagos teljesítmény a terhelés impedanciájától függ. [1]



131. ábra: Tisztán induktív áramkör teljesítménye
Forrás: [2], 182.p.



132. ábra: Tisztán kapacitív áramkör teljesítménye
Forrás: [2], 182.p.

7.6.4 A váltóáramú teljesítmény diagrammja

Ez az ábra a feszültség, és áram vektori reprezentációján alapszik, a feszültségvektor függőleges, 133. ábra.

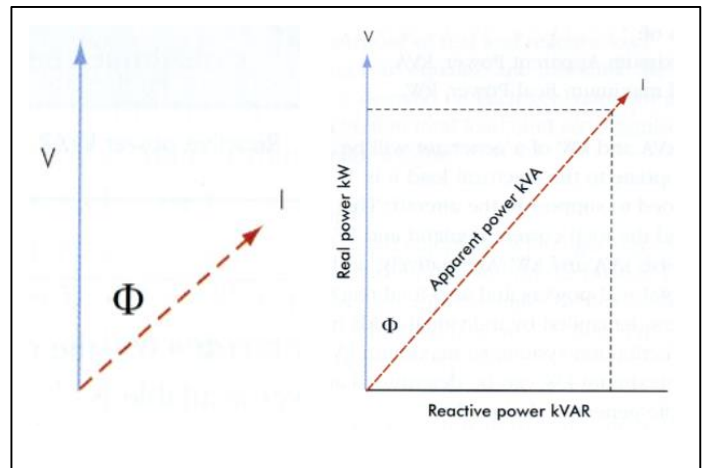
Valós teljesítmény = látszólagos teljesítmény $\cdot \cos \varphi$

Meddő teljesítmény = látszólagos teljesítmény $\cdot \sin \varphi$

Az AC áramkör teljesítménye megadható:

- Látszólagos teljesítménnyel és Teljesítmény tényezővel
- Látszólagos teljesítménnyel és Valós teljesítménnyel
- Valós teljesítménnyel és Meddő teljesítménnyel

A valós teljesítményt effektív-, igazi-, wattosteljesítménynek is nevezhetjük. A meddő teljesítményt üresjáratú vagy reaktív teljesítménynek is. [1]



133. ábra: Feszültség és áram vektorok [1], 7-17.p.

7.6.5 AC generátorok értékelése

A generátorokat elektromosan korlátozzák a maximális áramra, melyet le tudnak adni túlmelegedés nélkül. A DC generátorok teljesítmény szerinti osztályozása, lehet (maximális) amper, vagy kW (maximális amper x szabályozott feszültség/1000). Az AC generátorok esetében, látszólagos teljesítmény, kVA, (maximális áram x szabályozott feszültség/1000). Ez azért hasznos, mert bemutatja a generátor által felvehető maximális áramot. Az AC generátorok teljesebb jellemzője a maximális látszólagos teljesítmény (kVA) és a maximális valós teljesítmény (kW).

A generátor látszólagos és valós teljesítménye az ellátni kívánt terhelésnek megfelelő lesz. A látszólagos és meddő teljesítmények meghatározásához ismerni kell az áramszükségletet és a teljesítmény tényezőt. Alternatívaként, össze kell adni az elosztó rendszerből az egyes terheléseknek szükséges teljes valós teljesítményt és a teljes meddő teljesítményt, így a maximális látszólagos és maximális valós teljesítmény meghatározható és a megfelelő generátor tervezhető meg.

A látszólagos teljesítményszükséglet határozza meg a maximális áramot. Ez a maximális áram határozza meg a generátor vezetőinek szükséges keresztmetszetét, így elhanyagolható az ellenállásuk, és meghatározható a 'rész súly'.

A valós teljesítményszükséglet határozza meg a generátor bemenő mechanikai teljesítményét (nyomaték $\cdot$ szögsebesség). Így a maximális valós teljesítményszükséglet határozza meg a maximális nyomatékot (egy adott generátor fordulatszámra) és ennél fogva a generátor szükséges mechanikai szilárdságát. A generátor szükséges szilárdságából meghatározható a generátor szerkezeti súlya.

A generátorokat a legkönnyebbre tervezik, emiatt a tervezett látszólagos teljesítményt meghaladva, túl nagy áramszükséglet által, a generátor túlmelegedhet, míg a tervezett valós teljesítmény átlépése esetén a generátor nyomatéki túlterhelésre kerül.

Például, egy 40kVA és 32 kW-os generátor esetében egyik értéket sem szabad átlépni. Ha a teljesítménytényező 1,0 ($\Phi = 0^\circ$), a maximális rendelkezésre álló látszólagos teljesítmény 32kVA. Ha a teljesítménytényező 0,8 lenne ($\Phi = 36,9^\circ$), a maximális rendelkezésre álló valós teljesítmény $40\text{kVA} \cdot 0,8 = 32\text{kW}$ lenne. Ha a teljesítménytényező 0,6 lenne ($\Phi = 53,1^\circ$), a maximális rendelkezésre álló valós teljesítmény $40\text{kVA} \cdot 0,6 = 24\text{kW}$ lenne.

A generátor értékét úgy is meg lehet adni, hogy 40kVA 0,8-as teljesítmény tényezővel, amely látszólagos teljesítmény és teljesítménytényező.

Az AC generátorok látszólagos teljesítménye megadásra kerül a reaktív, üresjáratú terhelések miatt, ezt figyelembe kell venni, amikor a hasznos kimenő teljesítmény ismeretére van szükség. Mivel, az áramkör ezen részét befolyásolja teljesítmény tényező, nem lehetséges egy AC generátort a hasznos kimenő teljesítmény vonatkozásában értékelni. [1]

7.7 AC generátor műszerek

AC generátor feszültsége, frekvenciája és kimenő teljesítménye, amelyeket a terhelések határoznak meg, kijelzésre kerülnek. [1]

7.7.1 Kimenő teljesítmény

Nem párhuzamos generátorok esetében

Ha a generátor nem fut párhuzamosan más generátorokkal, önmagának kell az összes terhelést ellátnia. Egy megfelelő kimenő teljesítmény mérési lehetőség, a generátor kimenő áramának és látszólagos teljesítményének mérése. Ha túlterhelés következik be, terhelés csökkentésre van szükség. [1]

Párhuzamos generátorok esetében

Ha a generátorok párhuzamosan futnak, a teljes terhelésnek egyformán kell elosztva lenni a generátorok között. Ezt írja le a Valós és meddő teljesítmény megosztás bevezetése, illetve

minden egyes generátornak van egy kimenő valós és meddő teljesítmény mérő műszere. Ez lehetővé teszi a teljes terhelés és a terhelés megosztás monitorozását. [1]

7.8 Valós és meddő teljesítmény megosztás

A valós és meddő teljesítmény megosztás oka, az adott rendszer terhelés esetén, az egyes generátorok áramigényének minimalizálása és elosztása az egyes generátorok között, így csökkentve a generátorok súlyát.

Például képzeljünk el egy 4 generátorral felszerelt járművet. Ha a gyűjtősín teljes áramigénye 500 A, a fázisszög 36,9 fok, az egyes generátorok áramigénye $500/4=125$ A, mindegyik ugyanazzal, a 36,9 fokos fázisszöggel. Ha a fázisszög nem lenne ugyanaz, a generátor áramai egyformák lehetnének, de nagyobbak lennének 125 A-nél. Lásd 134. ábra. Nem egyforma nagyságú és fázisú áramok kombinációja

esetében, egy vagy több generátor árama nagyobb lesz, mint 125 A. A legkisebb áram igény akkor alakul ki, ha a generátor áramok egyformák és fázisban vannak, amely a teljes terhelés fázisa. Tegyük fel, hogy a generátor és a gyűjtősín feszültsége 200 V.

Teljes látszólagos teljesítmény = $200 \text{ V} \cdot 500 \text{ A} = 100 \text{ kVA}$

Teljes valós teljesítmény = $100 \text{ kVA} \cdot \cos 36,9^\circ = 100 \text{ kVA} \cdot 0,8 = 80 \text{ kW}$

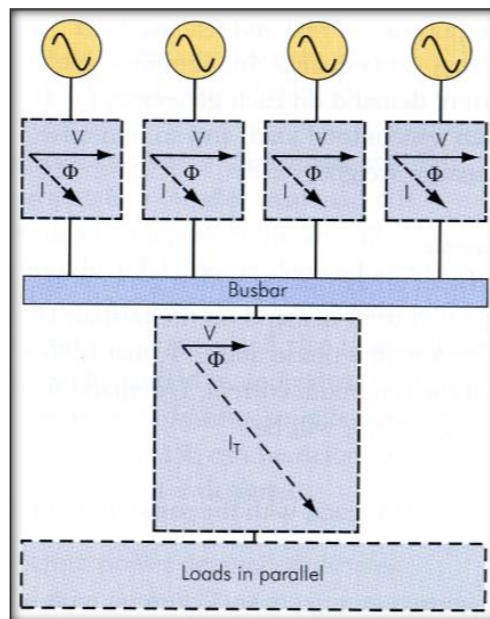
Teljes meddő teljesítmény = $100 \text{ kVA} \cdot \sin 36,9^\circ = 100 \text{ kVA} \cdot 0,6 = 60 \text{ kVAR}$

A teljes valós és meddő teljesítmény 4 generátor közötti egyenletes elosztása érdekében, minden egyes generátor szolgáltat:

- valós teljesítményt, ami $80 \text{ kW} / 4 = 20 \text{ kW}$ és
- meddő teljesítményt, ami $60 \text{ kVAR} / 4 = 15 \text{ kVAR}$

Így minden egyes generátor 25 kVA-t szolgáltat 36,9°-os fázisszöggel, amely azt jelenti, hogy minden egyes generátor leadott árama $25 \text{ kVA} / 200 \text{ V} = 125 \text{ A}$.

A valós és meddő teljesítmény párhuzamos generátorok közötti megosztásával a generátorok árama minimalizálható. [1]



134. ábra: Négy közös busra kapcsolt generátor
Forrás: [1], 7-20.p.

7.9 Generátor frekvencia

A generátor frekvencia függ a forgórész forgási sebességétől és a forgórész póluspárjainak számától. Az állórész tekercs elrendezése a forgórésznek megfelelő, így egy 2 pólusú forgórésznek, 2 pólusú állórésze lesz és egy 4 pólusú forgórésznek, 4 pólusú állórésze.

Egy 2 pólusú gép esetében egy forgórész fordulat egy feszültség ciklust eredményez, míg egy 4 pólusú gép esetében ugyanez két feszültség ciklust.

A generátor frekvenciájának mértékegysége a hertz (Hz) (vagy ciklus per másodperc), kiszámítási módja:

$$f = \frac{\text{Forgórész fordulatszáma}}{60} \cdot \frac{\text{Póluspárok száma}}{2}$$

Az állandó frekvenciájú AC ellátó rendszer repülőgépeken általában 400 Hz-en fut, például:

- Egy 6 pólusú gép 8000-es fordulatszámon hajtva
- Egy 8 pólusú gép 6000-es fordulatszámon hajtva

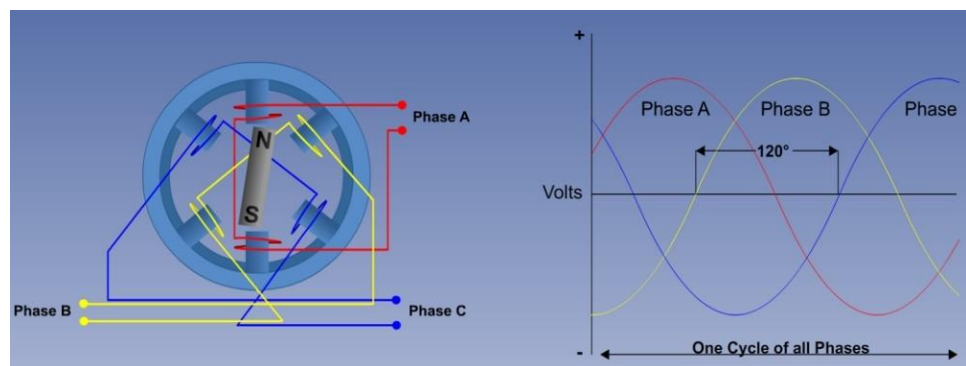
A 2 pólusú gépeknek szükséges fordulatszáma magas: 24000 fordulat/perc, ezért ritkábban alkalmazzák, bár az A330, MD11 és B777 típusú repülőgépeken alkalmaznak 24000 fordulat/perccel (RPM) forgó generátorokat.

Az egyfázisú generátoroknak egy kimeneti állórész tekercsük van két érintkezővel. Az egy tekercs az állórészben megfelelően van elrendezve egy 2 pólusú vagy 4 pólusú forgórész számára.

Egy háromfázisú generátor kimeneti frekvenciája az egyfázisú generátorénak megfelelően számítható. A számítási módszer ugyanaz lenne minden sokfázisú generátor esetében. [1]

7.10 Háromfázisú generátor

A háromfázisú generátoroknak három kimeneti tekercsük van az állórészben, amelyek elektromosan el vannak különítve az állórészben.



135. ábra: Háromfázisú generátor elve
Forrás: [5]

Csak egy forgórész található az állórészen belül. A három fázis tekercsei az állórész körül úgy vannak elhelyezve, hogy a feszültségeik fázisa 120° -ban eltérnek. Ez olyan, mint ha három egyfázisú generátor egy közös tengelyen lenne meghajtva, amelyeknek közös szöghelyzetük van, lásd 135. ábra. Az állórészek szöghelyzetének 120° -ban kellene eltérni egymástól egy 2 fázisú generátor esetében.

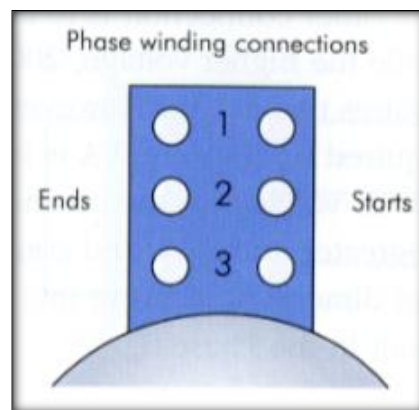
A háromfázisú generátorok előnyei:

- Egy háromfázisú gép teljes állórésze használatban van. Egy egyfázisú alternátor csak kétharmadát használja az állórész helyeinek.
- Egy háromfázisú alternátornak jobb elosztási tényezője van.
- Egy háromfázisú, négyvezetékes rendszer, ugyanazon mennyiségű teljesítmény elosztását tekintve megtakarítást jelent a vezetékezési költségekben.
- Egy háromfázisú négyvezetékes rendszer alternatív feszültségeket biztosít.
- Egy adott gép méretet tekintve, a kimenő teljesítmény egy háromfázisú gép esetében nagyobb, mint egy egyfázisú gép esetében.

A három fázist különböző képen jelölhetjük:

- 1,2,3
- Piros, Sárga, Kék
- A, B, C
- R, S, T

A fázis tekercseknek három önálló pár kapcsolata lesz az állórészen kívül, három 'start' és három 'end'. A fázistekercseknek normál esetben ugyanakkora a menetszámuk. 136. ábra

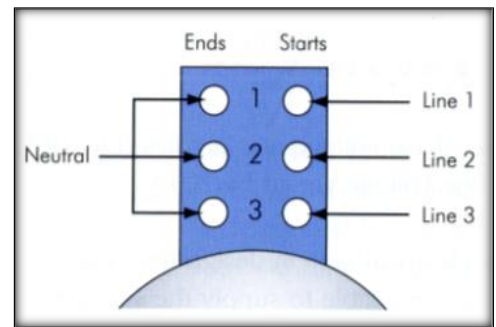


136. ábra: A fázis tekercsek kapcsolatai
Forrás: [1], 7-23.p.

A feszültségek ugyanolyan frekvenciájúak, amplitúdójúak, és ugyanolyan effektív értékűek, de egymás után 120° -al fáziseltolásban vannak, az állórész tekercseinek helyzete miatt. Minden egyes fázist függetlenül is lehet használni egyfázisú fogyasztókat. A gyűjtősínhez vezető vezetékek számának és súlyának csökkentése miatt a hat különálló kapcsolatot összekapcsolták a generátornál. Két módszer van, amellyel kapcsolatot lehet létesíteni egy háromfázisú rendszerrel, a csillag és delta kapcsolás.

7.10.1 Csillag kapcsolás

A három 'end' pontot összekapcsolták egy közös nulla pontba, így négy vezető lett a gyűjtősínre kapcsolva. Egy fém sárkányszerkezetű repülőgép esetében a nulla le van földelve a sárkányszerkezethez, a generátor házán keresztül a repülőgép válik a nulla ponttá, súlymegtakarítás miatt. A generátornak így már csak három kimeneti érintkezője van, Line 1, Line 2, Line 3, lásd 137. ábra.

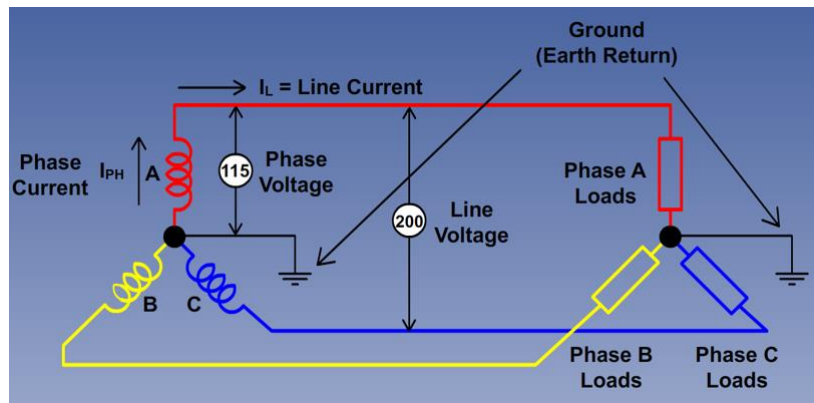


137. ábra: Csillag kapcsolás
Forrás: [1], 7-23.p.

Egy csillag kapcsolású háromfázisú generátort ábrázol az 138. ábra.

A csillag kapcsolást Y kapcsolásnak, vagy fordított Y-nak is nevezik.

A terhelés bármely Line és nulla között bekapcsolható, és rajta fázis feszültség adódik (U_P). Bármely két Line közé kapcsolt terhelésen Line feszültség adódik, U_L .



138. ábra: Csillag kapcsolás, és feszültségek
Forrás: [5]

$$U_L = U_P \cdot \sqrt{3} = U_P \cdot 1,73$$

Ha a fázisfeszültség szabályozott 115 V, a vonali feszültség 200 V. Ez az elektromos rendszer felépítés két feszültséget tesz elérhetővé a fogyasztók számára. Az alacsonyabb feszültség 115 V, csak egy vezeték szükséges egy egyfázisú fogyasztó ellátásához, mert a másik pólus a repülőgép sárkányszerkezete, míg a magasabb feszültség 200 V, ehhez két vezetékre van szükség. Az áramszükséglet egy adott látszólagos teljesítményhez magasabb, mint az alacsonyabb feszültség esetében, így a vezetőknek vastagabbnak kell lenniük és elégséges keresztmetszetűnek. Az áram a vonalban (I_L), egyenlő a fázisban lévő árammal (I_P).

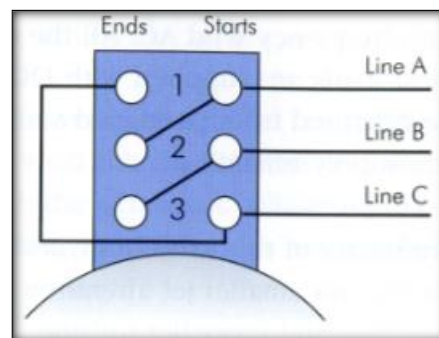
Földzárlat csillag kapcsolásnál

Ha a csillag kapcsolású rendszer egyik fázisa földelésre kerül, csak az a fázis érintett és annak a feszültsége fog közel nullára csökkenni. Elméletben, a másik két fázis tovább működik. A gyakorlatban az elektromos rendszer védelmi áramkörei lekapcsolják a generátort, ha a hiba a

tápforrás és a gyűjtősín között van, míg a megszakító oldani fog, ha a hiba a terhelésben, vagy a terhelés tápvezetékében van.

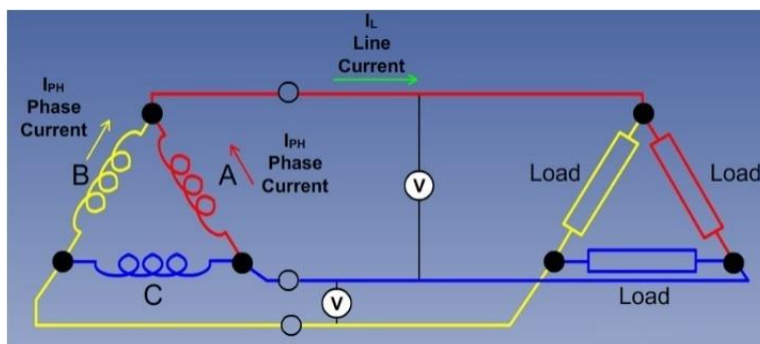
7.10.2 Delta kapcsolás

A 'start' és 'end' pontok kerülnek egymás után összekapcsolásra, lásd 139. ábra. A generátornak három kimeneti érintkezője van, egy darab, minden egyes 'start' és 'end' csomópontból. A csomópontot a 'start' fázis után is elnevezhetik, például A vagy B vagy C.



139. ábra: Delta kapcsolás
Forrás: [1], 7-25.p.

Lehetséges kizárólag két kimenő érintkező, ha a harmadik a repülőgép sárkányszerkezetéhez van testelve. A sárkányszerkezet válik vonali vezetővé súlymegtakarítási célból. A delta kapcsolású generátor három fázis tekercsét mutatja a diagramm a 140. ábrán. A delta kapcsolatot hálós kapcsolatnak is nevezik.



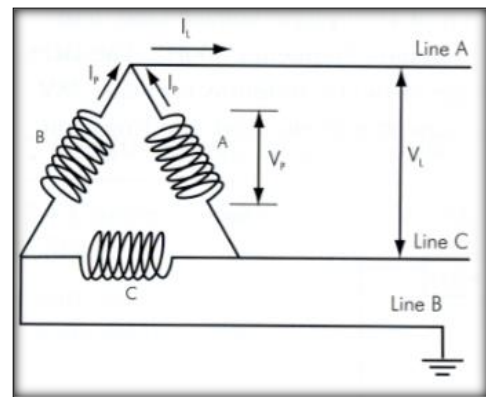
140. ábra: Delta kapcsolás, és feszültségek
Forrás: [5]

Bármelyik két vonal közé kapcsolt terhelésen fázis

feszültség lesz, U_P , tehát $U_L = U_P$. Csak egy tápfeszültség elérhető, amely 115 V, ha ez a fázis feszültség. A vonali áram, I_L , két fázis áram által biztosított. $I_L = I_P \cdot \sqrt{3} \approx I_P \cdot 1,73$. (ha a generátor három fázisú kiegyensúlyozott terhelést biztosít). A generátor fázisáramát egy maximális értékre korlátozzák, így a maximális vonali áramot egy, a generátor fázis áramánál 73%-al nagyobb egyfázisú terheléssel lehet elérni. Egy háromfázisú delta kapcsolású generátor maximális látszólagos teljesítménye nem emelkedik meg, egy csillagkapcsolásúhoz képest, mert a megnövekedett maximális vonali áram a delta kapcsolás esetében ellensúlyozva van a csillag kapcsolásban elérhető megnövekedett vonali feszültséggel.

Földzárlat delta kapcsolásnál

Az 141. ábra estében, ha az A vonal vagy a C vonal rövidre záródik a sárkányszerkezeten keresztül, mind a három fázis érintett lesz, és a rendelkezésre álló teljesítmény közel nullára fog csökkenni. A gyakorlatban, a védelmi berendezések lekapcsolják a generátort, ha a hiba a generátorban, vagy a gyűjtősín ellátó rendszerében van és a megszakítók fognak lekapcsolni, ha a hiba a fogyasztóban van.



141. ábra: Delta kapcsolás (1)
Forrás: [1], 7-25.p.

7.11 Változó frekvenciájú generátor

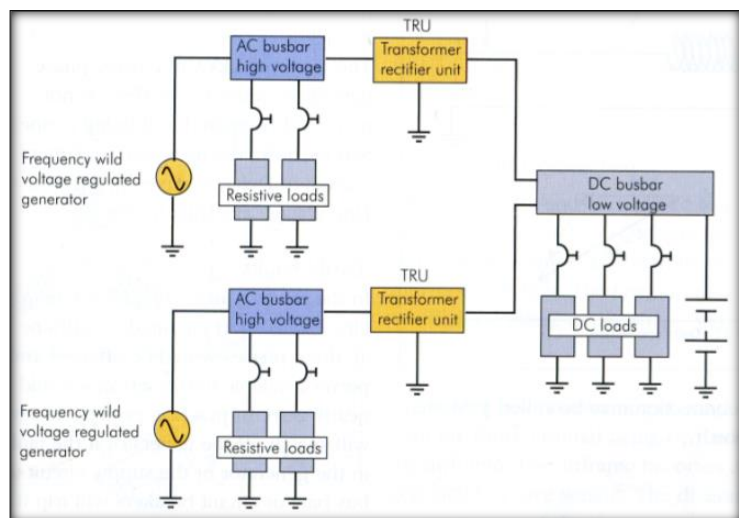
Ha az AC generátort közvetlenül a hajtóműről hajtjuk, a kimeneti frekvenciát nem lehet állandó értéken tartani, csak állandó motorfordulatszám esetében.

Egy változó frekvenciájú feszültségforrás nem megfelelő olyan fogyasztók ellátásához, amelyeknek reaktancia van az impedanciájukban, mert a reaktancia a felvett áramot érzékennyé teszi a frekvenciára, továbbá a változó frekvenciájú generátorok nem futhatnak párhuzamosan. Az ellátás megbízhatósága, amelyet a generátorok párhuzamos üzeme biztosít, nem lehetséges.

Melegedő terhelések ohmos ellenállások, melyeknek nem változik az ellenállása az alacsony frekvenciák esetében, így például jegesedés gátló rendszerek táplálhatók változó frekvenciájú generátorról. Minden más elektromos terhelés ellátható egyenáramról, amelyet párhuzamosított forrásból is lehet biztosítani a megbízhatóság növelése végett.

Az ilyen 'hibrid' rendszerek egyszerűsége kisebb gázturbinás repülőgépek esetében előnyös, mint például Hawker 800 és turboprop repülőgépek. Lásd 142. ábra.

Egy AC elektromos rendszerben egy tipikus generátor háromfázisú 115 V kimeneti fázis feszültséggel (és 200 V vonali feszültséggel). Frekvencia 400 Hz. A DC rendszerek feszültsége normál esetben 28 V. A



142. ábra: Változó frekvenciájú generátort tartalmazó elektromos rendszer

Forrás: [1], 7-26.p.

generátor csúszógyűrűkkel, és kefékkel kapcsolódik a DC áramforráshoz, a gerjesztő áramkör ellátására, és léghűtéses.

Megjegyzés: A TRU (Transzformátor Egyenirányító Egység) feszültségeket össze kell párosítani a DC terhelés megosztáshoz. Ezt a generátorok feszültség szabályzói végzik. A TRU-k párhuzamosítása nem jelenti az AC generátorok párhuzamosítását.

Egy alternatív megközelítés a TRU-k párhuzamosításához, az olyan áramkör kialakítás, mely lehetővé teszi néhány nem létfontosságú terhelés lekapcsolását, ha egy generátor meghibásodik, és a megmaradó fogyasztókat az ép generátorra kapcsolják.

7.12 Állandó frekvenciájú feszültség előállítás

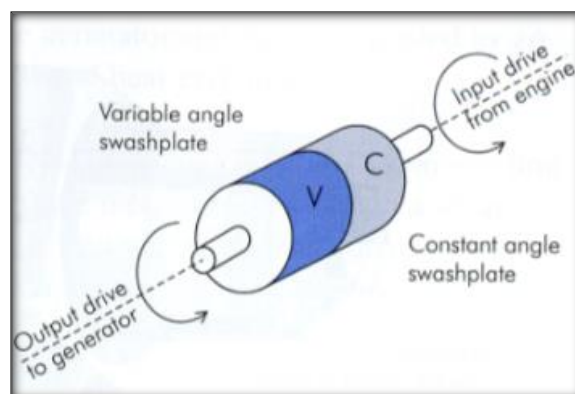
7.12.1 Állandó sebességű meghajtó egység (CSD vagy CSDU)

Állandó kimeneti generátor frekvencia érhető el CSD beépítésével a generátor és a hajtómű közé. Ez az egység egy hidromechanikus berendezés, mely végtelenül változatható áttételi arányt biztosít a hajtómű és a generátor között, hogy egy adott meghajtási sebessége legyen a generátornak, a hajtómű alapgáz és maximális fordulatszám közti teljes tartományban.

A CSD-nek egy axiális differenciálműve van, amely egy állandó szögű ferdetárcsából álló hidraulikus berendezésből (C) és változtatható szögű ferdetárcsából álló hidraulikus eszközből (V) épül fel. Lásd 143. ábra. A kimeneti fordulatszámot egy röpsúlyos szabályzó detektálja, ez állítja be

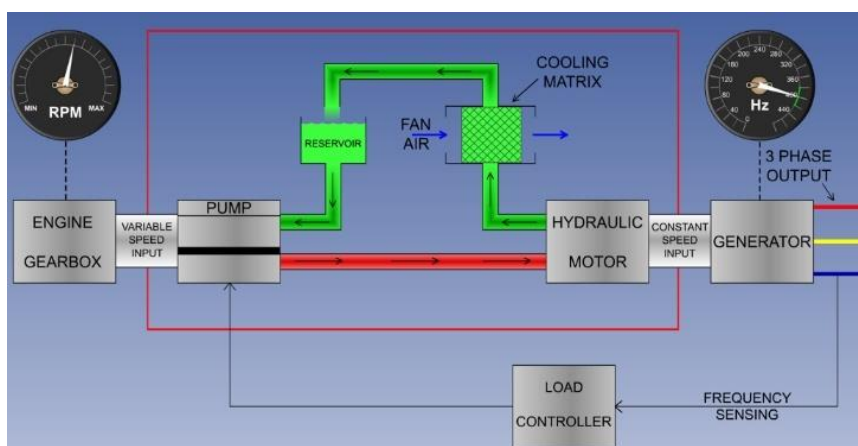
a változtatható tárcsa szögét, hogy a kimeneti meghajtás fordulatszáma állandó legyen (tipikusan 8000 RPM egy 6 pólusú generátor esetében).

144. ábra mutatja a CSD elvi felépítését. Amennyiben V relatíve nem mozog C-hez képest,



143. ábra: Állandó sebességű meghajtó egység

Forrás: [1], 7-27.p.



144. ábra: CSD elvi felépítése

Forrás: [5]

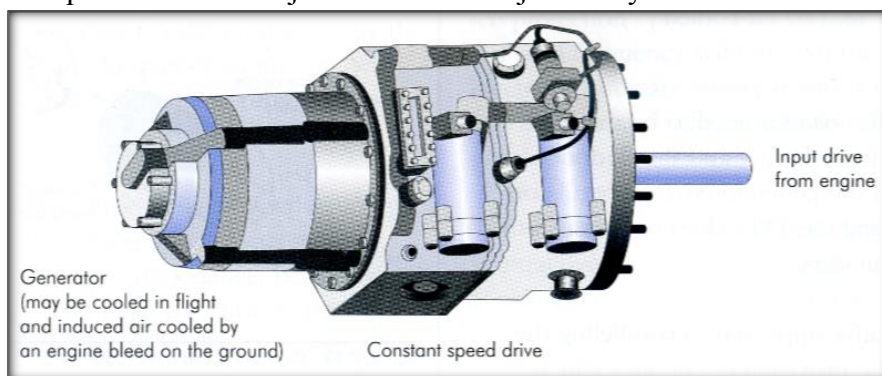
kimeneti fordulatszám egyenlő a bemeneti fordulatszámmal. Ha V relatíve mozog C-hez képest a bemenet irányába, a kimeneti fordulatszám nagyobb, mint a bemeneti. Ha V relatíve mozog a C-hez képest a bemenet irányával ellentétesen, a kimeneti fordulatszám lassabb, mint a bemeneti.

Amikor a hajtómű utazó fordulatszámon jár, a hajtómű meghajtásházából jövő kihajtás fordulatszáma olyan, hogy 8000 RPM legyen az axiális differenciálmű bemenetének fordulatszáma. Ebben az esetben V nem forog C-hez képest, a 8000 fordulat/perc kimeneti fordulatszám létrehozásához, ez minimalizálja a CSD energiavesztését és az olaj hőmérséklet emelkedését a működés nagy része alatt, mivel lesz egy kicsi olajfolyás C és V között, amikor V nem forog C-hez képest. Amikor a hajtómű felszálló teljesítményen üzemel az axiális differenciálmű

lelassítja a kimenetet.

Amikor a hajtómű alapszálló üzemel, az axiális differenciálmű felgyorsítja a kimenetet, lásd 145.

ábra.



145. ábra: Generátor és CSD
Forrás: [1], 7-28.p.

7.12.2 Meghajtás szétkapcsolás és biztonsági tengelykapcsoló

Lásd 146. ábra

Meghajtás szétkapcsolás

A meghajtás

szétkapcsoló

mechanizmus

lehetővé teszi a

személyzet

számára, hogy

lekapcsolja a

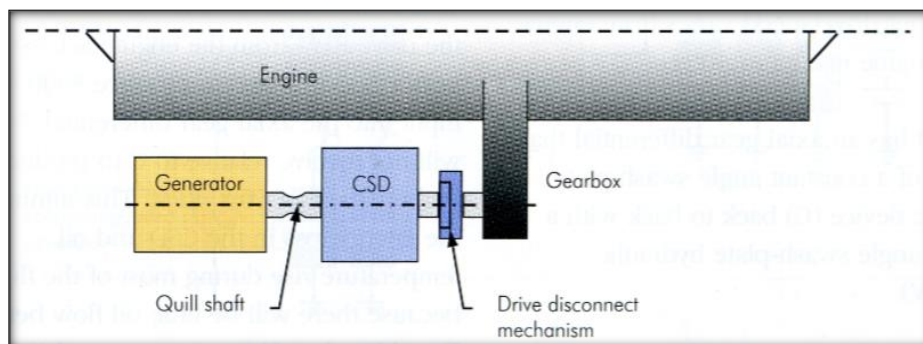
CSD-t a

meghajtásról.

A CSD-nek

saját elkülönített

olaj ellátása van és olaj hőmérséklet és nyomásmérők kerültek elhelyezésre a vezetőfülke



146. ábra: Meghajtás szétkapcsolás és biztonsági tengelykapcsoló
Forrás: [1], 7-28.p.

elektromos paneljén. Amennyiben magas olaj hőmérséklet vagy alacsony olajnyomás lép fel, a Meghajtás Szétkapcsolás kapcsoló segítségével elektromosan mozgatható a szétkapcsoló mechanizmus.

Jegyezzük meg, hogy amennyiben egyszer szétkapcsolásra került a meghajtás, a visszaállításra csak a földön van lehetőség.

Törőtengely

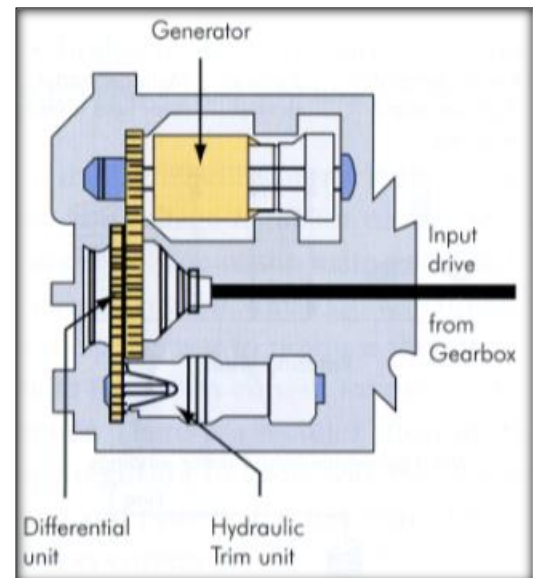
Ez a tengely elnyíródik, ha a generátor nyomaték terhelése a CSD-től túl nagy lesz, és így védi meg a CSD-t a mechanikai károsodástól. Ilyen akkor fordulhat elő, ha például a generátor forgórésze megszorul az állórészben csapágymeghibásodás miatt. Lásd 146. ábra Quill shaft.

7.12.3 Integrált meghajtású generátor (IDG)

Az IDG gyakorlatilag egy, egy házba szerelt CSD és egy generátor.

A hidraulikus trimm egység működteti a differenciálművet, hogy növekedjen, vagy csökkenjen a meghajtás bemenő fordulatszáma, az állandó generátor sebesség fenntartásához szükséges mértékben. 147. ábra.

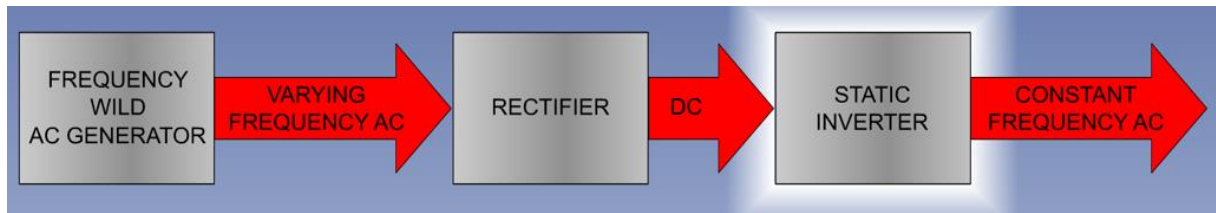
Ez az elrendezés jelentős súlymegtakarítást tesz lehetővé. Az egységben található olaj hűti a generátort és az olaj hűtéséről egy külső hőcserélő gondoskodik. Az egység tartalmaz egy meghajtás szétkapcsoló egységet is, és a bemenő tengely egy törőtengelyt, mely elnyíródik, ha a meghajtási nyomaték túl nagy lenne az egységben. Az állandó sebességű meghajtás biztosítja frekvenciára érzékeny fogyasztók ellátását közvetlenül a generátorokról. Lehetővé teszik az AC generátorok párhuzamos üzemét, a generátorok közötti terhelésmegosztással.



147. ábra: Integrált meghajtású generátor
Forrás: [1], 7-29.p.

7.12.4. Változtatható sebességű állandó frekvenciás rendszer (VSCF)

A CSD-nek a hidromechanikus elemei miatt karbantartási követelményei vannak. A VSCF rendszer egy változó frekvenciájú, feszültség szabályozott, kefe nélküli generátorból áll, mely az összes fogyasztót képes ellátni egy egyenirányítót és álló invertert tartalmazó egységen keresztül. Az eredmény állandó frekvencia, és szabályozott feszültségű kimenet.

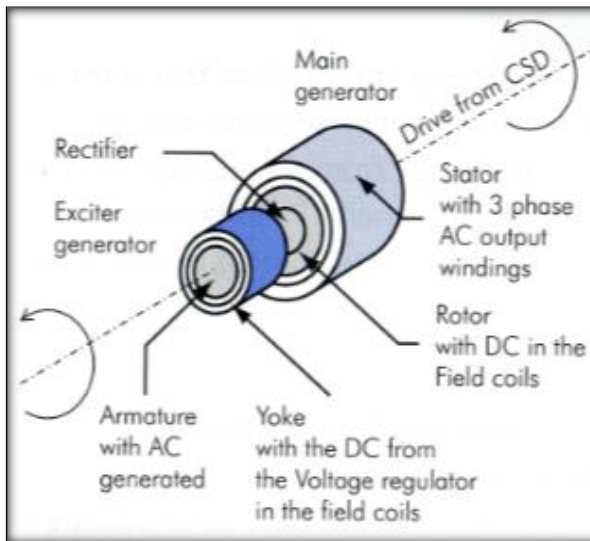


148. ábra: Változtatható sebességű állandó frekvenciás rendszer
Forrás: [5]

Lásd 148. ábra. Az egységet konverternek is nevezik, mert egy félvezető eszköz, amely levegővel hűtött és kevés karbantartást igényel, egy CSD-hez képest.

A VSCF rendszert először néhány kéthajtóműves B737-hez hasonló kategóriájú és nagyobb repülőgépeken vezették be.

7.13 Kefék nélküli generátorok



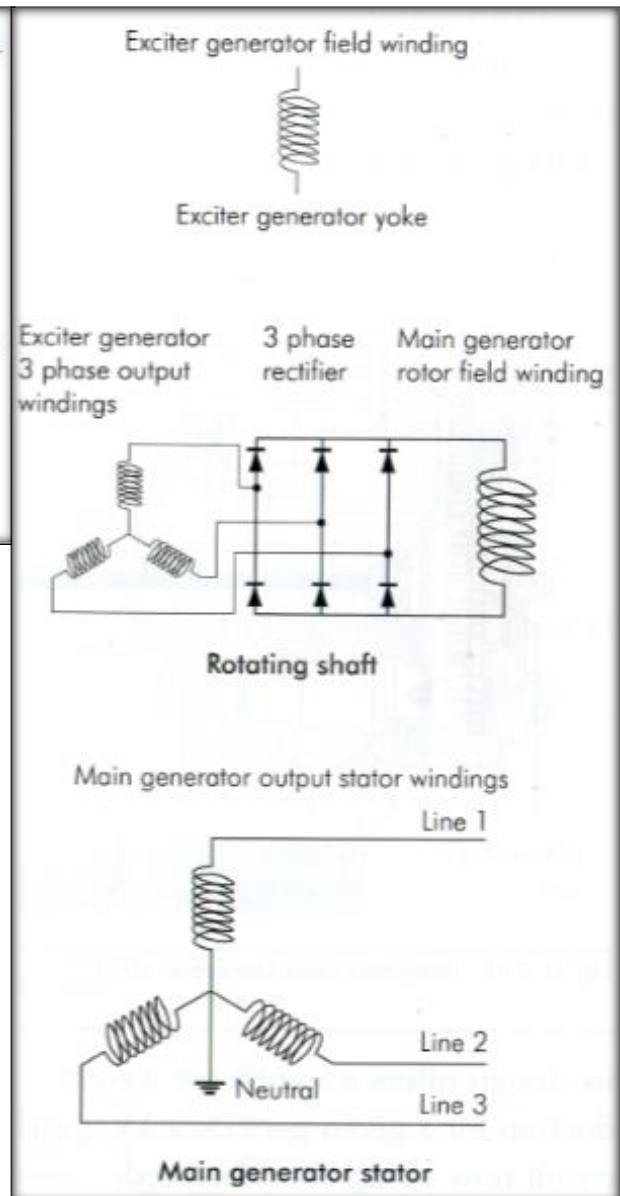
149. ábra: Kefe nélküli generátor
Forrás: [1]

A DC rendszerekben alternátorként, vagy hibrid rendszerek változó frekvenciájú forrásoként használt AC generátorok (lásd 142. ábra), tartalmazznak csúszógyűrűket, és keféket a (kis) DC gerjesztőáram átvitelére a feszültség szabályzótól a forgórész tekercseire.

A kefék kopása nagy magasságban felgyorsul a levegő nedvességtartalmának hiánya miatt. Egy kefék nélküli generátornak nincsenek keféi, így ennek a generátor típusnak hosszú élettartama van, lásd 149. ábra. A kefék nélküli generátor és a CSD közel egy időben jelentek meg.

A kefe nélküli generátor valójában két generátor közös tengelyen és közös házban. Egy gerjesztő generátorból és egy fő generátorból áll, mely az AC kimenetet biztosítja.

A DC áram, mely a fő generátor gerjesztőtekercseinek szükséges, ugyanazon tengelyen jön létre, mint az AC a gerjesztő generátor armatúrájában. Ez az AC egyenirányításra kerül egy szilícium diódás egyenirányító segítségével (ezekről részletesebben a Félvezetők fejezetben olvashatunk), mely ebben a tengelyben található. Innen kerül az egyenáram a fő generátor



150. ábra: Kefe nélküli generátor kapcsolása
Forrás: [1], 7-30.p.

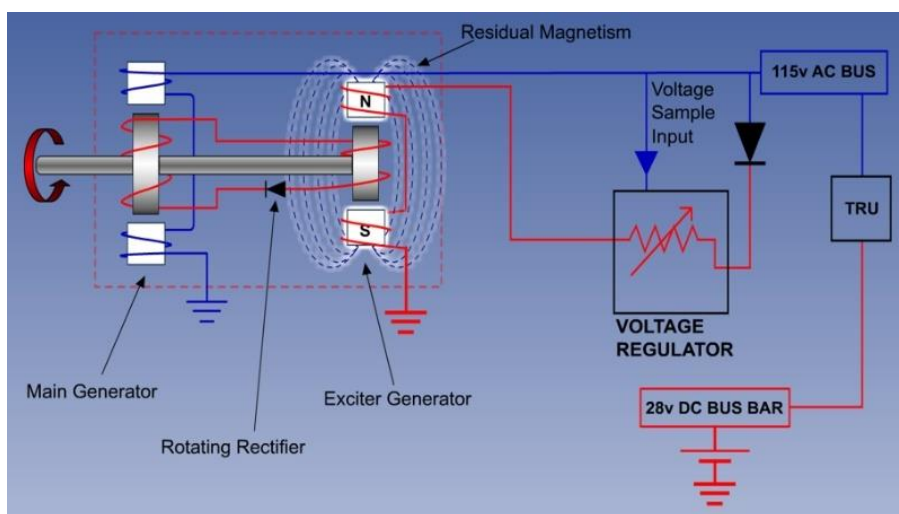
forgórészére, úgy, hogy nincs szükség csúszó kapcsolat alkalmazására, mint például csúszógyűrű, vagy kefék, ezért lesz ez a generátor kefe nélküli. 150. ábra.

A gerjesztő generátor kimenete 3 fázisú AC. Ez kerül egyenirányításra, a teljes hullámú 3 fázisú híd egyenirányító által és továbbításra a fő generátor gerjesztő tekercsére. 151. ábra.

Amikor a Generátor vezérlő relé (GCR) zárva van, a feszültségszabályzó érzékeli a fő AC generátor kimeneti feszültségét. A feszültségszabályzó szintén vesz fel áramot a generátorból a DC gerjesztő áram létrehozásához a gerjesztő generátor számára. Van egy egyenirányító hatás a feszültségszabályzóban, amely segíti a feszültség érzékelést és biztosítja a szükséges DC gerjesztő áramot.

A generátort öngerjesztőre tervezték, mely azt jelenti, hogy elkezdheti saját magát gerjesztetni, ha meghajtásra kerül és a GCR zárva van.

A gerjesztő generátor pólusait alkotó állandó



151. ábra: Kefék nélküli generátor feszültségszabályozás és vezérlés
Forrás: [5]

mágnesek körülbelül 25 V kimeneti feszültséget hoznak létre a fő generátorból, ha a GCR nyitva van.

Amikor a GCR zárva van, ez elég feszültséget jelent a feszültségszabályzó számára, hogy gerjesztő áramot hozzon létre a gerjesztő generátor tekercseiben, így a fő generátor kimeneti feszültsége gyorsan megnövekedik, és szabályozott 115 V (U_P) értéket vesz fel.

Alternatívaként, egy állandó mágnesű generátor (PMG), mely egy tengelyen forgatott állandó mágnesből áll, látja el árammal a feszültség szabályzót, és biztosít áramot a gerjesztő tekercsnek, önindukciót okozva.

7.14 Más állandó frekvenciájú források repülőgépeken

A repülőgép kaphat állandó frekvenciájú, szabályozott feszültségű ellátást Ram Air Turbine (RAT)-tól, segédhajtóműtől (APU), földi áramforrástól (GPU), vagy egy hidraulikus motortól. Ezek az ellátók nem párhuzamosíthatók a fő generátorokkal, és az állandó frekvenciát állandó meghajtási sebességgel érik el. Lásd 152. ábra.

Például, a RAT-nak változtatható beállítási szögű lapátja van, mely lehetővé teszi az állandó tengelyfordulatszám beállítását. Az itt látható RAT egy hidraulika szivattyút hajt és/vagy egy kényszerhelyzeti áramforrásként használható AC generátort. A segédhajtómű (APU) mellett



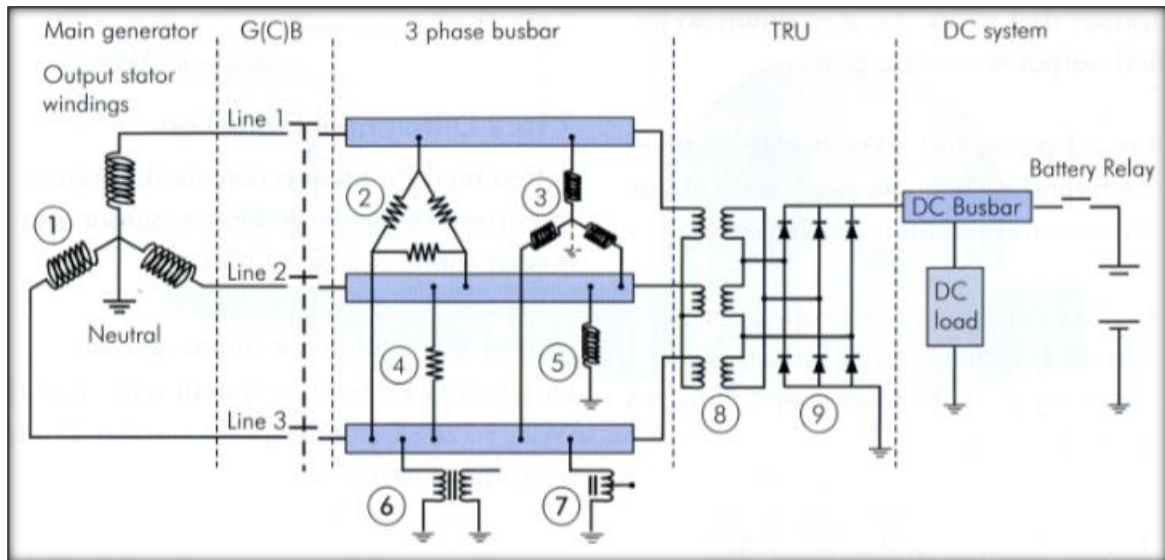
152. ábra: RAT
Forrás: INTERNET [11]

alacsony nyomású levegőt biztosít a légkondicionáló rendszer számára és a gázturbinás hajtómű indításához, amely levegős indítórendszerrel rendelkezik. A GPU esetében egy belsőégésű motor hajt egy generátort. A belsőégésű motor üzemanyagmennyiség változtatásával állandó fordulatszámra van szabályozva, így a generátor kimenetén állandó lesz a frekvencia. Ezek az áramforrások háromfázisú, 115-200 V feszültségű, 400 Hz frekvenciájú árammal látják el a repülőgépet. A hidraulikus motort is állandó fordulatszámú üzemre szabályozzák, így lesz a kimeneti frekvencia állandó. A hidraulika rendszer teljesítménye elektromos teljesítménnyé alakul.

7.15 Tipikus állandó frekvenciával ellátott berendezések

Lásd 153. ábra.

1-es pont: Egy háromfázisú csillagkapcsolású generátor állórészének a kimenete, a csillag közepének a repülőgéphez történő testelésével. Minden egyes fázis szabályozott 115 V, így a vonali feszültség 200 V.



153. ábra: Állandó frekvenciájú forrásról való üzemeltetés

Forrás: [1], 7-33.p.

Generátor (vezérlő) megszakító (G(C)B)

A GCB egy megszakító, három érintkezővel, melyek egyszerre nyitnak, vagy zárnak, a három generátorból gyűjtősin felé vezető vonal szét- és összekapcsolása érdekében.

Háromfázisú gyűjtősin

A háromfázisú gyűjtősin három elkülönülő elemből áll, minden egyes generátorhoz egy kimeneti vonal, melyek egymástól és a géptörzstől elszigeteltek.

2-es pont: Ez egy delta kapcsolású háromfázisú ohmos terhelés a három gyűjtősin között. Minden egyes fázis terhelésének ugyanannyi az ellenállása, ugyanannyi a feszültsége (200 V) és továbbá a vonali feszültségből ugyanolyan fázisszögön (0°), ugyanannyi áramot vesz fel. A vonali áramok ($1,73 \cdot$ fázis áram) nagysága azonos. Ezáltal a generátorok terhelése az összes tekercsnél azonos.

3-as pont: Egy csillag kapcsolású háromfázisú induktív terhelés a három gyűjtősin között, melyek elektromos motorok is lehetnek. A terhelés minden egyes fázisának ugyanannyi lesz az impedanciája, ugyanazon a feszültségen, és ugyanannyi áramot fog felvenni, ugyanazon a fázisszögön, a fázis feszültségéből. A vonali áramok megegyeznek a fázis áramokkal, azonos nagyságúak. A generátor terhelése minden egyes tekercs esetében azonos.

A fázis áramok a terhelés csillagpontjában kioltják egymást, mivel a terhelés fázisainak ugyanannyi az impedanciája. Ezáltal a csillag pont a sárkányszerkezethez földelése nem szükséges.

4-es pont: Egy 200 V-os ohmos terhelés a gyűjtősínek közé kapcsolva.

5-ös pont: Egyfázisú 115 V-os terhelés a egyik gyűjtősín és a föld közé kapcsolva.

6-os pont: Egyfázisú transzformátor, mely a táplálni kívánt terhelés függvényében lehet lefelé, vagy felfelé transzformáló transzformátor. A jele nem utal a transzformáció arányára.

7-es pont: Egyfázisú lefelé transzformáló transzformátor, amely 28 V AC előállítására alkalmas. Egy automata transzformátorban csak egy tekercs található, így kisebb súllyal rendelkezik, egy két tekercessel szemben, mint amilyen például a 6-os pontban látható.

8-as pont: Ez egy háromfázisú csillag-delta feszültségtranszformátor, amely lefelé transzformál, így az egyenirányított kimeneti feszültsége 28 V.

9-es pont: Egy háromfázisú teljes hullámú híd egyenirányító, 6 diódával. A transzformátorokról és egyenirányítókról részletesen a 8-as fejezetben olvashatunk.

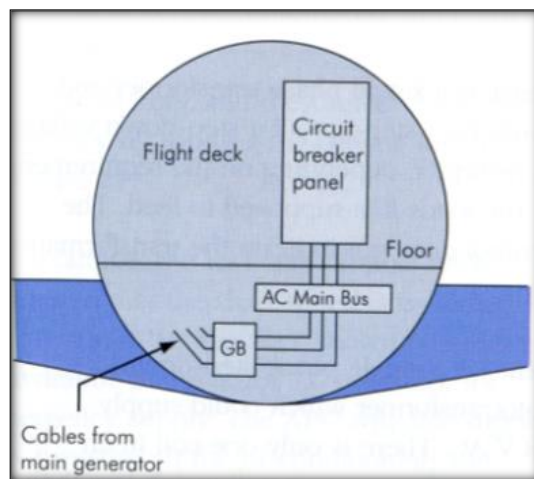
A 8-as pont és a 9-es, együtt egy (lefelé transzformáló) transzformátor egyenirányító egységet alkot, ez a 200/115 V AC gyűjtősín ellátásból 28 V DC-t hoz létre az egyenáramú rendszer számára.

7.16. Teljesítmény ellátás a repülőgépben

7.16.1 Áramköri megszakító panel

A terhelések panelbe épített áramköri megszakítókon keresztül kerülnek ellátásra, néhányuk (vagy mind) a hajózószemélyzet könnyűhozzáférhetősége érdekében a pilótafülkében található.

Más berendezés berendezések, melyek szükségesek az elektromos ellátó és elosztó rendszerben (mint például TRU-k, *inverterek*, és akkumulátorok) a fő gyűjtősín környékén találhatók. 154. ábra.



154. ábra: Repülőgép elektromos elrendezése
Forrás: [1], 7-34.p.

7.16.2 Differenciál védelem

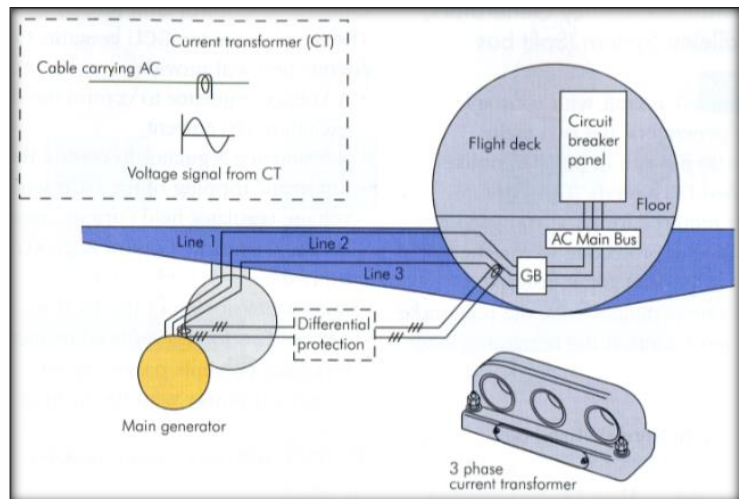
A differenciál védelem detektálja a generátor kimenet és a gyűjtősín bemenet közötti áramkülönbséget. Lásd 155. ábra.

Ha jelentős különbség van a differenciál védelmi rendszer nyitja a GCR-t, így a GCB nyit, elszigetelve a hibát a gyűjtősíntől.

Az áramjárta vezető körül mágneses tér alakul ki. AC áram változó mágneses mezőt alakít ki, melyet egy tekercs révén detektálni

lehet a vezeték körül. A tekercset áram transzformátornak nevezik és a feszültség jel amplitúdója a vezetékben folyó áram mérőszáma lesz.

A három vezeték mindegyikének végén van egy áram transzformátor, és ha jelentős áramkülönbséget detektál a generátor kimenete és a gyűjtősín bemenete között, bármely vezeték esetében, a generátor automatikusan lekapcsol.

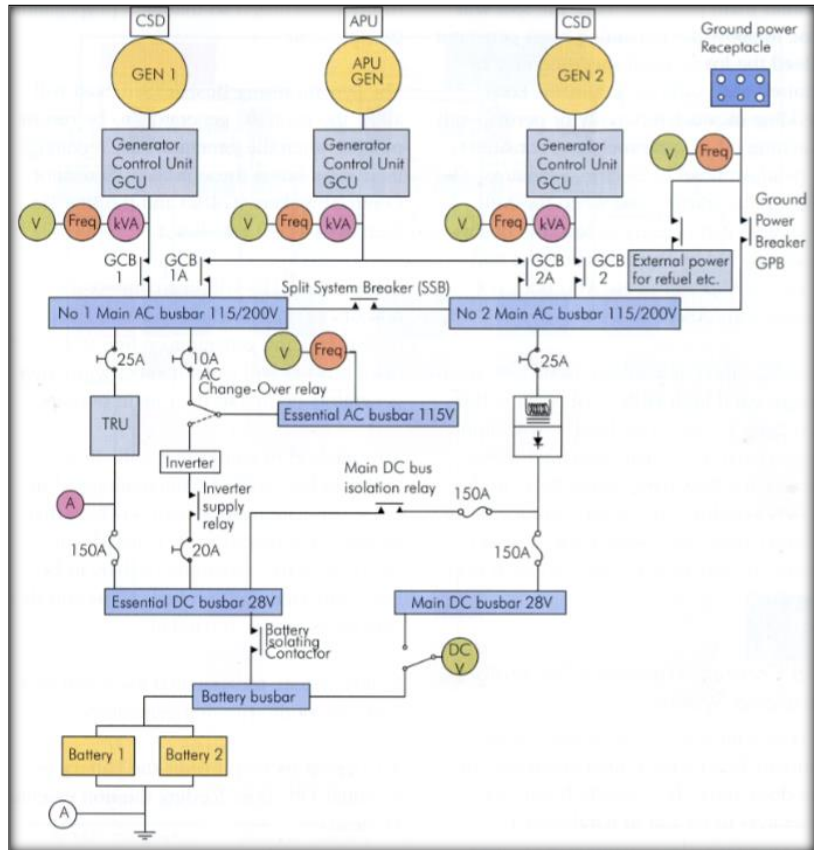


155. ábra: Differenciál védelem
Forrás: [1], 7-35.p.

7.17 Állandó frekvenciájú generátorok, nem párhuzamos rendszer esetében (Megosztott bus rendszer)

Állandó frekvenciájú generátorral rendelkező kéthajtóműves repülőgépek esetében, a két generátor nem fut párhuzamosan, kivéve kéthajtóműves DC repülőgépeket.

A párhuzamosításhoz szükséges plusz berendezések, terhelés megosztás és hiba védelmi berendezések beépítése nem indokolt, mert ha az egyik generátor meghibásodik, a maradék generátornak kell ellátni az összes terhelést. Lásd 156. ábra.



156. ábra: Nem párhuzamosított állandó frekvenciájú megosztott AC rendszer

Forrás: [1], 7-37.p.

Relé pozíciók normál repülés során:

Zárva van:

GCB 1 és GCB 2, Fő DC sín leválasztó relé, Akkumulátor leválasztó kontaktor. AC átkapcsoló relé a felső helyzetben, az ábra szerint.

Nyitva van:

GCB 1A és GCB2A, SSB, Inverter ellátó relé.

A fő generátorok nincsenek párhuzamosítva. Normál repülés során, a Megosztott rendszer megszakító (SSB) nyitva van és a gyűjtősínnek meg vannak osztva. A generátorok nem párhuzamosak. A DC fő sín és DC létfontosságú sín egyaránt normál esetben össze van kapcsolva, így a két TRU párhuzamosan fut, ez nem jelenti azt, hogy a fő AC generátorok párhuzamosítva lennének. Ha az egyik generátor meghibásodik, a másik generátor veszi át az

összes terhelést az SSB záródása után. Az SSB-t BTB-nek (*Bus Tie Braker*) is nevezik. Ha alkalmazható, az APU repülés közben beindítható, és átveheti a meghibásodott generátor fő AC gyűjtősinjének ellátását.

Generátor vezérlő egység (GCU)

A fő generátor GCU-ja tartalmaz vezérlő áramköröket, melyek a következőket biztosítják:

- Feszültség szabályzó, a gerjesztő tekercs DC áramának a vezérlésére
- Egy frekvenciaszabályzót a CSD vezérlésére
- A GCB automatikus oldását, ha a feszültség szabályzó gerjesztőárama megszűnik, például, a Generátor vezérlő relé old.
- A GCB automatikus oldását, ha az APU-t, vagy földi áramforrást kapcsolnak a sínre.

Ez megakadályozza az APU vagy a földi áramforrás párhuzamosítását a fő generátorral.

A GCU szintén tartalmaz védelmi áramköröket a következőkre:

- Túlfeszültség
- Alacsony feszültség
- Túl nagy frekvencia
- Túl alacsony frekvencia
- Nyílt áramkör a generátor fázisában
- Differenciál áram

Ha ezek közül bármelyik bekövetkezik, a GCR és GCB automatikusan old.

APU generátor

Ha APU van a fedélzeten, az APU generátor vezérlő áramköre hasonló vezérlő és védelmi berendezéseket fog tartalmazni, mint a fő generátor.

Földi áramforrás (GPU)

A földi áramforrás tartalmazza a saját feszültség és frekvencia szabályzását. A repülőgép védelmi rendszere figyeli a földi áramforrás ellátását és megakadályozza, hogy a GPB (földi áramforrás megszakítója) záródjon, ha a repülőgép hibát észlelt.

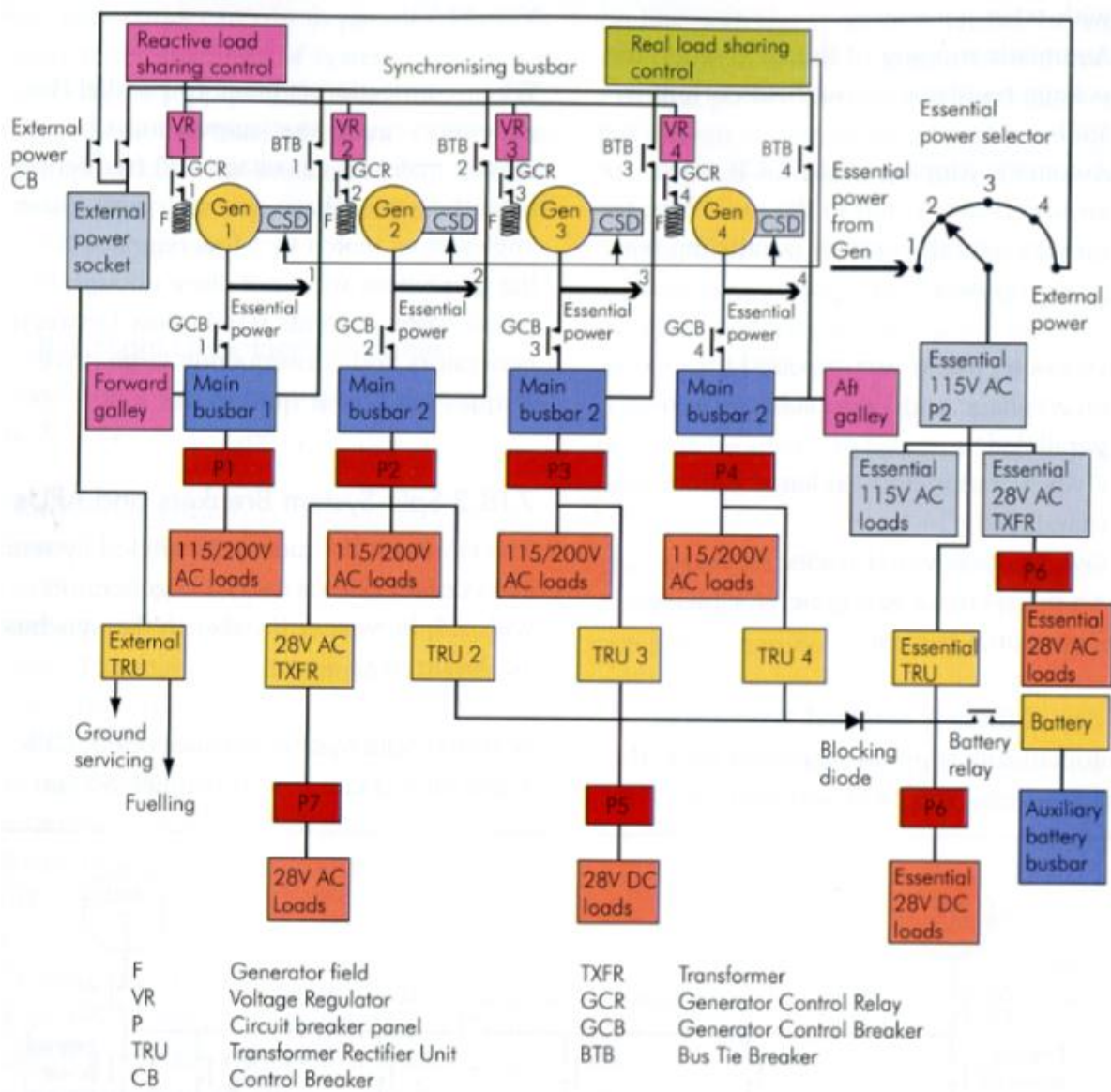
A rendszer működtetése

Ha a földi áramforrás biztosítja a repülőgép áramellátását a földi áramforrás csatlakozóján keresztül, az SSB zárva van, míg a GCB 1 és 2 nyitva. Amikor az 1-es számú generátort a GCB-jének zárásával rákapcsolják a hálózatra, az SSB nyitva marad, míg a GPB nyitni fog, ezzel megakadályozva a földi áramforrások párhuzamos üzemét a generátorral. Amikor a 2-es

generátort is a gyűjtősínre kapcsolják, az SSB nyit, hogy megakadályozza a fő generátorokat a párhuzamos üzemtől. Ha bármelyik fő generátor meghibásodik, az SSB zár, hogy lehetővé tegye a terhelések ellátását a maradék működő generátorral. Terhelés csökkentésre lehet szükség és ez automatikus is lehet. A terheléscsökkentés azt jelenti, hogy ideiglenesen, vagy véglegesen lekapcsolnak bizonyos elektromos fogyasztókat a generátorok túlterhelését elkerülendő. Az APU indítható, és amikor az APU generátor GCB kész a meghibásodott generátor gyűjtősínjének ellátására, az SSB nyit. Az APU nem fut párhuzamosan más áramforrásokkal.

Ha nincs elérhető AC áramforrás az 1-es fő AC gyűjtősíntől, például mindkét generátor és az APU is meghibásodott, az akkumulátor biztosíthat ellátást egy *inverteren*, és az AC átkapcsoló relén keresztül a létfontosságú AC gyűjtősínnek. Az *inverter* ellátó relé zárva lesz, a létfontosságú DC gyűjtősín feszültség alá kerül, és a fő DC sín leválasztó relé nyit.

7.18 Állandó frekvenciájú generátorok, párhuzamos rendszer



157. ábra: Állandó frekvenciájú párhuzamosított generátor rendszer
Forrás: [1], 7-39.p.

Három, vagy több hajtóművel rendelkező repülőgépek normál esetben olyan elosztórendszerrel rendelkeznek, amely lehetővé teszi a generátorok párhuzamos üzemeltetését. Ha egy generátor meghibásodik, a maradék generátorok biztosítják a terhelések ellátását kapcsolás nélkül, így nincs megszakítás a meghibásodott generátor gyűjtősinjének ellátásában. A párhuzamos generátorok egyenlően látják el a terheléseket, és nagy átmeneti terheléseket is fel tudnak venni. Az egyik generátorról a másikra, vagy egyik fő sín csatornától a másikig történő hibaterjedés extra védelmi berendezések beépítését teszi szükségessé. Automatikus leszállás során, a generátorok nem párhuzamosan futnak, így hibaterjedés nem következhet be.

A szinkronizáló gyűjtősín teszi lehetővé a fő AC generátorok párhuzamos futását, amikor a generátorok a saját gyűjtősínjüket táplálják, a GCB-jük és a BTB-jük zárt helyzete mellett.

A BTB-k zárásával összekapcsolhatjuk a gyűjtősíneket, így elektromosan egy hosszú gyűjtősín jön létre, és bármelyik generátor táplálja is a saját gyűjtősínjét, az párhuzamos lesz a többivel.

Ez a kapcsolódási séma lehetővé teszi a fő gyűjtősínek bármilyen kombinációban történő összekapcsolását, így egy fő sín hiba, mely az adott gyűjtősín elszigetelését követeli meg, nem akadályozza meg a többi gyűjtősín BTB-jén keresztüli összekapcsolását és generátoraik párhuzamos üzemét.

Ebben a rendszerben, a létfontosságú terhelések bármely működő generátorról elláthatók. Egy blokkoló dióda akadályozza meg az akkumulátort, vagy a létfontosságú TRU-t a nem létfontosságú DC terhelések ellátásától. Ha a BTB-k nyitva vannak, a generátorok nem párhuzamosan fognak működni. Külső áramforrást a rendszerre a szinkronizáló sínen keresztül lehet kapcsolni. 157. ábra.

7.18.1 Generátor vezérlés és védelem

- Minden egyes generátornak van a következőket tartalmazó vezérlő áramköre:
- Egy feszültségszabályzót, mely biztosítja a DC gerjesztő áram vezérlését. Amikor a generátorok nem párhuzamosan futnak, a feszültségszabályzóik csak az adott generátor kimeneti feszültségét szabályozzák. Amikor a generátor párhuzamosításra kerül más generátorokkal, a gerjesztő áramot úgy szabályozzák, hogy szabályozza a generátor kimeneti feszültségét, és hogy részt vegyen a terhelés megosztásban, melyet reaktív terhelésmegosztásnak nevezünk.
- Egy CSD bemenetet, más terhelés megosztás másik részének biztosítására, melyet valós terhelésmegosztásnak nevezünk, amikor a generátor más generátorokkal párhuzamosan fut.
- A GCB automatikus lekapcsolását, amikor a feszültségszabályzó kimeneti árama megszűnik.
- A GCB automatikus lekapcsolását, amikor földi áramforrás látja el a fő bus-t, hogy megakadályozza, a repülőgép áramforrásainak párhuzamos futását a földi áramforrással.
- A védelmi áramkörök biztosítják:
- Túlfeszültségvédelmet és Alacsony feszültség védelmet (nem párhuzamos rendszernél)
- Túlgerjesztés és Alulgerjesztés védelmet (párhuzamos futás esetén)
- Túl magas frekvencia és túl alacsony frekvencia elleni védelmet

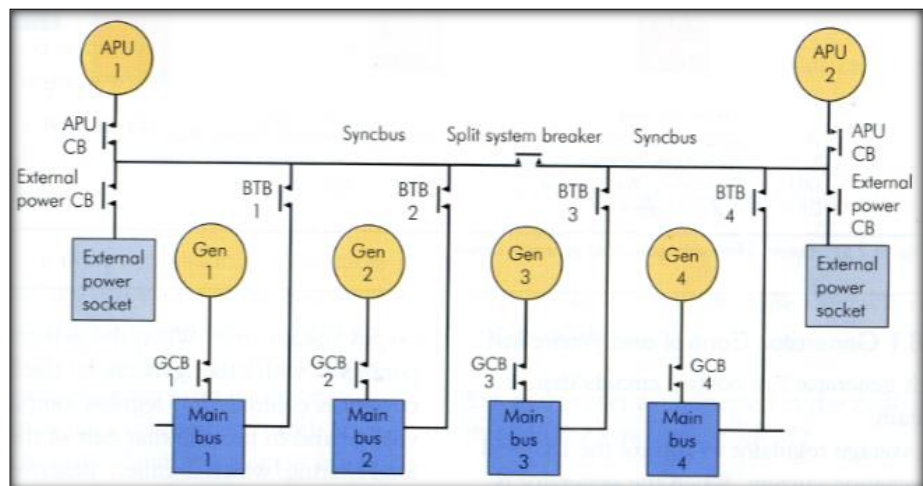
- Rövidzárlat eseti védelmet a generátor fázisában

Amennyiben ezek bármelyike előfordul, a GCR automatikusan old és kikapcsolja gerjesztő áramot. A GCB szintén lekapcsol. A generátor feszültsége alacsony értékre esik vissza (25-30 V-ra).

Amikor a generátorokat párhuzamosító kapcsolat létrejött, a generátor kimeneti feszültségének és frekvenciájának közel meg kell egyeznie, továbbá a sorrendnek és a fázisszögnek néhány fok pontossággal meg kell egyeznie. Ha nem voltak eléggé fázisban, nagy áramok folyhatnak a generátorok között, ennek következménye képen a nagy meghajtó nyomaték elnyírhatja a tengelyt.

7.18.2 Megosztott rendszer megszakítói és APU-k

Az állandó frekvenciájú párhuzamos rendszerek egy vagy több fedélzeti gázturbinát tartalmazhatnak, a szinkronizáló gyűjtősínen található rendszer megszakító segítségével, az 158. ábra szerint.



158. ábra: Osztott rendszer megszakítói

Forrás: [1], 7-40.p.

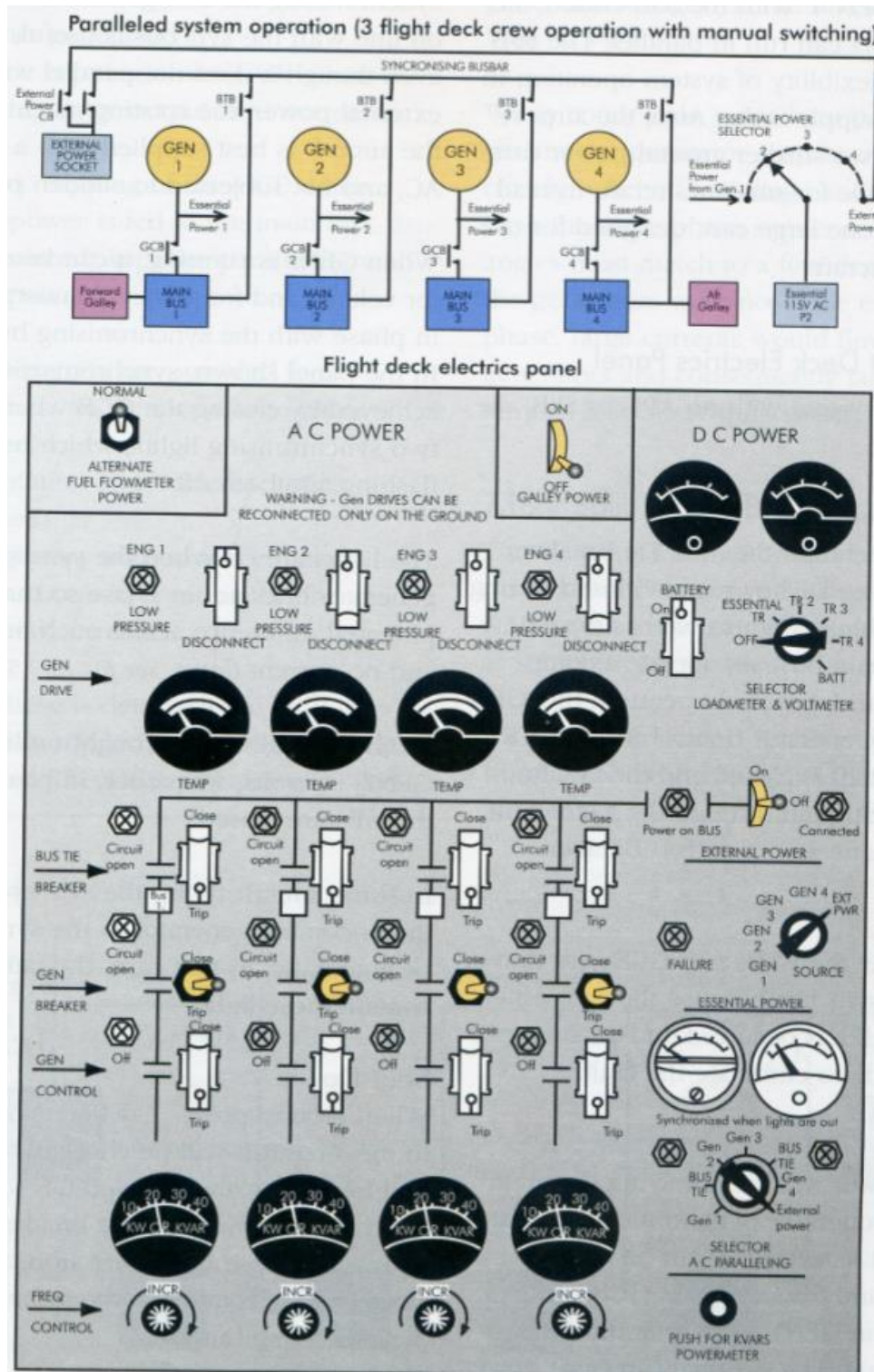
Amikor a rendszer megszakító megszakító (SSB) nyitva van, az 1-es generátor és 2-es generátor futhatnak párhuzamosan, illetve a 3-as és 4-es generátorok szintén. A zárt SSB-vel mind a négy generátor működhet párhuzamosan. Az SSB növeli a rendszer ellátási meghibásodásokkal szembeni flexibilitását. Előfordulhat, hogy a repülőtér csak két kisebb repülőgép számára elégséges földi áramforrást tud biztosítani, egyetlen nagy repülőgép számára elegendő helyett.

7.18.3 Pilótafülke elektromos panelja

(APU és SSB nélküli rendszerre alapozva, lásd 159. ábra)

Normál működés

Normál működés során a BTB-k (*Bus Tie Braker*) zárva vannak. Zárva is maradnak a hajtóműindítás és leállítás, valamint repülés során. A fő gyűjtősinék egy gyűjtősinéként üzemelnek. Normál üzem során a generátor vezérlő (generátor vezérlő relé (GCR)-a gerjesztő tekercs kapcsoló) zárva van és rendszer kézi vezérlésű a generátor megszakítón keresztül (generátor (vezérlő) megszakító (G(C)B)).



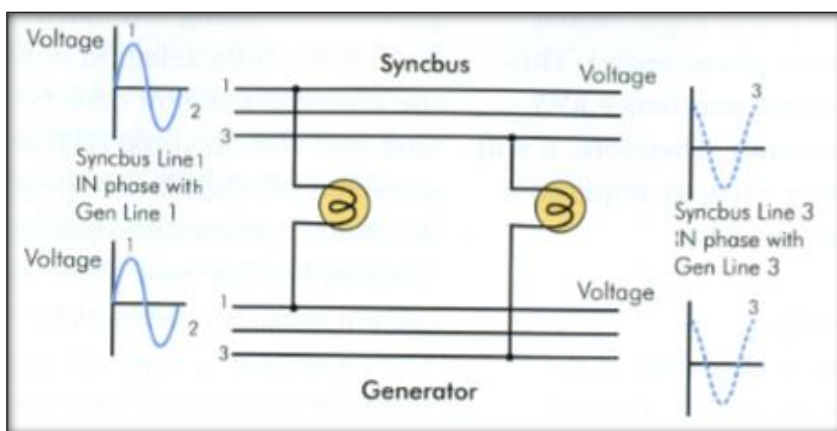
159. ábra: Párhuzamosított rendszer
Forrás: [1], 7-42.p.

Ezen a panelen, a BTB-k és a GCR-ek védett kapcsolóként jelennek meg, mivel csak hiba bekövetkezése során, annak megszüntetése miatt szükséges.

Indítás

A szinkronizáló gyűjtősínen keresztül a külső áramforrás látja el a fő gyűjtősíneket. Amikor az 1-es generátor elindul, ellenőrizni lehet a frekvenciáját és a feszültségét. A GCB-je ekkor zárva van, így az 1-es generátor látja el a gyűjtősíneket. A külső (földi) áramforrás megszakítója automatikusan nyit; a repülőgép energiaellátó rendszere nem válik párhuzamossá a földi áramforrással. Az első bekapcsolt generátort szinkronizálni kell a szinkronizáló gyűjtősínnel, mivel az hiába nem lesz párhuzamos a földi áramforrással, a repülőgépen található forgó gépeket a legjobb állandó váltóárammal táplálni, amelyik nem megy át hirtelen fázisváltáson.

Amikor 2-es generátor fut, ellenőrizni lehet a feszültséget és a frekvenciát. Fázisban kell lennie a szinkronizáló gyűjtősínnel. Az ábrán látható panelen, a szinkronizáció a GCB zárásával történik, amikor a két szinkronizáló lámpa,



160. ábra: Szinkronizáló bus
Forrás: [1], 7-43.p.

amelyek villogtak, kialszanak. A lámpák kialszanak, amikor a szinkronizáló gyűjtősín és a generátorok fázisban vannak, így az égőkön a potenciálkülönbség és az átfolyó áram nulla, lásd 160. ábra. A 3-es és 4-es generátorokat a 2-eshez hasonlóan kapcsolják a rendszerre, frekvencia, feszültség, fázis ellenőrzés és GCB zárás. Néhány repülőgép esetében, a következő generátor gyűjtősínre történő szinkronizálása automatikus. Abban az esetben, a panel nem tartalmazza ezeket a lámpákat.

Leállítás

Amikor a földi áramforrást a repülőgépre kapcsolták, ellenőrzik a feszültségét és frekvenciáját, és rákapcsolják a szinkronizáló gyűjtősínre. A megszakító csak akkor engedi a zárást, ha a külső áramforrás fázisának forgásiránya a szinkronizáló gyűjtősínével azonos. A GEN DRIVE a CSD kijelzőkre utal. Ezek alacsony olajnyomás figyelmeztető lámpákból, olaj hőmérsékletmérőkből állnak, minden egyes CSD számára van egy. A védett meghajtás szétkapcsoló kapcsolók szintén láthatók.

A konyha ellátásának kapcsolója hagyományosan a panelen található, hogy a terheléscsökkentés indításkor és amikor meghibásodás miatti terheléscsökkentésre van szükség.

Minden egyes generátornak van egy teljesítmény mérője, amelyik normál esetben valós teljesítményt mutat kW-ban. A PUSH FOR KVARs gomb megváltoztatja a kijelzők által mutatott mennyiséget a meddő teljesítményre, mértékegysége kVAR. A párhuzamosan futó generátorok között meg kell osztani a terhelést. Ha a terhelésmegosztó rendszer megfelelően működik, a valós teljesítményeknek azonosaknak kell lenni, és a meddő teljesítményeknek szintén.

A teljesítmény mérők lehetővé teszik a generátorok terheléseinek monitorozását, ez hasznos lehet, ha terhelés csökkentésre van szükség egy generátor meghibásodás esetén. Amint korábban elhangzott néhány párhuzamosított rendszer egy vagy több APU-t tartalmaz. Ezek nem párhuzamosíthatók a fő generátorokkal. Kétpilótás üzemeltetés esetében, a hibakeresés és hibaelhárítás automatizált, és az elektromos rendszerbe minimális beavatkozást követel meg a hajózó személyzettől.

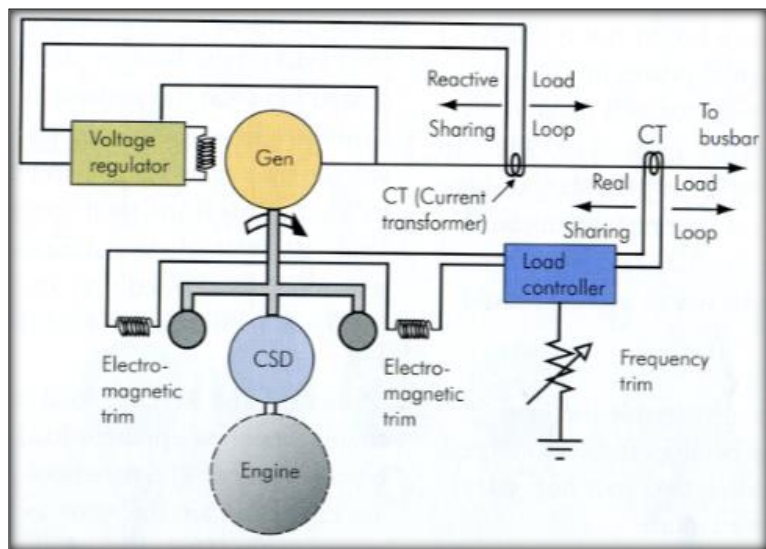
7.18.4 Terhelésmegosztás állandó frekvenciájú párhuzamosított AC generátorok között

Amikor a generátorok párhuzamosak, a gyűjtősinék teljes terhelése egyenletesen van megosztva a generátorok között. A teljes áramot késik a feszültséghez képest a fázisszöggel, és a terhelésektől függ. Ez a teljes látszólagos terhelés (vagy teljes kVA) egy adott teljesítmény tényezővel, amelyet valós terhelésre (kW) és meddő terhelésre (kVAR) oszthatunk.

Ha a valós és a meddő terhelések egyformán vannak elosztva, a látszólagos terhelés is egyenlően van elosztva. A generátor teljesítmény tényezők egyformák, és megegyeznek a teljes terhelés teljesítmény tényezőjével. Ez azt is jelenti, hogy a teljes áram terhelés egyformán lesz megosztva a generátorok között. Az egyes terhelő áramok ugyanazzal a fázisszöggel fognak rendelkezni (a teljes terhelő áram fázisszögével megegyező). Ez minimalizálni fogja az áramot és az egyes generátor által szolgáltatott látszólagos terhelést. Ezáltal, ez minimalizálni fogja a generátor szükséges kapacitását, és a generátor súlyát.

Meddő terhelés megosztás

A meddő terhelésmegosztás a feszültségszabályzóhoz kapcsolódik, 161. ábra. Az egyes generátorok kimenetein lévő áramváltók (CT) detektálják az egyes generátor meddő terhelését, és lehetővé teszik ennek az összevetését a többi generátoron lévő meddő terheléssel a meddő terhelés megosztó körön keresztül.



161. ábra: Terhelésmegosztás
Forrás: [1], 7-44.p.

Túlterhelt generátorok (meddő

terhelés) csökkentett gerjesztő áramot fognak kapni, míg az alul terhelt generátorok megnövelt gerjesztőáramot. A meddő terhelések ki fognak egyenlítődni, amíg a kimenő feszültség nem változik. A túlgerjesztés azt jelenti, hogy a párhuzamosított generátor túl sokat vesz fel a meddő terhelésből. Ha a túlgerjesztés elég erős, a védelmi rendszer hibaként érzékeli ezt, és nyitni fogja a BTB-t hogy lekapcsolja a generátort a terhelésmegosztási körrel. A generátor nem párhuzamossá válik és csak a saját gyűjtősinjét fogja ellátni. Ha a túlzott gerjesztőáram továbbra is fennáll, túlfeszültség következik be. A védelmi rendszer ezt hibaként érzékeli és kapcsolja a GCR-t és a GCB-t. Alulgerjesztés a BTB kapcsolását fogja eredményezni, és alacsony feszültséget eredményez.

Valós terhelés megosztás

A valós terhelésmegosztás a CSD-hez kapcsolódik. A generátoron lévő áramváltó (CT) érzékeli a generátor valós terhelését, és összeveti a többi generátor valós terhelésével, a valós terhelés megosztó körön.

Egy túlterhelt generátor (valós terhelés) CSD-je egy elektromos lassító jelet kap, míg az alul terhelt generátorok CSD-i elektromos gyorsító jelet kapnak. A generátorok valós sebessége nem változik, mert a elektromosan össze vannak zárva, hogy fázisban legyenek, így a frekvencia nem változik, de a meghajtó nyomatékok kiegyenlítődnének.

Valós teljesítmény, mechanikai formában, nyomaték · fordulatszám. Ha a generátorok fordulatszáma ugyanannyi, a nyomatékok egyformák lesznek, így a CSD valós bemenő

teljesítménye ugyanannyi lesz. Ennélfogva, a generátorok valós kimenő teljesítménye ugyanannyi lesz, a teljes valós terhelés egyenlően lesz elosztva.

A frekvencia szabályozó változtatható ellenállás, amelyik lehetővé teszi a generátor alap fordulatszámának beállítását a frekvencia szabályzó gombon (ha alkalmazzák) keresztül, nem határos a terhelésmegosztás alatt.

Ha a CSD túlmelegedésre figyelmeztető figyelmeztetés bekapcsol, a CSD-t manuálisan vagy automatikusan kell lekapcsolni. Ha egyszer lekapcsolták, nem lehetséges a repülés további szakaszában használni.

8 AC motorok

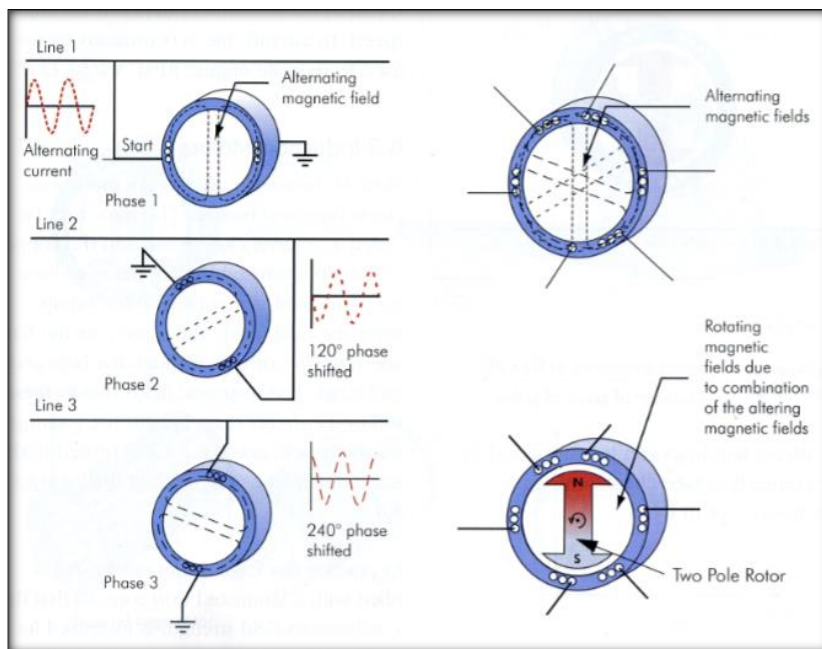
A repülőgépekben alkalmazott AC motorok általában az állórészben keltett forgó mágneses mező elvén működnek. Az állórészben belüli forgórész ezáltal a forgó mágneses mező által forog.

8.1 Forgó mágneses mező és szinkronsebesség

Ha egy háromfázisú állórész egy háromfázisú forrásból kap táplálást, akkor a három tekercs által létrehozott mágneses mező közel állandó erősségű lesz, mely forog az állórészben belül. Az a sebesség, amellyel a mágneses mező forog szinkronsebességnek nevezzük.

Egy északi és déli pólussal rendelkező kétpólusú forgórész (lásd 162. ábra) szinkronsebességgel követi az állórész mágneses mezejét, ebből adódóan:

A szinkronsebesség RPS-ben a táplálási frekvencia. A szinkronsebesség RPM-ben a táplálási frekvencia szorozva 60-nal.



162.ábra: Kétpólusú forgórész
Forrás: [1], 8-1.p.

Egy 4 pólusú forgórész, amelynek északi, déli, északi, déli, egy 2 pólusú forgórész szinkronsebességének felével fog forogni, adott táplálási frekvencia esetén.

Általánosságban:

$$\text{Szinkronsebesség (RPM)} = \frac{\text{Táplálási frekvencia (Hz – ben)} \cdot 60}{\text{Póluspárok száma}}$$

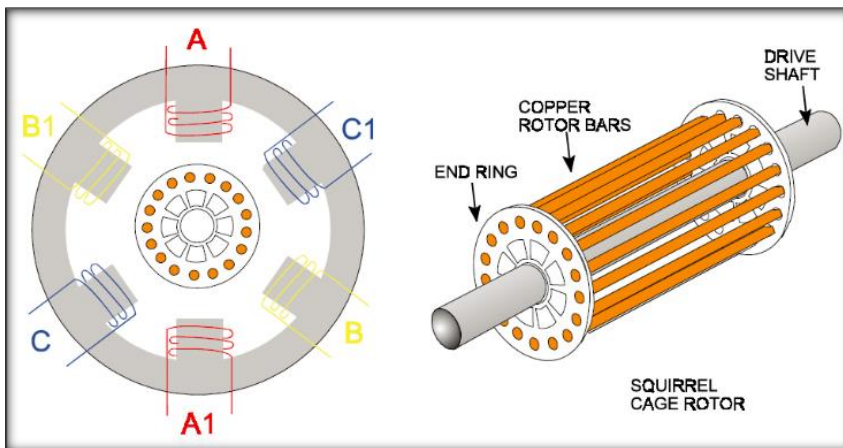
A fázisok tekercsei lehetnek Csillag (lásd AC Generátorok fejezet), vagy Delta kapcsolásban.

8.2 Szinkronmotorok

A forgórész egy mágnes, mely együtt forog a mágneses mezővel szinkronsebességgel. Egy állandó táplálási frekvencia esetén a motor állandó szinkronsebességgel forog. A forgórész mágnese lehet állandó mágnes, vagy elektromágnes, melyet egy egyenáramú mező gerjeszt. A szinkronmotor Fordulatszám-mérő rendszernek is részét képezheti, melyben egy kis háromfázisú generátor van a motorra rögzítve, mely hajtja azt, a hajtómű fordulatszám-mérőjének hátoldalán pedig egy nagyon kicsi szinkronmotor található. Mivel a szinkronsebesség a hajtómű fordulatszámától függ, így a műszerben található forgórész sebessége is a motor fordulatszámától függ. Repülőgépekben, a szinkronmotorok fordulatszám kijelzésre használatosak. [1] Videók közül a Working of Synchronous Motor [21] című segít a működési elv megértésében.

8.3 Indukciós motorok

A járművekben használt legtöbb AC motor indukciós (asszinkron) motor. Forgórészt nevezhetik kalickás forgórésznek is, a kalicka réz vagy alumínium rudjainak nincs állandó mágnesességük.



163.ábra: Kalickás motor

Forrás: [2], 249.ábra

Az állórész forgó mágneses

mezeje átmegy a rudakon és áramot indukál a rudakban és gyűrűkben. Az ezen indukált áramok által létrehozott mágneses mező a forgó mágneses mezővel ellentétes és a forgórész a forgó mágneses mező irányába fog forogni. Lásd 163. ábra.

A gyakorlatban a kalicka nem üres, laminált vasmaggal rendelkezik, mely erősíti a mágneses mezőt, egy adott állórész áram esetén, így nő a motor hatásfoka. [1]

Az egyfázisú asszinkron motorokról többet a Single Phase Induction Motor, How it works [19]; az asszinkron motorokról általában pedig a How does an Induction Motor work [20] című videóból tudhatunk meg.

8.4 Szlip

Ahhoz, hogy az állórészben forgó mágneses mező átmennyen a kalicka rudjain és így áramot indukáljon a rudakban, hogy a forgórészen nyomatékot hozzon létre, a forgórésznek lassabban kell forognia, mint a forgó mező szinkronsebessége. A forgórész relatíve csúszik a szinkronsebességhez képest.

Példa

Ha a szinkronsebesség 10000 RPM és a forgórész sebessége 8000 RPM, a szlip 2000 RPM (fordulat/perc), vagy

$$\frac{2000 \cdot 100}{10000} = 20 \%$$

Amint a forgórész nyomatéki terhelése nő, úgy a szlip is nő, hogy növekedjen az indukált feszültség.

A forgórész nyomatéka nő, és így egyenlíti ki a nyomatéki terhelést. Ha a nyomatéki terhelés annyira megnő, hogy az meghaladja a motor maximális rendelkezésre álló nyomatékát, a forgórész megáll.

8.5 Háromfázisú motor irányváltása

Annak érdekében, hogy megfordítsuk egy 3 fázisú motor forgásirányát, az állórész szinkron mágneses mezejének forgásirányát kellene megfordítani. Ezt az állórész tekercsei közül kettőnek a tápláló gyűjtősínhez való kapcsolódásának felcserélésével érhetjük el. Ha a generátor gyűjtősínhez való kapcsolatai közül kettő megfordításra kerül, minden háromfázisú motor visszafelé fog forogni. Ha a motorok jártak mielőtt két felcserélt kapcsolatú generátor átvette a gyűjtősín táplálását, megrongálódás következhet be.

8.6 Háromfázisú motor fázis tekercseinek nyitott áramköre

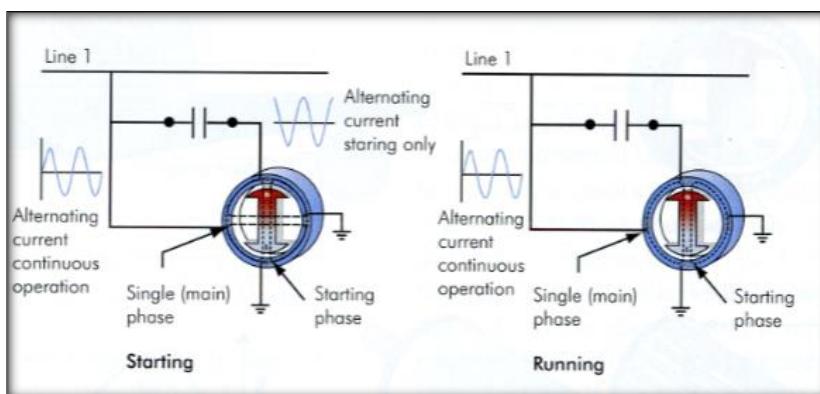
Ha egy háromfázisú motor egy fázisának áramköre nyitott áramkörre válik, a mágneses mező továbbra is forogni fog, de gyengülni és erőssége fluktuálni fog.

Ha a motor nyomatéki terhelése nagy, a motor le fog lassulni és meg fog állni. Ha a nyomatéki terhelés kicsi a motor csak lelassulhat.

8.7 Egyfázisú indukciós motorok

Ezeket kis teljesítményű alkalmazásokban

használgák, mint például ventilátorok. Az egyfázisú motorok indításához és a helyes irányba történő forgatásukhoz szükséges forgó mágneses mező létrehozására egy



164.ábra: Egyfázisú indukciós motor

Forrás: [1], 8-4.p.

második fázisra van szükség. Ez az indító fázis automatikusan lekapcsol, amikor a forgórész forgásba kezd, lásd 164. ábra.

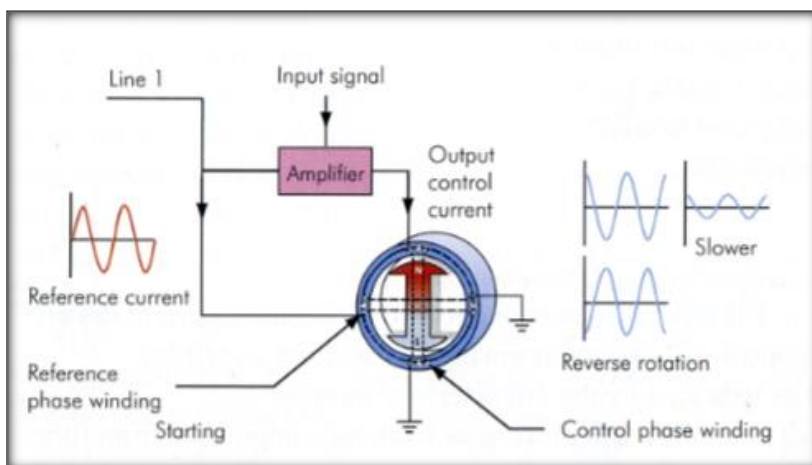
Az indító fázis táplálását is a fő fázist tápláló vezeték látja el, de az áram 90° -kal a fő áramhoz képest fáziseltolásban van, melyet egy kondenzátor biztosít. Az egyfázisú motor, a kétfázisú motorokhoz hasonlóan indul. Ha az egyetlen fázisa az egyfázisú motornak nyitott áramkörre válik a motor megáll.

8.8 AC Szervomotorok (2 fázisú motor)

Ezek olyan kétfázisú indukciós motorok, amelyeknek a sebessége és forgási iránya vezérelhető, így automatikus vezérlő rendszerekben

használhatók. A vezérlő erősítő kimeneti árama ugyanazon a frekvencián

van, mint a referencia áram, 165. ábra.



165.ábra: AC szervomotor

Forrás: [1], 8-5.p.

A vezérlő áram csökkentésével a forgó mágneses mező gyengül és a motor a terhelés hatására lassabban fog forogni, mivel nagyobb szlip szükséges, hogy a forgórész indukált árama és nyomatéka helyreálljon.

Azáltal, hogy a vezérlő áram lemarad a referencia áramtól, ahelyett, hogy sietne a forgó mágneses tér forgási iránya meg fog fordulni és a forgórész ellenkező irányba fog forogni.

8.9 A háromfázisú motorok előnyei

- A háromfázisú motorok forgásiránya könnyebben megfordítható. A motorok forgásiránya két tápfeszültség vonal megcserélésével megfordítható.
- A háromfázisú motorokban kevesebb nyomaték pulzálás van üzem közben, mert legalább egy fázis biztosít állandó forgató hatást a forgórészre.
- Háromfázisú motorok önindítóak, szemben az egyfázisúakkal, mivel egyik tekercs sincs fázisban a többivel, így biztosítva forgató hatást.
- A háromfázisú motorok nagyobb hatékonyságúak, mivel belső forgatónyomaték ellátásuk van.

9 Transzformátorok, egyenirányítók és inverterek

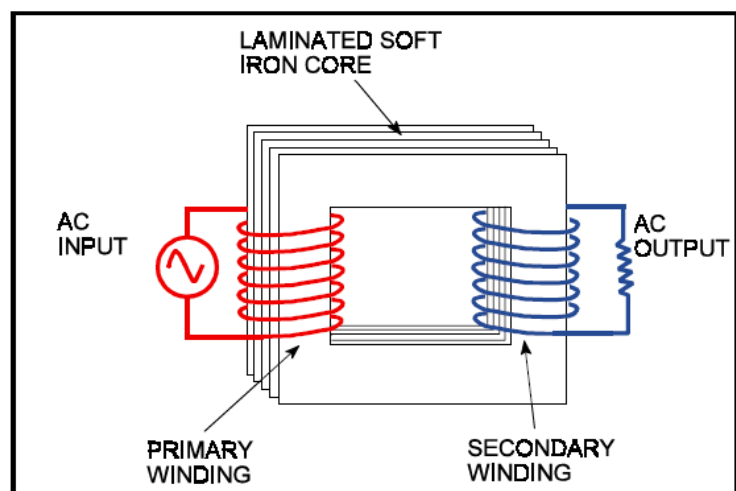
A teljesítmény átalakítás transzformálást, egyenirányítást és invertálást foglal magában, a szükséges fogyasztók ellátása érdekében. [1]

9.1 Transzformátorok

A transzformátor egy statikus berendezés, mely egy adott AC feszültségből egy másik AC feszültséget hoz létre elektromágneses indukcióval.

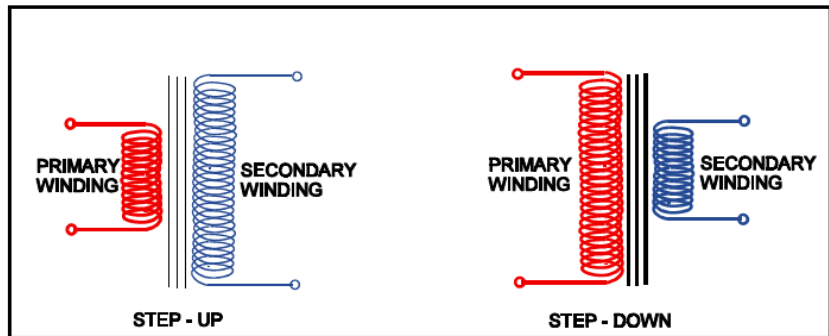
A primer feszültséget a primer tekercsre kapcsoljuk. Ezen a tekercsben egy vasmag található, a váltakozó áram (AC) a primer tekercsben váltakozó mágneses teret hoz létre a vasmagban, csak úgy, mintha egy elektromágnes lenne. A másik tekercs, az úgynevezett szekunder tekercs ugyanazon vasmag körül helyezkedik el, a szekunder tekercsben a mágneses mező feszültséget indukál.

A szekunder tekercs feszültségét a két tekercs menetszáma határozza meg, lásd 166. ábra. Így, ha a primer és a szekunder tekercs menetszáma egyforma, akkor a primer és szekunder feszültségek is egyformák lesznek. Ha a szekunder tekercs menetszáma feleannyi, mint a primer tekercs menetszáma, akkor a szekunder feszültség fele lesz a primer feszültségnek, 167. ábra.



166.ábra: Transzformátor szerkezete
Forrás: [2], 237.p.

A primer tekercs árama mágneses mezőt hoz létre, mely a primer tekercshez kapcsolódik. AC primer feszültség pulzáló és ellentétes mágneses mezőt hoz létre, amely átmegy a primer tekercsen, és mivel



167. ábra: Le- és feltranszformálás
Forrás: [2], 238.p.

erőssége változik, az áramváltozással ellentétes elektromotoros erő hoz létre. Ezt önindukciónak nevezzük és ez az elektromotoros erő (EMF) egyensúlyozza ki a tápfeszültséget. (Ez a hatás korlátozza az áramot, egy adott tápfeszültség esetén és induktív ellenállást eredményez, X_L)

Ha a szekunder tekercs a mágneses térrel kapcsolatba kerül, a kimenetén elektromotoros erő (EMF) indukálódik. Ezt a hatást kölcsönös indukciónak nevezzük. Mind a primer, mind a szekunder áram váltakozó áram (AC), a primerrel megegyező frekvenciával.

A menetszámok aránya megegyezik a feszültségek arányával.

$$\frac{N_P}{N_{SZ}} = \frac{U_P}{U_{SZ}}$$

Ahol,

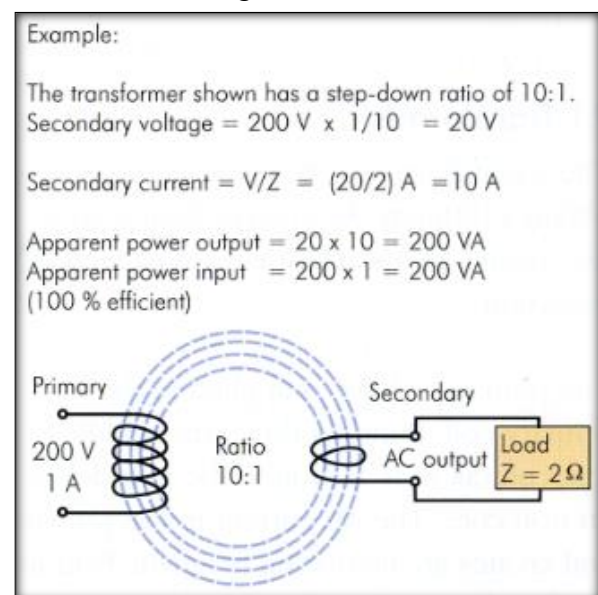
N_P és N_{SZ} a primer és a szekunder tekercsek menetszámai

U_P és U_{SZ} a primer és szekunder tekercsek be- és kimenő feszültségei. [1]

9.1.1 Transzformátor teljesítménye

Amikor egy transzformátort nagy teljesítményen üzemeltetünk, a teljesítmény bemenet a primer tekercsen közel ugyanannyi, mint a kimenő teljesítmény a szekunder tekercsen, azt mondhatjuk, hogy a transzformátor körülbelül 100 %-os hatásfokú. 168. ábra

Ha egy transzformátor 100 %-os hatásfokkal üzemel, akkor:



168. ábra: Letranszformálás
Forrás: [1], 9-2.p.

A primer tekercs látszólagos teljesítménye = Szekunder tekercs látszólagos teljesítménye
vagy

$$(k) VA_P = (k) VA_S$$

$$P_P = U_P \cdot I_P = P_S = U_S \cdot I_S$$

vagy egyszerűbb formában:

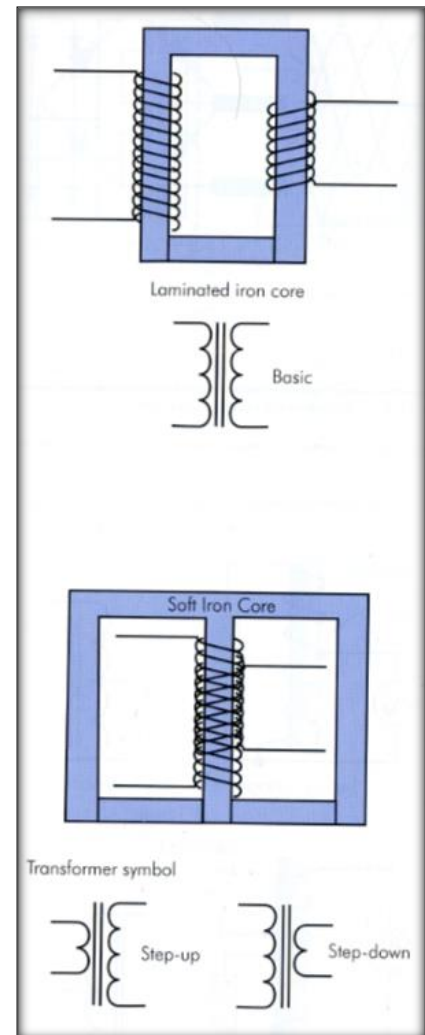
$$U_P I_P = U_S I_S$$

A transzformátor teljesítményét VA-ben és kVA-ben határozzák meg. A transzformátor bemenő teljesítménytényezőjét főképp a terhelés teljesítménytényezője határozza meg, ha a transzformátort a teljesítményének hatán üzemeltetjük. Ha a terhelés ellenállás jellegű, akkor a transzformátor bemenő teljesítmény tényezője közel 1.0. [1]

9.1.2 Transzformátor felépítése

A réz (tekercs) súlyának csökkentése miatt, az alacsony áramú (nagy feszültségű) tekercset vékony vezetékből készítik, míg a nagy áramú (kis feszültségű) tekercset vastag vezetékből készítik. A primer áram csökkentésével csökkenthetők a réz veszteségei. A mag lágyvas vagy levegő.

A primer és szekunder tekercsek lehetnek a mag különböző szárain, vagy ugyanazon száron egymáson, lásd 169. ábra. [1]

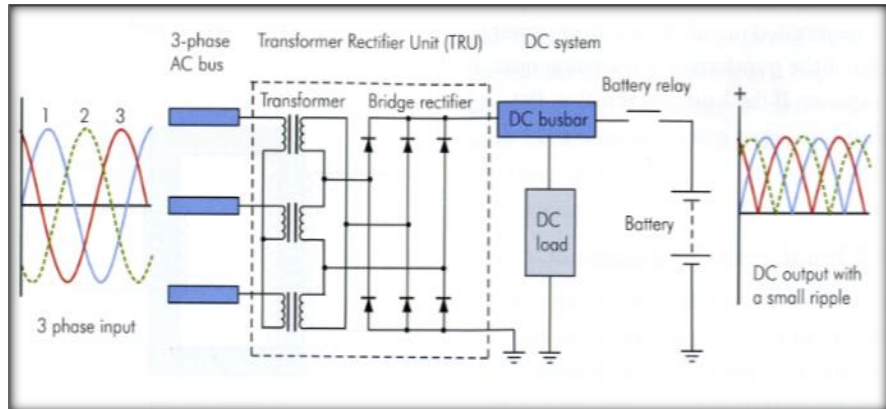


169. ábra: Transzformátor felépítése és jele
Forrás: [1], 9-3.p.

9.1.3 Háromfázisú transzformátor

A háromfázisú transzformátorok három egyfázisú transzformátorok egy egységben, lásd 170. ábra. Egy Transzformátor Egyenirányító Egységben (TRU) a primer tekercsek csillag kapcsolásban vannak, a

szekunder tekercsek deltában, így a 200 V tápfeszültséget 115 V-ra csökkentik a primer tekercsekben, az egyes transzformátorok transzformációs aránya így arra a szükséges arányra csökkenthető, mely elegendő a



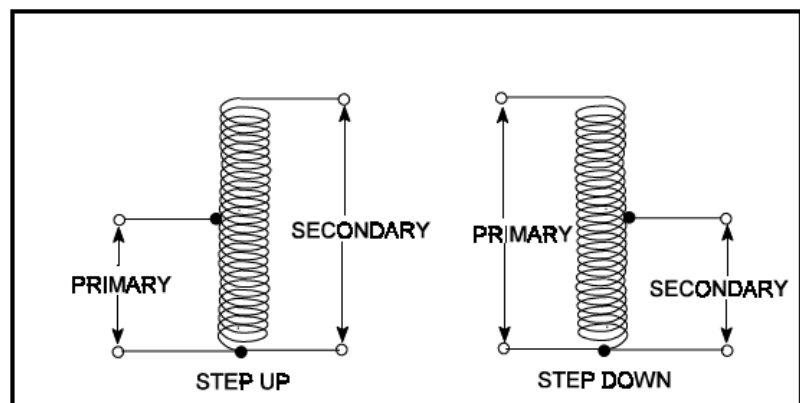
170. ábra: Transzformátor egyenirányító egység (TRU)

Forrás: [1], 9-4.p.

szekunder feszültségek szállítására az egyenirányítóhoz. Ezek a szekunder feszültségek egy híd egyenirányítóba mennek, melynek kimeneti feszültsége a DC gyűjtősínhez szükséges érték lesz, ez általában 28 V DC. [1]

9.1.4 Autotranszformátor

Az *autotranszformátor*nak csak egy tekercse van. Ennek a tekercsnek egy része mind a primer, mind a szekunder áramkörben részt vesz, ezzel súlymegtakarítás érhető el. Az *autotranszformátor* kapcsolása lehet felfelé léptető és lefelé léptető, ahogy az 171. ábra mutatja.



171. ábra: Autotransformer

Forrás: [2], 239.p.

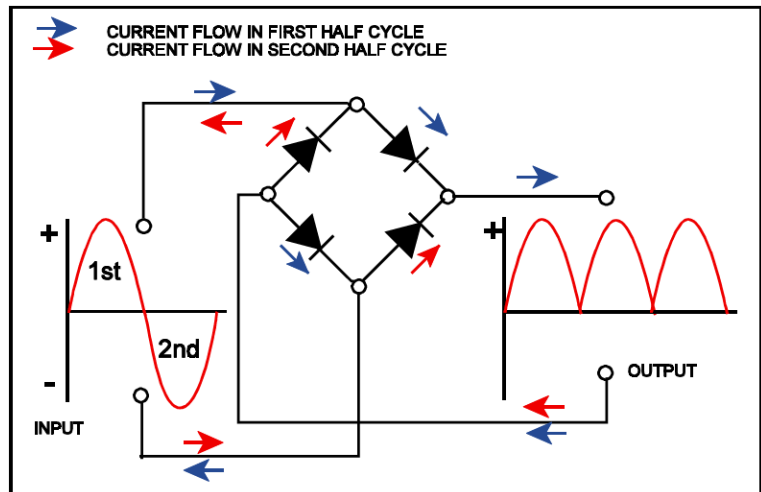
Ha a primer feszültséget olyan ponton kapcsoljuk, ahol a menetszám kisebb, mint ahová a terhelés kapcsolódik, a menetszámok arányának megfelelően a szekunder feszültség nagyobb lesz. 171. ábra. Ha a primer feszültséget olyan pontra kapcsoljuk, ahol nagyobb a menetszám, mint ahová a terhelést kapcsoltuk a szekunder feszültség kisebb lesz, szintén a menetszámok arányának megfelelően.

Megjegyzés: Mivel nincsenek meghatározott kapcsolódási pontok a tekercsen, így a primer és a szekunder áramkör közt nincs szigetelés. Az *autotranszformátort* gyakran használják műszerek ellátására. [1]

9.2 Egyenirányítók

Egyenirányítók feladata váltakozó áramból egyenáramot előállítani.

A híd egyenirányító áramkört normál esetben AC generátorokkal együtt használják, hogy pulzáló DC-t állítsanak elő. Négy diódára van szükség egy AC fázis teljes sávú egyenirányításhoz, 77. és 172. ábra.

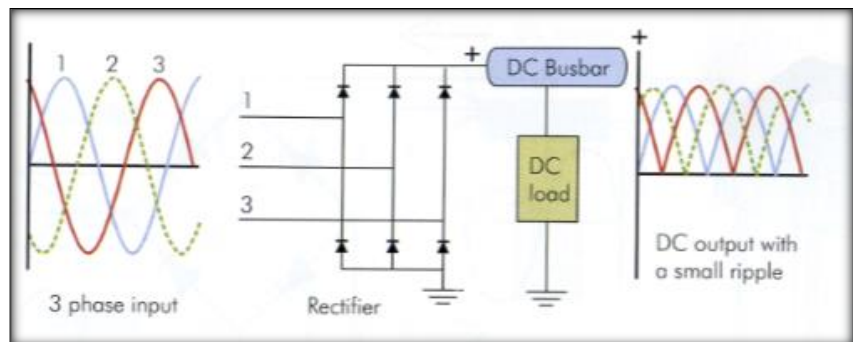


172. ábra: Egy fázisú teljes egyenirányítás
Forrás: [2], 240.p.

A híd egyenirányítókról a Félvezetők fejezet is említést tesz.

Hat diódára van szükség három fázis teljes sávú egyenirányításához, hogy a kimeneten kis mértékben hullámzó DC kerüljön a gyűjtősínre.

173. ábra. [1]



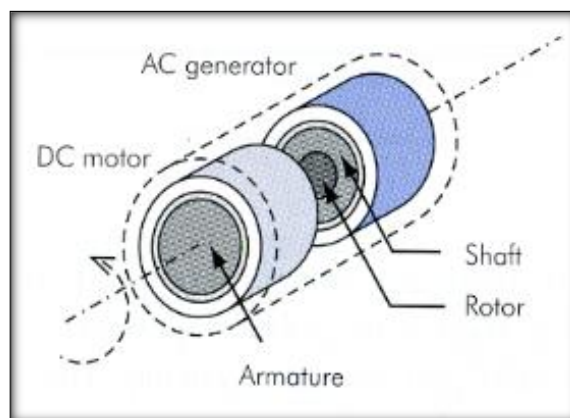
173. ábra: Háromfázisú egyenirányító
Forrás: [1], 9-6.p.

9.3 Inverterek

Az *inverter*eket egyenáram állandó frekvenciájú váltakozó árammá alakítására használjuk, például 115 V 400 Hz vagy 28 V 400 Hz. Az *inverter* kimenete lehet egy vagy háromfázisú AC. Két típusát különböztetjük meg: forgó és álló. [1]

9.3.1 Forgó inverterek

Egy forgó *inverter* egy egyenáramú motorból, melyet állandó sebességen történő üzemelésre terveztek, és egy ugyanazon tengelyen futó váltóáramú generátorból áll. 174. ábra. A motor meghajtja a generátort, mely állandó frekvenciájú váltóáramot hoz létre. A generátor forgórész áramának szabályozásával irányítható a váltóáramú feszültség.



174. ábra: Forgó inverter
Forrás: [1], 9-6.p.

A DC motor és az AC generátor egy házban helyezkedik el, egy egységnek tekinthetők. A forgó *inverter*eket felváltják az álló *inverter*ek, de számos helyen még megtalálhatók. [1]

9.3.2 Álló inverterek

Egy álló *inverter* egy tranzisztorokból álló egység, mely DC-ből AC-t csinál. Ezt a bemenő egyenáram négyzög hullámok sorozatává történő felszeletelésével, és transzformátorokkal a kívánt értékre történő transzformálásával, végül szinuszhullámmá történő (hullámokká háromfázisú *inverter* esetén) szűrésével végzi. A belső áramköri felépítése hagyományos áramköri elemeket tartalmaz, mint például oszcillátorok, diódák, tranzisztorok, kondenzátorok és transzformátorok. Egy álló *inverter* ugyanazt a feladatot látja el, mint egy forgó gép, de a hűtést szolgáló ventilátoron kívül nincs más mozgó alkatrész. Az álló *inverter*eket számos repülőgéptípusban alkalmazzák, sok esetben normál AC tápforrásként. Ezzel szemben a leggyakoribb alkalmazás az alapvető rendszerek vészhelyzeti AC ellátása, amikor a normál 115 V-os rendszer meghibásodik. [1]

9.4 Földi áramforrás (GPU)

A földi áramforrás lehet önjáró vagy vontatható kocsis. [1] Egy sajátos tartalék rendszer, mely a repülés kezdetén és végén, átmeneti időre lép a fő rendszer helyére, továbbá karbantartás során lehetővé teszi az áramellátást igénylő munkákat (az ún. melegpróbákat). Illeszkedik a repülőgép elektromos rendszeréhez, és 28 V DC-t (korábban és kis repülőgépeken manapság is), vagy 115 V/ 400 Hz háromfázisú váltakozó feszültséget biztosít. A csatlakoztatást

szabványos alkatrészek biztosítják: gépi oldalon külső táplálási villás aljzat, a repülőtéri oldalon hüvelyes lengődugó szolgálja. Kialakításuk olyan, hogy a 2 (pozitív és negatív vezeték 28 V egyenfeszültségnél), illetve 3 fázis- + 1 nullavezeték (115 V 400 Hz esetén) csap-hüvely párja kiegészül a vezérlő áramkörrel (1, illetve 2 csap és hüvely). [4]

Normál esetben dugattyús motorból és azáltal hajtott generátorból áll, a dugattyús motort üzemanyag mennyiség szabályozásával állítják állandó fordulatszámra, ennek eredményeképpen a generátor állandó frekvenciát biztosít. [1]

A külső táplálási aljzato(ka)t rendszerint a légi jármű orrának jobb oldalán (a kiszolgálási oldalon) helyezik el, de előfordul, hogy a farokrészen, vagy egy műszaki rekeszen belül (a használat során ennek ajtaja nyitva lesz). [4]

10. Megosztás, fogyasztás és ellenőrzés

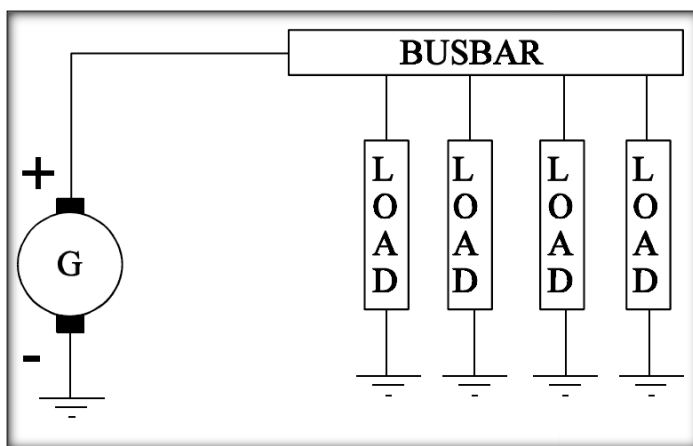
A megfelelő generátor által létrehozott rendelkezésre álló teljesítményt elérhetővé kell tenni a teljesítményt felhasználó berendezéseknél és rendszereknél. Emellett szükséges egy rendezett elosztórendszer létrehozása a teljes járműben. Ezen elosztórendszer sajátosságait a jármű típusa és elektromos rendszere határozza meg.

Például: egymotoros repülőgépek esetében a energiaellátó rendszer egy generátorból, vagy *alternátor*ból és egy akkumulátorból áll a szükséges vezérlő és visszajelző berendezésekkel együtt. A két vagy többmotoros repülőgépek esetében normál esetben a generátorok párhuzamosan vannak kapcsolva.

10.1 Egypólusú rendszer (*Uni-pole, egyvezetékes vagy Earth return*)

Az áramforrások pozitív pólusa és a fogyasztók pozitív pólusa egy *busbar*hoz kapcsolódik, mely szigetelve van a gép sárkányszerkezetétől. Mivel a járművek szerkezete a legtöbb esetben fém és továbbá elegendő tömeget jelent ahhoz, hogy elektromosan semleges legyen, így földpontként, vagy negatív *busbarként* biztosíthatja az áram visszaútját.

Az áramforrás és a fogyasztók áramköreit a negatív pólusnak a jármű különböző föld pontjához történő kapcsolásával zárják, melyeknek a helyei és száma járművenként változik.



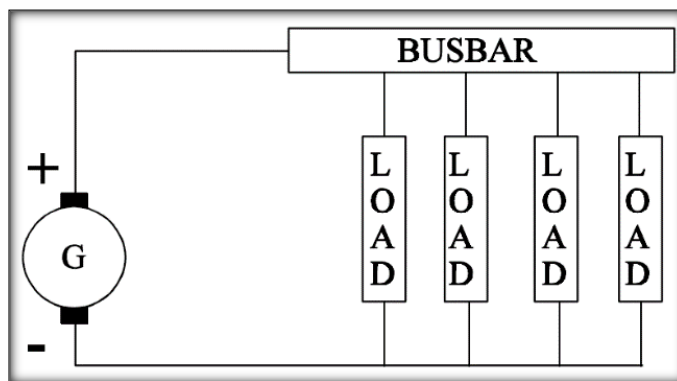
175.ábra: Egy pólusú rendszer
Forrás: [2], 126.p.

Az ilyen rendszereket egyvezetékes, egypólusú, vagy *earth return* rendszereknek nevezzük. 175. ábra.

Az egypólusú rendszer előnye, hogy könnyebb, egyszerűbb a hibakeresés, és kisebb a rövidzár kockázata.

10.2 Kétpólusú vagy kétvezetékes rendszer

Ezt nem vezető anyagból készült járművek esetében alkalmazzák. Egy teljes áramkörre van szükség az áram folyásához, szükség van egy negatív vezetékre, mely a fogyasztót az áramforrás negatív oldalához kapcsolja, illetve egy pozitív vezetékre, mely a fogyasztót kapcsolja a *bubarra*. 176. ábra.



176.ábra: Kétpólusú rendszer
Forrás: [2], 125.p.

10.3 Busbarok (repülőgépeknél)

A legtöbb repülőgép típus esetében az áramforrások kimenetei egy vagy több alacsony impedanciájú vezetőhöz vannak kapcsolva, ezeket *busbar*oknak, másnéven gyűjtősíneknek nevezzük. Ezek általában elosztó dobozokban vagy elosztó panelekben találhatók, a repülőgép központi részein. Ezek biztosítják az áramforrások pozitív fogyasztóinak csatlakoztatását a fogyasztókhoz.

Egy egyszerű rendszer esetében a gyűjtősín egy összekapcsolt érintkezőkből álló lemez, míg komplex repülőgépek fő gyűjtősínje vastag fém (általában réz) lemezekből és rudakból áll, amelyekhez lehet a be- és kimeneteket kapcsolni. A lemezek vagy rudak el vannak szigetelve a repülőgép sárkányszerkezetétől és normál esetben védőbevonattal vannak ellátva.

10.3.1 Terhelések csoportosítása

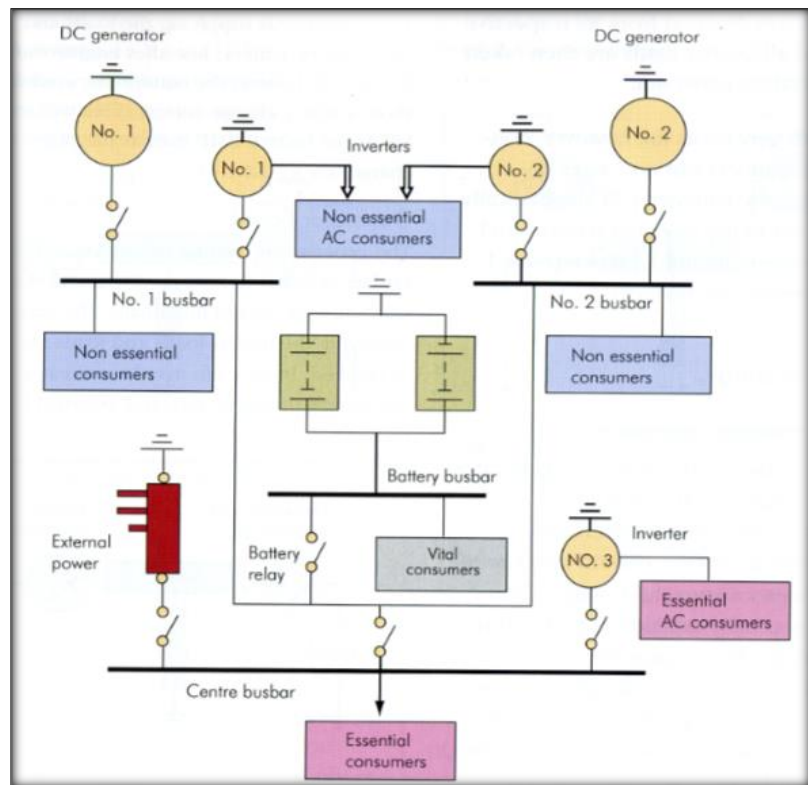
A fogyasztókat normál esetben a fontosságuk sorrendjében csoportosítjuk. Általában három csoportba sorolhatók: létfontosságú, alapvető és nem alapvető.

177. ábra

Létfontosságú szolgáltatások (Vital services)

Ezek olyan szolgáltatások, melyek egy kényszerleszállás után szükségesek, ilyen például egy behúzott futóművel történő leszállásnál a szükséges szolgáltatások

lehetnek kabin vészvilágítás, tűzoltó rendszer kényszerhelyzeti működtető kapcsolói. Ezeket a szolgáltatásokat nyújtó berendezéseket közvetlenül az akkumulátor gyűjtősínjére kapcsolják.



177. ábra: Egy tipikus elosztó rendszer

Forrás: [1], 10-3.p.

Alapvető szolgáltatások (Essential Services)

Ezek olyan szolgáltatások, melyek a repülés biztonságos végrehajtását szolgálják egy esetleges repülés közbeni kényszerhelyzet során. Ezeket a megfelelő DC vagy AC gyűjtősínre kapcsolják, oly módon, hogy generátorról vagy akkumulátorról is üzemeltethetők legyenek. Ez azt jelenti, hogy generátor meghibásodás során akkumulátorról táplálhatók. Ezeket a berendezéseket az alapvető gyűjtősínre kapcsolják, mely az akkumulátor relén keresztül rákapcsolható az akkumulátorra.

Nem alapvető szolgáltatások (Non-Essential Services)

A nem alapvető szolgáltatások olyan szolgáltatások, melyek nem lényegesek a repülés biztonsága szempontjából, és ezeket a nem alapvető gyűjtősínre csoportosítják, ilyen például a konyha elektromos fogyasztói.

Ezeket le lehet választani egy repülés közbeni vészhelyzet esetében terhelésmegosztási okból. Szükség szerint DC vagy AC gyűjtősínhez kapcsolódnak, és a generátorról kerülnek táplálásra.

10.3.2 Példa egy DC bus rendszerre

A létfontosságú fogyasztók közvetlenül kapcsolódnak az akkumulátor gyűjtősínjéhez, lásd 177. ábra. Ezek akkor kerülnek táplálásra, ha a generátorok KI vannak kapcsolva vagy meghibásodtak, illetve az akkumulátor KI van kapcsolva, így az akkumulátor relé nyitva van.

Az alapvető berendezéseket akkumulátorról lehet táplálni, ha az akkumulátorok BE vannak kapcsolva és mindkét generátor meghibásodott.

Az alapvető fogyasztókat bármelyik, vagy mindkét fő generátor is elláthatja. Ezt a rendszert úgy tervezték, hogy az összes állandó terhelést el tudja látni egy generátor is. Az ábra példa egy párhuzamos DC generátor megosztó rendszerre.

Az akkumulátor gyűjtősínje mindig kapcsolódik az akkumulátorhoz, ezért hívják még *hot bus*-nak, vagy *hot battery bus*-nak is.

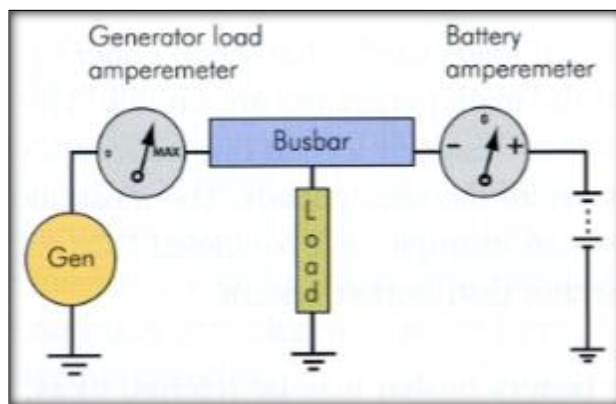
Amennyiben az egyik generátor meghibásodik, az automatikusan leválasztásra kerül a gyűjtősínjéről és az összes terhelés a működő generátor veszi fel.

Mindkét generátor meghibásodása esetében a nem alapvető fogyasztók nem táplálhatók, de az akkumulátor el tudja látni az alapvető fogyasztókat és működtetni őket egy előre meghatározott ideig (általában percig).

10.4 Folyamatos ellenőrzés

10.4.1 Generátor üzeme

A generátor kimenő teljesítménye feszültség és áramerősség mérővel mérhető. A feszültségmérőt a gyűjtősín feszültségének mérésére pozicionálják. Egy több generátort és több gyűjtősínt tartalmazó rendszerben a feszültségmérő, a rendszer több pontjára is kapcsolható. Az 178. ábra egy egy hajtóműves repülőgép két különböző pontján elhelyezett áramerősség mérőt mutat.



178. ábra: Normál generátor működés
Forrás: [1], 10-4.p.

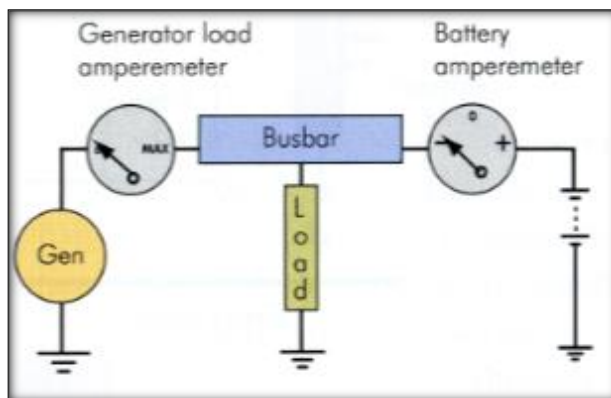
Normál működés

A generátor táplálja a fogyasztókat és tölti az akkumulátort. Röviddel az akkumulátorról történő hajtóműindítást követően, az akkumulátor árammérője egy jelentős töltőáramot fog mutatni. Ez hamar lecsökken, ahogy az akkumulátor töltődik, lásd 178. ábra.

Meghibásodott generátor

A generátor nem szolgáltat áramot a gyűjtősín felé, de nem is vesz fel onnan. Egy piros figyelmeztető lámpa gyullad ki. Ekkor az akkumulátor fogja táplálni a gyűjtőszint és a terhelést meg kell osztani.

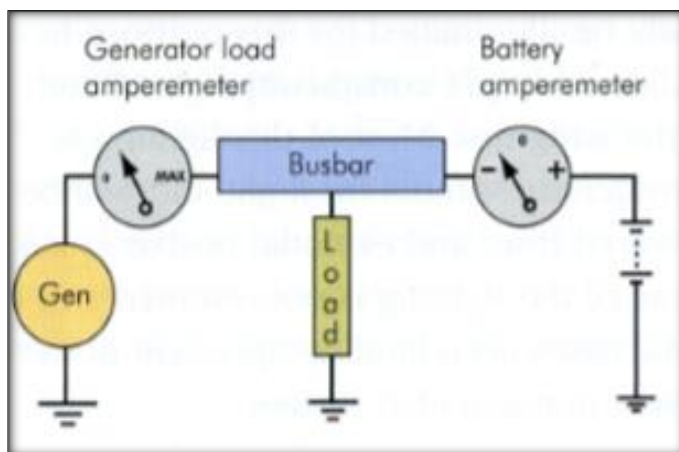
Az az idő ameddig az akkumulátor képes áramot szolgáltatni megbecsülhető az akkumulátor merülési mértékéből és az akkumulátor kapacitásából, lásd 179. ábra.



179. ábra: Meghibásodott generátor
Forrás: [1], 10-4.p.

Generátor feszültségcsökkenése

Ha a generátor feszültsége csökken, az akkumulátor képes részben átvenni a gyűjtősín terheléséből. Ezután, ha generátor meghibásodás következik be az akkumulátor részben feltöltött állapotban lesz, így rövidebb ideig lesz képes áramot szolgáltatni. (A minimális tervezési követelmény könnyű repülőgépek esetében 30 perc).



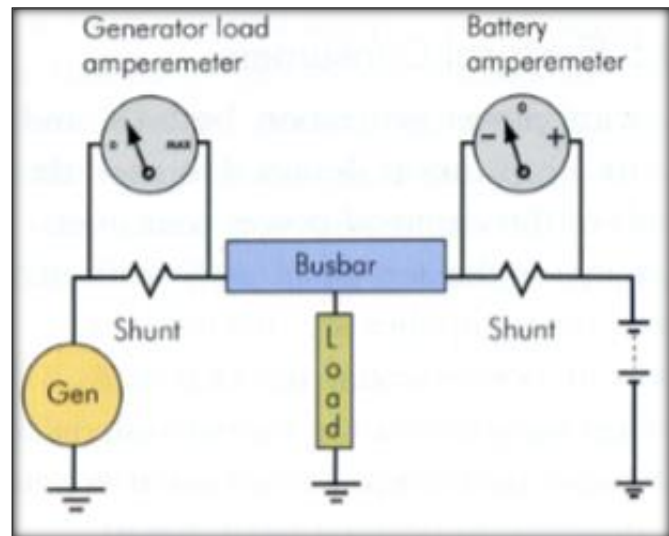
180. ábra: Generátor feszültségcsökkenése
Forrás: [1], 10-5.p.

Egy feszültségcsökkenést jelző piros lámpa világít (gyakran sárga), amikor a feszültség 13 V és 12,5 V közé esik vissza, egy 12 V-os rendszer esetében, vagy 25,5 V és 25 V közé, egy 24 V-os rendszer esetében. 180. ábra.

Általában egy árammérőt építenek be, ez lehet generátor vagy akkumulátor árammérő. Ha csak egy árammérő elérhető a generátor és a gyűjtősín között, megcsúszó meghajtás miatti alacsony generátor teljesítmény folyamatos akkumulátor kimerülést okozhat. Ebben a szituációban a feszültségcsökkenést jelző lámpa nagyon hasznos.

Ampermérő sönt

Egy sönttel beépített árammérő egy fizikailag kis műszer, mely kis áram hatására teljes skálájú kitérésre képes, lehetővé teszi nagy áramok mérését. A sönt, a mérőtekercs ellenállásához képest kis ellenállású, és a generátor kimenő vezetékébe vagy az akkumulátor vezetékébe van kapcsolva. A kis mérőáramokat vékony vezetékeken vezetik a pilótafülke műszereihez. Mivel az árammérőt sorban és párhuzamosan kapcsolták, az áram akkor is át tud folyni a söntön, ha az ampermérő meghibásodik. 181. ábra.



181. ábra: Ampermérő sönt elmélete
Forrás: [1], 10-5.p.

10.4.2 Visszajelző panel

Ez a panel figyelmeztető lámpákat tartalmaz a pilótafülkében a hajóórszemélyzet számára jól látható helyen elhelyezve. A visszajelzőlámpák fölött felirat jelzi azon rendszer nevét, amelyet reprezentál. Egy visszajelző panel tartalmazhat tájékoztató lámpákat, melyek egy rendszer bekapcsolt állapotáról, vagy normál működéséről adnak visszajelzést.

Veszélyt jelző, figyelmeztető, és tájékoztató lámpáknak meghatározott színkódjuk van, ezzel jelezve a köztük lévő különbséget:

Amikor egy veszélyt jelző lámpa (piros) kigyullad, az olyan állapotot jelez, amely azonnali pilóta beavatkozást igényel.

A figyelmeztető lámpa (sárga), rendellenes működést jelez, de nem feltétlenül veszélyes állapotot.

A tájékoztató lámpa különböző rendszerek működéséről tájékoztatnak. Lehetnek kék, vagy zöld színűek.

10.5 Elektromos fogyasztók

A járművek elektromos ellátórendszere, mind AC, mind DC az elektromos fogyasztók (rendszerek) kiszolgálására tervezett. Amint fentebb említésre került a fogyasztókat három csoportba soroljuk: létfontosságú, alapvető és nem alapvető, valamint ezek táplálása

gyűjtősíneken keresztül történik. Ezeket a gyűjtősíneket úgy tervezték, hogy automatikusan vagy kézi vezérléssel lekapcsolhatók legyenek (csak a repülőgép vészhelyzet és rendellenessége esetére vonatkozó eljárások szerint) az áramellátó rendszerben történt meghibásodás esetében.

Fogyasztóknak tekintjük többek között a világítást, fűtést, mágneses berendezéseket, *avionikát*, és műszereket, amelyeket a repülés során működtetni kell. Más ellátás szükséges az indítómotorok, elektro-hidraulikus rendszerek, futómű, fékszárnyak, áramlásrontó lapok, és számos esetben a teljesítményellátó rendszer működtetéséhez.

A világítás bonyolultsága a jármű méretétől és felhasználásától függ (például utas, vagy teherszállító), de vannak minden járművön hatósági előírások által megkövetelt fények, ide tartoznak repülőgépeknél a navigációs, ütközés elkerülő, villanófény, leszálló és guruló fények. Néhány repülőgépen a leszálló és gurulófények aktuátorok által helyeződnek az áramlásba, vagy az orrfutóra szereltek.

A szigorodó előírási követelményeknek köszönhetően 10 000 ft alatt további ütközés elkerülési célzattal erős fényű lámpákat kell bekapcsolni (a láthatóság végett), a leszálló- és guruló fényekkel rendelkező repülőgépek esetében ezeket nem mindig lehet bekapcsolni, ezért erre a célra szárnyvégi láthatósági fényeket használnak. Ezen lámpák többségét a repülés biztonsága szempontjából alapvetőnek tekintik és az alapvető gyűjtősínről táplálják. A fények egy részét a nem alapvető kategóriába sorolják és néhány esetben a leszálló fényszórót is a nem alapvető gyűjtősínről táplálják.

A repülőgépen belül világítás szükséges a hajózószemélyzet tevékenységeihez és a műszerfal megvilágításához, valamint az utastér világításhoz. A pilótafülke világítás nagyrésze az alapvető gyűjtősínre van kapcsolva, de egy kis részük létfontosságú kategóriába tartozik, így ezeket közvetlenül a repülőgép akkumulátorának gyűjtősínjéről látják el.

Az utastér világítás kialakítása nagyban függ a repülőgép nagyságától és típusától. Normál esetben, a világítás fele kap áramot az alapvető gyűjtősínről, míg a másik fele a nem alapvető gyűjtősínről. Az utasszállító repülőgépek esetében, a világítás a pilótafülkéből, vagy a légiutaskísérők paneljáról vezérelhető, gyakran változtatják az intenzitását. Az utasoknak normál esetben fejfeletti olvasólámpája is van. A belső figyelmeztető jelzések (biztonságiöv becsatolására figyelmeztető, dohányzást tiltó) a pilótafülkéből vezérelhetők. Modern repülőgépek fedélzeti szórakoztató rendszere (video, audio, stb.) a nem alapvető gyűjtősínre van kapcsolva.

Vészhelyzeti világítás biztosítja az utastér, a menekülő útvonalak és a vészkijáratok, nyílások külső területének megvilágítását, így az utasok relatíve biztonságosan tudják elhagyni

a fedélzetet egy teljes elektromos rendszer hiba esetében. Mivel ezek normál esetben egy teljes elektromos rendszer meghibásodás után használatosak, a vészvilágítást újratölthető akkumulátorok/ tápegységek táplálják, ezek függetlenek a repülőgép energiaellátó rendszerétől. Alacsony mértékben töltődnek (cseptöltéssel) a repülőgép elektromos rendszeréről, majd miután működébe léptek eltávolításra kerülnek és elektromos műhelyben töltik fel őket.

A fűtési megoldások repülőgépenként változnak, kis repülőgépeken gyakran alkalmaznak elektromos fűtést, mely nagy áramot vesz fel, ezáltal a nem alapvető fogyasztókkal együtt lekapcsolásra kerülnek generátor hiba esetén.

Gázturbinás, vagy turboprop repülőgépeken a fűtést a hajtóműtől elvett forró levegő (*bleed air*) segítségével biztosítják, így az elektromosság csak a vezérlő szolenoidoknál, hőmérsékletszabályzóknál és az ellenőrző rendszerben van jelen, de itt csak kis áramok folynak.

A mágneses berendezések kis áramot fogyasztanak, a fogyasztás a vezérlés és ellenőrzésre korlátozódik.

Az *avionikai* és műszerrendszerek típustól függően állhatnak alacsony áramfogyasztású rádióból és giroszkópokból kis repülőgépek esetében, és lehetnek kifinomult EFIS, vagy *glass cockpit* a modernebb repülőgépek esetében. Mivel a rendszerek jelentősen eltérőek lehetnek, így a teljesítményigényük és a lekapcsolás szükségessége is eltérő. Egy többpilótás üzemeltetésben lévő, kéthatóműves repülőgép esetében gyakran a másodpilóta műszerei lekapcsolásra kerülnek mindkét generátor meghibásodása esetén. Ugyanez a hiba egy négy hajtóműves repülőgép esetében nagyon kis hatással van a pilótafülke műszereire.

A kis- és közepes turboprop repülőgépek gyújtósín elosztó rendszere tartalmaz egy nem kapcsolt *avionika* ellátórendszert a normál alapvető rendszertől. Ez lehetővé teszi bizonyos rádiók és *avionikai* elemek használhatók legyenek, amikor az akkumulátor az egyetlen áramforrás és össze van kapcsolva a gyújtósínre az alapvető elosztórendszeren keresztül. Azáltal, hogy külön kapcsoló és műszerrendszer van, ez megakadályozza, hogy felesleges berendezések működjenek a hajtóműindításig, így kevesebb berendezés meríti az akkumulátort az indításig.

A legtöbb *avionika* és műszerrendszernek szüksége van egyenáramra az irányításhoz, és váltóáramra a berendezés működtetéséhez.

A fenti nem egy teljes lista a repülőgépen található fogyasztókról és a legtöbb esetben ez csak az alacsony fogyasztású rendszereket fedi le. A nagy fogyasztók a jégtelenítő és jegesedés gátló rendszerek, melyek lehetnek elektromosak is. Ezek tartalmazhatnak légcsavar jégtelenítőket is, melyek tipikusan lapátonként 20 A-t vesznek fel.

Az szélvédő fűtés beépített fűtő filmrétegeket használ, ezek áramfogyasztás csökkentése nem egyszerű feladat, mivel normál repülési körülmények között mindig be van kapcsolva, de a légszűrőfűtést gyakran szakaszosan alkalmazzák, váltogatva a lapátok, lapát párok, vagy a lapáton fűtő párnák között terheléscsökkentés érdekében. Számos esetben a légszűrő és a szélvédő fűtés lekapcsolásra kerül, amikor az összes generátor teljesítmény megszűnik és az akkumulátorok az egyetlen áramforrások. Ez a szituáció nagyon ritka, de szükség lehet rá, utalhatnak rá a kényszerhelyzeti eljárások, így ezeket a repülőgép kézikönyvei tartalmazzák.

11 Földelés és árnyékolás

11.1 A statikus elektromosság okai

Ha egy üvegrudat selyemmel dörzsölünk, elektronok mozognak az üvegrúdról a selyemre. Az üvegrúd pozitív töltést kap. Ezt nevezzük statikus elektromosságnak.

Hasonlóképpen, repülés közben egy repülőgép is nagy mennyiségű statikus töltést vesz fel, és nagyobb töltési potenciált kap, mint a környezete. Ez a jelenség elfogadhatatlan, de elkerülhetetlen.

Kétféleképpen jön létre:

- A csapadék statikus töltései által
- Elektrosztatikus indukciós változások miatt

A csapadék általi statikus töltések a repülőgép külső felületein épülnek fel, az esőcseppekkel, hó- és jégkristályokkal, porral, füsttel és a levegőben lévő egyéb szennyeződésekkel való súrlódás miatt.

Elektrosztatikus típusú töltések akkor indukálódnak egy repülőgépen, ha az adott típusú felhőzet által keltett elektromos térbe repül.

A statikus töltések felépülésének módjától függetlenül, az eredő potenciálkülönbség közte és a légkör között kisülést eredményez, ami a repülőgép potenciálját a környezet potenciáljára akarja hozni. A töltés majdnem úgy tűnik, ahogy keletkezett, és természetes úton.

11.2 Földelés

A repülőgépen az azt alkotó elemek és a működéshez szükséges rendszerek okozta potenciálkülönbség kisülést eredményezhet a repülőgép fedélzetén. Az ilyen repülőgépen belüli potenciálkülönbségek gyakran a kommunikációs rádiók statikus zajaként észlelhetők. Ez egy többé-kevésbé folyamatos háttérzajt jelent, melyet gyakran fehér zajként emlegetnek.

Ez egyfolyamatos, alacsony ellenállású kapcsolat meglétét teszi szükségessé, az összes berendezés között.

Képesnek kell lennie:

- Korlátozni a potenciálkülönbséget az összes alkatrész közt
- Csökkenteni a szikra kisülés és tűz veszélyét
- Különösen nagy áramokat és feszültségeket kell tudnia kisütni az atmoszférába
- Csökkenteni a kommunikációs és navigációs rádiók interferenciáját
- Megakadályozni, hogy a repülőgépre eszközöket csatlakoztató személyek áramütést szenvedjenek

Az ilyen rendszereket földelésnek nevezzük. A földelés egy folyamatos kapcsolat, fémes alkatrészeket, vezető fémszalaggal kapcsol össze, például csővezeték egy nem fémes csatlakozás mindkét oldalán, rövid flexibilis fonattal mozgó elemeket, mint például vezérlő rudazat, repülésvezérlő rendszer elemei.

11.3 Statikus töltés veszélyeinek megakadályozása

Valamennyi sztatikus töltés mindig marad a repülőgépen, így leszállás után potenciálkülönbég tud létre jönni a repülőgép és a föld között. Ez egy veszélyes helyzet, mivel áramütés veszélye áll fenn a repülőgép fedélzetére lépő, vagy azt elhagyó emberek felé, és szikrakisülés jöhet létre a repülőgép és a hozzá kapcsolt külső földi berendezések közt.

Annak érdekében, hogy meglegyen a szükséges földelés, két fő megoldást alkalmaznak egyszerre, vagy külön-külön:

- Az első esetben, a repülőgép megfelelő orr- vagy farokfutóval rendelkezik, és a gumiabroncs jó elektromos vezetőképeséget adó keveréket tartalmaz.
- A másik esetben, a földelés a fő-, vagy orrfutó tengelyhez erősített hajlékony acél vezeték, mely fizikai kapcsolatot biztosít a földdel.

Üzemanyagfeltöltés során, a potenciál kiegyenlítést, a repülőgép és a tankoló berendezés között földeléssel oldják meg, mivel a tankoló berendezés eleve földelt, vagy a tankoló cső végének a repülőgép arra kialakított ponton történő földelésével. Üzemanyagfeltöltés során folyamatos fizikai kapcsolat áll fenn a tankoló cső vége és a töltőnyílás között.

11.3.1 Sztatikus kisütő pálcák

A sztatikus kisütés folyamatos, annak érdekében, hogy kiegyenlítsük a töltéseket a repülőgép és az atmoszféra között. Habár, a kisütés mértéke kisebb, mint a feltöltődés mértéke. Ez azt eredményezi, hogy a repülőgép töltési potenciálja elér egy olyan értéket, amely lehetővé teszi a kisütést, lásd 182. ábra.



182.ábra: Statikus kisütőpálcák
Forrás: INTERNET [9]

Ez a kisülés komoly interferenciát okozhat a rádiójelekben, ezért biztosítani kell, hogy ez olyan helyeken történjen, ahol az interferencia minimális. Ezt sztatikus kisütőpálcákkal érik el. Relative egyszerű utat biztosítanak a töltéseknek, így a kisülés egy előre meghatározott helyen megy végbe, nem pedig össze-vissza. A sztatikus kisülések a csűrők, magassági kormányok és oldalkormányok kilépő élénél mennek végbe.

11.3.2 Árnyékolás

Az árnyékolás alacsony ellenállású utat biztosít a nemvárt rádió interferenciát okozó feszültségeknek. Az árnyékoló rendszer által elvezetendő feszültségek összekapcsolódó külső erőterek okozzák, amelyek elektromos berendezések és bizonyos áramkörök működéséből erednek. Tipikus példák ilyenre DC generátorok, hajtómű gyújtás rendszer, DC motorok és időkapcsolók.

Két árnyékolási megoldás ismert:

- Számos kondenzátor alkalmazása, amelyek alacsony ellenállású pályát biztosítanak. Ezen kondenzátorok által össze vannak kapcsolva az interferenciaforrások, úgy, hogy egy önálló egységet képezzenek, amelyet elnyomónak nevezünk. Ezt a módszert generátorok, motorok és időkapcsolók esetében alkalmazzák.

- A berendezések fém házakba zárása, és a vezetékek fém fonattal való árnyékolása. Ez az eljárás általában a gyújtásrendszer kábeleinek árnyékolására használatos.

Az elnyomók és a fém szigetelések a repülőgép föld pontjához kapcsolódnak.

12 Logikai áramkörök

A modern technológia egyik célja az elektromos komponensek és áramköreiknek a lehető legkisebbre és legkönnyebbre való készítése (miniatürizálás). Minél kisebbre és könnyebbre tudunk készíteni valamit (anélkül, hogy a komponensek szükséges szilárdsága és integritása terén kompromisszumokat kellene kötni), annál több hely és tömeg áll rendelkezésre a hasznos teher számára. A nyomtatott áramkörök, tranzisztorok, és egyéb félvezető eszközök megszületése lehetővé tette ennek a létrejöttét. A miniatürizálás jobb hatásfokot, megbízhatóságot és a moduláris felépítés koncepcióját hozta magával.

12.1 Félvezető áramköri technológia

A félvezető áramkör olyan, normál esetben diszkrét elemekként összekapcsolt áramköri elemekből épül fel, mint például diódák, tranzisztorok, egyenirányítók, kondenzátorok és ellenállások. A félvezető áramkörökben ezek az elemek egy félvezető anyagba vannak beágyazva.

Az évek során a mikrochip gyártók (gyakran nevezzük ezeket chipeknek, vagy integrált áramköröknek- IC) elérték, hogy egyre több komponenst integráljanak egyre kevesebb félvezető anyagba. Ezáltal manapság számos chip létezik, úgy mint, Kisebb-, Közepes-, Nagy-, és Nagyon nagy integráltságú chipek. (SSI, MSI, LSI és VLSI) 183. ábra.



183.ábra: Integrált áramkör
Forrás: INTERNET [10]

Ezek a chipek nagy számú egyedileg dedikált funkció ellátására alkalmasak. Az ismert funkciójú chipek összekapcsolása során a kívánt feladat ellátására alkalmas karakterisztikájú egységet kapunk.

Manapság a repülőgép legtöbb elektromos egységének működtetése félvezető technológia alkalmazásával történik. Ahhoz, hogy a működést irányítsa, az irányító berendezésnek számos logikai döntést kell meghoznia a pilóta által adott bemenő jelek, és a kapcsolók, szolenoidok, és relék helyzete alapján. A logikai döntések meghozását igénylő elemeket logikai kapuknak nevezzük. Egy logikai kapuban rétegdiódák, és tranzisztorok vannak. Egy döntéshozó áramkörnek lehet egy logikai kapuja is, de a rendszer komplexitásától függően általában számos logikai kaput tartalmaznak a járművek elektromos berendezései.

12.2 Logikai kapuk

A mindennapokban számos egyedi szituáció kimenetelét kell figyelembe venni, mielőtt végső döntést hoznánk. Hasonlóképpen a logikai kapuk is számos szituáció eredményeként hozzák meg a végső döntést. Alább hat általános logikai kaput mutatunk be.

A logikai kapuknak számos bemenő csatlakozójuk van, de csak egy kimenő csatlakozó, lásd 184. ábra. Itt, két bemenet van A és B.

A számítógépes világban a '0' jelenti az egyik állapotot és az '1' a másikat (általában a számítógépben lévő mikrochip bináris számrendszert használ).

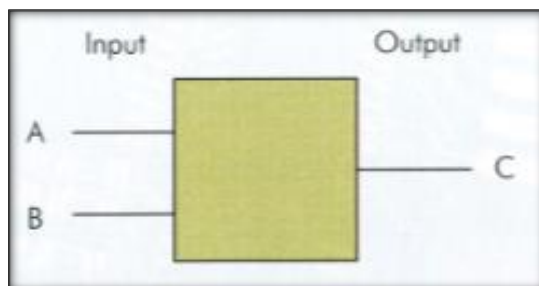
A logikai kapuk esetében a '0' jelenti a hamisat, az '1' jelenti az igazat; egyéb elnevezések lehetnek:

'1' = be, igaz, magas, zárva

'0' = ki, hamis, alacsony, nyitva

Mostantól az egyszerűség kedvéért csak az '1'-est és a '0'-át használjuk. Az elektromos áramkörökben a feszültség 5 V körül fogja normál esetben jelenteni az '1'-est, és 0,5 – 2 V-ig jelenti a '0'-át.

Mivel a logikai kapuk csak két állapottal dolgoznak, ezt bináris funkciónak nevezzük. A jelet, amely a kettő közül az egyik lehetséges jelet szimbolizálja, gyakran nevezik '*bit*'-nek (*Binary digiT*). Mivel két féle lehetséges jel van mindkét bemeneten, így a lehetséges bemenő jelkombinációk száma négy (a hat féle ismertetendő logikai kapu esetében).



184. ábra: Egyszerű logikai kapu
Forrás: [1], 12-2.p.

12.3 Igazságtábla

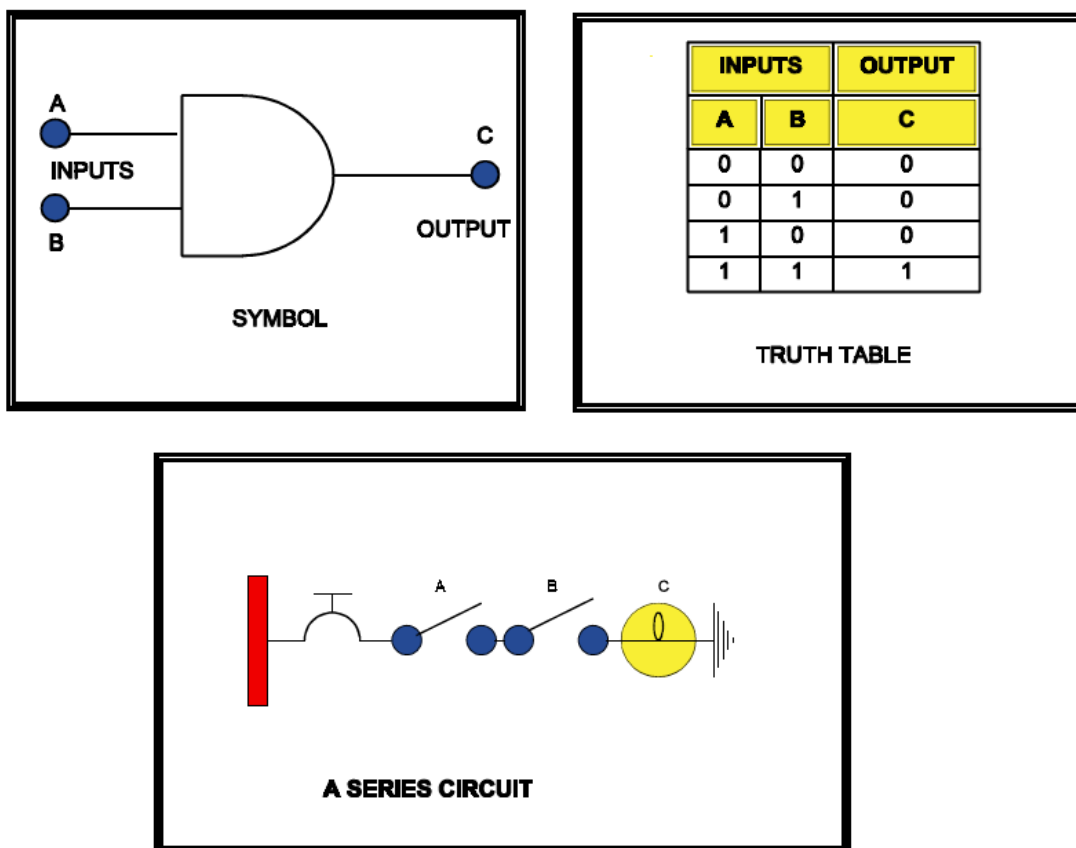
Az igazságtáblák szisztematikusan jelenítenek meg bináris adatokat és illusztrálják a kapcsolatot a logikai kapu bemenete és kimenete közt. Az áramköri rajzokban minden egyes logikai kapunak van egy jellegzetes jele, illetve a szimbólum egy adott irányba mutat, a bemenetek indig a jel bal oldalán, míg a kimenetek a jobb oldalon láthatók.

12.4 Jellegzetes logikai kapu típusok

12.4.1 Az ÉS kapu

Az és kapu esetében mind az A és B bemeneten '1'-nek kell lenni, ahhoz, hogy a C kimeneten '1'-es legyen.

185. ábra mutat egy két bemenettel rendelkező ÉS kapu jelét, és egy ezzel egyenértékű soros elektromos kapcsolást, amely szimbolizálja az ÉS kapu működését. Ha egy ÉS kapunak több,



185.ábra: ÉS kapu jele és igazságtáblája
Forrás: [2], 288.p.

mint kettő bemenete van, mindegyiken '1'-es kell legyen, hogy a kimeneten is '1'-es keletkezzen. Ezt az igazságtábla is mutatja. Amennyiben egy lámpát két sorba kapcsolt kapcsoló működtet, mindkettőnek bekapcsolva kell lennie, ahhoz, hogy a lámpa világítson, ha bármelyik kapcsoló ki van kapcsolva a lámpa sem fog világítani, ez szimbolizálja az ÉS kapu működését. Az ÉS kaput mindent vagy semmit kapunak is nevezik.

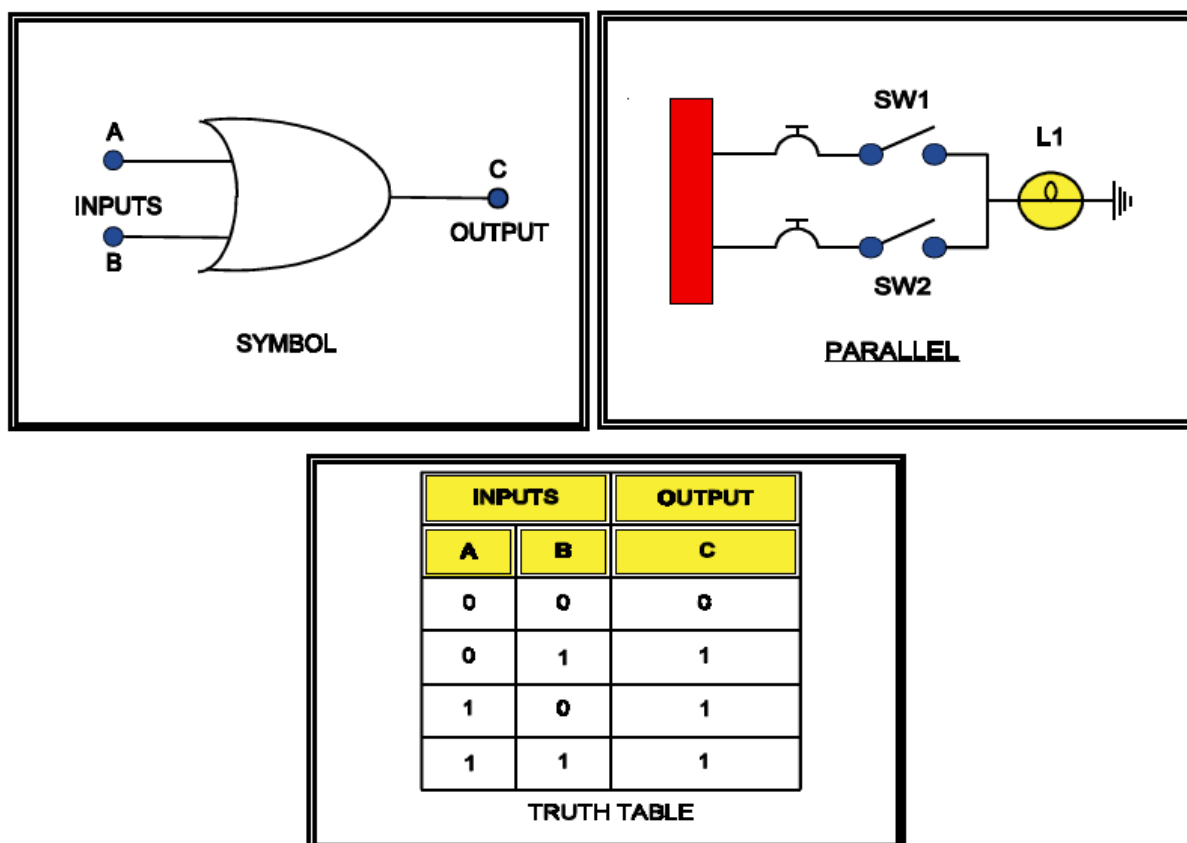
12.4.2 A VAGY kapu

Egy két bemenetű VAGY kaput mutat az 186. ábra, az igazságtáblájával és a működést demonstráló elektromos áramkörrel.

A VAGY kapu esetében, ha bármely bemeneten '1'-es (logikai magas) jel van, akkor a kimeneten is '1'-es lesz. Ahol több, mint két bemenet van, elég, ha egy vagy több bemeneten '1'-es jel van, ahhoz, hogy a kimeneten is '1'-es legyen. Ha minden bemenet '0', akkor a kimenet is '0'.

A működést demonstráló áramkörben egy *busbar*hoz két párhuzamosan kapcsolt kapcsoló csatlakozik és mindkettő egy égőn keresztül kapcsolódik a földhöz. Bármelyik kapcsoló felkapcsolása működésbe hozza az égőt.

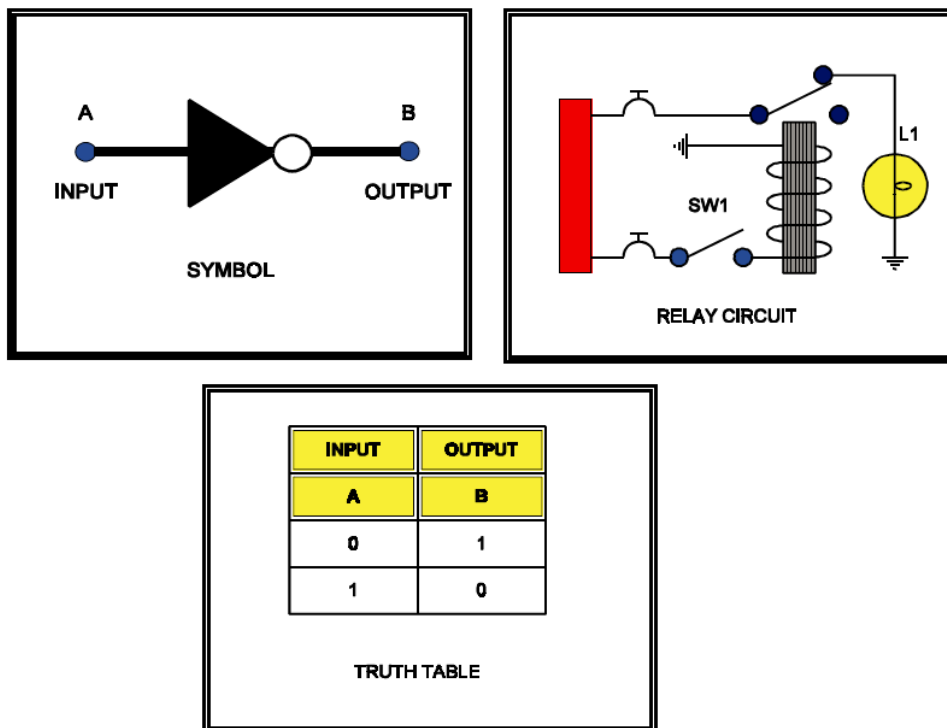
A VAGY kaput bármelyik vagy mind kapunak is nevezik.



186. ábra: VAGY kapu és igazságtáblája
Forrás: [2], 289.p.

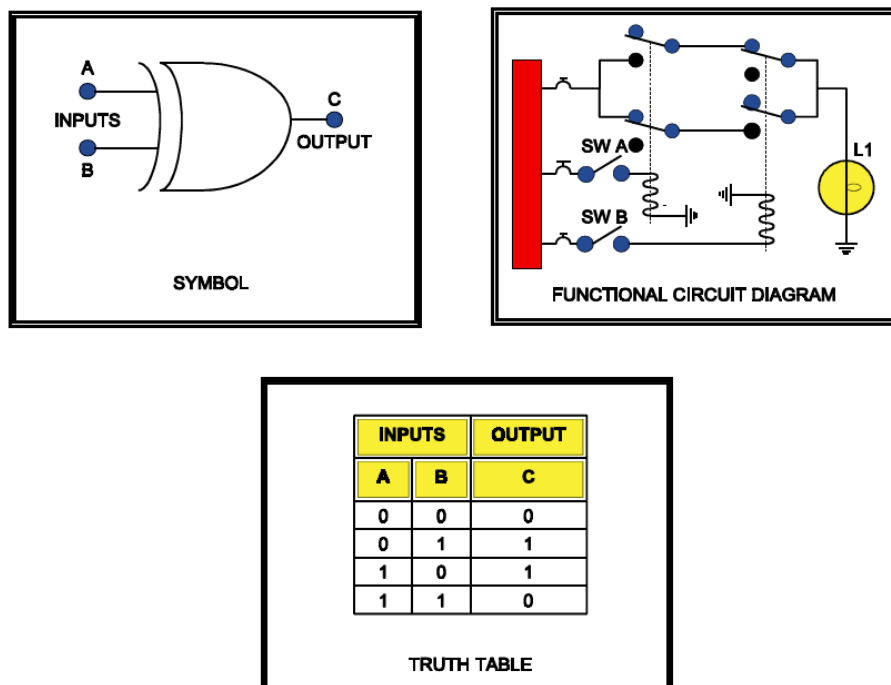
12.4.3 A NEM (invertáló) kapu

A NEM, vagy invertáló kaput a bemenő logikai jel ('0' vagy '1') értékének megfordítására használják. Egy NEM kapu úgy képzelhető el, mintha egy kapcsoló által működtetett relé lenne, amelynek az érintkezője normál esetben rugó által zárva van (a lámpa világít) tartva, ahogy az 187. ábra mutatja. Ha a kapcsolót (SW1) zárjuk, a relé vonzani fogja az armatúrát (érintkezőt) és lámpa kialszik.



187.ábra: A NEM kapu jele és igazságtáblája
Forrás: [2], 290.p.

12.4.4 A kizáró VAGY (EOR) kapu

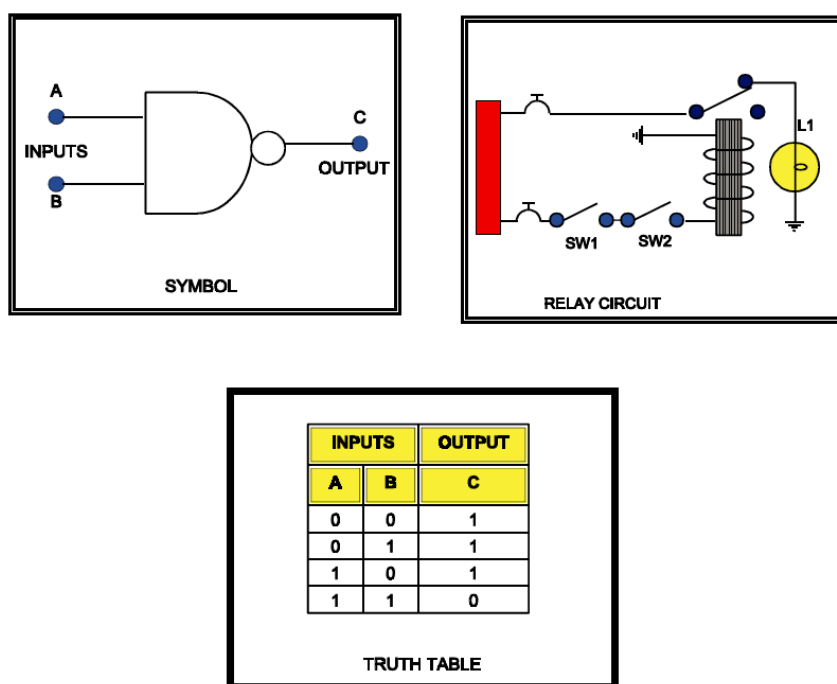


188.ábra: Kizáró vagy jele és igazságtáblája
Forrás: [2], 293.p.

Első pillantásra az igazságtáblája egy VAGY kapuénak felel meg, egy kivétel azonban van, mivel itt ha az A és B bemenetek mindegyike '1', az '1'-es kimenetet fog eredményezni. A kizáró vagy kaput úgy tervezték, hogy '1'-es kimenő jelet adjon, ha a bemenő jelek különbözőek, és '0' kimenő jelet, ha a bemenő jelek egyformák, lásd 188. ábra.

12.4.5 A NAND kapu

A NAND kapu egy NEM és egy ÉS kapu keveréke, úgy is fogalmazhatnánk, hogy egy ÉS kapu egy invertáló kapuval a végén. A kapu kimenetele '1'-es lesz, ha bármelyik bemenete '0' és ez egy pontosan egy ÉS kapu fordítottja. A jele az 189.ábrán látható és jegyezzük meg, hogy egy üres kör jelzi az invertáló (NEM) logikát.

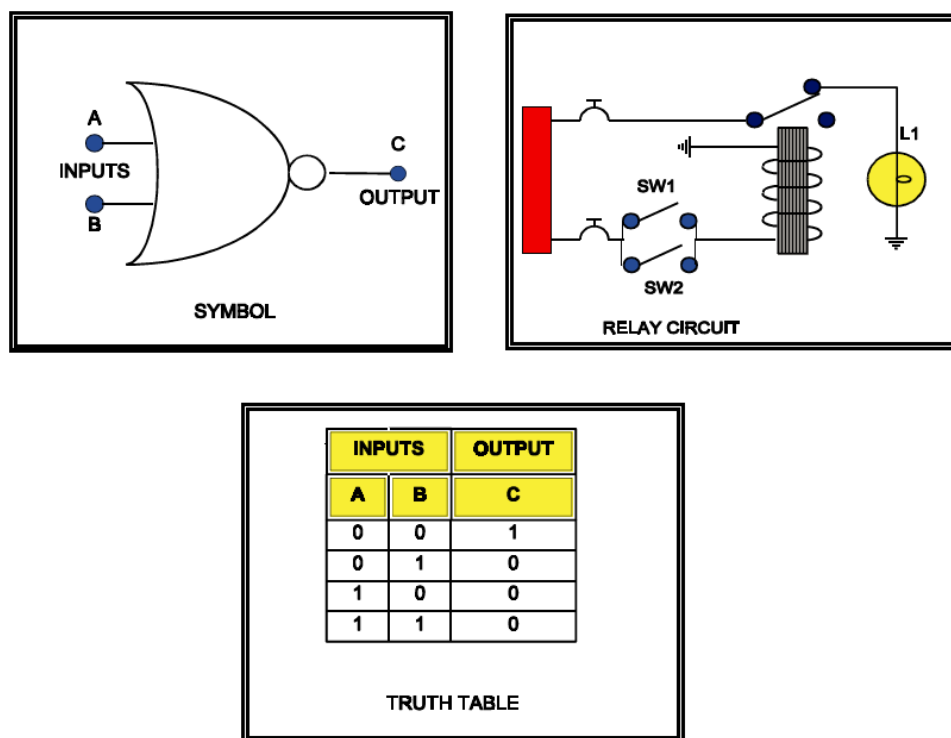


189. ábra: NAND kapu jele és igazságtáblája
Forrás: [2], 291.p.

12.4.6 A NOR kapu

A NOR kapu egy VAGY kapu invertáló kimenettel. Ezen logikai kapu eredménye '0' kimeneti jel lesz, amennyiben bármelyik bemenő jel '1'-es. A jele és az igazságtáblája az 190.ábrán látható.

Mind a NAND, mind a NOR kapu esetében a kimenetnél található C betű fölött egy vonal található, mely azt hangsúlyozza, hogy a normál jel inverze van a kimeneten, melyet az üres kör is jelez a logikai kapu jelének jobb oldalán.



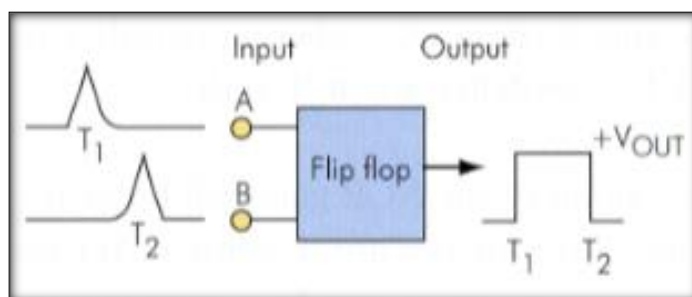
190. ábra: NOR kapu jele és igazságtáblája
Forrás: [2], 292.p.

12.5 A Flip Flop

Az úgynevezett Flip Flop egy áramkör, melynek két kimeneti állapota van, ahogy az 191. ábra mutatja.

A Flip Flopok számos számítógépes logikai műveletben használatosak, úgymint,

számlálókban, léptető regiszterekben, órajel generátorokban, és memória áramkörökben. Használják még relé vezérlő funkciókra és számos hasonló alkalmazásra radar és kommunikációs rendszerekben.



191. ábra: A Flip Flop és ki- és bemenő idődiagrammja
Forrás: [1], 12-7.p.

12.5.1 Működési elv

Amikor egy megfelelő bemenő jel érkezik (elektromos impulzus), egyik kimeneti állapotból a másikba kapcsol, majd ugyanabban marad, amíg egy másik jel nem érkezik, amikor is visszaáll az eredeti állapotba.

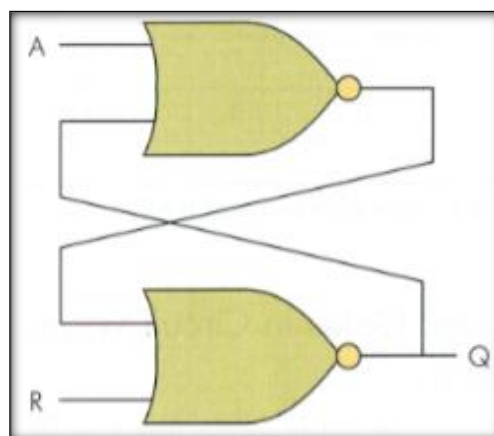
12.5.2 Az SR Flip Flop

Számos Flip Flop típus létezik. Egy gyakori típus, melyet számítógép memória elemként használnak (RAM), az SR Flip Flop, lásd 192. ábra.

Az SR Flip Flopok olyan logikai kapu elrendezést jelentenek, mely tartja a stabil állapotát, még a bemenő jelek megszűnése esetében is. Ennek az egyszerű Flip Flopnak van egy set bemenete (S), és egy reset (R). A set bemenet eredményezi a kimenet '0' (magas kimenet), és '1' (alacsony kimenet) értékét.

A reset bemenet az ellenkezőjét eredményezi, (magas = '1', alacsony = '0'). Amikor kimenetet beállítottuk, az áramkör megtartja az állapotát, amíg S vagy R '1'-es jelet nem kap, vagy az áramkör táplálása meg nem szűnik.

Az SR Flip Flop igazságtáblája az 3. táblázatban látható.



192. ábra: Az SR flip flop
Forrás: [1], 12-7.p.

SR flip flop, Truth table			
S	R	Q (present value)	Q (next value)
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1

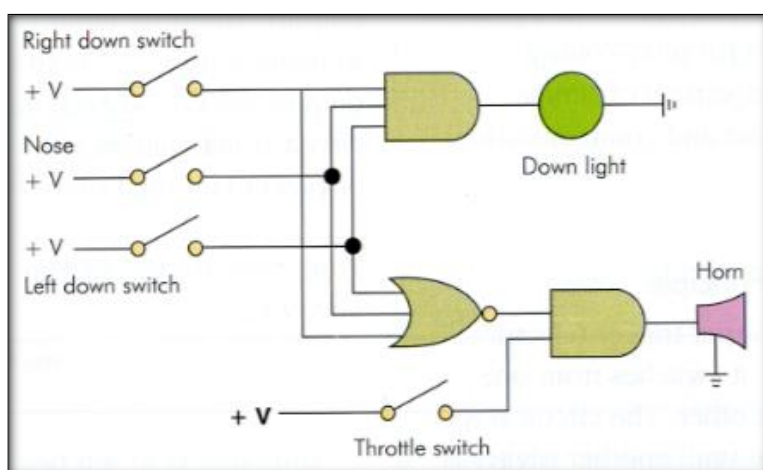
3.táblázat: Az SR Flip Flop igazságtáblája
Forrás: [1], 12-8.p.

12.6 Logikai kapuk a kapcsolási rajzokban

A mai modern világ abba az irányba tart, hogy a hagyományos kapcsolási rajzok helyett, rendszer szemléletű kapcsolási rajzot használjunk, amely nem tartalmaz annyi sok vezeték, csatlakozást és jeleket, lásd 193. ábra.

Első látásra nem tűnik egyszerűbben megérthetőnek,

de gyakorlattal észrevehetők ezen ábrázolási mód nyújtotta számos előnyök. Az egyszerűsített 193. ábra, egy orrfutós repülőgép futórendszerét ábrázolja.



193. ábra: Egyszerűsített futóvezérlési logika
Forrás: [1], 12-8.p.

A három mikrokapcsoló a bal oldalon normál esetben repülés közben nyitva van (futómű bent), de zárnak, amikor a megfelelő futó kiengedésre és biztosításra kerül. A gázkar mikrokapcsolója a legnagyobb mozgástartományban nyitva van, csak az alapgáz helyzethez közel záródik.

Van két ÉS kapu plusz egy NOR kapu. A felső ÉS kapuk kimenetei egy égőn keresztül vannak a negatív földhöz kapcsolva. A kimenet '0' lesz (lámpa kikapcsolva), ha bármelyik futómű kapcsoló nyitva van és csak akkor lesz a kimenet '1' (lámpa világít), ha mindegyik futómű kapcsoló '1'-es jelet ad (be).

A NOR kapu kimenete '0' lesz, ha bármelyik futómű kapcsoló '1'-es jelet ad. Csak amennyiben az összes futómű kapcsoló '0' jelet ad, akkor lesz a NOR kapu kimenete '1'. Így mindegyik futómű kapcsolónak Kikapcsolt helyzetben és a gázkarnak alapgáz, vagy ahhoz közeli helyzetben kell lennie ahhoz, hogy az alsó ÉS kapu mindkét bemenetén '1'-es jel keletkezzen. A duda csak akkor szólal meg, ha az ÉS kapu mindkét bemenetén '1'-es jel van.

13 Elektromos és elektronikus szójegyzék

- **Adó** (Transmitter, TX)
Audio, videó vagy kódolt jelek átalakítását végzi modulált frekvenciájú rádiójelekké, amelyeket elektromágneses hullámok segítségével terjesztenek.
- **AF Hangfrekvencia**
(AF Audio Frequency)
Általában a 20 Hz és a 20 kHz közötti tartomány.
- **AFC Automata Frekvencia Szabályozás**
(AFC Automatic Frequency Control)
Egy áramkör, amely az adót a kívánt frekvenciára hangolva tartja.
- **Akkumulátor** (Battery)
Összekapcsolt cellák csoportja, melyek a szükséges feszültséget és kapacitást biztosítják.
- **Aktív komponens** (Active component)
Egy olyan komponens, amely erősítést, amplitúdó módosítást biztosít, úgy, mint a tranzistorok, integrált áramkörök, szelepek-mint például egy trióda értéke.
- **Aktuátor** (Actuator)
Egy hidraulikus, elektromos vagy pneumatikus berendezés, amely mechanizmusok távoli irányítására szolgál.
- **Állandó sebességű meghajtó egység**
(Constant Speed Drive)
AC alternátorhoz kapcsolt hidromechanikus egység, mely állandó frekvenciájú AC feszültséget hoz létre.
- **Állóhullám** (Standing wave)
Álló hullám antennán vagy átviteli vonalon alakulhat ki, két, azonos amplitúdójú és frekvenciájú ellentétesen irányba haladó hullám esetén.
- **Állórész** (Stator)
Egy váltakozó áramú gép állórészének tekercse.
- **Alternátor** (Alternator)
Forgó mágneses mező és álló armatúra alkalmazásával, váltakozó áramot termelő elektromos generátor.
- **Amper (A)** (Ampere)
Az áramerősség mértékegysége. Egy amper az az árammennyiség, amely 1 volt feszültség hatására folyik át egy 1 ohm-os ellenálláson.
- **Amperóra (Ah)** (Ampere-hour)
Áramkörön áthaladt elektromosság mérőszáma. Áram (amperben) · idő (órában). Az akkumulátor kapacitásának jellemzésére használatos.
- **Amplitúdó** (Amplitude)
A legmagasabb (feszültség, áram, teljesítmény) érték egy ciklus alatt.
- **Amplitúdó moduláció** (Amplitude Modulation, AM)
Az audio jelek továbbítása, a hordozó hullám amplitúdójának növelése, vagy csökkentése által.

- **Analóg** (Analogue)
Egy rendszer, amelynek adatai egy folytonosan változó mennyiséggel leírhatóak.
- **Anód** (Anode)
Akkumulátor pozitív elektródája;
Elektron cső, dióda vagy galvanizáló cella elektródája, melyre pozitív feszültséget adunk.
- **Antenna** (Aerial, Antenne)
Olyan vezető, amelyet rádióhullámok adására és vételére terveztek.
- **Áramerősség mérő**
(Ampermeter, Ammeter)
Áramerősség mérésére szolgáló műszer.
- **Áramkorlátozó** (Current Limiter)
Megakadályozza, hogy az áram, egy adott érték felé növekedjen.
- **Áramköri megszakító** (Circuit protection)
Egy berendezés, mely megszakítja az áramkört, ha az áram egy biztonságos szintnél magasabb lesz.
- **Áramköri védelem** (Circuit protection)
Olvadóbiztosítékok, áramköri megszakítók és áramkorlátozók, melyek megakadályozzák a veszélyesen magas áramok folyását.
- **Armatúra** (Armature)
Egy egyenáramú motorban vagy generátorban, a forgó elem. Egy váltakozó áramú generátorban az armatúra áll és a forgórész forgó mágneses mezejével van kölcsönhatásban. A relék mágneses tér által működtetett részét is armatúrának nevezik.
- **Armatúravisszahatás**
(Armature reaction)
Az armatúra mezejének és a generátor vagy motor fő mezejének találkozásából eredő fő mező torzulás.
- **Astabil** (Astable)
Egy áramkör, melynek nincs stabil állapota és ezáltal a komponensei értékei által meghatározott frekvencián oszcillál.
- **Asszinkron motor**
AC motor, melyben az állórész forgó mágneses mezeje áramot indukál a forgórészben, melynek mezeje ellentétes az állórészével, ezen mezők kölcsönhatásából jön létre a forgó mozgás.
- **Áthidaló kondenzátor** (By-Pass Capacitor)
Egy alacsony impedanciájú utat biztosító kondenzátor.
- **Atom** (Atom)
A kémiai elemek azon legkisebb részecskéje, ami megőrzi az elem kémiai tulajdonságait.
- **Audió** (Audio)
Egy hallható jel.
- **Automatikus hangerőszabályzó**
(Automatic Gain Control)
Egy áramkör, amely a bemeneti jeltől függetlenül biztosítja az állandó hangerőt.

- **Azimut** (Azimuth)
Szögérték, egy horizontális körön, óramutató járásával megegyező irányba mérve, akár észak, akár dél felől.
- **Bájt** (Byte)
Bináris adatok csoportja, amelyek egy betűt adnak. Általában 8 bit.
- **Bázis** (Base)
A tranzisztor egyik érintkezője. Általában a bemenő vezető. Elválasztja a kollektor és emitter területeket.
- **Bináris szám** (Binary Number)
A kettes számon alapuló rendszer, a bináris számjegyek a 0 és az 1.
- **Bipoláris tranzisztor** (Bipolar Transistor)
A leggyakrabban használatos tranzisztor.
- **Bistabil** (Bistable)
Két állapottal rendelkező áramkör.
- **Bit** (Bit)
Binary Digit- a legkisebb bináris adategység.
- **BITE**
Bilt-in Test Equipment (beépített ellenőrző berendezés) a különböző repülőgép rendszerek ellenőrzésére, megfigyelésére alkalmazzák.
- **Bus Tie Breaker**
Elektromos szolenoid, melyet két gyűjtősin összekapcsolására használnak.
- **Cella** (Cell)
A legegyszerűbb feszültségforrás, a feszültsége függ a cella típusától.
- **Chip**
Az integrált áramkör másik elnevezése, szilíciumdarabra felépített félvezetők.
- **CMOS**
(komplementer fém-oxid félvezető) p- és n-típusú félvezetők egyazon integrált áramkörön. Előnye a közepes sebesség és a nagyon alacsony teljesítmény igény.
- **Coulomb**
Elektromos töltés mértékegysége körülbelül $6,28 \cdot 10^{18}$ elektrontól áll.
- **Csillapítás** (Attenuation)
Egy jel, a folyó áram, fluxus vagy más energia erősségének a csökkentése egy elektromos rendszerben.
- **Csillapítás** (Damping)
Oscilláló áram amplitúdójának vagy erősségének csökkenése, amikor nincs pótolva az áramkör ellenállását fedező energia.
- **Csúszógyűrű** (Slip ring)
Vezető gyűrűk, melyeket kefék segítségével elektromos áram oda-vissza vezetésére használnak forgó egységekhez.
- **Darlington pár**
Két közvetlenül összekapcsolt tranzisztor, az egyik emittere hajtja a második bázisát.
- **Dielektrikum** (Dielectric)
Egy szigetelő anyag, melyet a kondenzátor lemezeinek elválasztására használnak.

➤ **Dielektromos állandó** (Dielectric constant)

Egy dielektrikum töltésmegtartó képességét jellemző mennyiség. A levegő dielektromos állandója 1; Kerozinnek 2,1.

➤ **Dióda** (Diode)

Az áramot csak egy irányba folyini engedő félvezető.

➤ **Dipole antenna**

Két egyforma hosszúságú vezetékből álló antenna, melyek a középponttól ellentétes irányba futnak. Minden egyes dipole szekció körülbelül negyed hullámhossz hosszúságú.

➤ **Dipole**

Egy kiegyensúlyozott antenna, mely fél hullámhossz hosszúságú és közepén táplált.

➤ **Direkt-kapcsolású erősítő**

(Direct-coupled amplifier)

(DC erősítő) Olyan erősítő, melynek egyik kimenő ága a következő erősítő bemenő ágához közvetlenül, kondenzátor nélkül kapcsolódik. Ezzel az erősítővel egyenáramot és alacsony frekvenciájú hullámformákat lehet erősíteni.

➤ **Donor**

Félvezetőkben alkalmazott szennyezés, mellyel szabad hordozó elektronokat biztosítanak.

➤ **Doppler effektus**

A hullám frekvenciájában és ezzel együtt

hullámhosszában megjelenő változás, mely amiatt alakul ki, hogy a hullámforrás és a megfigyelő egymáshoz képest mozog. A forrás felé haladva magasabb, távolodva tőle alacsonyabb frekvenciájú hangot érzékelünk.

➤ **Egyenáram** (Direct Current)

Irányát nem változtató elektromos áram.

➤ **Egyenirányítás** (Rectification)

A váltakozó áram egyenárammá való alakítása, egyenirányítóval.

➤ **Egyenirányító** (Rectifier)

Olyan berendezés, mely csak egy irányba hagyja folyini az áramot.

➤ **Elektrolit**

Elektromos áramot vezetni képes folyadék.

➤ **Elektrolitikus**

Olyan kondenzátor, melynek folyadék van a lemezei közt, így növelve a kapacitást.

➤ **Elektromágnes**

Mágnes, mely egy áram járta vezetékből jön létre.

➤ **Elektromágneses indukció**

(Electromagnetic induction)

Elektromos energia továbbítása mágneses fluxus és egy vezető kölcsönhatása által.

➤ **Elektromotoros erő** (EMF)

Jele: E. Mértékegysége: volt. Az elektromos energia azon tulajdonsága, mely áram folyását eredményezi.

- **Elektron áramlás**
(Electron flow)
Az irány amelybe az elektron folyik. Ez a negatívtól a pozitív felé tart.
- **Elektron**
Negatív töltésű részecske, mely az atommag körül kering.
- **Ellenállás** (Resistance)
Egy anyag áramátvezető képességének mérőszáma.
- **Ellentétes feszültség** (Back EMF, Back Electromotive Force)
Az az ellentétes feszültség, mely akadályozza a normál áram folyását.
- **Előfeszítés** (Bias)
Egy elektroncsőre vagy tranzisztor bázisára adott feszültség, amely irányítja a kapcsolási folyamatot.
- **Előütemű erősítő** (Buffer Amplifier)
Adó egység egy erősítője, célja, hogy elválassza az oszcillátor részt a teljesítmény résztől, ezáltal megakadályozva a frekvencia eltolódást.
- **Elsődleges cella** (Primary cell)
Olyan cella, melyet nem lehet vagy nem célszerű újratölteni.
- **Emitter**
A tranzisztor egyik érintkezője.
- **Erősítés** (Amplification)
Teljesítmény, áram vagy feszültség megnövelése egy áramkörben.
- **Erősítő** (Amplifier)
Egy áramkör, amely erősítést idéz elő, például teljesítmény erősítés.
- **Érzékenység**
Egy vevő azon tulajdonsága, hogy a gyenge jelekre is reagáljon.
- **És kapu** (AND Gate)
Olyan logikai kapu, amely logikai 1-et ad, ha az összes bemenete 1-es. Minden más esetben 0-át.
- **Farad**
A kapacitás mértékegysége. Jelentősen nagy érték, csak törtrészt alkalmaznak általában.
- **Fekete doboz** (Black box)
Sleng kifejezés a fedélzeti adatrögzítőre.
- **Félvezető** (Semiconductor)
Anyag, mely se nem vezető, se nem szigetelő. A tulajdonságai vezérlő árammal befolyásolhatók.
- **Ferrit antenna rúd**
Ferrittel körülvett tekercs alkalmazásával megnövelhető a tekercs induktivitása.
- **Feszültség esés** (Voltage drop)
Ellenálláson átfolyó áram hatására létrejövő feszültségcsökkenés.
- **Feszültség szabályzó** (Voltage regulator)
A terheléstől és fordulatszámától függetlenül állandó feszültséget biztosító szabályzó.
- **Flip-Flop**
Astabil multivibrátor. Egy

- négyzethullámú oszcillátor, amelynek nincs stabil állapota.
- **Fluxus** (Flux)
Elektromos vagy mágneses erővonalak.
 - **FM frekvencia moduláció** (FM Frequency Modulation)
Amikor a vivő hullám frekvenciáját módosítják a jelátvitel során.
 - **Fojtás** (Choke)
Váltakozó árammal szemben nagy ellenállással bíró tekercs.
 - **Forgórész** (Rotor)
Elektromos motor vagy generátor forgó része.
 - **Fotocella**
Egy eszköz, mely ellenállását változtatja mikor fény éri. Hasonló a fényérzékeny diódához. Ez a cella nem ad kimeneti áramot.
 - **Fototranzisztor**
Egy tranzisztor, a tetején ablakkal, melyen keresztül fényt kap az aktív felület. Elérhető Darlington fototranzisztorként is, mely nagyon érzékeny fényérzékelő.
 - **Főkapcsoló** (Master switch)
Az összes elektromos főkapcsolót vezérlő kapcsoló.
 - **Föld** (Ground)
Elektromos kapcsolat a földdel vagy az áramforrás negatív oldalával.
 - **Föld hullám** (Ground wave)
A rádióhullámok fölfelszín mentén terjedő része.
 - **Földelés** (Bonding)
Fém szerkezetek és komponensek elektromos vezetőkkel történő összekapcsolása, egy azonos elektromos potenciál kialakítása érdekében.
 - **Frekvencia** (Frequency)
A periódikus hullámok másodpercenkénti ciklusszáma.
Mértékegysége: Hertz.
 - **Galvanométer**
Elektromos áram mérésére használatos. Általában egy áram járta tekercsből áll, amely egy állandó mágnes erőterével kölcsönhatásba lépő erőteret hoz létre.
 - **Generátor**
Elektromágneses indukció által elektromosságot előállító forgógép.
 - **Gerjesztés** (Excitation)
Generátor tekercsére elektromos áram vezetésével mágneses mező létrehozása.
 - **Gerjesztő tekercs** (Field Coil)
Mágneses mező létrehozására alkalmas tekercs.
 - **Gyorsít** (Accelerate)
Sebességet változtat
 - **Gyorsulásmérő** (Accelerometer)
Egy gyorsulás érzékelésére és mérésére szolgáló eszköz, mely a mért értéket elektromos jellé alakítja.
 - **Gyűjtősín** (Bus Bar)
Egy teljesítmény elosztási pont, amelyhez számos áramkör kapcsolható. Gyakran szilárd fém rúdból áll, amelybe számos érintkezőt építettek.

➤ **Hangfrekvencia** (Audio Frequency)

A hallható hang tartományába tartozó frekvencia, kb. 35-től 20.000 Hz-ig terjed.

➤ **Háromfázisú rendszer**

Három vezetőből álló AC elektromos rendszer, minden egyes vezető egymáshoz képest 120 fokos fáziseltolásban lévő áramot vezet. Háromfázisú rendszerek elterjedtek a modern elektromos rendszerekben.

➤ **Henry**

Induktív ellenállás mértékegysége.

➤ **Híd** (Bridge)

Általában rövidzárlat egy nyomtatott áramkörü lapon, melyet két szomszédos pálya közti forrasztás okoz.

➤ **Híd egyenirányító** (Bridge Rectifier)

Teljes hullámú egyenirányító, négy ággal, minden egyes ág tartalmaz egy diódát.

➤ **Hidrométer**

Kalibrált úszó, mellyel meghatározható a folyadék sűrűsége.

➤ **Hőelem** (Thermocouple)

Két különböző fém együttese, amely kis áramot hoz létre amikor hőhatásnak van kitéve.

➤ **Hullámhossz** (Wavelength)

Két egymást követő ciklusban, két megfelelő fázisban lévő pont közötti távolság.

➤ **Hullámosság** (Ripple)

Kis, periodikus feszültségváltozás egy DC tápfeszültségben.

➤ **Hurok** (Loop)

Egy vezérlő áramkör, mely egy szenzorból, egy vezérlőből, egy aktuátorból, egy vezérlő egységből és követést vagy visszacsatolást biztosító elemből áll. Illetve minden olyan zárt elektronikus áramkör, mely visszacsatolást tartalmaz, melyet egy referencijellel hasonlítanak össze, egy adott állapot fenntartása érdekében.

➤ **Igazságtábla**

Logikai kapuk lehetséges értékeiknek táblázata.

➤ **Impedancia** (Impedance)

AC áramkörbeli ellenállás.

Frekvenciafüggő, mértékegysége: ohm, jele: Z.

➤ **Induktív ellenállás** (Inductive reactance, XL)

A tekercs ellenállása az áramkörben.

Nagysága függ: frekvenciától, a tekercs induktivitásától.

➤ **Induktivitás** (Inductance)

Tekercsben folyó váltakozó áram a mágneses fluxus változását okozza, ez a tekercsben áramot indukál. A

mértékegysége: Henry. 1 Henry induktivitású áramkör 1 volt ellentétes feszültséget eredményez, amikor az áram 1 amper/másodperc sebességgel folyik.

- **Interface**
Olyan hardware, mely biztosítja a kapcsolatot különböző berendezésekkel.
- **Interferencia**
Zavar a kommunikációs rendszer jelében.
- **Inverter**
Mind analóg, mind digitális rendszerek áramköre, mely a bemenet inverzét adja a kimeneten. Olyan áramkör, mely a DC áramból AC-t csinál.
- **Ionizáció**
Elektronok hozzáadása vagy elvétele az atomokból elektromos úton.
- **Jel**
Elektromos áram, feszültség vagy hullám, melyek elektromos áramkörök vagy berendezések ki és bemeneteit alkotják. Egy jel lehet információt hordozó elektromos energia vagy információ maga.
- **Jel generátor**
Egy áramkör, mely változtatható és irányítható jelet generál.
- **Joule**
A munka, energia és hő mértékegysége.
- **Kalickás forgórész** (Squirrel cage rotor)
Kefe nélküli AC motor forgórésze.
- **Kapacitás** (Capacitance)
Jele: C. Mértékegysége: Farad.
A kondenzátorok jellemzője. Az a tulajdonság, mely lehetővé teszi egy eszköznek elektromos töltések tárolását, amikor potenciál különbség lép fel a lemezei közt.
- **Kapacitív ellenállás** (Capacitive Reactance)
A váltakozó áramú áramkörben a kondenzátor ellenállása.
- **Kapu** (Gate)
Tranzisztor érintkezője. Lehet logikai kapu, mint áramköri elem is.
- **Kaszád** (Cascade)
Soros áramkörökben alkalmazott kapcsolási metódus, mely révén az egyik kimenete, a következő bemenete.
- **Katód** (Cathode)
Az akkumulátor negatív elektródája.
- **Katódsugárcsőes oszcilloszkóp** (Cathode Ray Oscilloscope)
Áramköri jelek vizuális megjelenítésére szolgáló berendezés.
- **Kefe** (Brush)
Általában szénből készített berendezés, mely elektromos kapcsolatot biztosít az álló vezető és a forgó elem közt.
- **Kerámia kondenzátor** (Ceramic Capacitor)
Általában egyrétegű kondenzátor, amely sík és barna bevonatú, hívják monoblokknak is mely több rétegből épül fel, így kisebbre készíthető, festése narancssárga vagy kék.
- **Kiegyenlítő áramkör** (Equalizing circuit)
A párhuzamosított generátorok gerjesztő

áramának változtatásával kiegyenlíti a generátorok kimenő feszültségét.

- **Kinetikus energia**
A test mozgásából származó energia.
Arányos a tömeggel és a sebesség négyzetével.
- **Koaxiális kábel** (Coaxial cable)
Középen vezető és az azt körülvevő szigetelő anyagból áll, általában HF ármok vezetésére használják.
- **Kollektor** (Collector)
A tranzisztor egyik érintkezője.
- **Kommutátor** (Commutator)
Egy forgó berendezés DC motorok és generátorok armatúrájában, amely segítségével az AC armatúra áramból DC áramot hozunk létre a külső áramkörben.
- **Kompound tekercs** (Compound winding)
Soros és párhuzamos vagy sönt tekercselés kombinációja, mely generátorok és motorok mágneses terét biztosítja.
- **Kondenzátor** (Capacitor)
Elektromos töltéstároló eszköz.
- **Korlátozó kapcsoló** (Limit Switch)
Megakadályozza, hogy egy aktuátor túlhaladjon a véghelyzetén.
- **Közös bázis kapcsolás** (Common Base Connection)
Egy működtetési mód, melyben a bázis közös a bemenő és kimenő áramkörben és általában földelt. Az emittert

használják bemenő és a kollektort kimenő érintkezőnek.

- **Közös emitter kapcsolás**
(Common Emitter Connection)
A tranzisztor egy működtetési módja, melyben az emitter a be- és kimenő áramkörben is közös és a bázis a bemenő, a kollektor a kimenő érintkező.
- **Közös kollektor kapcsolás**
(Common Collector Connection)
Működtetési mód, ahol a kollektor a be- és kimenő áramkörben is közös és általában valamelyik teljesítmény sínhez kapcsolódik.
- **Látszólagos teljesítmény**
(Apparent Power)
Váltakozó feszültségű áramkörben egy ellenállás, kondenzátor vagy tekercs által felhasznált teljesítmény.
- **LC áramkör**
Áramkör, mely tekercset és kondenzátort tartalmaz.
- **L-C rezgőkör**
Oscillátor, melynek frekvenciáját meghatározó komponensek a tekercs és a kondenzátor.
- **LCD** (Liquid Crystal Display)
Visszatükröződő kijelző, mely nagyon kis teljesítmény igényű.
- **LDR**
(Light Dependent Resistor)
Egy Egy kadmium szulfid réteg, mely változtatja az ellenállását a ráeső fény függvényében.

- **LED** (Light Emitting Diode)
Áram hatására fényt kibocsájtó dióda.
Gyakran használják őket digitális kijelzőkben.
- **Lendkerék hatás** (Flywheel effect)
A párhuzamos LC áramkör karakterisztikája, mely megengedi, hogy áram folyjék a legkisebb közölt energiaimpulzus hatására is.
- **Lenz törvénye**
Egy vezetőben indukált áram iránya olyan, hogy annak mágneses mezeje akadályozza az őt létrehozó folyamatot.
- **Lóerő** (Horsepower, hp)
A mechanikai teljesítmény gyakori mértékegysége. $1 \text{ Le} = 746 \text{ W}$ elektromos teljesítménnyel egyenlő.
- **Logikai áramkör**
Alapvető logikai szabályok szerint működő áramkör.
- **Mach szám**
 $Mach = \frac{v_{TAS}}{a}$, ahol a a helyi hangsebesség.
- **Maradó mágnesesség** (Residual magnetism)
Egy elektromágnes kikapcsolása után maradó mágnesesség.
- **Másodlagos cella**
Újratölthető akkumulátor cella.
- **Meddő teljesítmény** (Reactive Power)
Az induktív és kapacitív áramkörök által elfogyasztott teljesítmény, mértékegysége: VAR vagy kVAR.
- **Megállapodás szerinti áram irány** (Conventional current flow)
Áram iránya a pozitívból a negatív felé tart.
- **Megosztott bus rendszer** (Split-bus system)
Egy teljesítmény elosztó rendszer, melyben kettő vagy több elkülönített gyűjtősín van.
- **Mező** (Field)
Az a tér ahol na mágneses vagy elektromos erővonalak előfordulnak.
- **Mikrohullám**
Elektromágneses hullám, 10 m-nél kisebb hullámhosszal.
- **Mikrokapcsoló** (Microswitch)
Egy rugú terhelésű kapcsoló, mely nagyon kis erő hatására kapcsol.
- **Mikroprocesszor**
Számos feladat elvégzésére programozható integrált áramkör.
Az áramkör aritmetikai és logikai egységet, vezérlőt, néhány regisztert és más lehetséges elemeket tartalmaz.
- **Moduláció**
Az információtovábbítás érdekében a vivő jelet módosító eljárás.
- **Modulátor**
Az adó egység azon része, amely a vivő jel modulációját végzi el.
- **Monostabil**
Két állapottal rendelkező áramkör.
Csak egy állapota stabil.

- **MOS** (Metal Oxide Semiconductor) A félvezetők gyártásánál alkalmazott technológia.
- **Multiméter**
Számos elektromos mennyiség mérésére használható műszer, például feszültség, áramerősség, ellenállás.
- **Multivibrátor**
Egy építőelem, melynek a kimenete lehet magas és alacsony is. Legalább három féle multivibrátor létezik: Monostabil, bistabil és astabil.
- **NAND kapu**
Logikai kapu, melynek kimenete 0, ha mindkét bemenet 1 és minden más esetben a kimenet 1.
- **Negatív visszacsatolás**
Egy analóg áramkör kimenetéről vett visszacsatolás, mely ellentéte a bemenő jelnek.
- **Neutrális sík** (Neutral plane)
A DC generátorok kommutátorának azon síkja ahol a feszültség nulla.
- **Névleges feszültség** (Nominal Voltage)
Az akkumulátor feszültsége terhelen.
- **Ni-Cd**
Nikkel-kadmium cella. Újratölthető akkumulátorok egyike.
- **NOR kapu**
Olyan kapu amelynek a kimenete 0, ha bármelyik bemenete 1.
- **NOT kapu**
Inverterként működő logikai kapu.
- **NPN**
Bipoláris tranzisztor típus, mely n- p- és n- típusú anyagot használ.
- **Nyereség** (Gain)
Egy áramkör kimeneti jelének és bemeneti jelének aránya. Pozitív lesz erősítő és negatív egy attenuátor esetén.
- **Nyitóirányú előfeszítés** (Forward Bias)
Az a félvezetőre adott feszültség, mely alacsony ellenállást eredményez a félvezetőben.
- **Ohm törvénye**
Az áramerősség a vezeték két rögzített pontja között mérhető feszültséggel egyenesen arányos.
- **Ólom savas akkumulátor** (Lead-acid battery)
Másodlagos cella, mely kénsav elektrolit és ólom elektródok segítségével termel feszültséget.
- **Oscillátor**
Váltakozó áramot létrehozó elektromos áramkör, melynek frekvenciáját a kapacitás és az induktivitás határozza meg.
- **Osztott fázisú motor** (Split-phase motor)
AC motor, mely tekercset vagy kondenzátort használ az áram fázisának váltásához egy vagy két tekercsben. Ennek eredményeként forgó mágneses mező jön létre.

- **Osztott mezőjű motor** (Split-field motor)
Két elválasztott tekercssel rendelkező motor; egyik az óramutató járásának megfelelő, a másik az annak ellentétes irányba való forgást biztosítja.
- **Párhuzamos sín rendszer**
Egy teljesítmény elosztó rendszer, mely minden működő generátort egyetlen sínre kapcsol.
- **Passzív komponens**
Egy komponens nem biztosít erősítést vagy nyereséget, úgy mint egy ellenállás, kondenzátor, LED, hangerő szabályzó, akkumulátor.
- **Permeabilitás**
Mágneses anyag tulajdonsága, mely meghatározza a fluxus sűrűséget az anyagban.
- **Piezo hangjelző** (Piezo Sounder)
Apró kristály elem, mely nagy hangerőre képes, alacsony áramfelvétel mellett. Piezo membránnak is nevezik.
- **Piezoelektromos hatás**
Adott kristály azon tulajdonsága, hogy elektrosztatikus feszültséget generál, az ellentétes felületeken, amikor mechanikus nyomás éri. Fordított esetben, erős elektromos potenciál hatására összehúzódik vagy kitágul.
- **Potenciálkülönbség** (Potential difference, PD)
Két ponton mért elektromos potenciál különbsége voltban.
- **Potméter** (Potentiometer, pot)
Változtatható ellenállás.
Háromérintkezője van. Az ellenállás két kivezetése és a állító kar.
- **Q-faktor**
Minőségi tényező. Egy oszcilláló áramkör erősítése. Az arány az áramkör által létrehozott feszültség és a tápfeszültség közt.
- **Rádióiránytű**
(Automatic Direction Finder, ADF)
Egy irányított hurokantennát alkalmazó rádióvevő, amely lehetővé teszi a vevő számára a vett rádiójel irányának meghatározását.
- **Relé**
Elektromechanikus eszköz, mely egy tekercset és érintkezőket tartalmaz, a kapcsolat záródik, amikor a tekercs behúz.
- **Reosztát** (Rheostat)
Változtatható ellenállás.
- **Rezonancia** (Resonance)
Egy LC áramkör állapota, amelyben a kapacitív ellenállás és az induktív ellenállás megegyezik.
- **Rezonanciafrekvencia**
Az a frekvencia amelyen rezonancia jön létre. Párhuzamos rezonáns áramkörben, az áram a legkisebb és a feszültség a legnagyobb.
- **RMS érték**
(Root Mean Square Value)

- A váltakozó áram/feszültség effektív értéke.
- **Sáv (Band)**
Frekvenciatartomány.
 - **Sávszélesség (Bandwidth)**
A tartománybeli legnagyobb és a legkisebb frekvencia különbsége.
 - **Sávszűrő (Bandpass Filter)**
Szűrő áramkör, mely átenged minden adott sávba tartozó frekvenciát és csillapítja az azon kívül esőket.
 - **Schmitt Trigger**
Olyan építőelem, melyben a bemenetnek körülbelül a sín feszültség 70%-ának kell lennie, mielőtt a kimenet változna. A legkisebb változást okozó szint kb. 30%. Ez egy rést eredményez, ezáltal megakadályozva a zaj belépését.
 - **Soros rezgőkör (Series Resonant Circuit)**
Áramkör, melynek komponensei sorba vannak kapcsolva és egy adott frekvencián tud rezegni. Rezonanciakor minimális impedanciát mutat.
 - **Sönt (Shunt)**
Egy kalibrált ellenállás párhuzamosan kapcsolva egy elektromos berendezéssel, hogy az áram egy részét felvegye.
 - **Starter-generátor**
Egy egység, melyet gázturbinás hajtóműveken alkalmaznak, hogy a szükséges indítási nyomatékot biztosítsák valamint elektromos energiát termeljen indítás után.
 - **Szabad elektronok (Free electrons)**
Az elektron külső héjához lazán kötődő elektronok, melyek képesek atomról atomra vándorolni, amikor feszültség alá kerül az anyag.
 - **Szelektivitás (Selectivity)**
Rádió vevő azon tulajdonsága, hogy kizárja a nemkívánt jeleket.
 - **Szenyezés (Doping)**
Félvezető vezetőképességének növelése meghatározott mennyiségű másik anyag hozzáadásával.
 - **Szigetelő (Insulator)**
Áram folyását akadályozó anyag.
 - **Szinkron motor (Synchronous motor)**
AC motor, melynek forgórésze szinkronban van az állórész által létrehozott forgó mágneses mezővel.
 - **Szinkroszkóp**
Két forgó elem szinkronizáltságát szimbolizáló eszköz.
 - **Szolenoid (Solenoid)**
Egy az átmérőjéhez képest hosszú tekercs, melyen áramot vezetnek át és mágneses fluxust hoznak létre, így mozgatva egy rudat (armatúrát).
 - **Szögsebesség (Angular Velocity)**
Egy tengely körül forgó pont által megtett ívhosszúság és a megtételéhez szükséges idő hányadosa.
 - **Szűrő (Filter)**
Egy áramkör mely bizonyos frekvenciákat átenged, másokat

csillapít. Lehetnek magas és alacsony frekvenciákra kialakított áramkörök.

➤ **Tachometer**

Forgó berendezés fordulatszámának kijelzésére használatos.

➤ **Távolságmérő berendezés**

(Distance Measuring Equipment, DME)

Rádiónavigációs berendezés, mellyel egy adott ponttól vett távolság határozható meg.

➤ **Tekercs (Coil)**

Összetekert vezető

➤ **Teljesítmény (Power)**

Egységnyi idő alatt végzett munka.

Elektromos munkát Wattban mérjük.

$$W = V \cdot I = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

➤ **Teljesítmény tényező**

A valós teljesítmény és a látszólagos teljesítmény aránya. A feszültség és az áram közti fázisszög koszinusza.

➤ **Tengelykapcsoló (Clutch)**

Motort és egyéb meghajtó egységeket a meghajtandó eszközökkel összekapcsoló elem.

➤ **Terheletlen feszültség (Off load voltage)**

Az akkumulátor feszültsége terheletlenül.

➤ **Térvezérlésű tranzisztor (Field Effect Transistor, FET)**

A csatornán átfolyó áram vezérlésére P típusú csatornát alkalmazó félvezető.

➤ **Thermistor**

Ellenállás, mely hőmérséklet hatására változtatja értékét.

➤ **Torzítás (Distortion)**

Az a mennyiség, mellyel egy áramkör nem képes pontosan reprodukálni a bemeneti jel karakterisztikáját.

➤ **Transzformáló egyenirányító egység (Transformer Rectifier Unit)**

Adott feszültségű AC konvertálását végzi egy másik DC feszültségre.

➤ **Transzformátor**

Ac feszültség másik feszültségre való átalakítására.

➤ **Tranzisztor**

Erősítésre és kapcsolásra használatos félvezető eszköz.

➤ **Trimmer**

Kis változtatható kondenzátor, melyet párhuzamosan használnak egy nagyobb kondenzátorral, annak érdekében, hogy kis mértékben változtatható legyen a teljes kapacitás.

➤ **UHF**

(Ultra High Frequency)

300 és 3000 MHz közötti frekvenciák.

➤ **Vagy kapu**

Logikai kapu, kimenete 1, ha bármelyik bemenet 1.

➤ **Valós teljesítmény (Real Power)**

Az ohmos ellenállású berendezések által elfogyasztott teljesítmény, mértékegysége: W, kW.

- **Váltakozó áram** (Alternating Current, AC)
Olyan áram, melynek változik az iránya, de frekvenciája független az áramkör elemeitől.
- **Vevő** (Receiver, RX)
Olyan áramkör, amely az elektromos hullámokat vagy áramokat audió jelekké alakítja.
- **Vezeték** (Cable)
Szigetelt (gumi, műanyag) elektromos vezetők csoportja.
- **VHF**
(Very High Frequency) 30 és 300 MHz közötti frekvenciák.
- **Villanófény** (Strobe light)
Nagy intenzitású villanófény, egy gázzal töltött gyújtócsőbe kisütött nagyfeszültséggel hozzák létre.
- **Visszacsatolás** (Feedback)
Akkor jelenik meg, amikor a kimenet teljes egésze vagy csak egy része visszahat a bemenetre.
- **Visszáram relé** (Reverse current relay)
Egy a generátor áramkörébe épített relé, feladata a generátor leválasztása az akkumulátorról, amikor az akkumulátor feszültsége nagyobb, mint a generátor feszültsége.
- **Vivőhullám** (Carrier Wave)
Moduláció révén információ továbbításra használt elektromágneses hullám.
- **VLF**
(Very Low Frequency)
3 és 30 kHz közötti frekvenciák.
- **VOR**
(VHF Omni-directional Radio range)
Léginavigációs rendszer, adott földi állomáshoz képest pontos irány információkat biztosít.
- **VOX**
(Voice operated switch)
Hangvezérlésű kapcsoló.
- **Wheatstone híd**
Egy híd áramkör, mely három ismert ellenállásból áll, és egy ismeretlenből, valamint egy galvanométerből. A galvanométer jelzését használják az ismeretlen ellenállás értékének meghatározására.
- **Zárárányú előfeszítés** (Reverse Bias)
Olyan feszültség kerül a félvezetőre, mely nagy ellenállást okoz a félvezetőn belül.
- **Zener dióda**
Egy dióda, melyet speciálisan egy adott feszültségen való letörésre terveztek. Ez a feszültség a Zener dióda letörési feszültsége.

14 Az angol nyelvű ábrafeliratok magyar fordítása

1. ábra	supply engine gen. return consumers motor busbar fuses circuit breakers battery switches	betáplálás hajtómű generátor visszatérő ág fogyasztók motor elosztó sín biztosítékok megszakítók akkumulátor kapcsolók
3. ábra	current voltage water flow model closed circuit resistor battery ampere meter voltmeter	áram feszültség, potenciál folyadékáram modell zárt áramkör ellenállás áramforrás, akkumulátor ampermérő feszültségmérő
9. ábra	applied voltage	betáplált feszültség
11. ábra	Current flowing up the wire Current flowing down the wire Compasses Magnetic field lines	Felfelé haladó áram a vezetőn Lefelé haladó áram a vezetőn Íránytűk A mágneses mező erővonalai
12. ábra	Direction of current marked with a red arrow Loop	Az áram irányát a piros nyíl jelöli Hurok
17. ábra	Voltage regulator Generator voltage DC field current Slip rings Brushes Field coil	Feszültségszabályzó Generátor-feszültség Gerjesztő egyenáram Csúszógyűrűk Kefék Gerjesztő tekercs
18. ábra	Thumb (Movement) First (Field) Second (EMF) Conventional current flow OUT of the paper Conventional current flow INTO the paper	Hüvelykujj (Mozgás) Mutatóujj (Elektromos mező) Középső ujj (Elektromotoros erő) Hagyományos áram haladása a papír síkjából KIFELE Hagyományos áram haladása a papír síkjába BEFELE
20. ábra	Thumb: Motion First Finger: Field Second Finger: Current	Hüvelykujj: Mozgás Mutatóujj: Elektromos mező Középső ujj: Áram

22. ábra	Slip rings Brushes AC output Rotating armature Axis of rotation Field coils Output current and voltage 1 cycle Time	Csúszógyűrűk Kefék Kimenő váltakozó áram Forgó tekercs Forgástengely Gerjesztőtekercsek Kimenő áram és feszültség 1 ciklus Idő
25. ábra	dielectric metal plates electrical connections	szigetelő fém lapok elektromos csatlakozások
27. ábra	fixed non polarised polarized variable pre-set	rögzített nem polarizált polarizált változtatható előre beállított
28. ábra	switch This represent all of the circuit resistance DC Supply electron flow conventional current flow	kapcsoló ez hozza létre az áramkör összes ellenállását DC tápellátás elektron áramlás hagyományos áramirány
29. ábra	supply voltage voltage current time	tápfeszültség feszültség áramerősség idő
30. ábra	coil resistance on/off	tekercs ellenállás be/ki
34. ábra	batteries primary secondary Lead-acid alkaline Ni-Fe Ni-Cd cell symbol battery symbol	akkumulátorok/áramforrások elsődleges másodlagos ólomsav lúg/lúgos nikkel-vas nikkel-kadmium cella jele akkumulátor jele
35. ábra	positive terminal post negative terminal post vent cap Single battery cell showing positive and negative plate groups interlocked. Plate separators are not shown. positive/negative plate group	pozitív csatlakozási pont negatív csatlakozási pont szellőződugó Akkumulátor cella, amely pozitív és negatív lemeze csoportokat tartalmaz. A lemez elválasztók nincsenek megjelenítve pozitív/negatív lemezcsoport

42. ábra	Single pole single throw (SPST) Double pole single throw (DPST) Single pole double throw (SPDT) Double pole double throw (DPDT)	Egypólusú egyáramkörös kapcsoló Kétpólusú egyáramkörös kapcsoló Egypólusú kétáramkörös kapcsoló Kétpólusú kétáramkörös kapcsoló
43. ábra	Steel cover Plastic case Elastomer toggle seal	fém borítás műanyag tok elasztomer tömítés
46. ábra	Terminal screw Cone contact Clamping ring Terminal cover Contact plate (Simple type) push button Switch housing Switch actuating plunger Illuminated lens assembly Lamp contacts Translucent screen Illuminated type push switch	csatlakozócsavar kúpos érintkező szorítógyűrű csatlakozó fedél érintkező lap (Egyszerű) nyomógomb kapcsolóház kapcsolót mozgó szár megvilágított lencseszerkezet lámpaérintkezők átlátszó képernyő világító nyomógombos kapcsoló
47. ábra	Housing assembly Contact assembly End cover Return spring Plunger Coil assembly Terminal and fixed contact block	házszerelvény érintkező szerelvény végborítás visszatérítő rugó működtető szár tekercs-szerelvény csatlakozó és rögzített érintkezőház
48. ábra	Removable plastic button Pre-moulded elastomer seal Mounting hole Locking nut Cover seal High strength temperature resistant non-tracking plastic case Moulded terminal insert Enclosed switching chamber One-piece cast bushing and cover Identification log	eltávolítható műanyag gomb előöntött elasztomer tömítés rögzítő furat kontraanya fedéltömítés nagy szilárdságú hőálló műanyag tok beöntött érintkező betét zárt kapcsolókamra egy darabból álló öntött hüvely és fedél azonosító jel

49. ábra	Operating plunger Spring (long member) Fixed contact (normally closed) Common terminal Sealed housing Side members Fixed contact(normally open) Roller Roller guide lock ring Lock washer Tab washer Body Bushing Plunger actuator Steel cap Cable Bushing keyway Locking wire hole	működtető szár rugó (hosszú tag) rögzített érintkező (alaphelyzetben zárva) közös érintkező tömített ház oldaltagok rögzített érintkező (általában nyitott) görgő önzáró gyűrű zárálatét biztosító alátét ház menetes persely kapcsoló szár acél sapka kábel ékhorony biztosító drót furata
50. ábra	High speed gear assembly Motor Centrifugal switch Micro-switches Camshaft assembly Intermediate gear assembly	nagysebességű áttétel motor centrifugális kapcsoló mikrokapcsolók vezérműtengely szerkezet köztes áttétel
51	membrane no light spring high pressure low pressure light	membrán nem világít rugó magas nyomás alacsony nyomás világít
52	cap barrel contacts terminal nut locking wire cover plate terminal block monting lug spring-bow	sapka dob érintkezők érintkező csavaranya biztosító huzal borító lemez érintkező ház felfogató keret laprugó
53	switch unit magnetic actuator	kapcsoló egység mágneses működtető

54	ceramic cap core head contact spring braid armature pivot pin terminal bracket yoke stop restoring spring coil insulating block bracket solder tag fixed contact moving contact	kerámia borítás vasmag fej érintkező rugó sodrat armatúra himba tengely csatlakozó villa ütköző visszahúzó rugó tekercs szigetelő test konzol kábelvég rögzített érintkező mozgó érzékelő
55	terminal moulding coil assembly return spring coil terminals spindle and collar assembly contact plate main contact main terminals	érintkező foglalat tekercs szerelvény visszatérítő rugó tekercs érintkezők orsó és persely szelvény érintkező lap fő érintkező fő érintkezők
57	frame armature	keret armatúra
56	soft iron core coil spring solenoid de-energised magnetic field due to current through coil core becomes magnetised solenoid energised	lágvas mag tekercs rugó szolenoid feszültségmentes mágneses mező a tekercsen átfolyó áram hatására a mag mágnesessé válik szolenoid feszültség alatt
58	fuse symbols terminals fuse cartridge fusible element a light duty circuit fuse a high rupturing capacity fuse	biztosíték jelölések érintkezők biztosíték ház olvadó elem olvadó biztosíték kis terhelésekhez olvadó biztosíték nagy terhelésekhez
60	terminals tripped shake-proof washer mounting nut housing white marker band, tripped push pull button reset	csatlakozók kioldott rezgésálló alátét felfogató anya borítás fehér jelölő szalag, kioldott nyomó húzó gomb visszaállított

61. ábra	covalent bonds	kovalens kötés
62. ábra	Valence shell Valence elektron Silicon Germanium Carbon	vegyérték héj vegyérték elektronok Szilícium Germánium Szén
66. ábra	Barrier potential Depletion layer	Záró potenciál Határréteg (nem szennyezett)
67. ábra	p-type n-type P/N junction fixed negative charge fixed positive charge mobile negative charge mobile positive charge Depletion layer Barrier potential of depletion region	p típusú n típusú P és N rétegek találkozása fix negatív töltés fix pozitív töltés negatív hordozó töltés pozitív hordozó töltés Határréteg A határréteg záróirányú feszültsége
68. ábra	Circuit symbol conventional current flow this direction only	áramköri jelölés hagyományos elektron áramlás csak ebben az irányban
72. ábra	Input voltage Resistor to limit current Zener diode Fixed output voltage	bemenő feszültség áramhatároló ellenállás Zener dióda állandó kimenő feszültség
77. ábra	Electron flow Emitter current Base current Collector current	Elektronok áramlása Emitter áram Bázis áram Kollektor áram
78. ábra	Fixed resistor Variable resistor Lamp	állandó ellenállás változtatható ellenállás izzó
80. ábra	Load Magnetic field Slip rings Carbon brushes Armature loop	Terhelés mágneses mező Csúszógyűrűk szénkefék forgórész hurok (1 menetes tekercs)
81. ábra	EMF Phase angle	Elektromágneses mező Fázisszög
82. ábra	Split ring commutator	Osztott csúszógyűrű
84. ábra	Maximum induced EMF Minimum induced EMF Shaft	Maximális indukált elektromágneses mező Minimális indukált elektromágneses mező forgástengely
85. ábra	Zero One revolution Volts	Nulla Egy körülfordulás Feszültség V-ban

86. ábra	end cover retaining cap clamp plate anti-drive end head window strap terminal terminal cover sealed ball bearing shaft and plate assembly ball bearing brushgear armature yoke and field coils bearing support head shaft spline	végborítás csapágyfedél távtartó berendezés ház ablak lemez elektromos csatlakozás elektromos csatlakozás fedél zárt golyós csapágy meghajtó tengely golyós csapágy érintkező görgő tekerceses forgórész munka és gerjesztő tekercsek csapágytám tengely bordája
87. ábra	DC generátor Alternator stationary field Commutator Rotating armature rotating field stationary armature Rectifier Load	egyenáramú generátor váltóáramú generátor állandó mágneses mező csúszógyűrű forgó munkatekeres forgó mágneses mező álló munkatekeres Egyenirányító terhelés
88. ábra	brushes slip-rings to voltage regulator earth return Field winding DC stator windings 3-phase AC 3-phase bridge rectifier v-belt pulley with cooling fan end cover with bearing (drive side) rotor with field winding stator with 3 phase main windings end cover with bearing (terminal side) 3-phase full wave rectifier inside Alternator assembly Stator slip ring Rotor Brushes Field current Voltage regulator Alternator switch busbar Loads battery relay	kefék csúszógyűrűk a feszültség szabályozóba földelés visszavezetés gerjesztő tekercselés Egyenáram állórész tekercselés 3 fázisú váltóáram 3 fázisú egyenirányító híd ékszíjtárcsa hűtő ventilátorral ház támcsapággal (meghajtó oldal) forgórész gerjesztő tekercsel állórész a 3 fázisú munkatekercsekkel ház támcsapággal (csatlakozó oldal) 3 fázisú egyenirányító híd egybeépítve generátor egység állórész csúszógyűrű forgórész kefék gerjesztőáram feszültségszabályozó Generátor kapcsoló gyűjtősín fogyasztók akkumulátor relé

89. ábra	DC output with a small ripple 3-phase AC input Bridge rectifier Ripple DC output with small ripple	egyenirányított feszültség kevés lűktetéssel 3 fázisú váltóáramú bemenet Egyenirányító híd lűktetés Egyenáramú kimenet kis lűktetésekkel
90. ábra	Generator Field current Field coil spring carbon pile (Variable resistance) control coil Voltage regulator sample voltage Generator output to busbar	Generátor gerjesztő áram gerjesztő tekercs laprugó szénoszlop (változó ellenállás) szabályzó tekercs feszültség szabályzó referencia feszültség Generátor kimenet a gyűjtősínre
91. ábra	Field coil Voltage regulator shunt winding series winding magnetic influence spring adjusters Current regulator Output to busbar	gerjesztő tekercs feszültség szabályzó párhuzamos tekercs soros tekercs mágneses erő rugó beállítók áram szabályozó Kimenet a gyűjtősínre
92. ábra	Zener diode To busbar	Zener dióda A gyűjtősínre
93. ábra	generator switch Armature Shunt field Voltage regulator warning light Cut-out Voltage coil Current coil Busbar Loads battery relay Battery	generátor kapcsoló Munkatekercsek Párhuzamos gerjesztés feszültség szabályzó figyelmeztető fény leválasztó kapcsoló feszültség tekercs áram tekercs gyűjtősín fogyasztók akkumulátor relé akkumulátor
94. ábra	small resistor load equalising unit Voltage regulators Field load sharing loop	kis ellenállás terhelés kiegyenlítő egység feszültség szabályozók gerjesztés tehermegosztó hurok
97. ábra	Mounting flange Roller bearing Armature Terminal posts Ball bearing Drive shaft Field coils Commutator Brush gear	rögzítő karima görgőcsapágy armatúra elektromos csatlakozók golyócsapágy hajtótengely gerjesztő tekercsek kommutátor érintkező görgő

98.	ábra	Slow start resistor Centrifugal / time switch Starter motor	előtét ellenállás centrifugál / időkapcsoló indítómotor
99.	ábra	Armature Series field A series wound D.C. motor Diagrammatic view	armatúra soros gerjesztés soros gerjesztésű egyenáramú motor vázlatos nézet
100.	ábra	Shunt field A shunt wound D.C. motor Diagrammatic view	Párhuzamos gerjesztés Párhuzamos gerjesztésű egyenáramú motor Vázlatos nézet
101.	ábra	Series field Shunt field Compound	soros gerjesztés párhuzamos gerjesztés vegyes gerjesztés
102.	ábra	Motor mode Engine Generator Voltage regulator Drive shaft Series field Shunt field	Motor üzem Motor Generátor Feszültségszabályozó Meghajtó tengely Soros gerjesztés Párhuzamos gerjesztés
103.	ábra	Forward Reverse Supply	„Előre” helyzet „Hátramenet/reverz” helyzet Áramforrás
104.	ábra	Selector switch In limit switch Out limit switch In winding Out winding Reduction gear Clutch Drive nut Output drive Screwjack Limit switch operating arm	Kiválasztó kapcsoló Vég helyzet kapcsoló (benti) Vég helyzet kapcsoló (kinti) Be irányú gerjesztő tekercs Ki irányú gerjesztő tekercs Lassító áttétel Tengelykapcsoló Menesztőanya Kimenő hajtás Vonóorsó Vég helyzet kapcsoló működtető kar
105.	ábra	„Dolls eye” position indicator Brake coils Clutch Open limit switch Close limit switch Output drive Selector switch	Mágneses helyzetjelző féktekercsek tengelykapcsoló Vég helyzet kapcsoló (nyitó) Vég helyzet kapcsoló (záró) Kihajtás Kiválasztó kapcsoló
106.	ábra	Brake coil Arm Field coil Limit switches Control switch Indicators	Féktekercs Armatúra Gerjesztő tekercs Végálláskapcsolók Vezérlő kapcsoló Kijelzők

107.	ábra	Limit switch Cam Open winding Close winding Magnetic indicator or lights	végálláskapcsoló Bütyök nyitó tekercselés záró tekercselés Mágneses helyzetjelzők vagy fények
108.	ábra	AC busbar AC loads High voltage Transformer Rectifier unit DC busbar Low voltage DC Loads	Váltóáramú gyűjtősín Váltóáramú fogyasztók Magas feszültség Transzformáló egyenirányító egység Egyenáramú gyűjtősín Kisfeszültség Egyenáramú fogyasztók
110.	ábra	Phase angle Rotation Max value Time	Fázisszög Forgás Maximális érték Idő
111.	ábra	Peak Value or Amplitude RMS Value One Cycle Positive Half Cycle Negative Half Cycle	Csúcsérték vagy amplitúdó Effektív érték Egy ciklus Pozitív fél ciklus Negatív fél ciklus
112.	ábra	Peak Peak value Power (Sine phase x peak value) ² Instantaneous voltage or current Instantaneous power	Csúcs Csúcsérték Teljesítmény (Szinusz fázisszög x csúcsérték) ² Pillanatnyi feszültség vagy áram Pillanatnyi teljesítmény
113.	ábra	AC Busbar	Váltóáramú gyűjtősín
114.	ábra	Resistive Circuit (Voltage and Current in Phase)	Tiszta ellenállás AC áramkörben (feszültség és áram fázisban van)
116.	ábra	Supply voltage Circuit current Opposition current Back EMF generated across coil while the current is changing opposes rate of change of current flow in the circuit	Tápfeszültség Áram Ellentétes irányú áram A tekercs körül elektromágneses mező keletkezik, miközben a változó mágneses mező a tekercset metszi, és a jelenlegi áramiránnyal ellentétes áramot indukál
117.	ábra	Pure Inductive Circuit - Voltage and Current 'Out of Phase' 'Back EMF' causes current to lag Current 'lags' voltage by 90°	Tiszta induktív áramkör - feszültség és áram nincs fázisban Az önindukciós mező okozza az áram késését Az áram 90°-ot késik a feszültséghez képest
119.	ábra	Current or inductive reactance Frequency	Áram vagy induktív ellenállás Frekvencia
120.	ábra	AC Busbar	Váltóáramú gyűjtősín

121.	ábra	Pure Capacitive Circuit - Voltage and Current Out of Phase Current 'leads' voltage by 90°	Tiszta kapacitív áramkör - feszültség és áram nincs fázisban Az áram 90°-ot siet a feszültséghez képest
123.	ábra	Current or capacitive reactance Frequency	Áram vagy kapacitív ellenállás Frekvencia
124.	ábra	Fuel Fuel gauge Probe plates	Üzemanyag Üzemanyagszint-jelző Érzékelő lemezek
127.	ábra	Reactance Impedance Resistance	Induktív ellenállás Impedancia Ellenállás
128.	ábra	Rotation	Forgás
129.	ábra	Supply current AC Busbar Individual load currents Vector addition of load currents Supply current from generator with φ	Tápáram Váltóáramú gyűjtősín Különálló terhelő áramok Terhelő áramok vektorösszege Generátorról felvett terhelő áram fázisszöggel
130.	ábra	As vectors	vektorosan
131.	ábra	positive power negative power true power phase angle current lags voltage power reactive No real power generated when current 90 OOP with voltage	pozitív teljesítmény negatív teljesítmény valós teljesítmény fázis szög áramelmaradás feszültség teljesítmény meddő nincs valós teljesítmény, ha az áram 90 fok fáziseltolással rendelkezik a feszültséghez képest
132.	ábra	positive power negative power true power phase angle current leads voltage power reactive No real power generated when current 90 OOP with voltage	pozitív teljesítmény negatív teljesítmény valós teljesítmény fázis szög áramsietés feszültség teljesítmény meddő nincs valós teljesítmény, ha az áram 90 fok fáziseltolással rendelkezik a feszültséghez képest
133.	ábra	real power reactive power apparent power	valós teljesítmény meddő teljesítmény látszólagos teljesítmény
134.	ábra	busbar loads in parallel	gyűjtősín párhuzamos terhelések
135.	ábra	One cycle of all phases Phase A, B, C Volts	Egy periódus minden fázisnál A, B, C fázis Feszültség

136.	ábra	Phase winding connections Starts Ends	Fázistekercs csatlakozások Tekercs kezdeti csatlakozások Tekercs vég csatlakozások
137.	ábra	Neutral Line 1, 2, 3	Nulla / földpont 1, 2, 3 kimeneti érintkező
138.	ábra	Phase current Phase voltage Line current Line voltage Phase A, B, C loads Ground	Fázis áram Fázis feszültség Vonali áram Vonali feszültség A, B, C fázisok terhelései Földpont / csillagpont
139.	ábra	Lásd 136. ábránál	
140.	ábra	Lásd 138. ábránál	
142.	ábra	Frequency wild voltage regulated generator AC Busbar high voltage Resistive loads Transformer rectifier unit DC Busbar low voltage	Frekvenciára nem, csak feszültségre szabályozott generátor Váltóáramú gyűjtősín, nagyfeszültség Ohmos ellenállások Transzformáló, egyenirányító egység Egyenáramú gyűjtősín, kisfeszültség
143.	ábra	variable angle swashplate constant angle swashplate output drive to generator input drive from engine	változtatható szögű vezérlőtárcsa állandó szögű vezérlőtárcsa kivezetés a generátorhoz motorból jövő bevezető vezérlés
144.	ábra	engine gearbox variable speed input pump reservoir fan air cooling matrix hydraulic motor constant speed input 3 phase output generator frequency sensing load controller	hajtómű áttételház változtatható sebességű bemenet szivattyú tartály hűtőlevegő ventilátortól hűtő hidromotor állandó sebességű bemenet 3 fázisú kimenet generátor frekvencia érzékelés terhelésvezérlő
145.	ábra	Generator (may be cooled in flight and induced air cooled by an engine bleed on the ground) constant speed drive input drive from engine	Generátor (repülés során a légáramlás hűti, a földön a hajtóműtől elvett levegő) állandó sebességű hajtás hajtóműtől kapott hajtás
146.	ábra	engine generator gearbox quill shaft drive disconnect mechanism	hajtómű generátor áttételház törőtengely tengelykapcsoló mechanizmus
147.	ábra	generator differential unit hydraulic trim unit input drive from gearbox	generátor differenciálmű hidraulikus differenciálmű vezérlő egység meghajtás az áttételházzal

148.	ábra	Frequency wild AC generator Varying frequency AC rectifier DC static inverter constant frequency AC	nem szabályozott frekvenciájú váltóáramú generátor változó frekvenciás váltóáram egyenirányító egyenáram statikus áramátalakító állandó frekvenciájú váltóáram
149.	ábra	main generator drive from CSD rectifier exciter generator armature with AC generated Yoke with the DC from the Voltage regulator in the field coils stator with 3 phase AC output windings rotor with DC in the Field coils	fő generátor Állandó fordulatszámú meghajtástól jövő hajtás egyenirányító gerjesztő generátor armatúra a generált váltóárammal Állórész a feszültségszabályozó által a gerjesztőtekercsekben szabályozott egyenárammal állórész 3 fázisú váltóáramú kivezető tekercsekkel forgórész egyenárammal a gerjesztőtekercsekben
150.	ábra	exciter generator field winding exciter generator yoke exciter generator 3 phase output windings 3 phase rectifier main generator rotor field winding rotating shaft main generator output stator windings line neutral main generator stator	gerjesztő generátor gerjesztő tekercselés gerjesztőgenerátor állórész gerjesztő generátor 3 fázisú kivezető tekercseléssel 3 fázisú egyenirányító főgenerátor forgó gerjesztő tekercseléssel forgótengely fő generátor állórész tekercselésének kivezetése fázis földpont fő generátor álló része
151.	ábra	main generator rotating rectifier exciter generator residual magnetism voltage sample input voltage regulator 28V DC bus bar 115V AC bus TRU	főgenerátor forgó egyenirányító gerjesztő generátor állandó mágnesesség feszültség érzékelő bemenet feszültségszabályozó 28V-os egyenáramú sín 115V-os váltóáramú sín Transzformáló, egyenirányító egység

152.	ábra	structural frame and mount deployment actuator strut leg turbine release cable hydraulic pump bevel gears turbine internal governor Ram air turbine PRESS UNLKD	tartószerkezet és rögzítés működtető munkahenger tartó árbóc fék működtető bowden hidraulika szivattyú szöghajtás szélkerék belső szabályzó szélkerék Megnyomásra kienged
153.	ábra	main generator output stator winding line G(C)B 3 phase busbar TRU DC system DC busbar DC load battery relay	fő generátor állórész tekercselésének kivezetése fázis Generátor kapcsoló relé 3 fázisú gyűjtősín Transzformáló, egyenirányító egység egyenáramú rendszer egyenáramú gyűjtősín egyenáramú terhelés akkumulátor kapcsoló relé
154.	ábra	flight deck circuit breaker panel floor AC main bus Cables from main generator GB	kabin áramköri megszakítók panelje padló váltóáramú fő gyűjtősín fő generátorból érkező kábelek Generátor kapcsoló relé
155.	ábra	cable carrying AC current transformer (CT) voltage signal from CT line differential protection flight deck circuit breaker panel floor AC main bus 3 phase current transformer	váltóáramú kábel áram transzformátor az áramtranszformátorból érkező feszültség jel vezeték differenciál védelem kabin áramköri megszakítók panelje padló váltóáramú fő gyűjtősín 3 fázisú áram transzformátor

156.	ábra	Ground power receptacle Generator control unit ground power breaker external power for refuel No 1, 2 main AC busbar 115/200V Split system breaker Change-over relay essential AC busbar 115V inverter inverter supply relay main DC bus isolation relay essential DC busbar main DC busbar battery isolating contractor battery busbar battery 1, 2	földi táp csatlakozó aljzat generátor vezérlő egység földi áramforrás megszakító külső táplálás a tankoláshoz 1, 2-es fő váltóáramú gyűjtősín 115/200V Megosztott rendszer megszakító átkapcsoló relé elsődleges váltóáramú 115V-os gyűjtősín statikus áramátalakító statikus áramátalakító tápellátó relé fő egyenáramú adatsín szigetelő relé elsődleges egyenáramú adatsín (vézsín) fő egyenáramú gyűjtősín akkumulátor leválasztó kapcsoló relé akkumulátor gyűjtősín 1, 2 akkumulátorok
157.	ábra	Reactive load sharing control Synchronising busbar Real load sharing control Essential power Essential power selector Main busbar Auxiliary battery bus bar Forward / Aft galley External power socket External power CB Battery Battery relay CSD AC loads Ground servicing Fuelling Blocking Diode P1....6 TRU F VR1...4 TXFR GCB1...4 GCR1...4 SSB/BTB1...4	Meddő terheléselosztás vezérlés Szinkronizáló gyűjtősín Valós terhelés megosztás vezérlő Szükséges teljesítmény Szükséges teljesítmény kiválasztó Fő gyűjtősín Tartalék akku sín Első / hátsó konyha Külső áramforrás csatlakozó Külső áramforrás megszakító Akkumulátor Akkumulátor relé Állandó sebességű meghajtó egység Váltóáramú terhelések földi kiszolgálás Üzemanyag töltés blokkoló dióda Megszakítók Transzformátor Egyenirányító Egység Generátor gerjesztés Feszültségszabályzók Transzformátor Generátor (vezérlő) megszakítók Generátor vezérlő relék Megosztott rendszer megszakítók

158.	ábra	APU1...2 APU CB Synchbus Split system breaker Gen1...4 External power socket External power CB BTB1...4 GCB1...4 Main busbar	Segédhajtóművek Segédhajtómű megszakítók Szinkronizáló gyűjtősín rendszer megosztó megszakító Generátorok Külső áramforrás csatlakozó Külső áramforrás megszakító Megosztott rendszer megszakítók Generátor (vezérlő) megszakítók Fő gyűjtősín
159.	ábra	Flight deck electrics panel Alternate fuel flowmeter power Galley power Low pressure Disconnect Gen drive Temp Bus tie breaker Circuit open Close Gen breaker Gen control Off External power Power ON bus Connected Source Gen1...4 EXT PWR Essential power Synchronised when lights are out Selector AC paralleling FREQ CONTROL INCR Push for kVARs powermeter	Elektromos rendszer panel a pilótafülkében Tartalék átfolyásmérő táplálás Konyha táplálás Kis olajnyomás Leválasztás Generátor meghajtás Olajhőmérséklet Megosztott rendszer megszakítók Leválasztott helyzet Rákapcsolt helyzet Generátor megszakító Generátor vezérlő Kikapcsolt Külső áramforrás Bejövő teljesítmény a sínen Csatlakoztatva Áramforrás Generátorok Külső áramforrás Szükséges teljesítmény Szinkronizálva, ha a lámpák nem világítanak Váltóáramú források párhuzamosító kiválasztója Frekvencia szabályozás Frekvencia állítás Meddő teljesítmény mérés nyomógombja
160.	ábra	Voltage Synchbus Synchbus Line 1 /3 IN phase with Gen Line 1 /3	Feszültség Szinkronizáló gyűjtősín 1 / 3 szinkronizáló gyűjtősín fázisban az 1 / 3 generátor sínnel

161.	ábra	Voltage regulator Reactive load sharing loop Real load sharing loop Current transformer Load controller Frequency trim Electromagnetic trim To busbar	Feszültségszabályzó Meddőterhelés megosztó kör Valósterhelés megosztó kör Áramváltó Terhelésvezérlő Frekvenciaszabályozó változtatható ellenállás Elektromágneses nyomatékszabályzó A gyűjtősinékhez
162.	ábra	Alternating current Alternating magnetic field(s) 120° / 240° phase shift Two pole rotor Rotating magnetic fields due to combination of altering magnetic fields	Váltóáram Váltakozó mágneses mező(k) 120° / 240° fáziseltolás Kétpólusú forgórész A váltakozó mágneses mezők egymásra hatása miatt forgó mágneses mező
163.	ábra	End ring Copper rotor bars Drive shaft Squirrel cage rotor	Tartógyűrű Réz kalickarúd Meghajtó tengely Kalickás forgórész
164.	ábra	Alternating current for continuous operation Single (main) phase Alternating current for starting only Starting phase	Váltóáram a folyamatos működéshez Főfázis Váltóáram csak az indításhoz Indítófázis
165.	ábra	Reference current Input signal Amplifier Output control current Reference phase winding Control phase winding Starting Reverse rotation Slower	Referencia áram Bemenő jel Vezérlő erősítő Kimenő vezérlő áram Referencia fázistekercs Vezérlő fázistekercs Indítás Ellentétes forgás Lassabban
166.	ábra	Laminated iron core AC input AC output Primer winding Secondary winding	Laminált lágyvas mag Primer váltóáram Szekunder váltóáram Primer tekercs Szekunder tekercs
167.	ábra	Primer winding Secondary winding Step-up Step-down	Primer tekercs Szekunder tekercs Feltranszformálás Letranszformálás
168.	ábra	Example The transformer has a step down ratio of 10:1 Secondary voltage Secondary current Apparent power output Apparent power input	Példa A transzformátor letranszformálási aránya 10:1 Szekunder feszültség Szekunder áram Látszólagos kimenő teljesítmény Látszólagos bemenő teljesítmény

169.	ábra	laminated iron core basic soft iron core step-up step-down primary secondary	laminált vasmag alap lágy vasmag feltranszformálás letranszformálás primer tekercs szekunder tekercs
170.	ábra	3 phase input 3 phase AC bus TRU Transformer Bridge rectifier DC system DC busbar DC load Battery Battery relay DC output with small ripple	3 fázisú bemenet 3 fázisú váltóáramú sín Transzformátor Egyenirányító Egység Transzformátor Egyenirányító híd Egyenáramú rendszer Egyenáramú sín Egyenáramú fogyasztók Akkumulátor Akkumulátor relé Egyenáramú kimenet kis lüktetésekkkel
171.	ábra	Primary Secondary Step-up Step-down	Primer kimenet Szekunder kimenet Feltranszformálás Letranszformálás
172.	ábra	current flow in first half circle current flow in second half circle input output	áram folyása az első félperiódusban áram folyása a második félperiódusban bemenet kimenet
173.	ábra	3 phase input Rectifier DC busbar DC output with small ripple DC load	3 fázisú bemenet Egyenirányító Egyenáramú sín Egyenáramú kimenet kis lüktetésekkkel Egyenáramú fogyasztók
174.	ábra	DC motor AC generator armature shaft	Egyenáramú motor Váltóáramú generátor forgórész tengely
175 / 176 ábrák		Busbar Load	Gyűjtősín Terhelés
177.	ábra	DC generator Inverter non / essential (AC) consumers vital consumers external power battery battery busbar Battery relay	Egyenáramú generátor Áramátalakító nem / alapvető (AC) fogyasztók létfontosságú fogyasztók külső áramforrás akkumulátor akku sín Akkumulátor relé

178. / 181. ábrák	Generator load amperemeter Battery amperemeter Busbar Load Shunt	Generátor ampermérő Akku ampermérő Gyűjtősín Fogyasztók Sönt
184. ábra	Input Output	Bemenet Kimenet
185. / 190. ábrák	Inputs Output Parallel Truth table Series circuit Symbol Relay circuit Functional circuit diagram	Bemenetek Kimenet Párhuzamos Igazságtáblázat Soros kapcsolás Jelölés Relé áramkör (vezérlő áramkör) Áramkör működési vázlat
193. ábra	Right down switch Nose Down light Left down switch Throttle switch Horn	Jobb futó kinti helyzetkapcsoló Orrfutó kinti helyzetkapcsoló Le-lámpa Bal futó kinti helyzetkapcsoló Gázkar mikrokapcsoló Duda

1. táblázat

Property – tulajdonság	Unit - mértékegység	Description - leírása
Charge – töltés (Q)	Coulomb (C)	1 Coulomb töltés $6,25 \cdot 10^{18}$ elektronnak felel meg
Voltage – feszültség (jele V, de gyakran U nak is jelölik)	Volt (V)	Potenciálok különbsége. A szükséges erő, adott töltés mozgatásához. $1V = 1 J/C$
Electromotoric force – elektromotoros erő (EMF)	Volt (V)	Az erő, ami az elektronokat mozgásra kényszeríti az áramkörben. Ez a különbség az elektromos nyomás vagy potenciál között, ami két pont között jöhet létre.
Current – áramerősség (I)	Ampere (A)	Irányított töltések áramlása az áramkörben. $1A = 1C / 1s$
Resistance – ellenállás (R)	Ohm (Ω)	Egy statikus ellenállása egy áramkörnek.
Energy (E) and work (W)– energia és munka	Joule (J)	kWh-ban is mérik. 1 kWh megfelel egy 1000 Wattal működő gép egy órás fogyasztásának.
Power – teljesítmény (P)	Watt (W)	Időegység alatt elhasznált energia mennyiség. $1W = 1J/s$

Frequency – frekvencia (f)	Hertz (Hz)	Ez a frekvencia mérésére szolgáló mértékegység, megegyezik a másodpercenkénti egy ciklussal
Impedance – ellenállás (Z)	Ohm (Ω)	Az áram teljes ellenállása egy AC áramkörben
Time – idő (t)	Second (s)	

Forrásjegyzék:

- [1] Nordan AS, Electrics Aircraft General Knowledge (Sixth Edition)
- [2] OXFORD ATPL, Aircraft General Knowledge 2 (Fourth Edition)
- [3] Ifj. Zátanyi Sándor Fizika Gimnáziumok 10. évfolyama számára
- [4] Beneda, Gáti, Hámori, Óvári, Rác: Repülőgépek rendszerei, és avionika
- [5] OktatóCD, Oxford Aviation Academy DC electrics és AC electrics

INTERNET 1:

https://hu.wikipedia.org/wiki/Elektromos_%C3%A1ramer%C5%91ss%C3%A9g letöltve: 2017. 11. 29.

INTERNET 2:

<https://hu.wikipedia.org/wiki/SI-prefixum> letöltve: 2017. 11. 29.

INTERNET 3: http://centroszet.hu/tananyag/elektro_new/image074.jpg letöltve: 2017. 11. 29.

INTERNET 4: <http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Kepek/ElekKon2.jpg> 2017. 11. 29.

INTERNET 5:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e1/Forgokondenzator_rajz_hu.svg letöltve: 2017. 11. 29.

INTERNET [6]: http://zeus.nyf.hu/~elat/Elektro_II.pdf Letöltve: 2017. 11. 30.

INTERNET [7]:

https://hu.wikipedia.org/wiki/Vil%C3%A1g%C3%ADt%C3%B3_di%C3%B3da#/media/File:_Verschiedene_LEDs.jpg Letöltve: 2017. 11. 30.

INTERNET [8]: http://cms.sulinet.hu/get/d/4909efb2-37ce-4865-8fd5-d9fe26277204/1/4/b/Large/11_1_4_Hidkapcsolasu_ketutas_egyeniranyito_kapcsolasa.jpg Letöltve: 2017. 11. 30.

INTERNET [9]: <https://www.metabunk.org/sk/20150808-055337-bhpoa.jpg> Letöltés: 2017. 11. 30.

INTERNET [10]: <https://www.autodesk.com/products/eagle/blog/wp-content/uploads/2017/05/microchip-on-card.jpg> Letöltés: 2017. 11. 30.

INTERNET [11] : <https://i.stack.imgur.com/tGcsX.jpg> Letöltés: 2017.11.19.

INTERNET [12]: <https://www.youtube.com/watch?v=eOTTGYtwAdk> Letöltve: 2017.11.20.

INTERNET [13]: <https://www.youtube.com/watch?v=hsoggQOoG4s> Letöltve: 2017.11.20.

INTERNET [14]: https://www.youtube.com/watch?v=tz62t-q_KEc Letöltve: 2017.11.20.

INTERNET [15]: <https://www.youtube.com/watch?v=-xebh8wU8gY> Letöltve: 2017.11.20.

- INTERNET [16]: <https://www.youtube.com/watch?v=c9eMUegg5QM> Letöltve: 2017.11.20.
- INTERNET [17]: <https://www.youtube.com/watch?v=LAtPHANefQo> Letöltve: 2017.11.20.
- INTERNET [18]: <https://www.youtube.com/watch?v=bCEiOnuODac> Letöltve: 2017.11.21.
- INTERNET [19]: <https://www.youtube.com/watch?v=awrUxv7B-a8> Letöltve: 2017.11.21.
- INTERNET [20]: https://www.youtube.com/watch?v=AQqyGNOP_3o Letöltve: 2017.11.21.
- INTERNET [21]: <https://www.youtube.com/watch?v=Vk2jDXxZIhs> Letöltve: 2017.11.22.
- INTERNET [22]: <https://www.youtube.com/watch?v=tiKH48EMgKE> Letöltve: 2017.11.23.