

### 1. Villamosterek

A térben elhelyezett villamos töltéssel rendelkező részecskék erőhatást gyakorolnak egymásra. Ennek az erőhatásnak az értékét a Coulomb-törvény határozza meg, amely:

$$Ahol: F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

-F az egyes töltésekre ható erő

-Q1 és Q2 a két töltésre ható erő nagysága

-r a töltött részecskék távolsága

-k a részecskéket körülvevő tér anyagától függő állandó

Az összefüggésben az e a vizsgált teret kitöltő anyag permittivitása.

A villamos terek erővonalakkal jellemezhetjük. Az erőterbe helyezett részecskére ható erő irányát az erővonal adott pontbeli iránya, nagyságát az erővonalak sűrűsége szabja meg.

### 2. Mágneses terek

Az áram által átvitt vezető mágneses teret hoz létre maga körül. A teret a mágneses térerősség jellemzi. A második jellemző a mágneses indukció. A mágneses indukció a mágneses térerősségtől és a tér anyagára jellemző értéktől függ. Harmadik jellemző a mágneses fluxus, ami az adott felületen áthaladó mágneses erővonalak száma.

### 3. Mágneses terek hatásai

A mágneses térbe elhelyezett, áram által átvitt vezetőre erő hat, melynek iránya merőleges a vezetőre (az áram irányára) és a mágneses indukcióvonalakra, nagysága pedig

$$F = B \cdot I \cdot l \text{ összefüggéssel számítható ki.}$$

A mágneses fluxus megváltozása a mágneses térben lévő vezetőn feszültséget indukál. A mágneses térbe helyezett v sebességgel mozgó vezető esetén ez a feszültség  $U_1 = B \cdot l \cdot v$ , a térben elhelyezett N menetszámú tekercs esetén az  $U_1 = N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$  összefüggéssel számítható.

tekercsen áram folyik, akkor az áram hatására mágneses tér gerjesztődik. Amennyiben a tekercsben az átfolyó áram értéke megváltozik, a tekercs által gerjesztett fluxus is változik. A fluxus-változás viszont olyan feszültséget indukál, ami ezt a változást gyengíteni akarja.

### 4. Soros kapcsolás eredő ellenállása

Soros kapcsolásnál mindegyik ellenálláson ugyanaz az áram folyik át:

$$I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = I_e$$

Továbbá az  $R = \frac{U}{I}$  alapján felítható, hogy:

$$U_1 = I_e \cdot R_1$$

$$U_2 = I_e \cdot R_2$$

$$U_3 = I_e \cdot R_3$$

$$\text{Valamint: } U_e = U_1 + U_2 + U_3$$

Szeretnénk a három ellenállást egy ellenállással helyettesíteni, ezért az U feszültség hatására I áramnak kell folynia, az előző három összefüggés alapján:

$$R_e = \frac{U_e}{I_e} = \frac{U_1 + U_2 + U_3}{I_e} = R_1 + R_2 + R_3$$

Azaz a sorosan kapcsolt ellenállások eredője az egyes ellenállások értékének az összege.

### 5. Párhuzamos kapcsolás eredő ellenállása

Párhuzamos kapcsolásnál az egyes ellenállásokra jutó feszültség azonos, így a következőképp alakul:

$$U_{R1} = U_{R2} = U_{R3} = U_e$$

$$I_1 = \frac{U_e}{R_1} \quad I_2 = \frac{U_e}{R_2} \quad I_3 = \frac{U_e}{R_3}$$

$$I_e = I_1 + I_2 + I_3$$

Összefüggések alapján felírható:

$$R_e = \frac{U_e}{I_e} = \frac{U_e}{I_1 + I_2 + I_3} = \frac{U_e}{\frac{U_e}{R_1} + \frac{U_e}{R_2} + \frac{U_e}{R_3}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

Átrendezve megkapjuk az eredő ellenállást:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

A párhuzamosan kapcsolt ellenállások eredőjét replusz

(×) jellel jelöljük. Két ellenállás párhuzamos eredője:

$$R_e = R_1 \times R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

### 6. Ellenálláshálózatok eredő ellenállása

Ellenálláshálózatokról beszélünk, ha egy hálózat több ellenállásból tevődik össze, ez lehet soros és párhuzamos ellenálláshálózatok kombinációja. Ilyen esetben az eredőt úgy számoljuk ki, hogy felbontjuk a hálózatot tisztán soros és tisztán párhuzamos kapcsolásokra, és ezeket egyszerűsítjük a fent már említett képletekkel.

Kirchoff csomóponti törvénye kimondja, hogy egy csomópontba befolyó áramok előjeles összege zérus. (Ez hatás-ellenhatás, mint a mechanikában)

### 7. Feszültségek és áramok alakulása ellenálláshálózatokon.

Az egyes feszültség és ármértékek kiszámolásánál fordított sorrendben kell végigjárni a lépéseket az eredő ellenállás kiszámításához viszonyítva. A lényeg ez, a többit lásd a jegyzetben.

### 8. Ellenállások villamos teljesítménye

A villamos feszültség nem más, mint két pont villamos potenciáljának, azaz munkavégző képességének különbsége, a villamos áram pedig egy vezetőben időegység alatt áthaladó töltésmennyiség. Ha két különböző potenciálú hely között töltésáramlás indul el, akkor az valamilyen teljesítményt ébreszt. Gyakorlatban 40 V feszültség hatására 5A áram folyik, akkor az ellenálláshálózat 40V\*5A=200W teljesítmény ébred, ami az ellenállások esetében azt jelenti, hogy az ellenálláshálózat 200W teljesítménnyel fűti a környezetét.

### 9. Ellenállás hálózatok táplálása, generátorok

Ellenállás hálózatok táplálásakor egy  $U_0$  üresjárású feszültséggel és  $R_0$  belső ellenállással jellemzett feszültséggenerátort bármikor helyettesíthetünk egy  $U_0/R_0$  rövidzárási árammal és  $R_0$  ellenállással jellemzett áramgenerátorral, továbbá, hogy mindkét generátor belső ellenállását meghatározhatom úgy, hogy az üresjárású feszültségét és a rövidzárási áramát elosztom egymással.

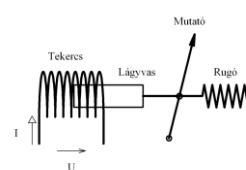
### 10. A szuperpozíció elve

A szuperpozíció elve szerint, ha egy hálózatban több feszültség illetve áramforrás van, akkor az ellenállásokon átfolyó áramok illetve az ellenállásokon eső feszültségek kiszámíthatók oly módon, hogy egyszerre csak egy generátort veszünk figyelembe, erre végzünk a számításokat, majd lépünk a következőre. Ha minden generátort egyszer figyelembe vettünk, előjelesen összeadjuk az eredményeket. A figyelmen kívül hagyott feszültséggenerátort rövidzárral, az áramgenerátort szakadással helyettesítjük, hogy a generátorok hálózatra gyakorolt hatásai ne változzanak.

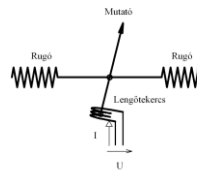
### 11. Egyenáramú mérések műszerei

Egyenáramú méréseknél a feszültség, az áram illetve az ellenállás méréséről beszélünk. A mérésre alkalmas műszereket feloszthatjuk analóg illetve digitális működésű műszerekre. Az analóg eszközöket két nagy csoportra osztjuk, az úgynevezett lágyvasas illetve Deprez - műszerekre.

Lágyvasas műszerek esetén egy tekercs kapcsaira feszültséget kapcsolunk, aminek hatására a tekercsben áram indul. A tekercsben folyó áram mágneses teret gerjeszt, és ez a mágneses tér a műszer mutatójához kötött vasmagot egy rugó ellenében a tekercs belsejébe húzza.



Deprez-műszer egy állandó mágneset tartalmaz, ami egy statikus mágneses mezőt hoz létre. A műszer mutatóját rögzítjük egy tengely körül elfordulni képes tekercshez (úgynevezett lengő-tekercs). Amikor a lengőtekercsben áram folyik át, akkor ez is egy mágneses mezőt gerjeszt, aminek hatására (az állandó mágnes mágneses mezejének és a tekercs mágneses mezejének kölcsönhatása miatt) a műszer mutatója kitér.



### 13. Változó áramú hálózatok, egyfázisú hálózatok

A gyakorlatban használt villamos hálózat kapocsfeszültségének időfüggvénye szinuszfüggvénynek felel meg.

$$U(t) = U_0 \sin(\omega t)$$

Ha erre a feszültségforrásra ellenállást kapcsolok, akkor az ellenálláson átfolyó áram a mindenkoros feszültség pillanatértékével lesz arányos.

$$I_R(t) = \frac{U_0}{R} \sin(\omega t)$$

Nézzük meg, mi történik, ha erre a feszültségforrásra egy kondenzátort kapcsolok. A kondenzátor feszültség-idő függése:

$$U(t) = \frac{1}{C} \int I(t) dt$$

Rendezve, U(t) behelyettesítve, deriválás elvégezve a feszültség és az áram aránya:

$$\frac{U_0}{I_0} = \frac{1}{\omega C}$$

Ezt nevezzük kapacitív reaktanciának.

Ha a feszültségforrásra induktivitást kötök, akkor az

$$U(t) = L \cdot \frac{dI}{dt}$$

képletbe behelyettesítem az

$$U(t) = U_0 \cdot \sin(\omega t)$$

képletet, majd rendezem és megoldom a differenciál egyenletet. A végén megkapom, hogy

$$I_L(t) = -\frac{U_0}{\omega L} \cos(\omega t)$$

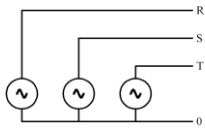
Itt is látható, hogy az induktivitás árama és feszültsége egymáshoz képest 90° eltérést mutat, a különbség mindössze annyi, hogy az induktivitáson az áram késik a feszültséghez képest, és az arányossági tényező

$$\frac{U_0}{I_0} = \omega L$$

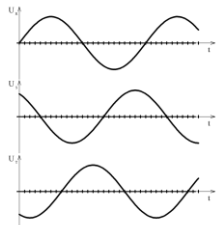
Ezt nevezzük induktív reaktanciának.

### 15. Háromfázisú hálózatok

Ha több azonos frekvenciájú és feszültségű váltakozó feszültségű generátor egyik kapcsát összekötjük olyan módon, hogy a kapcsolás szabadon hagyott sarkain a közös ponthoz képest időben egyenletesen elosztott időfüggvényeket kapunk akkor többfázisú hálózatról beszélünk.



Az ábrán  $R$ ,  $S$  illetve  $T$  betűvel jelölt pontokat fázisnak, míg a  $0$ -val jelölt pontot csillagpontnak hívjuk. Az egyes fázisok feszültség-idő függvényét az alábbi ábra tartalmazza.



A leggyakrabban alkalmazott többfázisú hálózathálózati a fázisszám három, és valamennyi fázist ugyanaz a gép állítja elő.

Háromfázisú hálózatoknál az egyes fázisok időben  $120^\circ$ -kal vannak eltolva egymáshoz képest.

Háromfázisú hálózatok esetén megkülönböztetünk fázis és vonali feszültséget valamint fázis és vonali áramot. Fázisfeszültségnek egy fázis és a csillagpont között mérhető feszültséget értjük, vonali feszültség alatt pedig két fázis közötti feszültséget értjük. Hasonlóan fázis-áram alatt az egy fázisra vonatkozó áramot értjük, míg vonali áram alatt az egyik fázisból a másik fázisba folyó áramot nevezzük.

A háromfázisú hálózatok lehetnek szimmetrikus illetve aszimmetrikus kialakításúak, továbbá lehetnek úgynevezett földelt illetve nem földelt csillagpontú hálózatok. Szimmetrikusnak nevezzük egy hálózatot, amikor bármelyik fázisra felől nézzük azt, ugyanazt a képet látjuk, aszimmetrikusnak pedig azt, amire az előbbi feltétel nem teljesül. Földelt csillagpontúnak nevezzük azt a hálózatot, amelyiknél a terhelő áramkör csillagpontja létezik, ki van vezetve és össze van kötve a tápláló háromfázisú hálózat csillagpontjával.

### 16. A villamos teljesítmény

Ha a potenciálkülönbség hatására villamosan töltött részecske a villamos erőter irányában elmozdul, akkor ott fizikai munkavégzés történik. Mivel az ellenálláson folyó áram előállításához valamilyen mechanikai, illetve egyéb energia betáplálása kell, és ez a teljesítmény mechanikai, hő illetve egyéb teljesítménnyé alakul. Az így keletkező teljesítményt hatásos teljesítménnyel hívjuk.

A hatásos teljesítmény úgy számítható ki, hogy a feszültség illetve áram azonos fázisban lévő összetevőjét összeszorozzuk egymással.

$$P = U \cdot I \cdot \cos(\phi)$$

ahol  $U$  és  $I$  a feszültség és áram effektív értéke  $\phi$  pedig a két idő-függvény illetve vektor által bezárt szög. A hatásos teljesítmény mértékegysége a teljesítmény jellemzésére általánosan használt Watt (W).

Ha az ellenállás helyét akár kondenzátort akár induktivitást helyezünk az idő felében a feszültség és az áram iránya megegyezik, azaz a rendszer hatásos teljesítményt ad le, de az idő másik felében a rendszer a környezetéből ugyanezt az energiát el is vonja, azaz összességében fizikai értelemben vett munkavégzés nem történik.

Azt a villamos teljesítményt, amikor a feszültség és áram egymáshoz képest  $90^\circ$ -ban eltolott összetevőit vesszük figyelembe, meddő teljesítménnyel hívjuk.

$$Q = U \cdot I \cdot \sin(\phi)$$

Mértékegysége a VAR.

A villamos teljesítmények harmadik fajtája a látszólagos teljesítmény.

$$S = U \cdot I$$

Mértékegysége a VA.

Egy adott impedancia esetén igaz, hogy

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

### 17. Félvezetők vezetése

Az anyagok vezetőképességük, illetve szigetelési ellenállásuk alapján oszthatók a vezető a félvezető és a szigetelő anyagok csoportjába.

Félvezetők esetén az anyag molekulájáról lelván az elektronok, amik szabadon elmozdulnak a potenciál irányában, ugyanakkor az elektronok helyén keletkező hiány mint lyuk szintén részt vesz a vezetésben. A térférfességhatás az elmozduló elektronok lyukakkal töltene be, így a lyukok áramot, ahol az elmozduló elektronok volt.

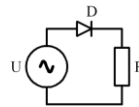
Ha a félvezetőt olyan anyaggal szennyezzük, amely egyet több atommal rendelkezik mint a félvezető, akkor a kristályszerkezetben jelentőselektron többlet jelenik meg, így a félvezető vezetőképessége megnövekszik. Ha a félvezetőt olyan anyaggal szennyezzük, amelynek vegyértéke egy kicsit alacsonyabb mint a félvezető, akkor a kristályszerkezetben lyukakat keletkeznek, és ezeknek a lyukaknak a vándorlásához kell a vezetés.

### 18. p-n átmenet

Félvezető kristály egyik oldalát p míg a másik oldalát n típusú anyaggal szennyezzük, akkor a rétegek határán kialakul egy olyan réteg, ahol a p réteg szabad pozitív töltései semlegesítik az n réteg szabad negatív töltéseit. Természetesen eközben a határ rétegben a töltésseloszlás miatt villamos térerősség alakul ki. Ez a villamos tér olyan, hogy akadályozza a p réteg pozitív töltéseinek az n rétegbe jutását és fordítva. Ezt a réteget hívjuk kiürített rétegnek.

### 20. Egyfázisú egyutas együtemű kapcsolás

kapcsolásban a kapcsolófeszültség pozitív félperiódusában a dióde vezet, a feszültség a terhelőellenálláson esik, a negatív félperiódusban pedig a diódazár, a körben így a terhelőellenálláson sem folyik áram, a kapcsolófeszültség a diódán esik.

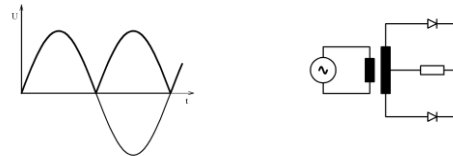


### 21. Egyfázisú egyutas kétütemű kapcsolás

Az egyfázisú egyutas együtemű kapcsolás komoly hátránya, hogy a kapcsolásból nyert egyenirányított feszültség hullámosságán nagy, továbbá a hálózatszempontjából a terhelési áram felvételén nagyonyegyetlen.

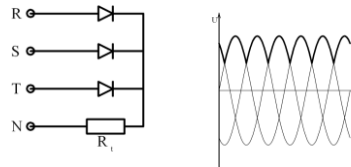
Ezen egyenlítő segítségével az egyfázisú egyutas kétütemű kapcsolás csökkenti a hullámosságot.

Hátránya, hogy alkalmazásához szükség van egy középmeccsapcsolású transzformátorra.



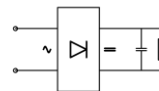
### 22. Háromfázisú egyutas háromütemű kapcsolás

Háromfázisú táphálózat megléte esetén célszerű a háromfázisú egyenirányítók alkalmazása. Ilyen egyenirányító használata mellett a hálózat terhelése szimmetrikus lesz, ami mindenképpen elrendő cél. A háromfázisú egyenirányítók által előállított egyenfeszültség lényegesen simább, mint amit egyfázisú egyenirányító kapcsolással lehet érni. egyszerűbb a háromfázisú kapcsolások között.



### 23. Egyenirányított jelek simítása

Az egyenirányított jelek mindig hullámosak. hullámosság nem engedhető meg, akkor csökkenteni kell. hullámossága csökkenthető például pufferkondenzátor alkalmazásával



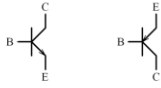
pufferkondenzátorral kiegészített egyfázisú együtemű egyutas kapcsolás feszültség-idő függvényét látjuk.

Pufferkondenzátor alkalmazásánál az egyenirányított jel hullámainak felutó szakaszán töltődik, a lefutó szakaszon pedig kisül, ezáltal csökkentve a jel hullámosságát.

Az egyenirányított jelet simíthatjuk a terheléssel sorbakötött induktivitással is.

#### 24. Bipoláris tranzisztorok **Felépítés, működési elv**

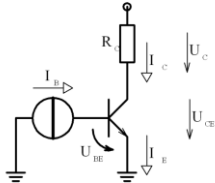
A bipoláris tranzisztorok szennyezett félvezetőkből kerülnek kialakításra. A diódák két rétegből (egy n és egy p rétegből) épülnek fel, a tranzisztorok három réteget tartalmaznak. Beszélhetünk npn és pnp tranzisztorról.



emitternek (E), bázisnak (B) illetve kollektornak (C)

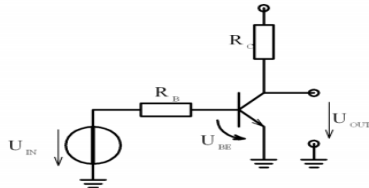
Ha egy bipoláris tranzisztor bázisa és emitter közé olyan fe-szültséget kötök, ami a bázis-emitter átmeneten nyitóirányú áramot indít, akkor a tranzisztor kollektora és emittere között áram folyhat. Fontos jellemző tulajdonsága a tranzisztoroknak, hogy a kollektortól az emitter felé folyó áram maximuma arányos a bázisárammal.

tranzisztor működése:



$I_B$  nagyságú áramot hajt át a tranzisztor bázisán. Ez az áram-kör a tranzisztor bázis-emitter átmenetén és a földön ( $\perp$ ) keresztül záródik és egy pn átmenet-nek megfelelő feszültséget ejt a tranzisztor bázisa és emittere között. Ennek a bázisáramnak az a hatása, hogy a tranzisztor képes lesz áramot átengedni a kollektora és az emittere között.

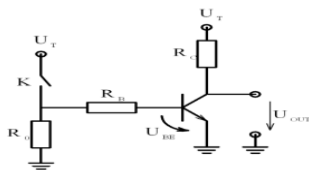
#### 25. Bipoláris tranzisztorok alkalmazása



A tranzisztorok bázisa és emittere közötti feszültség általánosan elfogadott és világszerte alkalmazott jelölése az  $U_{BE}$ . A kapcsolások bemeneti feszültségét, illetve a jelölések konzekvenciája érdekében a kimeneti feszültséget  $U_{IN}$  illetve  $U_{OUT}$  fogja jelezni. **A bipoláris tranzisztor** alapvetően az áramjelet erősíti. Az ábrán ennek megfelelően a kapcsolás bemenetére egy feszültséggenerátort kapcsoltunk, és a kimenetén is feszültséget figyelünk.

**A tranzisztorok alkalmazásánál fontos szempont, hogy miközben a kollektoráramot vezéreljük, értelemsszerűen a kollektor és az emitter között feszültség ébred.** Márpedig, ha két pont között potenciálkülönbség van, és e között a két pont között áram folyik, akkor ott teljesítmény ébred, azaz a tranzisztor működés közben melegszik, ezért a tranzisztorok fontos jellemzője a megengedhető disszipációs teljesítmény.

#### 26. A bipoláris tranzisztorok kapcsolóüzeme



**A bipoláris tranzisztorok egyik meghatározó határparamétere a disszipált teljesítmény.** Ez teljesen igaz akkor, ha a tranzisztor, mint erősítő elemet használjuk. A fenti kapcsolásban a bemenetnek mindösszesen két állapota van. Ha a 'K' kapcsoló nyitva van akkor nincs bázisáram, a tranzisztor bázisát az  $R_0$ - $R_B$  ellenállás földpotenciálra tartja. Ebben az esetben a kollektorárama zérus, azaz a tranzisztor zárt kapcsolóként működik. Ha a 'K' kapcsolót bezárjuk, akkor folyik bázisáram, mégpedig

$$I_B = \frac{U_T}{R_b}$$

értékű, ami azt jelenti, hogy a tranzisztoron  $I_C < \beta \cdot I_B$  nagyságú kollektoráram szabadon folyhat, tehát a tranzisztor nyitott kapcsolóként üzemel. A kapcsoló nyitott állapotában a kollektoráram zérus volta, a kapcsoló nyitott állapotában pedig a kollektor-emitter feszültség igen alacsony volta miatt a disszipációs teljesítmény lényegesen kisebb szerepet játszik, mint erősítő üzemenben. **A tranzisztoros kapcsolók előnye a mechanikus kapcsolókhoz képest a gyorsaságuk** illetve, hogy nem tartalmaznak mozgó-kopó alkatrészt.

#### 27. Tervezérlésű tranzisztor felépítése, alkalmazása

##### A tervezérlésű tranzisztor felépítése:

A tervezérlésű tranzisztorok felépítése alapvetően eltér a bipoláris tranzisztorokétól. A tervezérlésű tranzisztor kivezetéseit Source-nak (forrás), Drain-nek (nyelő) valamint Gate-nek (kapu) hívjuk. Nagyon leegyszerűsítve ezeknél a tranzisztoroknál nincsen p-n átmenet, a tranzisztor alapja egy p vagy n típusú félvezető lapka, amelyet egy ellentétesen szennyezett hordozóra integrálnak. Ez a lapka a csatorna. Ennek a lapkának a két végére kötik a source és a drain kivezetéseket. A két kivezetés közé kerül a vezérlőelektróda (Gate), amely alatt ellentétesen szennyezett réteg van. Megfelelő polaritását és irányú feszültséget kapcsolva a vezérlő- elektródára a csatornában egy kiürített réteg keletkezik a vezérlő elektróda alatt, ami befolyá- solja a Source felől a Drain felé folyó áramot.

##### Tervezérlésű tranzisztor alkalmazása:

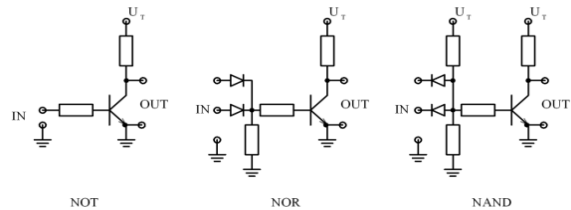
Alapvetően a tervezérlésű tranzisztoroknak kétszer két fajtáját különböztetjük meg. Léteznek p illetve n csatornás tranzisztorok, itt a csoportosítás alapja a vezetéscsatorna szennyezése, illetve a bipoláris tranzisztorokkal ellentétesen léteznek úgynevezett kiürített illetve növekményes tranzisztorok, itt a megkülönböztetés szempontja az, hogy a „szabadon” hagyott vezérlőelektróda esetén a tranzisztor zár vagy vezet, illetve másként megfogalmazva az, hogy a vezérlőfeszültséggel a tranzisztor nyitását illetve zárását vezéreljük. A tervezérlésű tranzisztorok nyilvánvaló előnye, hogy a vezérlés villamos tér segítségével történik, így ezeknek a kapcsolásoknak mind a disszipált teljesítménye mind pedig a bemenő ellenállása nagyságrendekkel jobb, mint a bipoláris tranzisztoroké. A tervezérlésű tranzisztorok legjelentősebb felhasználási területe a digitális technika.

#### 28. Logikai alapkapcsolások

A logikai alapkapcsolások az alapvető logikai műveletek áramkörökkel szolgáló megvalósítá- sára szolgálnak. Ezeket az áramköröket széles körben az angol nevükkel illetve az ebből származó rövidítéssel jelzik, ezért erre utalni fogunk a következőkben. **Az alapvető műveletek a negáció (NOT), a logikai összeadás, más néven 'VAGY' (OR), a logikai szorzás, más néven 'ÉS' (AND), a különbözőség, más néven 'KIZÁRÓ VAGY' (XOR) illetve az egyezőség.** A logikai műveletek közé sorolhatjuk az előbb felsorolt műveletek negációját is, így a műveletek a **NAND, NOR** illetve **XNOR** művelettel bővülnek. A leírásban az egyezőség művelethez, illetve annak negációjához nem rendelünk jelölést. Ennek az az oka, hogy mint látható az egyezőség (ekvivalencia) illetve a különbözőség (antivalencia) egymásnak éppen az ellentétei, azaz az XNOR kapcsolás éppen egy ekvivalencia kapcsolást valósít meg.

#### 29. Alapvető kapcsolások megvalósítása

A logikai kapcsolások alapelemei a **NOT**, a **NOR** illetve a **NAND** kapuk. Matematikai úton bebizonyítható ugyanis, hogy valamennyi kombinációs hálózat visszavezethető ezekből a kapukból kialakított hálózatra. A következőkben ezeknek az alapkapcsolásoknak mutatjuk be néhány lehetséges megvalósítását.

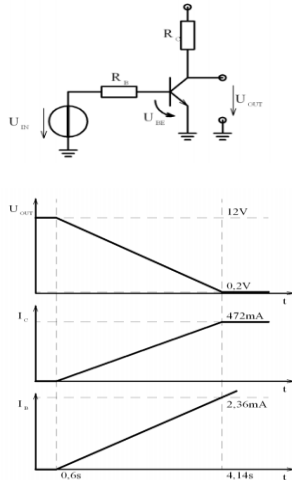


#### 30. A kapcsolások kimenete

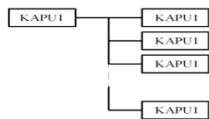
A bemeneteknek minél kevésbé szabad terhelni az őket 'tápláló' hálózatot, ezért nagy belső ellenállással kell kialakítani. A kimenettel szemben már messze nem ilyen egyértelmű a helyzet, it nem mindegy, hogy a kimenet például egy következő logikai fokozatot táplál vagy valami egyéb feladatot lát el, például kijelzőt hajt meg, motort kapcsol és így tovább. Ebből az egyik, napjainkra kis jelentőséggel bíró változat, amikor a logikai 1 szinthez tartozó értéket az adja meg, hogy a kimeneti tranzisztor zárt állapotában nem vezet, így a kimenetben szereplő ellenálláson nem esik feszültség. A problémát itt az okozza, hogy ezt a kimenetet bizonyára használni akarjuk, és ekkor a kimeneten folyó áram befolyásolja a kimenet feszültség szintjét. A kimenetek másik fajtája, az úgynevezett 'totem pole' kimenet. Itt a tápfeszültség és a nulla közé két tranzisztor kötünk, tervezérlésű tranzisztorok esetén egy p és egy n csatornást, bipoláris tranzisztorok esetén egy pnp illetve egy npn tranzisztor. Ekkor a logikai 1 szintet a felső (p csatornás illetve pnp) tranzisztor nyitásával és a másik tranzisztor zárásával, míg a 0 szintet pont fordítva az alsó (n csatornás illetve npn) tranzisztor nyitásával és a másik tranzisztor zárásával reprezentáljuk. A kimenetek harmadik jellegzetes és a gyakorlat szempontjából rendkívül fontos típusa az úgynevezett 'open collector' azaz szabad kollektoros kimenet. Ez a kimenet tulajdonképpen egy tranzisztoros kapcsolónak felel meg.

### 31. A logikai kapcsolások zavartávolsága

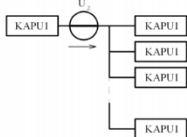
A logikai kapcsolásokat valós áramkörökkel valósítjuk meg, így természetesen az ideális jelszintek nem valósulnak meg. Vegyük például az ábrán látható kapcsolást, és a hozzá tartozó jelszinteket.



Ha csak a bemeneti oldalt nézem, akkor a logika '0' szinthez 0V feszültségnek kell tartoznia, ezzel szemben a tranzistor viselkedése 0 és 0,6V között ugyanaz, azaz a tranzistor még a 0,6V feszültséget is logikai 0-nak fogja tekinteni. A logikai 1 esetén a tranzistor már 4,14V feszültségnél úgy viselkedik, mint a logikai 1 szinthez tartozó 12V-nál. Ezeket és az ehhez hasonló a kapcsolásokat logikai hálózatok létrehozására használjuk, azaz a kapuáramkörök kimenetére újabb kapuáramköröket kötünk a következő ábra szerint.



A hálózat mindaddig jól működik ameddig a kimeneten megjelenő jel a következő fokozat bemenetén az elvárt funkciót valósítja meg. Valóságos eszközökről beszélünk, ami azt jelenti, hogy előfordulhatnak az ideális esettől eltérő állapotok, azaz előfordulhat, hogy a kimeneten megjelenő jelszintet valami megzavarja. Jelezzük ezt a zavart egy egyszerű feszültséggenerátorral és rajzoljuk fel ismét az ábra kapcsolását.



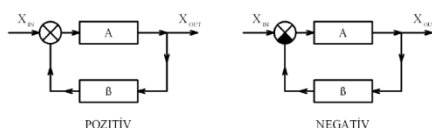
Ha a kapcsolásba azonos típusú kapuáramköröket helyezünk, akkor adott a feszültséggenerátornak az a maximális feszültsége, amely mellett a hálózat még hibátlanul működik, azaz a kimeneten is és a bemeneten is a zavarás szempontjából legrosszabb állapotot feltételezve az áramkör helyesen működik. Ezt a maximális feszültséget hívjuk zavartávolságnak. Értelemszerűen az áramköröknél az alacsony jelszinthez és a magas jelszinthez eltérő zavartávolság tartozik.

### 32. Erősítők tulajdonságai

Azokat az eszközöket, amelyek egy adott jel nagyságát megváltoztatják, erősítőknek nevezzük. Az erősítő gyakorlatilag egy bemeneti jellel vezérelt energiaforrás. Fontos a definíció szempontjából, hogy a bemenő jel a kimenetet meghajtó energiaforrást csak vezérli, tehát egy transzformátor hiába szolgáltat a kimeneten a bemenettől eltérő feszültséget, semmiképpen nem tekinthető erősítőnek, hiszen a bemenő jel maga a kimenő jel energiaforrása. Az erősítők fő jellemzői az erősítés, ami a ki és a bemenő jel közötti arányszám, illetve a fázistolás, ami a bemenő jel adott frekvenciájú összetevőjének és a kimenő jel ugyanolyan frekvenciájú összetevőjének időfüggvénye közötti fázisszög. A gyakorlatban megvalósítható erősítők erősítéséről tudni kell, hogy szintén frekvenciafüggő, azaz a bemenő jel különböző frekvenciájú összetevőjéhez tartozó erősítés frekvenciaként eltérő lehet. Az erősítők gyakorlati jellemzői között meg kell még említeni a be és kimenő ellenállást, valamint az alsó és felső határfrekvenciát is.

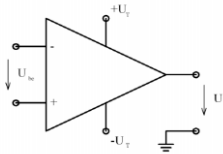
### 33. Erősítők visszacsatolása

Azt a tevékenységet, amikor egy erősítő kimenő jelével arányos jelet az erősítő bemenetére visszavezetünk, az erősítő visszacsatolásának nevezzük. A visszacsatolás lehet pozitív illetve negatív, attól függően, hogy a visszacsatolt jelet a bemenő jelhez hozzáadjuk vagy kivonjuk.



### 34. Műveleti erősítők

Az erősítők egyik gyakran használt fajtája a műveleti erősítő. A műveleti erősítő működését a következő ábra alapján mutatjuk be.



bemeneti jele az Ube, ami az erősítő két bemeneti pontja között mérhető. A kimeneti jel az erősítő kimenete és a tápfeszültség földpontja között mérhető. Az erősítő táplálását a +UT pontra illetve a -UT pontra kötött tápfeszültség biztosítja. Az ideális műveleti erősítő, mint a neve is mutatja ideális, tehát bemeneti ellenállása ∞ kimeneti ellenállása 0, de talán a leglényegesebb sajátossága, hogy az erősítése is ∞.

### 35. Alapkapcsolások

A bemenő ellenálláson és a visszacsatoló kondenzátoron ugyanaz az áram folyik, azaz:

$$I_{ckl} = I_{rbe}$$

A bemenő áram az:

$$I_{be} = \frac{U_{be}}{R_{be}}$$

A visszacsatoló kondenzátor feszültsége, ami egyben a kapcsolás kimenő feszültsége:

$$U_{ki} = \frac{1}{C_{kl}} \int_0^t I_{ckl} dt + U_0$$

A kapcsolás stabil működése azonban mindenképpen negatív visszacsatolást igényel, ezért a visszacsatoló ág a kimenet és az invertáló bemenet között található. A visszacsatolt műveleti erősítők tárgyalásának elején beláttuk, hogy az erősítő kimenetén olyan feszültség igyekszik kialakulni, hogy az invertáló és a nem invertáló bemeneti pontok között ne legyen feszültségkülönbség. Az utolsó kapcsolás kivételével az összes alapkapcsolásban a bemeneti pont és az erősítő közé kötött ellenállás játszott szerepet a kimenő jel formálásában. A nem invertáló kapcsolásban vegyük észre, hogy a bemenetre kötött ellenállás egyik végpontja a műveleti erősítő végtelen belső ellenállású bemenete, így ezen az ellenálláson áram nem folyik, és feszültség sem esik.

### 36. Invertáló műveleti erősítő vizsgálata

- 1) Ellenállás bemenetű, ellenállással visszacsatolt — arányos típusú — műveleti erősítő vizsgálata.
- 2) Ellenállás bemenetű, kondenzátorral visszacsatolt — integráló típusú — műveleti erősítő vizsgálata.
- 3) Kondenzátor bemenetű, ellenállással visszacsatolt — differenciál típusú — műveleti erősítő vizsgálata.

### 37. Oszcilloszkópok

A mérés technika egyik legfontosabb műszere, feladata a feszültséglejek időbeli lefolyásának megjelenítése. A megjelenítés x-y koordináta-rendszerben történik, ahol az x irányú értéket a mérendő feszültség pillanatértéke, az x irányú értéket pedig az idő hordozza. A megjelenítés gyakorlati alapja egy olyan sugárcső, ahol a képernyőbe becsapódó elektronok a képernyő anyagában fénykibocsátást indítanak, és ahol a képernyő középpontja felé haladó elektronsugár nyalábot mind függőleges (y), mind vízszintes (x) irányba eltéríthetjük a függőleges, illetve vízszintes eltérítő lemezpárokkal kapcsolt feszültséggel. Ez a katódsugárcső alkalmas az oszcilloszkóp kijelzési feladatainak megvalósítására, az y irányú eltérítésnél közvetlenül a mérendő jelet alkalmazva. X irányban a problémát az jelenti, hogy az eltérítést feszültséggel vezérelhetjük, a méréshez pedig az időben lineárisan növekvő eltérítésre lenne szükség. Triviális a megoldás: vezéreljük az x irányú eltérítést időben lineárisan növekvő feszültséggel. Ezt a feszültséget egy belső generátor állítja elő, a jel felfutási ideje meghatározza, hogy az elektronsugár a katódsugárcső képernyőjének bal oldaláról mennyi idő alatt jut el a jobb oldalra, és ezen keresztül a megjeleníthető jelek kijelzési idejét is. Változtatva a generátor által előállított jel felfutási idejét (frekvenciáját) változik a megjelenítés időalapja.

### 38. Jelgenerátorok

A jelgenerátorok feladata adott hullámformájú, változtatható frekvenciájú és amplitúdójú jelek előállítása. Találhatunk csak egy hullámforma előállítására alkalmas generátort (tipikusan szinuszos vagy négyszög jelalakú), és un. függvénygenerátorokat, amelyek kiválaszthatóan több hullámforma előállítására is képesek. A generátorok külön csoportját alkotják az un. sweep generátorok, amelyek a kimenő jel frekvenciáját két szélsőérték között lineárisan változtatják („végigpörnek” a tartományon). Az ilyen generátorok jele átviteltechnikai méréseknél lehet hasznos.

### 39. Mérés kiegészítők

Tápegység: a tápegységek elsődleges feladata megfelelő nagyságú, megfelelően kicsi hullámosságú egyenfeszültség biztosítása a mérések elvégzéséhez. Természetesen léteznek váltakozó feszültségű tápegységek is, de ezek elterjedtsége kisebb, mivel a váltakozóáramú mérések során a legtöbb esetben kielégítő a hálózati 230V letranszformálásával nyert feszültség paraméterei. Az egyenfeszültségű tápegységek az esetek jelentős részében zárlatvédelemmel kerülnek kialakításra.

Áramváltók: az áramváltók mérési célokra készített transzformátorok, amelyeket kifejezetten átfolyó áram alatti felhasználásra készítettek. Használhatók áramok le- és feltranszformálására is. A laboratóriumban alkalmazott típus primer tekercse megcsapolásos, a szekunder tekercs megcsapolás nélküli kivitelű. A mérőtranszformátor áttétele a kapcsolásba bekötött kapcsok megválasztásával változtatható.

#### 40. A transzformátor

A transzformátor az elektromágneses indukció elvén alapul, amelynek törvényeit Michael Faraday írta le 1831-ben. A transzformátor nem más, mint két tekercs, amelyek közös mágneses körben vannak. Mivel a Kirchhoff féle huroktörvény mindig igaz, a tekercs és a feszültséggenerátor által alkotott hurokban az egyes összetevőkön eső feszültség előjeles összege nulla kell legyen. Itt összesen két összetevő van (a generátor és a tekercs), így a generátor feszültsége minden pillanatban meg kell, hogy egyezzen a tekercs feszültségével.

#### 41. Egyenáramú gépek

Az egyenáramú gépek állórész tekercselését köthetjük a forgórész tekercsével párhuzamosan, a forgórész tekercsével sorba, kapcsolhatunk rá külső, a forgórésztől független feszültségforrást illetve alkalmazhatjuk az eddig említett három megoldás tetszőleges kombinációját. A felsorolt módon bekötött egyenáramú gépeket rendre párhuzamos, soros, külső illetve vegyes gerjesztésű gépeknek hívjuk.

#### 42. Kéfék motorok

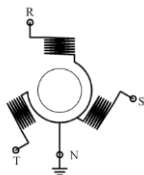
A hagyományos (kéfék) egyenáramú motorban a kéfék létesítenek mechanikai kapcsolatot a forgórészen lévő villamos érintkezőkkel (ezt hívják kommutátornak), így elektromos áramkört létrehozva az egyenfeszültségű forrás és az armatúra tekercselése között. Miközben az armatúra forog a tengelye körül, a mozdulatlan kéfék kapcsolatba kerülnek a forgó kommutátor különböző részeivel. A kommutátor és kefe rendszer villamos kapcsolók sorozatát alkotják, mindegyik sorrendben kapcsol úgy, hogy az áram mindig az állórészhez (állandómágnes) legközelebb lévő armatúratekercsen folyik keresztül; biztosítva azt, hogy a mágneses kölcsönhatás (forgó mágneses mező) mindig a megfelelő tekercs(ek) illetve a mágnes és a forgórész tekercsei között alakuljon ki.

#### 42. Kéfék motorok

A hagyományos (kéfék) egyenáramú motorban a kéfék létesítenek mechanikai kapcsolatot a forgórészen lévő villamos érintkezőkkel (ezt hívják kommutátornak), így elektromos áramkört létrehozva az egyenfeszültségű forrás és az armatúra tekercselése között. Miközben az armatúra forog a tengelye körül, a mozdulatlan kéfék kapcsolatba kerülnek a forgó kommutátor különböző részeivel. A kommutátor és kefe rendszer villamos kapcsolók sorozatát alkotják, mindegyik sorrendben kapcsol úgy, hogy az áram mindig az állórészhez (állandómágnes) legközelebb lévő armatúratekercsen folyik keresztül; biztosítva azt, hogy a mágneses kölcsönhatás (forgó mágneses mező) mindig a megfelelő tekercs(ek) illetve a mágnes és a forgórész tekercsei között alakuljon ki.

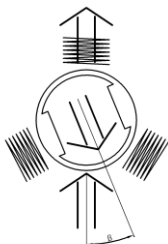
#### 43. Az aszinkron gép

A villamos gépek következő nagy csoportját az aszinkron gépek képezik. Napjainkban ez a leginkább használt géptípus, ami rendkívül egyszerű felépítésének, és ezzel együtt alacsony karbantartás igényének köszönhető. Az aszinkron gép háromfázisú váltakozó feszültségű hálózatról táplált gép. Állórészén szimmetrikus kialakítású háromfázisú tekercselés található. A szimmetrikus elrendezés miatt az állórész három tekercse  $120^\circ$  szöget zár be egymással.



#### 44. Szinkron gépek

A villamos gépek utolsó nagy csoportját a szinkron gépek képezik. Állórészükön háromfázisú tekercselés, míg forgórészükön egyenárammal gerjesztett tekercselés található. Az egyenárammal gerjesztett tekercselés az áramot csúszógyűrűkön keresztül kapja. Mindkét tekercselésen mágneses mező ébred, és a mágneses mezők természeténél fogva a két mező ellentétes pólusai vonzzák egymást, azaz ha a két mező nem  $180^\circ$ -ot zár be egymással, akkor a szinkron gép tengelyén nyomaték ébred,



Legfontosabb jellemzői:

Legegyszerűbb szerkezetű forgógép

Egy- és háromfázisú változat is létezik (1 kW felett általában háromfázisú kivitelet használnak)

Legelterjedtebb, üzembiztos gép

Motoroként és generátorként is használható

Hátránya: fordulatszám változtatás csak külön költséges berendezéssel, vagy kialakítással biztosítható

#### 45. Kefe nélküli egyenáramú motorok

A kefe nélküli egyenáramú motor vagy elektronikus kommutációjú egyenáramú motor egy szinkron villanymotor, egyenáramú táplálással, ami elektronikus vezérelt kommutációs rendszerrel rendelkezik a kefék mechanikus kommutáció helyett. Az ilyen motorokban az áram és a nyomaték, a feszültség és a fordulatszám egyenesen arányos.

