

Budapesti Műszaki Főiskola
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Műszertechnikai és Automatizálási Intézet

Neszveda József

Automatizálás eszközei

BMF KVK 2054
Budapest, 2009.

Lektor:
Dr. Harkay Tamás

Felelős kiadó: Dr. Turmezei Péter a BMF KVK dékánja
Készült a BMF Nyomdájában
Munkaszám: 9/2009
Műszaki vezető: Bélteky István
Jegyzetszám: BMF KVK 2054
Példányszám: 200

Tartalomjegyzék

Előszó	6
1. Alapfogalmak	7
1.1. Az automatizálás célja	7
1.2. Szervek, jelek, jellemzők	9
1.3. Jelek illesztése. Szabványos ipari jelertartományok	12
1.4. A távadók, végrehajtók generációi	19
1.5. Az irányítástechnikai eszközök besorolása a működés környezete alapján	21
2. Érzékelők, távadók, kapcsolók	23
2.1. Szintérzékelés	24
2.2. Nyomásérzékelés	29
2.3. Hőmérsékletérzékelés	31
2.4. Áramlásérzékelés	35
2.5. Fordulatszám és szöghelyzet érzékelők	38
2.6. Távolságérzékelők	39
2.7. Helyzetkapcsolók	40
2.8. Folyamatjellemzők szabványos betűjelei	44
3. Irányító berendezések	45
3.1. Mikroprocesszor alapú irányító berendezések	45
3.2. Programozható Logikai Vezérlő (PLC)	48
3.3. Szabványos irányítástechnikai programnyelvek	55
3.4. Sorrendi működési diagram	59
4. Végrehajtók, beavatkozók	63
4.1. Végrehajtók	64
4.2. Beavatkozók	78
5. Mellékletek	
5.1. Az IP szám jelentése	83
5.2. A távadók és kapcsolók műszaki paraméterei	84
5.3. Höelemek osztályozása	86
5.4. Folyamatjellemzők szabványos betűjelei	87
5.5. Szabályozó szelepek és végrehajtói	88
5.6. Mágneskapcsolók moduláris felépítése	89

Előszó

Az „Automatizálás eszközei” jegyzet áttekintő jellegű. A Villamosmérnök és a Műszaki Menedzser Szakos hallgatók számára az általános műszaki tájékozódást szolgálja az automatizálás eszközeiről.

E.1 táblázat: A jegyzetben használt jelöléskonvenció:

Név	Jel	Angol megnevezés
rendelkező jel	e	error signal
végrehajtó jel	u	control signal
beavatkozó jel	u_A	action signal
módosító jellemző	u_M	manipulated variable
irányított (vezérelt, szabályozott) jellemző	y	controlled variable
érzékelő jele	y_S	sensed value
ellenőrző jel	y_M	measured signal
vezető jel	c	command signal
alapjel	r	reference signal
alapérték	y_D	desired variable

A továbbiakban a jegyzet, zárójelben kisebb betűmérettel, közli az egyes szakkifejezések, elnevezések angol megfelelőit.

A műszaki adatok az alábbi cégek szabadforgalmú termékismertető CD-in, valamint a nyilvánosan elérhető internetes honlapjain található és letölthető termékismertetők alapján kerültek megadásra.

- **ABB Mérnöki, Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.**
<http://www.abb.hu/> (<http://www.abb.de/>)
- **JUMO Kereskedelmi Képviselet**
<http://www.jumo.hu> (<http://www.jumo.de>)
- **OMRON Electronics Kft.**
<http://omron.hu/> (<http://www.ia.omron.com>)
- **PHOENIX CONTACT Kft.**
<http://phoenixcontact.hu/> (<http://www.phoenixcontact.de/>)
- **SAMSON Mérés- és Szabályozástechnikai Kft.**
<http://www.samson.hu/> (<http://www.samson.de>)
- **SCHNEIDER Electric Hungária Villamossági Zrt.**
<http://www.schneider-electric.hu/> (<http://www.schneider-electric.fr/>)
- **SIEMENS Zrt.**
<http://w1.siemens.com/answers/hu> (<http://w1.siemens.com>)
- **TURCK Hungary Kft.**
<http://www.turck.hu/> (<http://www.turck.de>)
- **VEGA Grieshaber KG**
http://www.vega.com/en/index_HU.htm (<http://www.vega.com>)

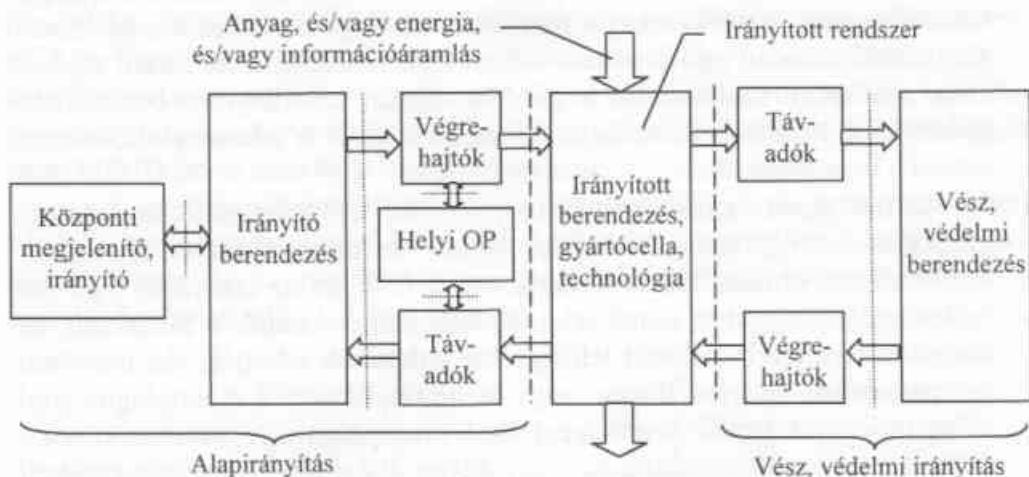
A jegyzet a mai gyakorlatban átlagos műszaki paramétereket közli az érzékelő és beavatkozó eszközök ismertetésekor. A fenti cégeknek van olyan csúcseszköze, amelyek adatai jobbak a jegyzetben szereplőnél.

1. Alapfogalmak

1.1. Az automatizálás célja

Az automatizálás célja, hogy az anyag (és/vagy energia, és/vagy információ) áramlás egy gépen vagy gépcsoporton, minél kevesebb emberi beavatkozást igénylő módon, egyenletes minőségben, az előírt költséghatékonyági feltételeket teljesítve, balesetmentesen menjen vége.

Az 1.1. ábrán látható az automatizált rendszerek általános felépítése. Az **irányítás** olyan művelet, amely valamilyen készüléket, berendezést, technológiai folyamatot, elindít, fenntart, megváltoztat, vagy megállít. Az **irányító rendszer** az anyagmegmunkálás, anyag átalakítás felügyeletére és irányítására szolgál. Az **irányító rendszer** két egymástól független – az alapirányítási és a vész, védelmi - részből áll (1.1. ábra).



1.1. ábra Az irányító, és az irányított rendszer általános felépítése

Az irányító rendszer - az automatizálási feladat megvalósítása érdekében alkalmazott - funkciójában elkülönülő részekből áll. A irányító rendszer részei közötti – az 1.1. ábrán pontozott vonallal jelzett - adatforgalmat **jelek** alkotják. Az 1.1. ábrán látható, elkülönült blokkokkal jelölt, irányító rendszer részek megnevezése és feladatak az alábbiak:

- ◆ A **távadó** feladata, hogy vagy a folyamatjellemzőknek egy folytonos jeltartományát érzékeljék és feldolgozható folytonos jeltartománnyá alakít-sák át, vagy kétállapotú logikai jel formájában információt közöljenek a berendezés állapotáról, helyzetéről, illetve a technológia folyamatjellemzői-

nek értékéről. A kétállapotú feldolgozandó jeleket szolgáltató eszközöket **kapcsolóknak** nevezik.

- ◆ Az **irányító berendezés** és a **vész-, védelmi berendezés** feladata, hogy a bemeneteire érkező jelek alapján, az irányítási algoritmusnak megfelelően, adja ki a kimeneteire a végrehajtókat működtető jeleket.
- ◆ A **végrehajtó** feladata, hogy az általa működtetett beavatkozó szervvel úgy befolyásolja az irányított rendszer anyag vagy energia folyamatait, hogy az irányított jellemzők a technológus által előírt értékeket tartsák.
- ◆ A **központi megjelenítő, irányító berendezés** feladata, hogy ellenőrző és parancsadó felületet biztosítson a kezelő személyzet számára, amelyen keresztül összehangolhatják a részrendszerek működését. A központi irányítótermet az irányított rendszertől elkülönítve, esetleg attól nagyobb távolságra alakítják ki.
- ◆ A **helyi OP** (Operator Panel), vagy **HMI** (Human Machine Interface) olyan helyi irányítópult, amely az irányított berendezés, gyártócella, technológia közelében van. A helyi irányítópult feladata, hogy az egyes berendezések állapotáról az irányított rendszer berendezései mellett is lehessen tájékozni, valamint karbantartás vagy hiba esetén az irányított berendezés, gyártócella, technológia mellől kézi üzemmódban is lehessen működtetni ezeket a berendezéseket.
- ◆ Az **irányított rendszer** fogalma alatt több együttműködő, anyagmegmunkálást és/vagy anyag átalakítást végző, berendezést értünk. Az irányított rendszert **szakasznak** is nevezik. Az 1.1. ábrán az irányított rendszer határvonalát szaggatott vonal jelzi. A szaggatott vonalakon keresztüli, az irányított rendszerhez kötött jelfolyamatot **jellemzők** alkotják. Az irányított berendezésben, gyártócellában, vagy technológiában - a technológus által előírt módon, a kezelő személyzet által vezetetten vagy automatikusan - történik az anyagmegmunkálás, vagy anyag átalakítás. A megnevezésbeli különbségek az irányított rendszer összetettségre, és jellegére utal.
- ◆ Az **irányított berendezés** egy konkrét műveletsort végző (például: préség, keverőtartály, stb.) egység.
- ◆ A **gyártócella** a gyártásautomatizálásban használt szakkifejezés, az összetartozó műveletsort végző, összehangoltan működő berendezéscsoport megnevezésére (például: festőcella, stb.).
- ◆ A **technológia** a folytonos, és szakaszos technológiákban használt szakkifejezés, az adott célt szolgáló berendezéscsoport együttes megnevezésére (például: szennyvíztisztító technológia, konzervtöltő technológia, stb.).

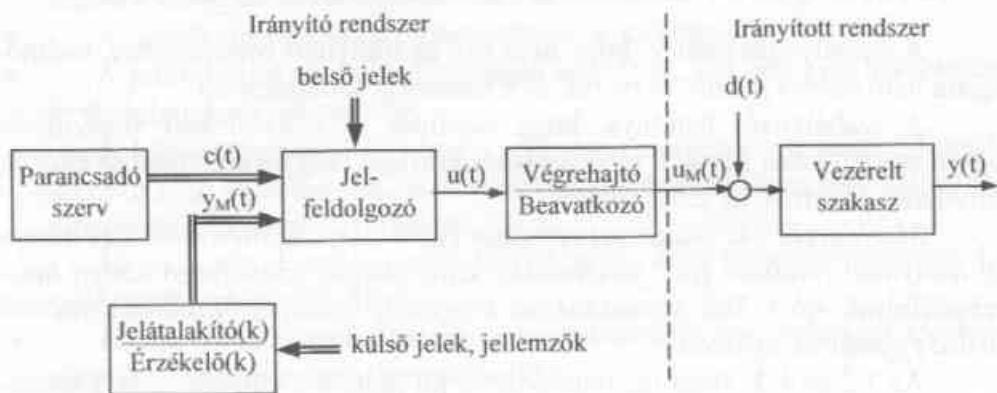
1.2. Szervek, jelek, jellemzők

A legtöbb összetett irányítási feladat felbontható egymástól független, egy kimenetű (egy irányított jellemzőjű) részrendszerrekre. Az egymástól független részrendszereket külön-külön lehet vizsgálni. Az egymástól független részrendszereknek, mint önálló irányítási rendszernek, irányítási struktúrát kell választani. Az irányítási struktúra kiválasztása az irányított részrendszer matematikai modelljétől függ. Az irányított rendszer matematikai modelljét **szakaszmodellnek** nevezik.

Az irányítási tevékenységek: a beavatkozót nem tartalmazó, nyilt hurkú **mérésadatgyűjtés és feldolgozás** (data acquisition), valamint a beavatkozót tartalmazó nyilt hurkú irányítás (open loop control), amit a magyar szakirodalom **vezérlésnek**, és zárt hurkú irányítás (closed loop control), amit a magyar szakirodalom **szabályozásnak** nevez.

A tovább nem bontható vezérlési feladatot **irányítási láncnak**, szabályozási feladatot **irányítási huroknak** (szabályozási körnek) is szokás nevezni. Az irányítási lánc leggyakrabban több bemenetű, egy kimenetű MISO (Multi Input Single Output), ritkábban egy bemenetű, egy kimenetű SISO (Single Input Single Output) felépítésű. Az irányítási hurok leggyakrabban SISO, ritkábban MISO vagy MIMO (Multi Input Multi Output) felépítésű.

A vezérlés alkalmazásakor rendelkeznünk kell olyan szakaszmodellel, amely a szakaszra ható mért jellemzők értékeinek ismeretében, kielégítő pontossággal megadja az irányítási célnak megfelelő módosító jellemző értékét. A vezérlés hatásvázlatát a 1.2 ábra mutatja.



1.2. ábra Az egy kimenetű vezérlés szerkezeti vázlata, szervei, jelei, jellemzői

A vezérlés előnye, hogy strukturálisan stabil és pontos, vagyis nem lép fel irányíthatatlan jelváltozás a szakasz kimenetén, és átmenetileg sincs az előírt értéktől eltérő vezérelt jellemző érték. Hátránya: a vezérelt szakaszt leíró modellnek - az irányítási cél szempontjából – mindenre kiterjedően kielégítően pontosnak kell lennie.

Ha a kielégítő pontosságú modell műszerezési igénye gazdaságtalanná teszi az automatizálást, vagy vannak véletlenszerű (kopás, koszolódás, stb.) változások, akkor alkalmaznak zárt hurkú (visszacsatolt) irányítást, vagyis szabályozást. A szabályozás elve, hogy az irányítandó jellemzőt folyamatosan mérve, és összehasonlítva a kívánt (előírt) értékkel az eltérés úgy módosítja a folyamatokat - ezáltal az irányított berendezés, vagy technológia állapotát - hogy az irányított jellemző értéke a kívánt értékű legyen. A szabályozás hatásvázlatát a 1.3 ábra mutatja.



1.3 ábra Az egyhurkos szabályozási kör szerkezeti vázlatja, szervei, jelei, jellemzői

A szabályozás előnye, hogy nem kell az irányított berendezésre, technológiára ható összes jellemzőt mérni, és a hatásukat feltérképezni.

A szabályozás hátránya, hogy stabilitás vizsgálatot kell végezni, és hogy a szabályozási hurok a hiba hatására korrigál, vagyis átmenetileg eltér az irányítandó jellemző az előírt értéktől.

Megjegyzés: Az irányítási rendszer egy blokkja szintén lehet egy komplex irányítási rendszer (pl.: mechanikus szint távadó, szabályozó szelep helyzetbeállítóval, stb.). Más szavakkal, az irányítási rendszer blokkokkal történő leírása egymásba ágyazott.

Az 1.2 és 1.3. ábrát összehasonlítva jól látható a különbség és a hasonlóság. A különbség az irányítási hatásláncot felépítő blokkok elrendezésében van. Azonosság viszont, hogy hasonló feladatkörű blokkokból épül fel az vezérlési lánc, és a szabályozási kör.

A szervek bemenetét jelek, vagy jellemzők gerjesztik, a kimeneteiken az erre adott válaszjel vagy jellemző van. Az 1.2. és az 1.3. ábrákon használt jelek, jellemzők magyar és angol megnevezését az E.1. táblázat tartalmazza.

A **jel** (signal) fő jellegzetessége, hogy információt hordoz, és az információt hordozó fizikai közeg (mA, V, stb.) másodrendű. Az ipari berendezésekben a villamos jelek értelmezési tartományát (0/4 – 20 mA, 0/2 -10 V, stb.) szabványosították, ami nagyon megkönnyíti a különböző gyártók eszközeinek egymáshoz illesztését. Az ipari kommunikációs hálózatok rohamos fejlődésével és az intelligens távadók, végrehajtók megjelenésével a jelek információt hordozó szerepe még szembeötlöbb.

A **jellemző** (variable) fizikai közége ($^{\circ}\text{C}$, bar, stb.) az elsőrendű, és az irányítási rendszer szempontjából csak az dönthető el, hogy mely határok között értelmezzük a jellemző értékét.

Megjegyzés: A zavaró jellemzők 1.2. és 1.3. ábrákon jelzett támadás-pontja természetesen absztrakció, hogy egy bemenetű, egy kimenetű blokkokkal lehessen leírni az irányítási rendszert. A zavaró jellemzők nem ezeken a pontokon támadhatják a rendszert, és hatásuk függ a támadási pont helyétől.

Az vezérlési láncban, szabályozási körben szereplő szervek:

- ◆ A **parancsadó szerv** és az **alapjel képző szerv** funkciója hasonló. Ezek szolgáltatják az előírt értéket az irányított jellemző számára.
- ◆ A **jelfeldolgozó**, illetve a **jelformáló** (kompenzáló) szerv vagy készülék állítja elő a végrehajtó jelet.
- ◆ A **végrehajtó** a beavatkozó szervet működteti.
- ◆ A **beavatkozó** a szakaszban lezajló folyamatot a módosító jellemző értékének változtatásával közvetlenül befolyásolja.
- ◆ Az **érzékelő** feladata a fizikai jellemzők mérése.
- ◆ A **jelátalakító** az érzékelő kimenő jelét ($\text{m}\Omega$, μm , stb.) jól továbbítható és feldolgozható jelé alakítja.
- ◆ A **különbségképző** feladata a valóságos szabályozott jellemző értékét leképző (y_M) ellenőrző jel, és az előírt az alapértéknek megfelelő (r) alapjel eltérésének folyamatos figyelése.

Megjegyzés: A szakkifejezésekkel is jelzik, hogy mennyire összetettek az irányító rendszert leíró blokkok.

- ◆ **Elem:** Irányítástechnikai szempontból tovább nem bontható szerkezeti elem (pl.: szelep, mágneskapcsoló, stb.).
- ◆ **Szerv:** Irányítási részfeladatot önállóan ellátó szerkezeti egység (pl.: hőmérséklet távadó, szelepmozgató motor, stb.).

- ◆ **Készülék:** Szerkezetileg körülhatárolt, rendszerint kicserélhető egység, amelynek önálló technológiai vagy önálló irányítási feladata van. A készülék több szervből is állhat. (pl.: helyzetbeállítós végrehajtó, stb.).
- ◆ **Berendezés:** Egy vagy több szervből álló és több be-, kimeneti jellel rendelkező, szerkezetileg is körülhatárolható, többnyire kicserélhető egység, amelynek önálló technológiai, vagy irányítási feladata van. (pl.: moduláris felépítésű PLC, stb.).

Az irányított berendezés vagy technológia egyensúlyi állapotának nevezik, amikor az irányított berendezés vagy technológia ki-, és bemeneteinek értékei nem változnak. Az egyensúlyi állapotot szokás **állandósult állapotnak**, ritkábban statikus állapotnak nevezni.

A dinamikus viselkedés az irányított berendezés vagy technológia fizikai jellemzőinek időbeli lefolyását írja le, amíg az irányított berendezés vagy technológia az egyik egyensúlyi állapotából a másik egyensúlyi állapotába kerül. Az átmenetet a munkapontok között **tranziens viselkedésnek** nevezik.

Ennek megfelelően az irányítási láncot vagy hurkot felépítő blokkoknak is vannak statikus (állandósult állapotbeli) és dinamikus (tranziens) tulajdonságai. Egy konkrét alkalmazásban az eszközököt műszaki szempontból statikus (állandósult állapotbeli) és dinamikus (tranziens) tulajdonságai alapján választják ki.

Megjegyzés: Az eszközkiválasztás gazdasági szempontjai: az ár, a garancia, szerviz háttér, stb.

A jegyzet az egyes eszközök működési elvét, és felhasználási területeit, és a legfontosabb műszaki jellemzőit is ismerteti.

1.3. Jelek illesztése. Szabványos ipari jeltartományok.

A jelek csoportjai: a kétállapotú, a digitális, és az analóg jel. A kétállapotú jel logikai (igaz, hamis) információt hordoz. A kétállapotú jelek összetartozó csoportja a digitális jel. Az analóg jelek a mért fizikai jellemzők jeltartományát képezik le jól továbbítható, jól feldolgozható jeltartománnyá.

1.3.1. A jelek illesztése

A valóságos fizikai rendszerekben a jeleknek, jellemzőknek dimenziójuk ($^{\circ}\text{C}$, bar, stb.) van. Az azonos dimenziójú jeltartományok is jelentősen különbözhetnek. (Például: Teremhőmérséklet szabályozásakor $5\text{ }^{\circ}\text{C} - 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ a szabályozott jellemző értelmezési tartománya, hőkezelő kemence szabályozá-

sakor $200^{\circ}\text{C} - 650^{\circ}\text{C}$ közötti hőmérséklet az szabályozott jellemző értelmezési tartománya.)

Akár analógjel, akár kétállapotú jel kimenetű jelillesztőt alkalmaznak, az (y) irányított jellemző maximális (y_{\max}), és minimális (y_{\min}) értékét definiálni kell, mert ez határozza meg az érzékelő jelének (y_s) jeltartományát.

Analóg jel esetén az irányított jellemző megengedett maximális (y_{\max})

értékét kell megfeleltetni az ellenőrző jel ($y_{M\max}$) maximális értékével, valamint az irányított jellemző megengedett minimális értékét (y_{\min}) kell megfeleltetni az ellenőrző jel ($y_{M\min}$) minimális értékével.

Az ellenőrző jel (y_M) egy közbenső értékéhez az 1.1. kifejezéssel meghatározható irányított jellemző (y) érték tartozik.

$$y_M(t) = y_{M\min} + \frac{y_{M\max} - y_{M\min}}{y_{\max} - y_{\min}} (y(t) - y_{\min}) \quad <1.1.>$$

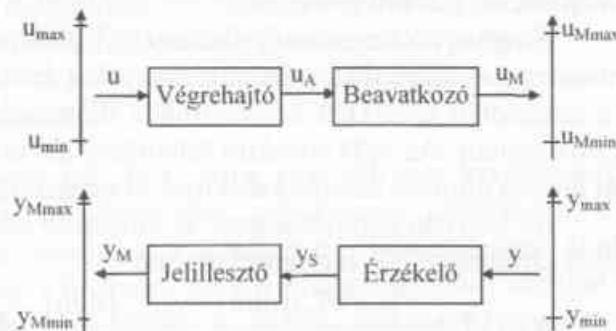
Kétállapotú jel esetén az ellenőrző jel vagy maximális ($y_{M\max}$), vagy minimális ($y_{M\min}$) attól függően, hogy hol helyezik el a komparálási szintet a mért jellemzőt leképező érzékelő (y_s) jelének értelmezési tartományán, és milyen logikai relációt definiálnak.

Akár analóg, akár kétállapotú jel bemenetű végrehajtót alkalmaznak, a kimeneteik, vagyis a beavatkozó jel korlátai ($u_{A\max}, u_{A\min}$) megszabják a módosított jellemző maximális ($u_{M\max}$) és minimális ($u_{M\min}$) értékét.

Megjegyzés: A technológus a módosító jellemző értéktartományát adja meg, és ahhoz kell választani beavatkozót, és végrehajtót.

Analóg bemeneti jelű végrehajtó esetén a végrehajtó jel maximális és minimális (u_{\max}, u_{\min}) értékét kell megfeleltetni a beavatkozó jel maximális és minimális ($u_{A\max}, u_{A\min}$) értékével, majd ezt a módosító jellemző ($u_{M\max}, u_{M\min}$) maximális és minimális értékével. A végrehajtó jel (u) egy közbenső értékéhez tartozó módosító jellemző (u_M) érték az alábbi.

$$u_M(t) = u_{M\min} + \frac{u_{M\max} - u_{M\min}}{u_{\max} - u_{\min}} (u(t) - u_{\min}) \quad <1.2.>$$



1.4. ábra Jelillesztés

Kétállapotú bemeneti jelű végrehajtó esetén a végrehajtó jel csak a maximális és minimális (u_{\max} , u_{\min}) értékeket veszi fel, és ennek megfelelően egy-szerűsödik az 1.2. kifejezés.

Az irányító berendezés diszkrét (kT_0) időpontokban olvas és ír a be-, és kimenetein, és számokat, számítási módot, számítási módot értelmez. A bemenetén levő A/D, és a kimenetén levő D/A konverzióhoz illeszkedve definiálni kell az M konverziós számot. Az A/D átalakító felbontása azt mutatja, hogy az átalakítók minden hosszú digitális számmá alakítják át az analóg jeltartományt.

Az irányító berendezésben az ellenőrző jel, csak az időtől függő, számértékét tartalmazó YR regiszter tartalma:

$$YR(kT_0) = \frac{y_M(kT_0)[\text{dim}]-y_{M\min}[\text{dim}]}{y_{M\max}[\text{dim}]-y_{M\min}[\text{dim}]} \cdot M \quad <1.3>$$

Az 1.3. kifejezéssel dimenzió nélkülivé tett YR értékekkel végzett számítások eredményét – ami az UR regiszterben levő számérték – értelmezni kell, vagyis az 1.4. kifejezéssel ismét analóg értéket és dimenziót kell a végrehajtó jelhez rendelni.

$$u(kT_0)[\text{dim}] = \frac{u_{\max}[\text{dim}]-u_{\min}[\text{dim}]}{M} \cdot UR + x_{\min}[\text{dim}] \quad <1.4>$$

Az irányító berendezés a diszkrét időpontokban írt $u(kT_0)$ értéket a következő diszkrét időpontig folyamatosan tartja a kimenetén.

Példa: Egy szoba termosztát érzékelője $\{2 - 10\}$ V_{DC} jelet szolgáltat, amivel $\{0 - 40\}$ °C közötti szobahőmérsékletet akarunk előírni. A végrehajtó $\{4 - 20\}$ mA jelet vár. A be-, és kimeneti jelkonverzió 12 bites (12 bit esetén $M = 2^{12} = 4096$).

Ha a hőmérsékletérzékelő kimenete a kT_0 időpontban 6 V_{DC}, akkor az 1.3. kifejezésbe behelyettesítve:

$$y_M(k) = \frac{6[V] - 2[V]}{10[V] - 2[V]} \cdot 4096 = 2048 \quad <1.5>$$

Ha számítások eredményeképp az $u(k) = 3072$, akkor az 1.4. kifejezésbe behelyettesítve

$$u(t)[\text{mA}] = \frac{20[\text{mA}] - 4[\text{mA}]}{4096} \cdot 3072 + 4[\text{mA}] = 16[\text{mA}] \quad <1.6>$$

Megjegyzés: A jelkonverziót az irányító berendezés A/D, D/A átalakítói automatikusan elvégzik. Az irányító algoritmus készítésekor viszont fontos ismerni a be-, és kimeneti regiszterek megengedett értékkészletét, valamint azt, hogy az értékkészlet milyen analóg jeltartományoknak felel meg.

1.3.2. Az szabványos ipari be-, kimenetek (I/O) műszaki adatai

A pneumatikus és a hidraulikus berendezések számára is kidolgoztak szabványos jelertartományokat. A jegyzet csak a villamos jeleket tárgyalja.

Diszkrét (kétállapotú) bemenetek

Az irányító berendezések (pl.: PLC, stb.), és egyéb ipari kivitelű mikroprocesszoros eszközök (pl.: frekvenciaváltó, ultrahangos szinttávadó, stb.) optócsatolóval galvanikusan leválasztott kétállapotú bemeneteinek tipikus áramköri kapcsolása látható az 1.6. ábrán. Az 1.6. ábrán szaggatott vonallal határolt optócsatoló érdekessége, hogy pozitív és negatív polaritású egyenfeszültséggel, valamint váltakozó feszültséggel is működtethető. A váltakozó feszültséggel működtetett jelbemenetek áramköri kapcsolásában (1.7. ábra) az R_1C_1 szűrő a felharmonikus tüskék ellen védi az optódióda párost.

Megjegyzés: Nemcsak az ellenállások értékei, hanem a szembekapcsolt optódióda páros műszaki adatai is különböznek a 24 V_{DC} , a 110 V_{AC} , vagy a 230 V_{AC} bemeneti jelet fogadó áramkörök esetén.

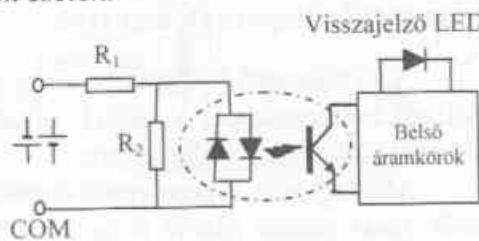
A $0 - 24\text{ V}_{DC}$ logika a legelterjedtebb. Az értelmezése: $0 - 7\text{ V}$ tartomány a logikai „0”. A $7 - 14\text{ V}$ a zavartávolság. A $14 - 30\text{ V}$ tartomány a logikai „1”.

Az irányító berendezések moduljain az egyenfeszültségű kétállapotú ipari jelbemenetek - leggyakrabban 8-as csoportokban összevonva találhatók. A váltakozó feszültségű kétállapotú ipari jelbemenetek is 8-as csoportokba összevonva, ritkábban egymástól függetlenül találhatók. Egy modulon az egymástól független jelbemeneteket is azonos módon kell gerjeszteni.

A bemenetek összevonásának előnye, hogy 8 bemenet bekötéséhez 10 sorkapocs hely (táp, föld, 8 bemeneti pont) elégseges. Az 1.6. ábrán a „COM” (common = közös) az összevonott bemeneti pont.

Megjegyzés: Az irányító berendezések akkor alkalmaznak váltakozó feszültségű kétállapotú ipari jelbemeneteket, ha ilyen jeleket szolgáltató elemet (mágneskapcsolót, szilárdfelület relét, stb.) csatlakoztatunk hozzájuk. Gyakran ilyen igény esetén is, az irányító berendezések kétállapotú 24 V_{DC} ipari jelbemenetű modulokat tartalmaznak, és relé sorral valósítják meg a jellesztést.

Az áram felvétel bemenetenként 10 mA.



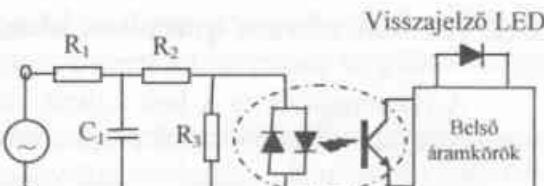
1.6. ábra Kétállapotú ipari jelbemenet

A $0 - 110 \text{ V}_{\text{AC}}$ (amerikai), illetve a $0 - 230 \text{ V}_{\text{AC}}$ (európai) kétállapotú jelbemenet alkalmazása nem gyakori.

A $0 - 110 \text{ V}_{\text{AC}}$ logika értelmezése: 20 V_{AC} alatt logikai „0”, és 60 V_{AC} felett logikai „1”.

A $0 - 230 \text{ V}_{\text{AC}}$ logika értelmezése: 40 V_{AC} alatt logikai „0”, és $150 \text{ V}_{\text{AC}}$ felett logikai „1”.

Négyszögimpulzus sorozat frekvenciájának változtatásával is lehet kétállapotú logikát létrehozni. Néhány érzékelő (rezgő villás szintkapcsoló, közelítéskapcsoló, stb.) közvetlenül frekvencia jelet szolgáltat. A frekvenciaváltozás feldolgozása azonban időigényes. Ezért, bár vannak a kétállapotú jelek számára szabványos frekvencia értékek - amint az gazdaságilag lehetővé vált - az érzékelők jelillesztő elektronikájába helyezték el a frekvenciaváltozást feldolgozó, és a kimeneteik kétállapotú jeleit szolgáltató áramköröket.

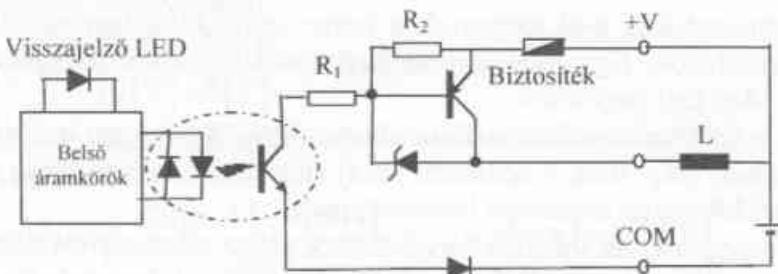


1.7. ábra Kétállapotú váltakozó feszültségű ipari jelbemenet

Diszkrét (kétállapotú) kimenetek

A kétállapotú jelkimenet, vagy galvanikusan leválasztott open kollektorfos PNP tranzisztor (1.8. ábra), ritkábban NPN tranzisztor, vagy reed-relét (1.9. ábra) alkalmaz jelillesztésre.

Megjegyzés: A reed-relék érintkezőit, védve a korróziótól és szennyeződéstől, inert gázzal töltött üvegcsőbe szerelik. Mágneses térben a jól vezető, ferromágneses anyagból (FeNi) készült érintkezők átmágneseződnek, és egy más hozz kapcsolódódnak.



1.8. ábra Kétállapotú PNP tranzisztoros ipari jelkimenet

A $0 - 24 \text{ V}_{\text{DC}}$ logika a legelterjedtebb. Értelmezése azonos a kétállapotú 24 V_{DC} bemenetével.

Az irányító berendezések moduljain az open kollektoros tranzisztoros kimenetek leggyakrabban 8-as csoportokba összevonva találhatók.

A kétállapotú open kollektoros tranzisztor jelkimenet tipikus áramterhelhetősége 24 V_{DC} táplálás mellett 0,5 A. Vannak olyan kétállapotú tranzisztoros kimeneti modulok, melyek tápfeszültsége 5 V_{DC} és 25 V_{DC} között változhat. Ilyenkor a kimeneti áramterhelhetőség függ a tápfeszültségtől.

Megjegyzés: Gyakran előfordul, hogy a katalógusok 2 A áramerősséget definiálnak kimeneti csatornánként, azonban ilyenkor vigyázni kell, mert a teljes modul áramterhelhetősége nem engedi, hogy az összes kimenet egyszerre maximálisan legyen terhelve.

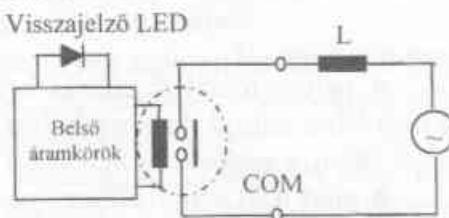
A kétállapotú tranzisztoros kimeneteknek minden van valamennyi szivárgási árama és maradék feszültsége, hiszen a zárt állapot nem valódi galvanikus szakadás. Ha szivárgási áram nem megengedhető, akkor reed-relé kontaktus kimenetet kell alkalmazni. Ugyancsak reed-relé kontaktus kimenet szükséges váltakozó feszültségű tápellátás esetén is.

Megjegyzés: A reed-relé védő-gázzal töltött üvegburába hegesztett kontaktus, amelyet az üvegburán kívül elhelyezett tekercs mágneses tere zár vagy bont. A relé tekercs vezérlése: „0” nyitott, „1” zárt kontaktus. Jellemzője a nagy (10^7 – 10^9) kapcsolási szám. A kapcsolási szám erősen függ a kapcsolt áram erősségtől.

A reed-relé kontaktus kimenetek, vagy 0 – 24 V_{DC}, vagy 0 – 110 V_{AC}, illetve 0 – 230 V_{AC} logikának megfelelő tápellátást igényelnek. Egy reed-relé kontaktus kimenet két sorkapcsot igényel. Így 8 független kivezetésű kimenethez 16 sorkapocs hely szükséges. Vannak olyan modulok, amelyeken a reed-relé kontaktusok is 8-as csoportokba összevonva találhatók. Egy modulon levő kontaktus kimeneteket, még ha független kivezetésük is, csak azonos tápfeszültséggel szabad meghajtani.

A 24 V_{DC} tápellátású kimenet típustól függően 0,5 – 2 A árammal terhelhető. Minél nagyobb értéket ad meg a katalógus, annál jobban oda kell figyelni a modul együttes terhelhetőségére.

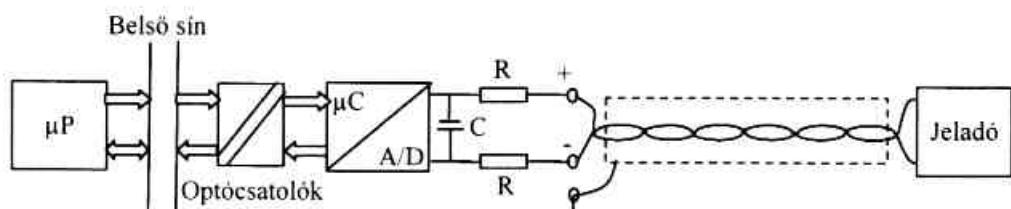
A 110 V_{AC}, illetve 230 V_{AC} tápfeszültségű kimenetek terhelhetősége általában 2 A. Ügyelni kell a $\cos\varphi \leq 0,4$ érték (feszültség/áram közötti fazisszög) betartására.



1.9. ábra Kétállapotú relés ipari jelkimenet

Analóg bemenetek

A jeladók a szabványos ipari jeltermékekkel használják. Ipari környezetben legelterjedtebb 0/4 – 20 mA jeltermény, mert jelvezsztés nélkül nagy távolságra (több száz méter), több eszköz (analóg jelbemenet, helyi kijelző) bemenetén keresztül vezethető, és a feszültség jelhez képest kevésbé zavar érzékeny. Elektromágnesesen zajos környezetben, galvanikus leválasztás nélkül, az analóg jeladó jelét árnyékolt, sodrott, és a lehető legrövidebb (10 – 20 m) érpáron kell az irányító berendezés analóg bemenetére vezetni.



1.10. ábra Analóg ipari jelbemenet.

A helyes földelési előírás betartása nagyon fontos, mert a galvanikus zajt nem lehet szűrni! Az árnyékolást csak az egyik végén, általában az irányító berendezésen, a védő földre kell kötni.

A mért jelet szimmetrikus, passzív RC zavarszűrő fogadja a vezérlő berendezés analóg jelbemenetein (1.10. ábra). A szűrt jel a mintavező, majd az A/D (Analog/Digital Converter) átalakítóra kerül, amelyek a mikroprocesszor által vezérelt céláramkörrel vannak egybeépítve. Így szoftverből konfigurálható, hogy mi a fogadott jeltermény (0/2 – 10 V, 0/4 – 20 mA), a jelábrázolás (bináris, előjeles bináris, decimális), és a digitális szűrő időállandója. Az A/D átalakító felbontása az egyik legfontosabb paraméter. Az ipari környezetben a legelterjedtebb a 12 bites, de egyre gyakoribb a 14, vagy 15 bites felbontás.

Megjegyzés: A 12 bites felbontás egy bitje a konvertált analóg jeltermény $\frac{1}{4}$ ezrelékénél kisebb analógjel változásának felel. Például 4 – 20 mA jelterményt esetén, kb. 3,9 μ A. A zaj amplitúdó általában ennél nagyobb.

Azért, hogy a belső sínre galvanikus hiba ne kerülhessen, az A/D átalakítóról egy optócsatoló soron keresztül jut a belső sínre az adat. A valódi megoldás, ha a galvanikus leválasztás a passzív RC szűrő és az A/D átalakító közé van elhelyezve, hiszen a galvanikus hiba meghamisítja az A/D jelkonverziót. Az analóg jel galvanikus leválasztása költséges elektronikát igényel.

Fontos műszaki paraméter az A/D jelkonverzió megengedett gyakorisága, amit **mintavételi időnek** (sampled time, scan time) neveznek.

Analóg kimenetek

Hasonlóan az 1.10. ábrához a belső sínről egy optócsatoló soron keresztül jut a D/A átalakítóra az adat. A D/A átalakító kimenetét egy illesztő elektronika alakítja át valamely szabványos jeltermelőként. Az illesztő elektronika jele egy tartó áramkörre kerül, ami időben folytonos jelet küld az analóg kimenetre. Ha nincs galvanikus leválasztás a D/A átalakító és az illesztő elektronika között, akkor elektromágnesesen zajos környezetben az analóg kimeneti jelet árnyékolt, sodrott, és a lehető legrövidebb érpáron kell vezetni.

1.4. A távadók, végrehajtók generációi

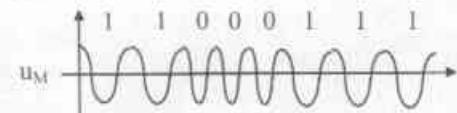
A villamos távadókat kimeneti jelük, a villamos végrehajtókat bemeneti jelük és működési módjuk szerint csoportosítják különböző generációikba:

- ◆ „C” generációs: Analóg működésű, szabványos (0/4-20mA, 0/2-10V) analóg áramjelű, vagy feszültségjelű távadók, végrehajtók.
- ◆ „D” generációs: Digitális működésű, egyen analógjelre ültetett frekvenciavariált analógjelű (smart) távadók, végrehajtók. A szabványos egyen analógjel egy-, a frekvenciavariált analógjel kétirányú.
- ◆ „E” generációs digitális távadók, végrehajtók. A digitális jelek terepi buszon közlekednek. A terepi buszon kétirányú a kapcsolat, az eszköz nem csak alapfeladatát látja el, hanem automatikusan vagy lekérdezésre az állapotáról is küld információt.

A „D” generációs eszközök az alkalmazott 4..20 mA szabványos áramjelet $\pm 0,5\text{mA}$ amplitúdójú és egy adott időablak hosszúságú, kétféle frekvenciájú (Bell 202 szabvány esetén például 2200 Hz = "L", 1200 Hz = "H") szinuszos jellet modulálja. A moduláló jel digitális jelet képez, amellyel kétirányú adatforgalom valósítható meg az irányító berendezés vagy a kommunikátor (pl. laptop), és az távadó vagy végrehajtó között.

A frekvencia moduláció (FSK) átlagértéke zérus, és ezért - szűrővel le-választva - nem befolyásolja az aktuális ellenőrző jel (y_M), illetve a végrehajtó jel (u) effektív értékét.

Megjegyzés: A „D” generációs villamos eszközök a „C” generációs eszközök helyére minden nehézség nélkül betehetők. (Természetesen fordítva nem lehetséges!) A belső áramkörök digitálisak, de D/A, illetve A/D átalakítókkal kifelé analóg működésűnek látszanak.



1.11. ábra Az FSK moduláció

Az „E” generációs (Field busz-, azaz terepi busz) rendszerű távadók kimeneti, illetve végrehajtók bemeneti jele digitális távirat. Az „E” generációs eszközök használati értéke és „intelligenciája” azonos a „D” generációs távadókéval, de a kábelezési költségük lényegesen kisebb.

Megjegyzés: Az „E” generációs, úgynevezett terepi buszos eszközök nem csereszabatosak a „C” és a „D” generációs eszközökkel!

Jelenleg a legelterjedtebb típus a „C” generációs villamos távadó, végrehajtó. A „C” generációs villamos távadók, illetve végrehajtók táplálásának négyféle változatát alkalmazzák.

A négyvezetékes (1.12.a. ábra), (24 V_{DC} vagy 230 V_{AC} tápellátású) távadó, és 24 V_{DC} tápellátású irányító berendezés.

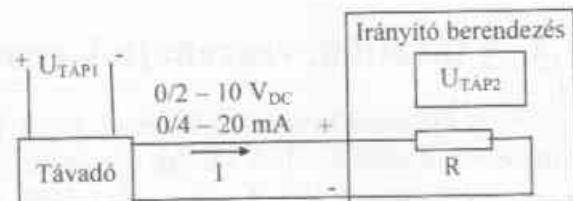
A négyvezetékes végrehajtó vezetékezése nagyon hasonlít a 1.12.a. ábrához. Az analóg kimeneti modul áram-, vagy feszültséggenerátora szolgáltatja a végrehajtó felé a jelet. Az R bemeneti ellenállás a végrehajtóban van. Értelemszerűen az áramnyíl iránya fordított.

A háromvezetékes (1.12.b. ábra) távadó, és az irányító berendezés közös 24 V_{DC} tápellátású. A távadó és tápfeszültség földje a közös.

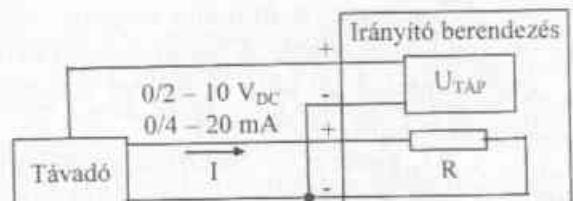
A kétvezetékes (1.12.c. ábra) távadó, és az irányító berendezés, mint terhelés, sorban vannak kötve a közös 24 V_{DC} tápellátással.

A gyakorlati életben - a kábel költségek csökkentése miatt - a kétvezetékes távadókat alkalmazzák leggyakrabban, melyet az IEC 1970-es washingtoni ülésen elfogadott ajánlásban rögzítettek.

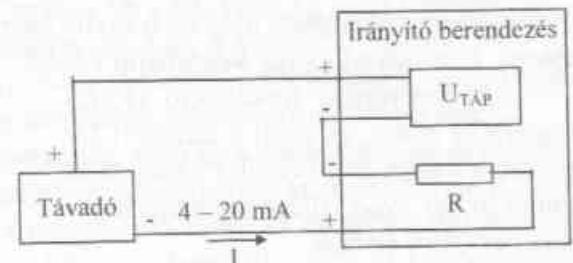
A háromvezetékes végrehajtó vezetékezése hasonlít a 1.12.b., a kétvezetékes végrehajtó vezetékezése pedig a 1.12.c. ábrához.



1.12.a. ábra . A négyvezetékes távadók vezetékezése



1.12.b. ábra . A háromvezetékes távadók vezetékezése



1.12.c. ábra . A kétvezetékes távadók vezetékezése

1.5. Az irányítástechnikai eszközök besorolása a működés környezete alapján

Az irányítástechnikai eszközök környezete egyrészt a működési helyszín mikroklimája, másrészt a működési helyszín elektro-mágneses szmog szintje alapján osztályozható. Az irányítástechnikai eszközök döntő többségének, elsősorban a terepi eszközöknek, nagyon mostoha körülmények között kell nagy megbízhatósággal üzemelnie.

Megjegyzés: Mostoha ipari körülmények alatt, klimatikus viszonyokat, elektromos, vagy mágneses zavaró hatásokat, agresszív-, korrozív közegeket, vibrációs hatásokat, tűz és robbanás veszélyes tereket, stb. kell érteni.

1.5.1. Környezet

Az irányítástechnikai eszközöket az alábbi mikroklimai hatások érhetik:

- ◆ Víz okozta hatás.
- ◆ A technológiák végtermékei, illetve melléktermékei szerinti szennyeződés, vagy a légtérbe kerülő korrozív anyagok (pl. ammónia, kénhidrogén, klór, stb.) okozta hatás.
- ◆ Rázás okozta hatás (nagyon alacsony frekvenciájú vibráció).
- ◆ Villamos szikra, villám okozta hatás.
- ◆ Robbanásveszélyes gázok, gözök porok, okozta hatások, stb..

A víz és a villám okozta hatás elsődlegesen szabadtéri környezetben működő terepi eszközöknek jelent problémát. A többi káros hatás zárt technológiai téren is előfordul.

Minden irányítástechnikai eszköznek rendelkeznie kell (IP) idegen test, és vízbehatolás elleni védetség besorolással. Ezért a kereskedelmi forgalomba kerülő irányítástechnikai eszközöket mechanikai és vízbehatolással szembeni ellenállósági tesztnek vetik alá.

A besorolás több fokozatú, és két számjegy írja le. Az IP utáni első számjegy az idegen test, a második számjegy a víz behatolással szembeni védeeltségi fokozatot jelenti. Az egyes fokozatok jelentése az 1. mellékletben van felsorolva.

Megjegyzés: Szabványok írják le a speciális (nehéz vegyipari, élelmiszeripari, stb.) technológiák elvárásait. A nagy igénybevételt jelentő feltételek mellett üzemelő irányítástechnikai eszközöket többfélé vizsgálatnak vetik alá:

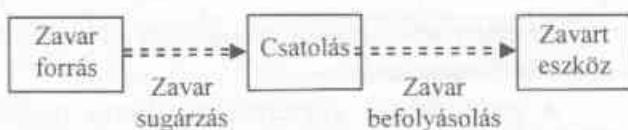
- ◆ Száraz és nedves melegállósági vizsgálatnak.
- ◆ Gyors hőmérsékletváltozási vizsgálatnak.

- ◆ Penész-, por-, és homokállósági vizsgálatoknak.
- ◆ Agresszív közeg (pl.: kénhidrogén) állósági vizsgálatnak.
A terepi eszközök üzemeltetésénél messzemenően figyelembe kell venni, hogy milyen éghajlaton (makroklimán) üzemel. A makroklima viszonyokat, és az ebből fakadó elvárásokat szabványok írják le.

1.5.2. Elektromágneses összeférhetőség (EMC)

A szabványban leírt definíciója: Az elektromágneses összeférhetőség valamely villamos berendezésnek azon képessége, hogy a saját elektromágneses környezetében, amelyet más berendezések, vagy természeti jelenségek hoztak létre kielégítően működik anélkül, hogy elektromágneses környezetét, amelyhez más berendezések is tartoznak, hátrányosan befolyásolná.

Minden berendezést – szabványban leírt módon, akkreditált laboratóriumban - be kell vizsgálni a zavartűrő képesség szempontjából, és mint zavarforrást.



1.13. ábra . A zavarás folyamata

Magyarországon az MSz IEC 50 (161-01-07) alapszabvány a hatályos, de elvárás a forgalomba hozott irányítástechnikai berendezésekkel szemben a zavarforrásokat leíró EN 50081-2, valamint a zavartürés leíró EN 50082-2 szabvány betartása. Az EN (European norm) Európa Uniós Szabvány.

Ha egy rendszert csupa olyan berendezésből építjük fel, ami rendelkezik a fenti szabványok tanúsítványaival, akkor is a teljes rendszerre vonatkozóan felléphet EMC probléma.

Megjegyzés: 1980-as évek elejére sikerült az irányítástechnikai eszközök zavarvédeeltségét megoldani, és megkezdődött a mikroelektronikai áramkörök terjedése az irányítástechnikai eszközökben. A problémát jól érzékeltei, ha megvizsgáljuk, hogy az elektromágneses szmog mekkora energiaszintje okozhat hibát a különböző áramkörökben.

CMOS (mikroprocesszor, memória) áramkörök	10^{-6} J
Kapcsoló tranzisztoros kimenetek, tápegységek	10^{-4} J
Elektromechanikus eszközök (relék, nyomógombok)	10 J
Tirisztorok, triacok	10^2 J

2. Érzékelők, távadók, kapcsolók

Az **érzékelő** (sensor) információt szerez az irányítás tárgyát képező folyamatról. (A magyar szakirodalom használja a szenzor elnevezést is.)

A folyamatjellemzők vizsgálandó értéktartománya az aktuális technológiától függ. A különböző értéktartományok detektálására különböző fizikai elv javasolt. A gyakorlati életben rendkívül sokféle érzékelési megoldás fordul elő.

Az érzékelők kimeneti jelét (ellenállás-, feszültség-, frekvencia változás, stb.) szabványos jel tartományú jelé kell alakítani. Ha a szabványos jel folytonos, akkor az érzékelőt és a jelátalakítót együttesen **távadónak** (transmitter), ha a szabványos jel kétállapotú, akkor együttesen **kapcsolónak** (switch) nevezik.

Az érzékelőkkel szemben támasztott általános követelmény:

- ◆ A nagy üzembiztonság, vagyis maga az érzékelő nem romolhat el.
- ◆ A rövid és hosszú idejű stabilitás. Az érzékelőnek nem változhatnak fizikai tulajdonságai.
- ◆ A kis jelkészletetés, mivel az érzékelőnek gyorsabbnak kell lennie a mért folyamatjellemző változási sebességénél, hogy időkésés nélküli információt szolgáltasson.
- ◆ A nagy érzékenység, és minél nagyobb mérési tartomány, hogy kellően pontos legyen.

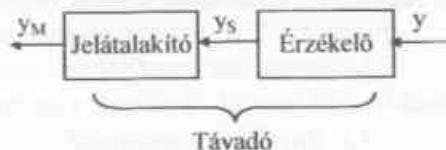
A kapcsolókban minden egybeépített az érzékelő és a jelátalakító.

A távadók kialakítási módja lehet:

- ◆ Különálló érzékelő és jelátalakító (pl.: hőelemek valamelyik változata, és a mV jelátalakító).
- ◆ Egybeépített érzékelő és jelátalakító (pl.: áramlástartázó, stb.).
- ◆ Mérőrendszer alkotó egység (pl.: gázkromatográf, stb.). A mérőrendszer vagy több jelet együttesen mér és értékel ki, vagy az érzékelőn, és a jelátalakító elektronikán túl tartalmaz valamilyen a méréshez szükséges egyéb - pl. mechanikai - szerkezetet.

Gyakori folyamatjellemző a szint, a nyomás, a hőmérséklet, az áramlás, valamint a különféle anyagjellemzők (pH érték, viszkozitás, stb.), továbbá a fordulatszám és a szögelfordulás, az áram és a feszültség értékek, valamint egy objektum helyzete vagy távolsága,

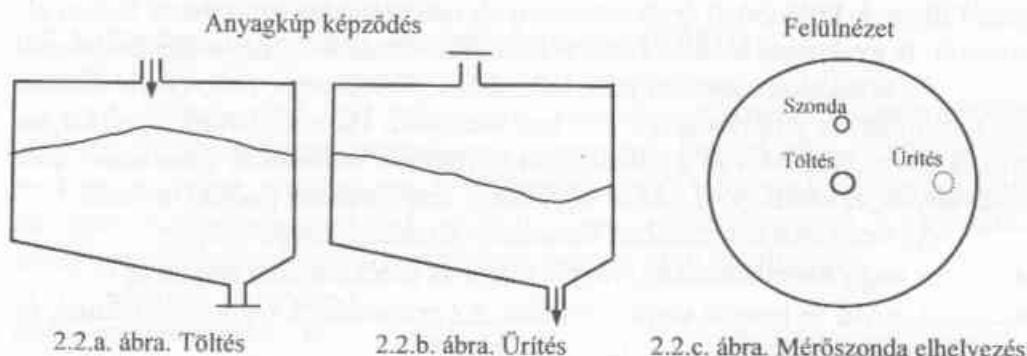
A távadók és kapcsolók műszaki jellemzőinek (Pontosság, kapcsolási gyakoriság, stb.) definíciói a 2. mellékletben találhatók.



2.1. ábra. A távadó (érzékelő, jelátalakító) az irányítási hatásláncban

2.1 Szintérzékelés

Folyadékok, vagy szilárd (por vagy granulátum) halmazállapotú anyagok szintjét lehet mérni nyitott, vagy zárt tartályokban. A szilárd halmazállapotú anyag, mérésének külön problémája az anyagkúp képződés (2.2. ábra.).



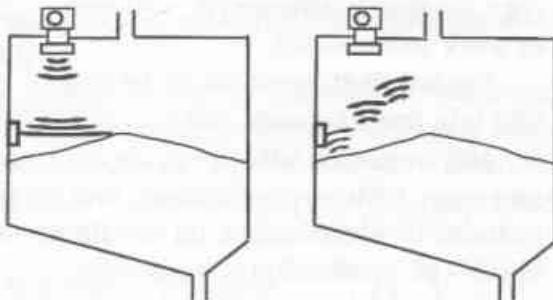
A fizikai elv alapján elektromechanikus, hidrosztatikus, impulzus visszhangos (ultrahangos, radaros, mikrohullámú), frekvencia elhangolós (kapacitív, vibrációs), és konduktív szintérzékelők vannak. A vibrációs és a konduktív elven működő érzékelőket csak szintkapcsolókban alkalmazzák.

Az impulzus visszhangos szintérzékelés elve

Az impulzus visszhangos szintérzékelők periodikusan impulzus csomagokat bocsátanak ki, amelyek visszaverődnek az anyag felszínéről (2.3. ábra.).

Az impulzus csomagok futási idejéből számítható a szintérték, ami nem egyszerű, mert az egyenetlen felszínről, vagy a tartályba épített szerelvényekről szóródnak.

Az impulzusok frekvencia tartománya alapján beszélnek ultrahangos, radaros, vagy mikrohullámú szintérzékelőkről. Az anyagminőségtől, és a tartály méreteitől függ, hogy melyik frekvenciatartományt a legcélszerűbb alkalmazni.



A frekvencia elhangolós szintérzékelés elve

Ha egy (mechanikai vagy villamos) rendszer rezeg vagy oszcillál, akkor ennek a frekvenciáját könnyű mérni. A rendszer saját frekvenciája a mechanikai és/vagy villamos paramétereitől függ. Az ezen az elven működő érzékelő szondák paramétere, és így a saját frekvenciája, a tartályban lévő anyagszint hatására változik meg.

2.1.1. Szinttávadók

Elektromechanikus szinttávadó

Az elektromechanikus mérési elv évtizedek óta jól bevált. Egy villanymotor kötélre kötött súlyt ereszt a töltőanyag felszínéig. Amikor a súly eléri az anyag felszinét, a motor visszatekereseli a köteleket, amelynek hossza mutatja a szintértéket.

Az elektromechanikus szinttávadó komplett mérőmű, amely mérést végrehajtó mechanikából, valamint a mechanikát vezérlő, a kötélhosszt mérő, és egy jelillesztő elektronikákból áll. Csak analóg jel tartomány mérésére alkalmazzák, mert olyan mikrokörnyezetben alkalmazható, ahol határérték kapcsolásra jóval egyszerűbb, és olcsóbb eszközök is rendelkezésre állnak.

Tipikus mérési tartomány 2 – 10 m, pontosság 1 – 2 mm.

Elönye a pontosság és a robusztus kivitel. Hátránya az összetett mechanika, a rendszeres és sürű karbantartás igény, és a nagy mintafrissítési idő.

Hidrosztatikus szinttávadó

A hidrosztatikus szinttávadó nyomásmérésre vezeti vissza a szintmérést. A folyadékok, esetleg pasztaszerű anyagok hidrosztatikai nyomását méri. A hidrosztatikus nyomás, a tartály alakjától és a folyadék viszkozitásától függetlenül, arányos a folyadékoszlop magasságával. Zárt tartályban, túlnyomás alatt levő folyadékoszlop esetén a nyomáskülönbséget kell mérni.

A hidrosztatikus szintérzékelőket - a költségük okán - csak folytonos szintmérésre használják. Speciális nyomásközvetítő előtéttel jól felhasználható élelmiszeripari és gyógyszergyártási technológiákban, amikor biztosítani kell, hogy forró gözzel tisztítható (fertőződéstől mentes) legyen az érzékelő szonda.

Erre a mérési elvre jellemző a nagy pontosság és reprodukálhatóság. A mérési tartomány 1 – 20 m, pontosság 0,5 – 5 mm.

Az ultrahangos és radaros szinttávadó

Az ultrahangos és radaros szinttávadók az impulzus visszhang elvén működnek. Ezek a szinttávadók komplett mérőművek. A hullámforrás és elektronikája, az antenna és elektronikája mellett – a jelillesztést megelőzően, komoly kiértékelő számítógépet tartalmaznak. A kiértékelő számítógép linearizálja, és hiszterézis mentessé teszi a kimeneti jelet.

A szinttávadó üzembe helyezésekor a kiértékelő számítógépet meg kell tanítani az üres tartály visszhangképére, különös tekintettel a benyúló szerelvényekről visszaverődő visszhangok szűrésére.

Az ultrahangos szinttávadó az olesőbb, de az alacsonyabb hullámhossz miatt, az alkalmazhatóságát korlátozza a tartály magasság/keresztmetszet aránya, valamint gózokkal telített vagy nagyon poros légtéren az ultrahangos szinttávadó nem lát át.

Az ultrahangos és radaros szinttávadókat, költségük okán, csak folytonos szintmérésre használják.

Az ultrahangos 15 – 50 kHz, a radaros szinttávadó 3 - 6 MHz frekvenciáitartományban sugároz. Mindkét szinttávadó mérési tartománya 1 – 25 m. Az ultrahangos szinttávadó teljes eltérése 0,1%, radaros szinttávadóé 0,05%.

Az ultrahangos és radaros szinttávadók előnye az érintkezésmentes, gyors érzékelés, és az egyenetlen felszínt átlagoló mérési elv.

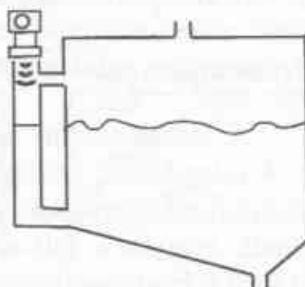
A mikrohullámú szinttávadó

A mikrohullámú szinttávadók szintén az impulzus visszhang elvén működnek. Ezek szinttávadók is komplett mérőművek.

Vannak olyan por halmozállapotú anyagok, amelyek a tartály betáplálásakor sürű felhőt képeznek a felszín felett. A mikrohullámú szinttávadó GHz-es hullámhossza pontosabban látja a már szilárd felszínt.

A mikrohullámú szinttávadó - a jól fókusált sugárnyaláb miatt - a hosszú keskeny tartályokban is alkalmazható. Ez a mérési elv teszi lehetővé - erősen hullámzó felülinű folyadékok esetén az elkerülő (bypass) vezeték (2.4. ábra.) használatát.

Ezek szinttávadók drágábbak, mint az ultrahangos szinttávadók. A mérési tartomány 1 – 20 m. A teljes eltérés 0,1% (1 – 10 mm).



2.4. ábra. Elkerülő cső

Kapacitív távadó.

A kapacitív távadó a frekvencia elhangolás elvén alapul. A kapacitív szintérzékelők elektródái között, a tartály anyagszintjétől függő, villamos kapacitásváltozás mérhető. A kapacitásváltozás a tartályt töltő anyag, és az üres tartályrész dielektrikum állandóinak különbségétől függ. Az elektródák kapacitása része egy RLC áramkörnek, amelynek így változik a saját frekvenciája.

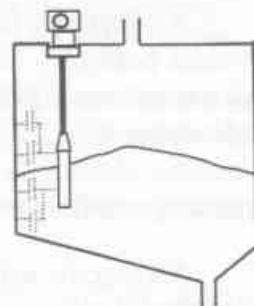
Az elektródák merev rúdban, ritkábban tányérfelületen vannak elhelyezve. Az elektródákat tartalmazó rúd lóghat egy kötélen (2.5. ábra.). A katalogusok ennek megfelelően rúd vagy kötel elektródás szinttávadóról beszélnek.

A kapacitív távadóhoz külön rendelhető jelfeldolgozó/illesztő elektronika és elektróda. A jelfeldolgozó/illesztő elektronikához a mért közegtől és a mérési tartománytól függően különböző elektródák illeszthetők.

A mért közeg lehet folyadék, vagy ömlesztett halmazállapotú anyag. Az egy elektródás szondák esetén a mérőelektróda a tartályfallal együtt képez egy kondenzátort (2.5. ábra.), és a töltőanyag dielektrikumként viselkedik. A tartályfal sok esetben nem lehet része a villamos rendszernek. Ilyenkor két elektródát tartalmazó szondákat alkalmazznak.

A mérési elv széles nyomás és hömörséklettartományban egyaránt alkalmas közepes vagy nagy dielektrikum állandójú anyagok szintjének mérésére. Ömlesztett halmazállapotú anyagok mérésére a kötel elektródás szinttávadó korlátozottan alkalmas.

A saját frekvencia tartománya 300 – 400 kHz. Az elektróda rúd 1 - 4 m hosszú. Az elektróda rúd kötélről legfeljebb 20 m-es tartályba lógatható. A teljes eltérés 1 – 2 %.



2.5. ábra. Kapacitív szintmérés elve

2.1.2. Szintkapcsolók

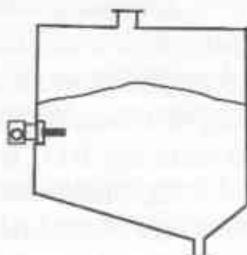
Konduktív szintkapcsolók

A konduktív (vezető képesség) érzékelés elektródái kapcsolóként viselkednek. Ha vezetőképes folyadék kerül az elektródák közé, akkor a váltakozó áramú feszültség generátor áramköre záródik, és mérhető áram. A váltakozó áram az elektrolízis kialakulását (folyadékbontást) és az anyaglerakodást kizára. Fémtartályok esetén az egyik elektróda lehet a tartály falá.

Vibrációs szintkapcsolók

A por, vagy granulált ömlesztett (cement, gabona, stb.) anyagok vibrációs szintkapcsolók érzékelője 1000 – 1200 Hz-el rezgetetett rúd. Folyadékok esetén rezgővillát (hangvillát), ami 300 – 400 Hz-el rezeg, alkalmaznak. A vibrációs szintkapcsoló két piezoelektromos alkatrészt tartalmaz. Az egyik piezoelektronos alkatrész mozgatja a rudat vagy hangvillát, a másik méri a rezgés frekvenciáját, ami elhangolódik, amikor a szonda a mért anyaggal fedett (2.7. ábra.). A frekvencia elhangolódását kiértékelő elektronika érzékeli, és kapcsolja a kimenetet.

A vibrációs módszer előnye, hogy egyszerű, robosztus, nem igényel helyszíni beállítást, és karbantartást, valamint olcsó. További előny, hogy nem függ a mért anyag fizikai (sűrűség, vezetőképesség, dielektromos tényező, stb.) tulajdonságaitól.



2.7. ábra. A szintkapcsoló elhelyezése

Kapacitív szintkapcsoló

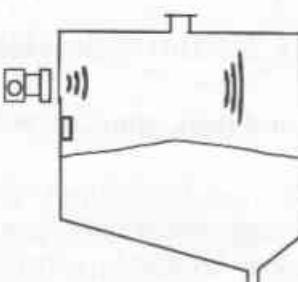
A kapacitív szintérzékelőket gyakran alkalmazzák szintkapcsolókban is. Ez is költséghatékony megoldás.

Mikrohullámú szintkapcsoló

A GHz-es frekvencia lehetővé teszi, hogy a mikrohullámú szinttávadó műanyag ablakon keresztül is érzékeljen, ami nagyon agresszív, és/vagy nagy nyomású, és/vagy nagy hőmérsékletű közegek szintmérésére is alkalmassá teszi a mikrohullámú szintkapcsolókat.

Csak ilyen speciális körülmények esetén alkalmaznak mikrohullámú szintérzékelőket szintkapcsolóként (2.8. ábra.) határértékek érzékelésre, mert bár a mikrohullámú szinttávadónál olcsóbb, a többi szintkapcsolónál jóval drágább.

Megjegyzés: Túlnyomásos, zárt fémtartályban tárolt, agresszív anyagok esetén radiometrikus (gammasugárzó radioaktív anyaggal működő) szintkapcsolókat is alkalmaznak. Ezek alkalmazásához külön hatósági engedélyt kell beszerezni.



2.8. ábra. A mikrohullámú szintkapcsoló elhelyezése

2.2. Nyomásérzékelés

Nyomásérzékelésre leggyakrabban membránokat alkalmaznak. A membrán olyan szerkezeti elem, amely különböző tereket határol el, és rugalmas, deformáció képes tulajdonságaiból adódóan nyomáskülönbség hatására erőt, vagy elmozdulást hoz létre. A membránok fajtái: síkmembránok, csőmembránok (szilfionmembránok).

A síkmembránok lehetnek laza, rugalmas, és merev membránok.

A laza síkmembránok anyagai: gumi, bőr, műanyag, gumirozott textil. Az elmozdulás több cm is lehet. A laza síkmembránok - az anyagválasztásból adódóan - nem alkalmasak folytonos érzékelésre.

A rugalmas síkmembránok elmozdulása néhány tized mm, legfeljebb 1-2 mm lehet. Az anyagai: berillium-bronz, foszfor-bronz, rozsdamentes acél. A rugalmas membránok (2.7. ábra.) különböző domborításokkal (profilokkal) készülnek. Ha a membrán elmozduló hatásos felülete A_M és membrán rugalmas voltából c_R a membrán rugóállandója, akkor a síkmembrán átviteli tényezője:

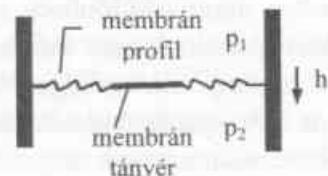
$$K_{MS} = \frac{h}{p_1 - p_2} = \frac{h}{\Delta p} = \frac{h F}{F \Delta p} = \frac{1}{c_R} A_M \quad <2.1.>$$

A merev síkmembrán elmozdulása kevesebb, mint 100 μm. Az anyaga kerámia. A kialakítása vékony kerámialapka. A kerámia membránok előnyei:

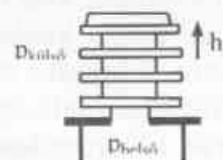
- ◆ A csekély kitérésük miatt érzéketlenek a rezgésekkel szemben, és az impulzusszerű nyomáslökésekre.
- ◆ Különösen nagy az ellenálló képességük agreszív, és tapadó anyagokkal szemben.
- ◆ Nincs öregedésük, és jól tűrik a változó terhelést.

Csőmembrán (szilfionmembrán) rugalmas anyagból (berillium-bronz, foszfor-bronz) készült harmonikászerű cső (2.8. ábra.). A csőmembrán reprodukálhatóan képes 20 – 40 [mm] elmozdulásra. A csőmembrán átviteli tényezője (K_{MSz}) a 2.1. kifejezésnek megfelelő.

A csőmembránok statikus karakterisztikája közel lineáris, de legfeljebb 1 – 2 % pontosságúak. Ha nincs igény pontosabb mérésre, akkor ezeket a membránokat az olcsó áruk miatt alkalmazzák is folytonos nyomásérzékelésre (pl.: pneumatikus membránmotorok elmozdulás-nyomás átalakítójaként).



2.7. ábra Rugalmas síkmembrán elvi szerkezeti felépítése



2.8. ábra A szilfionmembrán elvi szerkezeti felépítése

A nyomásérzékeléskor megkülönböztetnek abszolút nyomást, nyomást, és nyomáskülönbség mérőket.

A 2.9. ábra mutatja, hogy az abszolút nyomást mérők a vákuumhoz (0 bar) viszonyított, a nyomást mérők a légköri nyomáshoz (1 bar) viszonyított túlnyomást, a nyomáskülönbség mérők két nyomásérték különbségét mérik.

A nyomás mérésének egy lehetséges mérési elve látható a 2.10. ábrán.

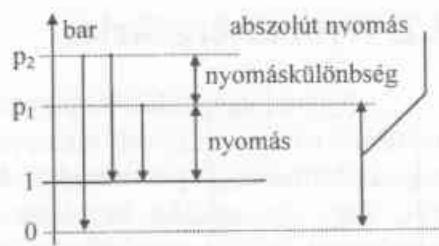
A korrozióálló rúgóacélból készült rugalmas síkmembrán fogadja a méréndő anyag nyomását (2.10. ábra). Ekkor rúgóként viselkedik. A rúgó kitérése súrlódásmentesen áttevődik a síkmembrán tányérjához rögzített merülő kondenzátor elmozduló fegyverzetére. A síkmembránt, mint rúgot, a túlerhelés ellen kerámia test védi. Ezen található a merülő kondenzátor fix fegyverzete.

A maximális elmozdulás néhány száz μm . A merülő kondenzátor kapacitása a kitérés függvényében változik.

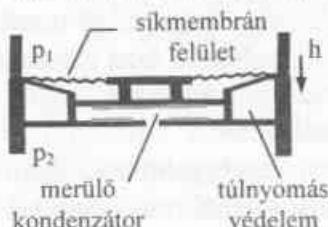
A 2.11. ábra a nyomáskülönbség mérésre egy lehetséges mérési elvet mutat:

A kerámia alaptestet minden oldalon kerámia membránok zárnak le úgy, hogy oldalkamrák alakuljanak ki. A kerámia alaptestben fűrt kapilláris köti össze a két oldalkamrát, így ez az üreget kitöltő olaj számára egy térnek számít. A kerámia membránok belső felületére felvitt elmozduló fegyverzetei, és a kerámia alapteste felvitt fix fegyverzetei együtt két lemezkondenzátort képeznek. A fellépő nyomáskülönbség hatására az olaj az egyik oldalkamrából a másikba áramlik, és így minden membrán azonos mértékben, de ellentétesen deformálódik. A lemezkondenzátor kapacitásérteke fordítottan arányos a fegyverzeteinek távolságával.

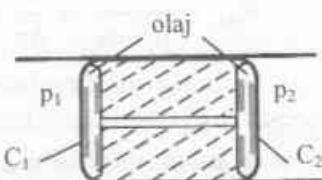
Az ellentétes irányú deformálódás megnöveli az érzékenységet. Az azonos töltöközeg (dielektrikum) miatt a mérőcella két kondenzátorának hőmérsékletkompenzációja megoldott. A teljesen zárt rendszer hosszúidejű stabilitást biztosít.



2.9. ábra Az abszolút nyomás, a nyomás, és a nyomáskülönbség



2.10. ábra A nyomásmérő cella elvi szerkezeti felépítése



2.11. ábra A nyomáskülönbség mérő cella elvi szerkezeti felépítése

A két ellentétesen változó kapacitásérték mérőhidba kapcsolása kellően lineáris statikus karakterisztikát biztosít.

Megjegyzés: A kerámia lapka deformálódása nem csak kapacitív elven mérhető. Például a kerámialapkára gőzolt piezo-kristályos anyag a deformálódással arányos, néhányszor 10 μ V jelet ad le.

2.2.1. Nyomástávadók

Az ipari nyomástávadókban kerámia membránt alkalmaznak. Napjainkban már olyan „D” generációs távadók vannak forgalomban, amelyek különböző érzékelő szerelvénnyel felszerelve egyaránt alkalmasak abszolút nyomás, nyomás, és különbségi nyomás, valamint hidrosztatikai nyomásméréseen alapuló szintmérésre, 100 mbar – 400 bar tartományban (legfeljebb 1:100-as átfogásban), 0,075% pontossággal.

Az egységes elektronika a tartalékraktár készletének csökkentését teszi lehetővé.

2.2.2. Nyomáskapcsolók

A nyomáskapcsolókban a jelátalakítást gyakran mechanikus szerkezet végzi, ami egy kontaktust működtet. A mechanikai szerkezetet működtetéséhez több mm-es elmozdulás szükséges. Ekkora elmozdulásra rúgóval ellentartott laza síkmembrán vagy csömembrán alkalmas. A mechanikai elven működő nyomáskapcsolók pontossága 2 – 5 %. A rúgóval ellentartott laza síkmembránok, vagy csömembránok működési elvükben fakadó kis hiszterézise, a nyomáskapcsolókban nem hátrány.

A pontosabb komparálási szintbeállítást (kb.: 0,5 - 1%) csömembrán és kiértékelő elektronika alkalmazásával érnek el.

2.3. Hőmérsékletérzékelés

A fémek, félvezetők (termisztorok = termo tranzisztorok) ellenállása a hőmérséklettől, és az anyag hőmérséklet köfficiensétől függ. Ha a referencia hőmérsékleten ismert a fémhuzal pontos ellenállása, akkor ellenállásméréssel megállapítható a referencia hőmérséklet viszonyított hőmérsékletkülönbség.

Ha két különböző fémet fémesen összeérintkeztetünk, akkor a két fém között elektromos potenciálkülönbség (*kontaktpotenciál*) lép fel. A termoelemekben ez a potenciálkülönbség közel lineárisan függ a hőmérséklettől.

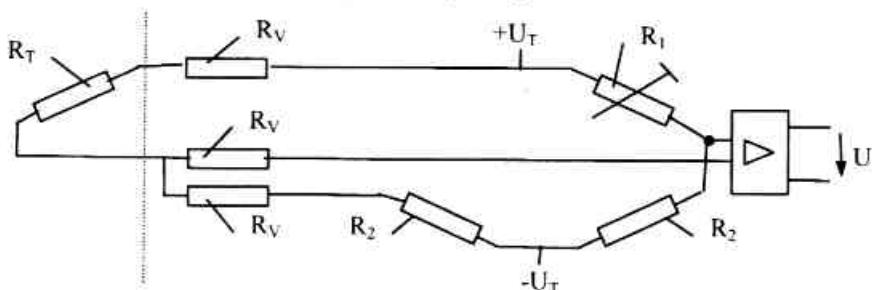
Fémhőmérők

Egy ellenállás huzal hőmérséklet függése az alábbi:

$$R = R_{T_0} + \Delta R = R_{T_0} + \beta(T - T_0) \quad <2.2.>$$

ahol T_0 a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, T a mért hőmérsékletet, és R_{T_0} a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten mért ellenállást, R a T hőmérsékleten mért ellenállást jelenti. A $\beta \frac{\Omega}{^{\circ}\text{C}}$ hőmérséklet koefфиciens az ellenállásváltozás és hőmérsékletváltozás arányát adja meg.

Az ellenállásmérés hidkapcsolásban történik. A referencia hőmérsékleten kiegyenlítve a mérőhidat, a hőmérő ellenállásának (R_T) változása hatására feszültség mérhető a híd keresztágában. A pontos mérést torzítja a csatlakoztató rézvezetékek R_V ellenállásának változásai, ami az előremenő, visszavezető, és tápfeszültség ág eltérő vezetékhosszából és hőmérsékletfüggésből származik. A mérőkábelek egyenlő hossza szükséges, de nem elégsges. A három vezetékes (hűtő vezeték) mérési módszer (2.11. ábra) szünteti meg teljesen ezt a hibát. A 2.11. ábrán az $R_2 \approx R_{T_0}$, és $R_1 > R_2$.



2.11. ábra. Fém hőmérő három vezetékes bekötése

Az érzékelő fémhuzalokat szabványosították. A leggyakrabban alkalmazott huzalellenállások az alábbiak:

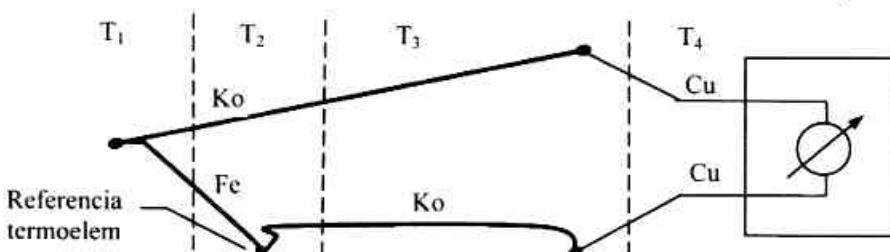
A Pt100-as és Pt1000-es platinahőmérő ellenállása $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on $100\ \Omega$, illetve $1000\ \Omega$ a $\beta = 0,385\ \frac{\Omega}{^{\circ}\text{C}}$. A mérési tartományuk függ a kialakítástól. Üvegcsőbe elhelyezve $-200 - +450\text{ }^{\circ}\text{C}$, kerámiatestbe ágyazva $-200 - +850\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ezen belül a $0 - +200\text{ }^{\circ}\text{C}$ tartományban a pontossága $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$, és statikus karakteristikája lineáris. A Pt1000-es előnye a nagyobb érzékenysége, de drágább.

A Ni100-as nikkelhőmérő ellenállása $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on $100\ \Omega$, $\beta = 0,614\ \frac{\Omega}{^{\circ}\text{C}}$. A mérési tartománya $-60 - +200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kevésbé lineáris, mint a Pt100-as.

A fémhőmérők tehetetlensége nagy, ezért csak lassan változó hőmérsékletek mérésére alkalmas.

Termoelemek

A különböző fémek csatlakoztatási pontjában termo-elektromotoros erő (feszültséggenerátor) lép fel. A T_1 mért, és a T_2 referencia hőmérsékleten elhelyezett Fe-Ko és a Ko-Fe termoelemek egymással szemben vannak kapcsolva.



2.12. ábra Termoelem bekötése

A feszültségmérésben (2.12. ábra.), ha a réz (Cu) és a konstantán (Ko) forrasztási pontjai azonos (T_3) hőmérsékleten vannak, akkor a termo feszültségeik kiejtik egymást.

A mérés kiértékeléséhez az is szükséges, hogy a T_2 hőmérséklet ismert legyen. A mért feszültség:

$$U = \alpha(T_1 - T_2) \quad <2.3>$$

A 2.13. ábrán az alábbi termoelemek statikus karakteristikái láthatók:
 Fe-Ko: Vas-Konstantán
 Cu-Ko: Réz-Konstantán.

Ni-CrNi: Nikkel-Krómnikkel

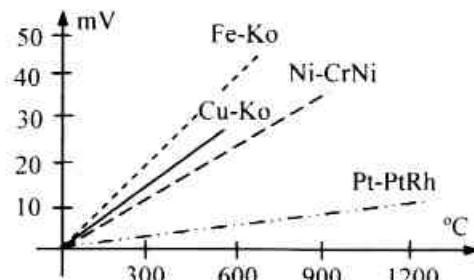
Pt-RhPt: Platina-RhodiumPlatina

A termoelemek statikus karakteristikái széles hőmérséklettartományban közel lineárisak. A termoelemek osztályozásáról, jelöléséről bővebb információ a 3. mellékletben található.

Félvezető ellenálláshőmérők

Félvezetőből készített ellenálláshőmérők (termisztorok) érzékenysége sokkal nagyobb, tehetségeük sokkal kisebb, mint a fémhőmérőké.

A termisztorok ellenállása nemlineáris függvénye a hőmérsékletnek, azaz a 2.2. kifejezés a fémeknél jóval székebb hőmérséklettartományban érvényes. Egy szűk hőmérséklet tartományra azonban továbbra is definíálható a



2.13. ábra Termoelemek (hőelemek) hőmérséklet-feszültség karakterisztikája

termisztor ellenállásának β hőmérséklet koefficiense, ami függ az adott hőmérséklet tartománytól. A termisztorok statikus karakterisztikája nem lineáris, de szűk hőmérsékletsávban linearizálható, és az érzékenységük nagy.

Konduktív hőmérsékletérzékelés

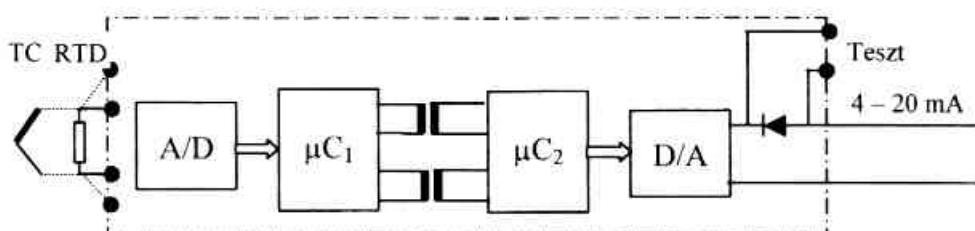
Bizonyos anyagokban (pl.: polivinil-denti-fluorid PVDF) hő hatására a dipólusok rendeződnek, és így fémessé válnak. Az ellenállás változás egy szűk hőmérséklettartományban zajlik le, és erősen nem lineáris. A kapcsolási hőmérsékletük anyagösszetétel függő. Ezen érzékelők nagysorozatú gyártása rendkívül olcsó. Ezért nagysorozatban gyártott berendezések alkatrészeként alkalmazzák, mert a kapcsolási hőmérsékletük igény szerint megrendelhető, de utólag nem változtatható.

Pirométerek

Igen nagy hőmérsékleteket érintésemesen, hősugárzással mérnek, amire a jegyzet keretén belül nem térünk ki.

2.3.1. Hőmérséklet távadók

A hőmérséklet távadókra tipikusan jellemző a külön vásárolható az érzékelő szerelvény, vagyis a könnyen szerelhető, tokozatban elhelyezet érzékelő, valamint ellenálláshőmérőkhöz ellenállás-változás/áram ($\Delta R/I$), termoelemhez feszültség/áram (mV/I) jelátalakítók.



2.14. ábra Programozható általános célú jelátalakító

A korszerű, általános célú hőmérséklet jelátalakítókban (2.14. ábra.) A két mikrokontroller között a tápellátás és a jelforgalom is galvanikusan leválasztott. Külön sorkapocsra köthetők a termoelemek (TC = Thermo Couple), és a fémhőmérők (RTD = Resistance Thermo Detection). HART-os kommunikációval definiálható az érzékelő típusa, és kijelölhető a méréstartomány.

2.3.2. Hőmérsékletkapcsolók

A hőmérsékletkapcsolók érzékelője, az olcsó ár és a nagy érzékenysége okán, általában termisztor, vagy konduktív elven működő PVDF.

A termisztor PTK típusában a hőmérsékletnövekedés ellenállás növekedést, az NTK típusában a hőmérsékletnövekedés ellenállás csökkenést okoz. A mérési tartománya -70 - +300 [°C]. Nem lineáris, de nagy érzékenységű, és kis tehetetlenséggű.

Magasabb hőmérséklet tartományban fémhőmérőt vagy termoelemet alkalmaznak érzékelőként a hőmérsékletkapcsolókban.

2.4. Áramlásérzékelés

A működés fizikai elve és módszere alapján osztályozhatók az áramlásmérők áramlási sebességet mérő, térfogatot mérő, tömegáramot mérő, és közvetett módon mérő csoportokba. Az áramlási sebesség és a térfogatáramlás mérők jeléből az áramló közeg sűrűségének ismeretében meghatározható a tömegáram érték. A közeg térfogatáram értéke - különösen gázok esetén – függ a nyomástól, és a hőmérséklettől.

2.4.1. Áramlási sebességet mérő távadók

Az áramlási sebességet mérők – a cső keresztmetszetének ismeretében - az aktuális térfogatáramát mérik. Számos eltérő fizikai elvet alkalmaznak.

Turbinás és szárnykerekess mérők

A mérőcsőben elhelyezett, az áramló közeg által hajtott turbina, vagy szárnykerék fordulatszáma arányos az áramlási sebességgel. A turbinás, és szárnykerekess mérők pontossága 1 – 2%.

Elektromágneses (indukciós) áramlásmérők

A mérőcső gerjesztő tekercse mágneses teret hoz létre a mérőcső belséjében. A mágneses tér a mérőcsőben áramló folyékony közeg vezetőképességevel, és áramlási sebességevel arányos feszültséget indukál.

A $0,5 - 10 \frac{m}{s}$ áramlási sebesség tartományban az indukciós áramlásmérők 0,5% pontosságúak.

Örvényleválást és haladást mérők

A mérőcsőbe nyúló, speciálisan kialakított testről leváló örvények száma és intenzitása az áramlási sebességtől függ. Az örvényleválást mérők piezoelektronos vagy ultrahangos érzékelője az örvények számát és intenzitását együttesen érzékeli. A mérési elv alkalmas közepes és nagy nyomású gázok, valamint normál nyomású folyadékok áramlási sebességének mérésére.

A pontosság a mérési tartomány 20 %-a és 80 %-a között gázok esetében 1 – 2 %, folyadékok esetében 0,5 – 1 %. Az örvényleválást mérők a mérési tartomány alsó és felső 20%-kában kevésbé pontosak.

2.4.2. Térfogat áramlást mérő távadók

A térfogat áramlásmérők jellemzője a mechanikus mérőművel megvalósított ismert térfogatadagok számolása.

Az oválkeres, illetve dugattyús átfolyásmérők a leg pontosabb folyadék mérőknek számítanak. Elérhető a 0,1 – 0,25 % pontosság.

Membrános (gáz) átfolyásmérők mérőkamrájába áramló gáz a membránt a mérőkamra falához szorítja. Zárva a beáramlás, és nyitva a fogyasztó felé áramlás útját, egy tolattyú a membránnal kiszorítja a gázt a mérőkamrából. A membrános átfolyásmérők egyszerű konstrukciójuk miatt olcsók, de a mért közege hőmérsékletét és nyomását nagyon szük tartományon belül kell tartani, és így is csak 2 – 3 % pontosak.

2.4.3. Tömegárammérő távadók

A tömegáram mérők jellemzője, hogy a mérőmű kimeneti jele közvetlenül a tömegárammal arányos.

Coriolis erő hatását használó mérők

A szimmetrikus csőrendszert, a középpontjában rezonanciafrekvencián rezgettetve, a csőrendszer két ellentétes végpontja azonos fázisban rezeg.

Ha közeg áramlik a csőrendszerben, akkor a Coriolis-erő hatására a csőrendszer kismértékben deformálódik. A deformálódás az áramló közeg tömegével arányos, ellentétes irányú fáziseltérést okoz a csővégek rezgésében, ami jól mérhető.



2.15. ábra A Coriolis-erőt mérő cső szerkezete

A különböző kiviteli formákban, 2 – 250 mm csőátmérő tartományban, akár 100 bar feletti nyomáson áramló közegek tömegáram mérésére alkalmas. A mérőcső hőmérséklet változásából származó deformálódás kiszürésére a mérőcső hőmérsékletét Pt1000-es hőmérsékletérzékelővel mérik. A rezonancia frekvencia függ az anyag üzemi sürűségtől. A rezonancia frekvencia elhangolódása a rezgéskeltőtől lehetővé teszi az anyagsürűség mérését. A négy érzékelő (két fázisszögmérő, egy hőmérsékletmérő, és egy frekvenciamérő) jeléből a kiértékelő elektronika 0.1% pontossággal közvetlenül a tömeg áramértéket képes szolgáltatni.

Termometriás (hőelvonásos) áramlásmérők

A mérési elv: A csővezetékben áramló közeg hüti a csővezetékbe benyúló, állandó hőmérsékletre fűtött érzékelőt. A fűtőkör teljesítményfelvétele arányos az áramló közeg tömegáramával. A kapcsolat nem lineáris, ezért kiértékelő elektronika szükséges. Leggyakrabban gázok mérésére alkalmazzák.

Nagy előny, hogy nagy csőátmérőjű, és nemcsak kör keresztmetszetű vezetéken is alkalmazható. Hátránya, hogy ismerni kell az áramló gáz összetételét, és hosszú egyenes csőszakaszt igényel. A pontossága 2% körüli.

2.4.4. Nyomáskülönbség mérésre visszavezetett távadók

A mérőperem, mérőtorok, Venturi cső az egyik legrégebbi, de – a szabványosításnak köszönhetően - még ma is a legelterjedtebb mérési elv.

A csővezetéken létrehozott, szabványos kialakítású szükítésen az áramló közeg térfogatáramával arányos nyomáskülönbség jön létre. A kapcsolat négyzetgyökös, és gázközegek esetén a térfogatáram függ a közeg hőmérsékletétől és abszolút nyomásától is.

A mérési elvvel 25 – 1000 mm csőátmérő tartományban, 400 bar nyomásig, akár 800 °C-os áramló közeg térfogatáramát 0.075% pontossággal lehet mérni. Ehhez a távadókban mikrokontrollert tartalmazó kiértékelő elektronika kell, ami a nyomáskülönbség, nyomás, és hőmérséklet értékekből nagypontos-ságú és lineáris ellenőrző jelet szolgáltat.

2.4.5. Áramláskapcsolók

A mérési elv: Az áramló közeg energiája a mérőtest mechanikai elmozdulását okozza, vagy nyomásesés keletkezik a mérőtesten.

2.5. Fordulatszám és szöghelyzet érzékelők

Az analóg (pl.: tachogenerátor), illetve szinuszos (pl.: szinusz-koszinusz jeladó) jelet szolgáltató fordulatszám és szöghelyzet érzékelőket, a nagyobb pontosságuk, és ma már kisebb árakkal kiszorították a digitális encoderek.

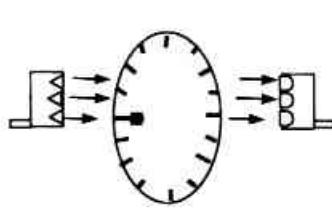
A digitális encoder (szöghelyzet-, fordulatszámadó) működésének alapelve, hogy a motor tengelyével együttforgó encoder tengelyre átlátszó tárcsa van rögzítve, amelyen átlátszatlan rovátkák, vagy koncentrikus körök mentén minták vannak. A tárcsa két oldalán egymással szemben optokapcsoló adó és vevő fejei vannak elhelyezve. Ha a motor, és vele az encoder tárcsa a forog, akkor a tárcsa rovátkái, vagy mintái megszaghatják a fénysugarak útját. Így az optokapcsolók kimenetein impulzus sorozat jelenik meg.

A rovátkák száma a kör peremén 100 – 2000 közötti. Ez a szögelfordulás felbontása (R). A motorok megengedett fordulatszáma 4000 – 6000 fordulat/perc. Az impulzus sorozat frekvenciája (f) arányos a fordulatszámmal (n).

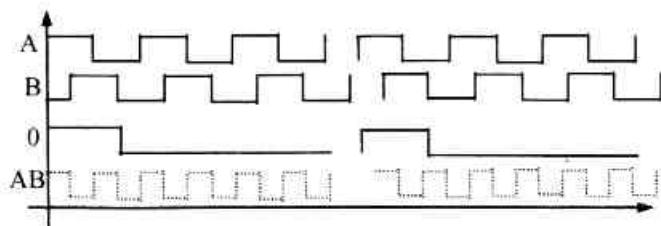
$$f \leq \frac{n}{60} R \quad <2.4.>$$

Az impulzus sorozat határfrekvenciája (f_M) 20 – 40 kHz. Az encodereknek két típusa van. Az inkrementális és az abszolút encoder.

Inkrementális encoder



2.16.a. ábra. Inkrementális encoder.



2.16.b. ábra. Inkrementális encoder „A”, „B”, „0” jelcsatornái, és az „A” és „B” EXOR kapcsolata.

Az inkrementális encoderben legfeljebb három opto adó/vevő van, és a forgótárcsa peremén rovátkák vannak (2.16.a. ábra). Az „A” és „B” opto fejek egymás mögött helyezkednek el úgy, hogy a jeleik az impulzus periódus idejének negyedével (90°-os fázistolással) kövessék egymást. A „0” jelű opto fej a másik kettő mellett úgy van kialakítva, hogy egy-egy pozitív periódust minden kettőből lefedjen (2.16.b. ábra).

- ◆ A „0” csatorna minden fordulatkor szolgáltat egy referencia impulzust, amihez viszonyítva szöghelyzetet lehet mérni.

- ◆ Az „A” és a „B” csatorna együtt a forgásirányt is detektálja. Ha az „A” csatornára érkezik a pozitív felfutó él először, akkor az óramutató járásával ellentétesen forog a jeladó, ha a „B” csatornára érkezik először a pozitív felfutó él, akkor az óramutató járásával megegyezően forog. Az „A” és a „B” csatorna kizáró VAGY kapcsolatával növelhető az érzékenység.
- ◆ Az „A” csatorna jelével csak frekvenciát (fordulatszámot) lehet mérní. Az inkrementális encoder előnye az alacsony ára, és hogy legfeljebb három gyorsszámláló bemenetet igényel az irányító berendezés I/O felületén.

Abszolút encoder

Az abszolút encoderben nyolc ($2^0 - 2^7$) - gyakran tíz ($2^0 - 2^9$) - opto adó/vevő van, és a forgótárcsán koncentrikus körök mentén az átlátszó és nem átlátszó körívek bináris kód szerint váltakoznak.

Az abszolút encoder előnye, hogy forgás közben számítási műveletek nélkül, valamint álló helyzetben is szolgáltatja a szögpozíciót. A jeladó ismétlődési határfrekvenciája 10 kHz, ami a párhuzamos adatátvitel miatt gyorsabb, mint az inkrementális encoderekké. Az abszolút encoder hátránya a párhuzamos adatátvitel, ami több kábelt, az irányító berendezésen több I/O bemenetet és a futási idő különbségek miatt rövidebb kábelhosszt igényel.

Az encoder kiválasztásakor fontos műszaki paraméter még a tengelycsatlakoztatás módja, a megengedett tengelyre ható forgás irányú és tengelyirány erő, a rezgésállóság, és az IP védeeltségi osztály.

2.6. Távolságérzékelők

A folytonos távolság érzékelés módszerei vagy valamilyen impulzus visszhangon, vagy impulzusszámláláson alapulnak.

Az impulzus visszhangos távolságmérés elvről és műszaki paramétereiről az ultrahangos, radaros, mikrohullámú szinterzékelőknél már esett szó. A működési elvükön fakadóan közelí (1 méteren belüli) távolságok, illetve gyorsan mozgó tárgyak távolságának érzékelésére csak korlátozottan alkalmasak.

A kötött pályán mozgó tárgyak, kiindulási pontjuktól mért távolságának mérésére impulzusszámláláson alapul mérési elv használható. A kötött pálya mentén fényvisszaverő rovatkákat vagy mágnescsíkokat helyeznek el. A mozgó tárgyon elhelyezett tárgyreflexiós optokapcsoló a fényvisszaverő rovatkákat, az induktív közelítéskapcsoló a mágnescsíkokat érzékeli.

2.7. Helyzetérzékelők

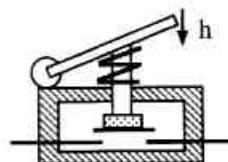
A helyzetérzékelők valamely tárgy adott pozícióba érkezését, vagy a pozíció elhagyását érzékelik. A helyzetérzékelőket a működési elvük alapján szokás csoportosítani: mechanikusan működtetett kontaktusokra (mikrokapsolók, végállás érzékelők), optikai kapcsolókra (fénysorompók, résdetektorok), és közelítés kapcsolókra (induktív, kapacitív, ultrahangos, pneumatikus).

2.7.1. Mikrokapsolók, mechanikus végállás érzékelők

A mikrokapsolók, mechanikus végállás érzékelők fizikai kapcsolatba kerülnek az detektált objektummal.

A működtető mechanikai szerkezetet (teleszkóp, görgőkar, nyomógomb) rúgó tartja alaphelyzetben. Az érzékelő tárgy a rúgóerő ellenében mozgatja a kontaktustól szigetelő anyaggal elhatárolt rudat (2.17. ábra.).

A mechanikus kapcsoló hátrányait (a kontaktus pergesése, a véges kapcsolási szám, a kis kapcsolási frekvencia) ellensúlyozza a kedvező ár, és az hogy mágneses teret gerjesztő berendezés (pl.: hegesztőgép) környezetében is megbízhatóan működik.



2.17. ábra
A mikrokapsoló elvi szerkezeti felépítése.

2.7.1. Optikai kapcsolók

A fénysorompók működési elve: Az érzékelő tárgy megszakítja a fényforrás (adó), és a fényérzékelő (vevő) közötti láthatósági utat. A fénysorompó lehet egyutú, reflexiós, és tárgyreflexiós típusú.

A jó fókuszálhatóság érdekében monokromatikus (egy frekvenciájú) fényforrást alkalmaznak. A fényforrásnak van széttartása, ezért a felszerelési előírásokat be kell tartani, hogy a fénysorompó saját szerelvényi ne tükrözze vissza fényt. A külső zavaró fények elhárítása érdekében kódolt (modulált jellet) sugárzó fényforrás alkalmazása az előnyös.

A fényforrás leggyakrabban GaAlAs LED dióda, amely az infravörös ($\lambda=880$ nm) hullámhosszon sugároz, olcsó, és egyszerűen modulálható.

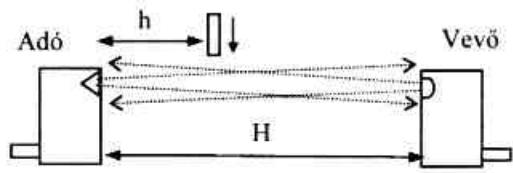
Alaphelyzetben az optokapcsoló kimenete nyitott (normally open, NO), ha nem látja a fényt az érzékelője, és zárt (normally closed, NC), ha látja. Amikor érzékelik a tárgyat az egyutú típus nem látja, a reflexiós és tárgyreflexiós típusok látják a fényt, vagyis ellentétesen működnek.

Egyutú fénysorompók

Az egyutú típus előnye a nagy érzékenység (korlátlanul fényáteresztő tárgy is detektálható), és a nagy távolság (30 - 40 m).

A hátránya, hogy két helyre kell felszerelni, és kábelezni az elektronikát.

A 2.18.a. ábrán látható, hogy az adó, és a vevő látómezejének széttartása miatt nem célszerű, ha a tárgy túl közel halad az adóhoz, és a vevőhöz.

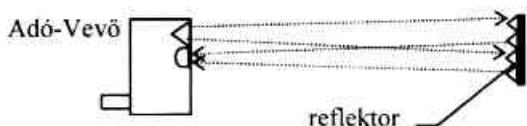


2.18.a. ábra Az adó, vevő típus elvi működése.

Tükörreflexiós fénysorompók

A tükörreflexiós típus előnye az egyszerű beállítás, kevesebb kábelezés (2.18.b. ábra).

Hátránya a kisebb hatótávolság (kb.: 10 m), és az hogy a tükrözött tárgyak megtéveszthetik



2.18.b. ábra A reflexiós típus elvi működése

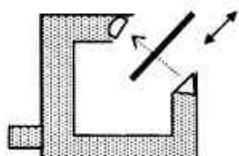
Tárgyreflexiós fénysorompók

A tárgyreflexiós típus előnye, hogy nem kell reflektort (prizmát, parabolatükröt) felszerelni, mégis a hatótávolsága azonos a reflexiósával. Hátránya, hogy csak jól tükrözött tárgyakat észlel (háttérárnyékolás szükséges), és a visszavert fény iránya nem egzakt.

Résdetektorok

A résdetektorban szintén egyetlen szerelvényen van az adó, és a vevő, de egymással szemben, vagyis egyutú típus. A fényforrás és a detektor távolsága néhány milliméter, esetleg néhány centiméter.

A résdetektorok egyik lehetséges kialakítása látható a 2.18.c. ábrán. Leggyakrabban a résen áthaladó tárgyak megszámolására alkalmazzák.



2.18.c. ábra Résdetektor elvi működése

2.7.2. Közelítéskapcsolók

A közelítés kapcsolók működési elve alapulhat: állandó mágnes terének kihasználásán, párhuzamos LC rezgőkör induktivitásának megváltozásán, az RC rezgőkör kapacitásának megváltozásán, ultrahang visszaverődésének intenzitás változásán, levegősugár torló nyomásának megváltozásán.

Állandó mágnessel működtetett közelítéskapcsolók

Az állandó mágnessel működtetett reed-reléket érzékelőként alkalmazva ügyelni kell arra, hogy a 0,5 mT értéket ne érje el az érzékelő környezetében a zavaró mágneses mező indukciója, továbbá hogy a kapcsolási tartomány függ a mágneses tér tengelyének irányától. Ha állandó mágnessel működtetett érzékelővel szerelt eszközöket (pl.: pneumatikus munkahengereket) egymás közében alkalmazzák, akkor arra kell ügyelni, hogy az érzékelő, és a szomszédos eszköz fala között legyen legalább 6 cm.

Induktív közelítéskapcsolók

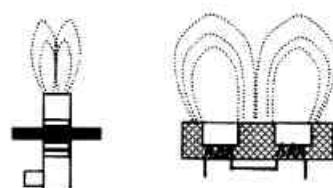
Az induktív közelítéskapcsolók aktív felületén (2.19. ábra) egy párhuzamos LC kör mágnesesen nyitott fazékvasmagon elhelyezett tekercse van. A rezgőkör frekvenciája 0,1 - 1 [kHz].

Ha fémes tárgy kerül a frontfelület közelébe, akkor a rezgőkörtől a fémbe behatoló mágneses tér által gerjesztett örvényáramok energiát vonnak el, és így csökken a rezgések amplitúdója.

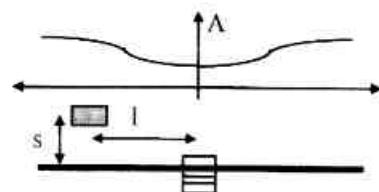
Az induktív érzékelő energia felvétele néhány mW, ezért nem mágnesződik és melegszik a detektált fémtárgy, valamint nem okoz rádiótérrel zavarokat. Az amplitúdó változás könnyen komparálható.

A kapcsolási távolság függ a fegyverzet (tekercs) átmérőjétől, a detektált tárgy vezetőképességétől (örvényáramok erősségtől), a detektált tárgy mágneses permeabilitásától (mágneses tér behatolási mélységtől), valamint az aktív felülettől mért, a 2.20. ábrán definiált l és s tárgytávolságoktól.

Az aktív felülettel szemben az induktív közelítéskapcsolók tipikus kapcsolási távolsá-



2.19. ábra Az induktív közelítéskapcsoló elvi működése



2.20. ábra. Amplitúdó elhangolódás a tárgy helyzetének függvényében

ga s: 5 – 20 mm. A maximális s_{max} : 25 – 40 cm.

A tipikus ismétlődési frekvencia, vagyis az hogy milyen sürűn haladhat el tárgy az aktív felülete előtt, f: 1 – 5 kHz, a maximális f_{max} : 15 – 20 kHz. Az induktív közelítéskapcsoló az aktív felület szennyeződésére nem érzékeny.

Kapacitív közelítéskapcsolók

A kapacitív közelítéskapcsolók aktív felülete (2.21. ábra) kehelyformájú félén nyitott kapacitásfegyverzet. A kapacitás egy Wien-hidas RC oszcillátor-kapcsolás része. Az oszcillátor úgy van méretezve, hogy csak akkor rezegjen be, ha a közeledő tárgy megnöveli a kapacitás értékét.

A kapacitás értéke meg nő, ha:

- ◆ A tárgy ε dielektromos állandója legalább háromszor nagyobb, mint a levegőé.
- ◆ A tárgy jó elektromos vezető, ezáltal az elektromos tér töltésmegosztást okoz a tárgy felületén, és így többlet kapacitásfegyverzet jön létre.

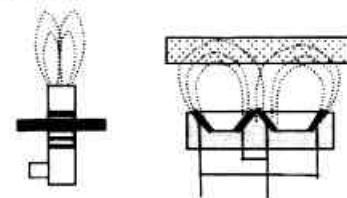
A kapacitív közelítéskapcsolók egyaránt alkalmasak nem fémes, de nagy dielektromos állandójú, és fémes anyagok érzékelésére, de az induktív közelítéskapcsolóknál kisebb (s_{max} : 6 – 10 cm) a maximális kapcsolási távolságuk.

A kapacitív közelítéskapcsolók előnye, hogy por alakú, esetleg folyékony anyag érzékelésére is alkalmasak, hátrányuk, hogy érzékenyek az anyag lerakodásokra. A kapacitív közelítéskapcsolók maximális ismétlődési frekvenciája 300 Hz, ami jóval kisebb, mint az induktív közelítéskapcsolóké.

Ultrahangos közelítéskapcsolók

Az ultrahangos közelítéskapcsolók aktív felülete 40 – 200 kHz frekvenciájú ultrahang impulzus csomagokat sugároz, amelyek visszavérődését mikrofon detektálja. Megfelelő reflektáló felület kell, mert különben szétszóródás lép fel (2.22. ábra.).

A kapcsolási távolságuk 1 - 10 m. Az ismétlődési frekvencia legfeljebb 100 Hz lehet.



2.21. ábra Az kapacitív közelítéskapcsoló elvi működése



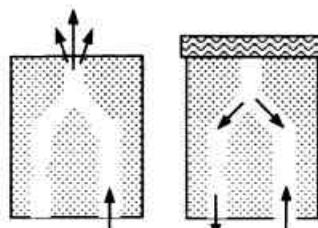
2.22. ábra Az ultrahangos közelítéskapcsoló elvi működése

A túl közelű, valamint a hangelnyelő tárgyakat az ultrahangos közelítéskapcsolók nem látják, mert a visszavert impulzusoknak elegendő intenzitással, az impulzus sugárzás szünetében, kell visszaérkezniük.

Pneumatikus közelítés kapcsolók

A pneumatikus közelítéskapcsolók fúvókáján kiáramló levegő útját az észlelendő tárgy elzárja. A levegő mozgási energiája nyomássá alakul. A nyomás pneumatikus szelepet vezérel. Így olyan vezérlés készíthető, amelyben nincs szükség elektromos jelre.

Természetesen a maximális kapcsolási távolság és frekvencia jóval kisebb, mint az elektronikus közelítéskapcsolóké.



2.23. ábra. Pneumatikus közelítéskapcsoló elve

Megjegyzés: A villamos jelek jellemzőinek (áramerősség, feszültség, amplitúdó, frekvencia, fázisszög.), valamint a villamos ellenállás, induktivitás, kapacitás mérési módszereit jelen jegyzet nem tárgyalja.

2.8. Folyamatjellemzők szabványos betűjelei

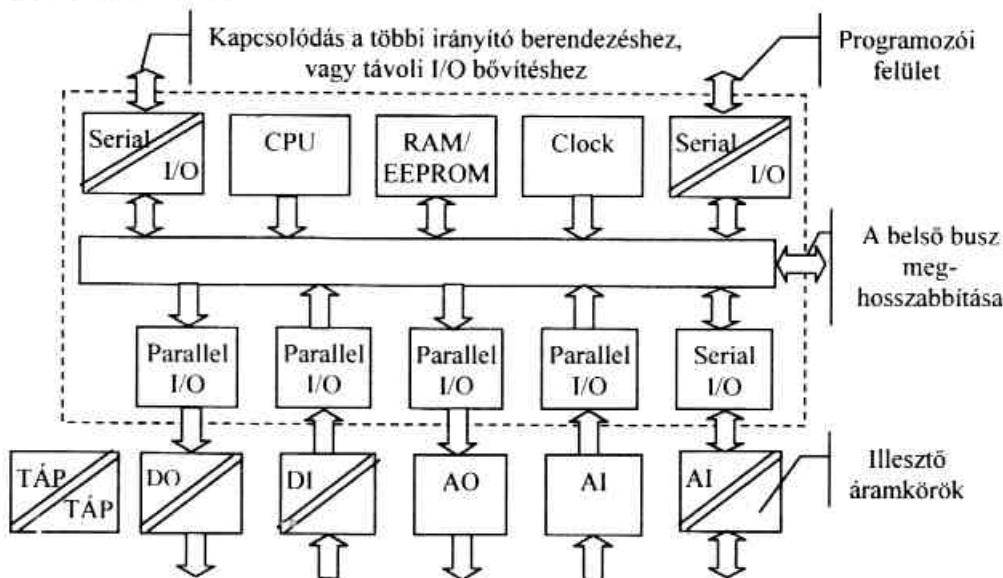
A folyamatjellemzők (szint, nyomás, stb.) betűjelei, a könnyebb tájékozódás érdekében a műszerezési rajzokon és dokumentumokban, szabványosak. A folyamatjellemzők betűjeleit a 4. melléklet tartalmazza.

3. Irányító berendezések

Hagyományosan az irányító berendezéseket segédenergiájuk alapján is csoportosítják. Ennek megfelelően vannak mechanikus, pneumatikus, és villamos irányító rendszerek. A villamos irányító berendezéseket elektromechanikus (relés), huzalozott elektronikájú, és mikroprocesszor alapú (programozható) típusokra osztják fel. Napjainkban, ahol csak lehet, programozható irányító berendezéseket alkalmaznak, ezért a továbbiakban csak ezt tárgyalja a jegyzet.

3.1. A mikroprocesszor alapú irányító berendezések

A mikroprocesszor alapú irányító berendezések áramköri blokkvázlatát mutatja a 3.1. ábra. A 3.1. ábrán a szaggatott vonallal körülhatárolt rész a közismert, bármely mikroprocesszort tartalmazó eszközre jellemző párhuzamos buszos kialakítás.



3.1. ábra Mikroprocesszor alapú irányító berendezések áramköri blokkvázlata

Az illesztő áramkörök feladata az ipari jelszintekhez történő illesztés, és a kielégítő zavarvédeeltség. A párhuzamos ferde egyenesek az illesztő áramköri blokkban jelzik a galvanikus leválasztást. A galvanikus leválasztás miatt szükséges az illesztő áramkörök, és a szaggatott vonallal körülhatárolt belső áramkörök független tápellátása.

Mikrokontrollerek (mikroszámítógépek)

A mikrokontroller (mikroszámítógép) az alap áramköri elemek (CPU, RAM, SIO, stb.) NYÁK lapon kialakított kombinációja. Nincs ipari körülmények közötti működésre felkészítve. A programozása: CPU „assembler”, vagy magas szintű programozási nyelv (QBasic, QuickC) felületet biztosító, külön termékként megvehető, fejlesztő rendszer. Az illesztő áramkörök és a tokozás megtervezése is a termékfejlesztés része.

Alkalmazási területe: Nagy, közepesen nagy sorozatban gyártott termékekben, csak az adott feladatra kifejlesztett és optimalizált vezérlő berendezése. (háztartási gépek, autó elektronika, stb.)

Az ipari körülmények elviselését igazoló tesztelési eljárások költsége miatt gazdaságtalan az egyedi vagy kissorozatú alkalmazása, mert minden konkrét gépcsoport irányítása – még a nagyon hasonló feladatok is - egyedi alkalmazás. A kivitelezőnek a hatóságok felé igazolni kell a hardver ipari körülmények közötti alkalmazhatóságát, és a megbízható rendszerszoftvert. Az ipari kivitelű (PLC, Folyamatirányító, stb.) eszközökben ezt a gyártó garantálja.

Megjegyzés: *A kissorozatot vagy egyedi berendezést gyártók részére a beágyazott (embedded) ipari kivitelű számítógép alaplapokat ajánlják. Az ipari kivitelű számítógép alaplap ipari tokozásban, szabványos műszervázba (rack) helyezhető kivitelben, és ipari csatlakozókkal felszerelve kerül forgalomba.*

Személyi számítógép alapú rendszerek

Hardveresen személyi számítógép alaplapú eszközök. Két árban nagyon eltérő csoportjuk van, az olcsóbb félipari, és a drága ipari kivitelű.

Félipari kivitelű PC alkalmazási területe: Elektromágneses zajterhelés szempontjából tiszta, közepesen nagy, és kis technológiák (irodaépületek, gyártásközi ellenőrzés, stb.); berendezések komplett irányítása, mérési adatgyűjtés (környezet monitorozás, térfigyelés, stb.); mérésanalízis (tesztlabor). A félipari kivitelű PC rendszerprogramja Windows CE, vagy Linux. Az alkalmazás programozására gyártó specifikus programnyelvet fejlesztettek ki.

Az ipari PC elektronikus zajjal terhelt, poros, páras környezetben való működésre felkészített berendezés. Az ipari kivitelű PC alkalmazási területe: Ipari környezetben működő, nagy számítási igényű berendezések (több tengelyes hegesztő robotok, stb.); nagy adatkezelés igényű feladatok (automatizált raktárbázis, stb.) irányítása. Az ipari kivitelű PC-ben az alaplap és tokozása, a képernyő, a billentyűzet mind-mind ipari kivitelű és védettségű. A rendszerprogramja a gyártó által fejlesztett, és garantált. A rendszer szoftvernek aláren-

delve, alkalmazásként futtatható a Windows operációs rendszer. Az irányítási alkalmazás programozása irányítástechnikai programnyelveken (IEC1131-3) történik.

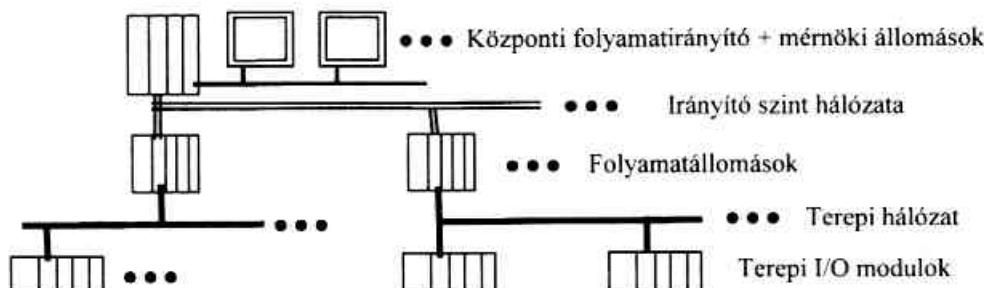
Programozható Logikai Vezérlők (PLC)

A 3.2. fejezet részletesen tárgyalja.

Folyamatirányítók

Nagy, és/vagy nagyon megbízható működést igénylő energetikai vagy vegyipari jellegű technológiák irányítására felkészített, hardveresen kész, szabványos irányítástechnikai programnyelveken programozható berendezések. A folyamatirányító rendszer programja felkészített a redundáns működésre.

Megjegyzés: A redundáns működés azt jelenti, hogy duplikálva vannak a modulok (CPU, Hálózati, I/O). Az éppen működő az elsődleges (primary) státuszú, a másik a tartalék (secondary). Ha az elsődleges meghibásodik, a tartalék nagyon gyorsan átveszi a szerepét. A 3.2. ábra minden eleme lehet redundáns.



3.2. ábra Folyamatirányító rendszer felépítése

A 3.2. ábrán látható folyamatirányító rendszer több különböző típusú irányító és terepi szintű hálózatot, valamint több ezer folyamatváltózót (I/O) képes kezelni. A központi folyamatirányító, és a folyamatállomások egyenrangú intelligens eszközök. Mindegyik futtatja a saját irányító szoftverét.

A folyamatállomások irányító szoftverei, és a megjelenítő/mérési adatgyűjtő (SCADA) szoftver közös adatbázisból dolgozik, ami azért előnyös, mert bármelyik intelligens gép láthatja bármelyik változót a sok ezerből, és ezeket a változókat csak egyszer kell definiálni.

A folyamatállomások irányító szoftverei jól felkészítettek szabályozási feladatokra. Számos szabályozási algoritmust tartalmaznak.

Nem általános célú irányító berendezések

Ezek a feladatok megvalósíthatók PLC-vel is, de kétféle megfontolásból külön gyártmánycsaládok alakultak ki.

- Jól tipizálható feladatokat hajtanak végre, így speciálisan a feladathoz illesztett hardver és szoftver modulokból épül fel a rendszer. Ezért költséghatékony az új alkalmazás tervezése, kivitelezése. Idetartoznak az Épületautomatizálási és az Épület felügyeleti irányító rendszerek.
- Az alkalmazott hardver és szoftver elemekre hatósági előírások vonatkoznak. A minősítési eljárás időigényes és költséges. A gyártók garantálják, hogy a hardver és szoftver moduljaik megfelelnek a hatósági előírásoknak, így az engedélyezési eljárás gyors. Idetartoznak a Tűzjelző, és a Kazánvezérlő irányító berendezések, rendszerek.

3.2. Programozható Logikai Vezérlők (PLC)

A PLC-k (Programmable Logic Controller) ipari körülmények közötti működésre felkészített, hardveresen kész (illesztő áramkörök, táp, tokozás), szabványos irányítástechnikai programnyelveken (IEC61131-3) programozható berendezések. A speciális rendszerszoftver a berendezések része.

A PLC-k alkalmazási területe: Nagy, közepesen nagy, kis technológiák berendezéseinek, valamint egyedi gépek komplett irányítása, elsődlegesen vezérlése. Jelenleg ezek a legelterjedtebb ipari irányító berendezések. A gyártók a piaci igényekhez igazodva a 10 – 12 I/O-t igénylő egyszerű logikai összefüggéseket tartalmazó feladatoktól, a több ezer I/O-t kezelő bonyolult szabályozásokat is tartalmazó feladatokig kinálnak kész hardvereket.

3.2.1. PLC osztályok a hardver felépítésük alapján

Kompakt kialakítású PLC-k

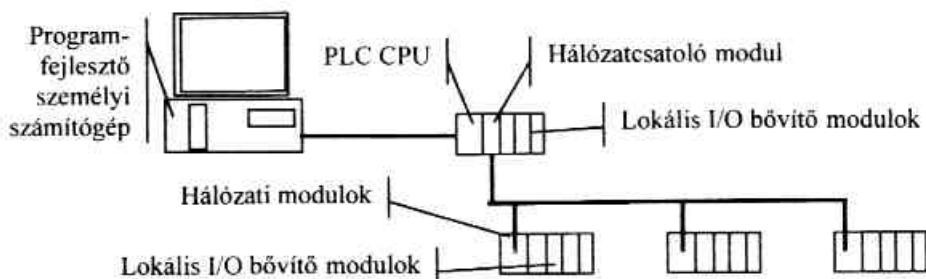
Egyetlen zárt tokozatban – kompakt, azaz tömbös felépítésben - elhelyezkedő, kötött számú (10 – 30) be, és kimenettel, és korlátozott szoftver erőforrással rendelkező eszközök. Általában nem, vagy csak korlátozottan bővíthetők. Tipikus alkalmazási területük az egyedi gépek vezérlése. A CPU képességeitől függően 50 – 150 eFt között van az áruk.

Napjainkban a **Vezérlő relék** (Control Relay) kezdik kiszorítani a piacról a kompakt PLC-keket. A vezérlő relék hardver kialakítása hasonlít a kompakt

PLC-k hardver kialakításához. A vezérlő relék abban különböznek a kompakt PLC-éktől, hogy nem a szabványos (IEC61131-3) programozási nyelveken, hanem gyártó specifikus, kisszámú grafikus szimbólumot tartalmazó, leegyszerűsített programozási nyelveken programozhatók, és programfutás közben (online) nem írható át a programjuk, vagyis minden programmódosításkor le kell állítani az irányított berendezést.

Modulárisan kompakt kialakítású PLC-k

A 3.3. ábra ilyen PLC-k elrendezését ábrázolja. Szokványos szerelő sínré pattinthatók. A lokális I/O bővítések belső buszát rövid szalagkábelrel kötik össze. A többi I/O modul soros adatátviteli hálózaton keresztül érhető el.



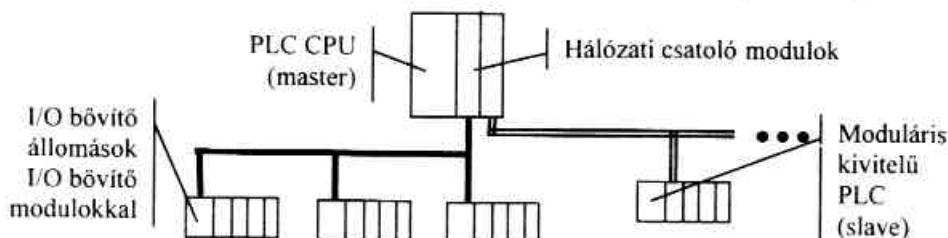
3.3. ábra Moduláris PLC-k struktúrája

- ◆ Különböző sebességű PLC CPU-k, különböző méretű memóriával választható. Szoftveres képességekben (pl.: lebegőpontos számításra képes, vagy sem) is lehet különbség az egyes CPU típusok között.
- ◆ Különböző hálózati modulok (CANOpen, Profibus DP, Interbus S, stb.) választhatók.
- ◆ A kiválasztott CPU-hoz, valamint a hálózati modulokhoz lokálisan különböző típusú (pl.: 16 diszkrét bemenet, vagy kimenet, 8 – 8 diszkrét be-, kimenet, vagy 8 analóg bemenet, 4 analóg kimenet, 4 – 2 analóg be, kimenet, stb.) I/O modulok füzhetők. Így az adott alkalmazáshoz legjobban illeszkedő be, kimenetszám állítható össze. A tipikus maximális terjedelem 800 be, vagy kimeneti jel.
- ◆ A hálózatra különböző intelligens eszközök (frekvenciaváltó, MMI, stb.) füzhetők fel.

Tipikus alkalmazási területük a közepes technológiák, gépcsoportok vezérlése. A CPU képességeitől és a modulok típusától függően 200 – 500 eFt között van az ára egy 50 I/O-t tartalmazó kiépítésnek.

Modulvázas („rack”) kialakítású PLC-k

A nagyteljesítményű, nagy sebességű PLC CPU-ok kedvelt kiviteli formája. Szerelősín helyett modultartó vázba (rack) kerülnek a zárt tokozatban elhelyezkedő modulok. A modultartó váz hátlapjára szerelt NYÁK-on helyezkedik el a busz rendszer. A modulvázból 32 bites lokális I/O modulok helyezhetők. Jellegzetes, de nem kötelező kialakítás, hogy modulvázból csak a nagyteljesítményű CPU, és a hálózati csatoló modulok vannak (3.4. ábra).



3.4. ábra Modulvázas PLC struktúra

A hálózati csatoló modulokra I/O bővítések, vagy egy-egy irányítási részfeladatot önállóan (saját vezérlő program) ellátó modulárisan kompakt PLC-k vannak felfüzve. Manapság elterjedten alkalmazott hálózat típusok: Profibus-DP, DeviceNet, CANopen, Modbus, Interbus-S,

A technológia vagy gépcsoportok működésének összehangolását a központi (master) modulvázas PLC végzi, ha van is más intelligens eszköz a rendszerben, az alarendelt (slave) üzemmódban dolgozik.

Tipikus alkalmazási területük a nagy vagy gyors technológiák, gépcsoportok vezérlése. Egy 500 - 800 I/O-t tartalmazó kiépítésnek a CPU képességeitől és a modulok típusától függően 6 – 10 mFt között van az ára.

3.2.2. Programozható logikai vezérlők szoftverszerkezete

A személyi számítógép rendszerszoftvere napjainkban tipikusan a Windows. A fejlesztő szoftver a programfejlesztő személyi számítógépen (3.3. ábra) fut. A fejlesztő szoftverrel történik a felhasználói program megírása, szintaktikai ellenőrzése, lefordítása gépi kódra, letöltése a PLC CPU-ra. A fejlesztő szoftverrel lehet ellenőrizni a felhasználói program futtatását, on-line módon adatot módosítani, stb. A PLC CPU-ban fut a gépi kódban letöltött felhasználói program. A felhasználói program írja le az adott konkrét alkalmazáshoz illeszkedő irányító algoritmusokat. A PLC CPU-ban csak egyetlen alkalmazáshoz (technológiához) tartozó felhasználói program fut.

A PLC-ben szintén fut egy rendszer szoftver, ami gyártó specifikus és a PLC szerves része, nem cserélhető, nem módosítható. Ez futtatja a gépi kódban letöltött felhasználói programot, végzi az öntesztet, kezeli a megszakításokat, tartja a kapcsolatot a kezelővel.

A 3.5. ábra mutatja a felhasználói program szerkezetét. A felhasználói program, ha az áttekinthetőség és a CPU erőforrásának hatékony kihasználása érdekében szükséges, akkor részekre van bontva. Ezek a programrészek különböző típusú és prioritású taszkokban futathatók.

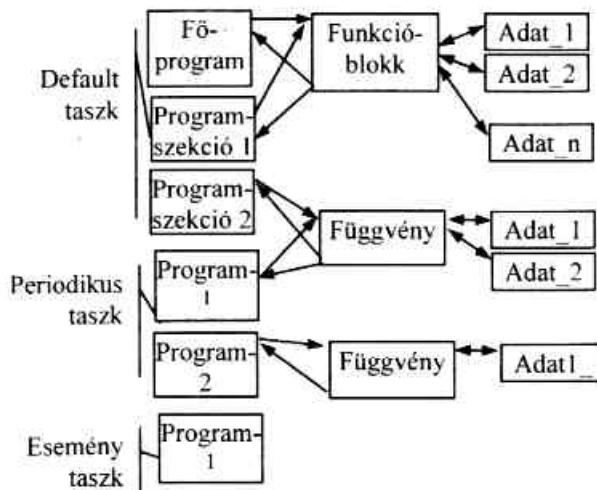
A taszk együtt kezelendő programköteget jelent. A prioritás fontossági sorrendet határozz meg.

A taszkok típusai:

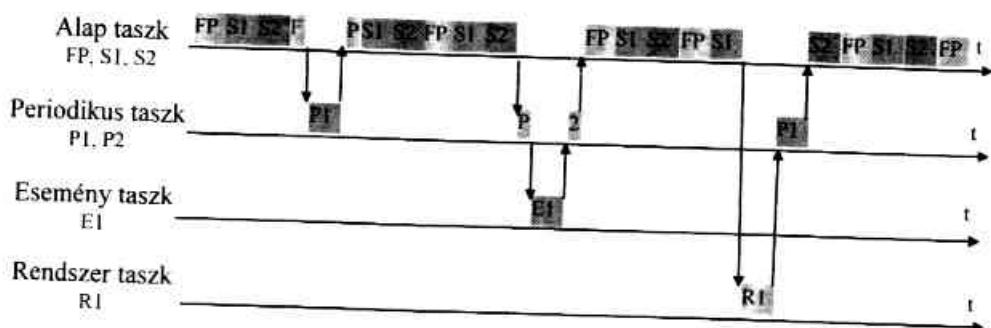
- ◆ Alap (Default): Az ehhez rendelt programrészek (szekciók) programfel-dolgozása **ciklikus**. Ebben fut a főprogram. Főprogramot minden alkalma-zásnak tartalmaznia kell.
- ◆ Periodikus (Cyclic): Az ehhez rendelt programok adott időközönként (10 [s], 1 [s], 100 [ms], stb.) periodikusan futnak le.
- ◆ Esemény (Event): Az ehhez rendelt programok valamilyen változó, vagy változók logikai kombinációjának fel-, vagy lefutó élére futnak le.
- ◆ Rendszer (System): Ezek a gyártó által készített, hiba kezelést végző, legnagyobb prioritású programok. A 3.5. ábra nem tartalmazza.

A vezérlő reléknek, és a legtöbb kompakt PLC-nek csak „Alap” taszkja és a felhasználó elől rejtt „Rendszer” taszkjai vannak, továbbá az „Alap” taszkban csak egy program futhat. A legnagyobb teljesítményű modulvázas PLC-kben „Periodikus” és „Esemény” taszkokból többféle típus van, így ezekben az irányító berendezésekben tucatnyi taszk, illetve program futtatható.

A taszkoknak prioritása van. Az „Alap” taszk prioritása a legkisebb. A magasabb prioritású taszk megszakítja az alacsonyabb prioritású taszk programjainak feldolgozását (3.6. ábra), lefut, majd folytatható az alacsonyabb prioritású taszk programjainak feldolgozása. A megszakítások egymásba ágyazha-tósága napjainkban már nincs korlátozva.



3.5. ábra. A felhasználói program szerkezete



3.6. ábra A taszkok és programjaik futtatása

A 3.6. ábrából torzít, hogy a „Periodikus”, az „Esemény”, és a „Rendszer” taszk sokkal ritkábban használja a CPU időt. Az „Alap” taszkban elhelyezett programok, amikor csak lehet, újra meg újra ciklikusan feldolgozásra kerülnek. A „Periodikus” taszk programjaihoz különböző periódus idő, az „Esemény” taszk programjaihoz különböző feltételek rendelhetők, ezért ezek programjai külön-külön kerülnek feldolgozásra. A „Rendszer” taszk hardware vagy szoftver hiba esetén kerül meghívásra, és a 3.6. ábrától eltérően legtöbbször megszakítja a felhasználói program feldolgozását.

A 3.5. ábrán látható, hogy a programokból funkció blokkok és függvények hívhatók. Bármely funkció blokk és függvény többször, akár különböző programokból meghívható. A funkció blokk, és a függvény a gyakran előforduló (időzítések, számlálók, komparátorok, jeltípus konvertálók, aritmetikai műveletek, stb.) feladatok részére megírt szubrutinok.

- A funkció blokk olyan szubrutin, amelynek több be-, és kimeneti változója lehet. A fordító program csak egyszer fordítja le a funkció blokkot, és többszöri meghívás esetén csak a bemeneti (feldolgozandó adatok), illetve kimeneti (eredmények) változók részére foglal le programterületet. Ezek a memória területek bármely programból elérhetők.
- A függvény olyan szubrutin, amelynek több be-, és csak egy kimeneti változója lehet. A kimeneti változó a CPU munkaregiszterében képződik, ezért ha a következő programsor nem dolgozza fel, akkor elvész. A fordító program csak egyszer fordítja le a függvényt, és csak a bemeneti (feldolgozandó adatok) változók részére foglal le programterületet.

A funkció blokkok és függvények lehetnek az IEC61131-3 szabványban definiáltak (ezeket minden fejlesztő program kötelezően tartalmazza), a gyártó által felkínáltak, valamint írhat ilyent a felhasználó is (csak óvatosan, mert a gyártó által felkínáltak biztosan jól teszteltek).

A memóriaterületen és a CPU sebességén túl, a PLC típus megválasztásakor fontos szempont, hogy milyen típusú taszkokat képes kezelní, és hogy milyen funkció blokk és függvény könyvtárra van.

A vezérlő relékben a funkció blokk és függvény típusok száma csak egy tucatnyi, és csak korlátozott alkalommal hívhatók. A legnagyobb teljesítményű „Rack”-es PLC-kben a funkció blokk és függvény típusok száma 1000 körül, és korlátlan a meghívhatóságuk száma.

A 3.7. ábrán a ciklikus programfeldolgozás ütemei láthatók.

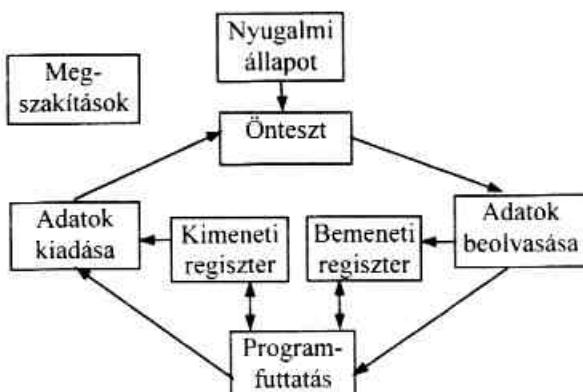
- ◆ Nyugalmi állapotban a felhasználói program gépi kódba lefordítva a PLC-ben van, de nem fut.
- ◆ Az önteszt a megszakításokkal nem lefedett (pl.: vég-telen ciklus) hibákat kezeli.
- ◆ Beolvasáskor az adatok, a fizikai bemenetekről a bemeneti regiszterbe kerülnek.

A továbbiakban a bemeneti regiszter adatait dolgozza fel a CPU. Így elkerülhető a hazárd.

Megjegyzés: A hazárd hiba abból keletkezne, hogy egy ciklusban egy bemeneti adat különböző értékkel kerülne feldolgozásra, mert programfeldolgozás közben változott meg a bemenet értéke.

- ◆ A program futtatása az „Alap” taszk feldolgozását jelenti. A felhasználói program feldolgozásának egy ciklusa akkor fejeződik be, amikor az „Alap” taszk programjai minden feldolgozásra kerültek.
 - ◆ Az adatok kiadásakor a programfeldolgozás közben a kimeneti regiszterbe került adatok a fizikai kimeneti áramkörökre kerülnek.
- Ezután újabb önteszzel előlről kezdődik a ciklus.
- ◆ Megszakítást kezdeményeznek az „Esemény”, a „Periodikus”, és a „Rendszer” taszkok, valamint a kezelői beavatkozások.

A sorrendi programfeldolgozás következtében a PLC valamely bemenetén történt jelváltozás hatása nem azonnal jelenik meg a kimeneteken. Ez a késlekedés a reakciótípust. A reakció idő fontos a PLC típus megválasztásakor, mert értelemszerűen kisebbnek kell lennie, mint a kiadott vezérlő parancs végrehajtásának ideje.



3.7. ábra. A ciklikus programfeldolgozás mód

Reakció idő megbecsülhető az összetevőiből. Az összetevők:

$$T_R = 2 \cdot T_C + T_F + T_D + T_N + \sum T_I \quad <3.1.>$$

T_R : A reakció idő, amely ahhoz szükséges, hogy a bemeneten történő jelváltozás hatására megváltozzék a kimenet.

T_C : A ciklusidő, ami az önteszttől öntesztig szükséges idő. A program-feldolgozás a bemeneti regiszterből történik, de legrosszabb esetben sem kell két ciklusidőnél több a bemeneti jelváltozás feldolgozásához.

A T_C ciklusidő függ a CPU sebességtől és a felhasználói program hosszától, valamint hogy milyen típusú utasításokat tartalmaz a program. A katalógusok 1024 (1 Kszó) átlagosan előforduló utasítássor lefutásához szükséges időt adják meg. A vezérlő relék ciklus ideje 5-10 ms, a moduláris PLC-k ciklus ideje 1-2 ms, modulvázas PLC-k ciklus ideje 0,5 ms, a különlegesen gyors PLC-k 0,1 ms, vagy még kisebb ciklusidővel rendelkeznek.

Megjegyzés: 1 Kszó program általában elegendő 30-40 I/O-val rendelkező berendezés irányítására.

T_F : A bemeneteken levő RC szűrő időállandója, amelynek tipikus értéke Európában 2 ms. (A hálózati 50 Hz periódus ideje 20 ms). Számos PLC-nél szoftveresen módosítható az analóg szürés időállandója.

T_D : A tranzisztoros kétállapotú kimeneteken, az induktív terhelés ellen-tétes polaritású visszahatását mérséklő, RC csillapítótag időállandója, vagy a reed-relés kimeneteken a tekercs megszólalási ideje. Tipikus érték: 1ms.

T_N : A hálózati állomások lekérdezési/frissítési ideje.

A modulárisan kompakt kialakítású PLC-k esetén a tipikus érték I/O bővítő állomásonként 0,5-1,5 ms.

A modulvázas PLC-kben 4 hálózati csatoló modul, és modulonként 31 I/O bővítő állomással az összes be-, és kimenet lekérdezési/frissítési ideje kisebb, mint 0,1-0,5 ms. Ezt az alábbi szervezés teszi lehetővé.

A hálózati csatoló modulokban szintén van CPU, amelyek a PLC CPU-val párhuzamosan dolgozva adatot cserél a hálózat I/O bővítő állomásaival. Az adatcsere a saját be-, és kimeneti regiszter területei és a saját hálózatán levő I/O bővítő modulok be-, és kimenetei között zajlik, és jellegzetesen rövidebb ideig tart, mint a PLC CPU programfeldolgozás ideje. A PLC CPU és a hálózati csatoló modul CPU be-, és kimeneti regisztereit a 3.7. ábrán látható adatbeolvasás fázisban cserél adatot.

T_I : A megszakítás programok feldolgozásának ideje az adott ciklusban. A legrosszabb, és meglehetősen valószínűtlen, ha valamennyi program feldolgozásra kerül az adott ciklusban.

3.3. Szabványos irányítástechnikai programnyelvek

A szabványos programnyelveket az IEC61131-3 nemzetközi szabvány definiálja. A szabvány annyira sikeres, hogy a 90-es évek közepétől a folyamatirányító gépek, és az ipari személyi számító gépek is ezeket a nyelveket alkalmazzák az irányítási algoritmus programozásához.

Megjegyzés: A szabvány általános struktúrákat ír le, ezért gyártónként egy kicsit különbözhetnek az azonos nyelven írt programok.

Szöveges nyelvek:

- ◆ **Strukturált szöveg** (ST = Structural Text):

A magas szintű nyelvekhez hasonlít (If..than..else; Do...untill; stb. szerkezetek), de nem azonos egyikkel sem. Az utasításkészlete a „C”, vagy „Pascal” utasítás készletéhez képest kisebb. Van néhány sajátos utasítása. A szintaktikája egyszerűbb, és kötöttebb.

- ◆ **Utasítássoros** (IL = Instruction Line):

Az „assembler” programnyelvekhez hasonlít, de egyetlen mikroprocesszor „assembler”-vel sem azonos. Egyszerűsített és szabványos utasításkészlete van.

Grafikus nyelvek:

- ◆ **Létra diagram** (LD = Ladder Diagram):

A kontaktus logikát alkalmazza a kétállapotú jeleknél, az áramút-rajzos logikai tervezekhez hasonló grafikai objektumokat használ. A szubrutinokat (funkció blokk, függvény) paraméterezhető téglalap szimbólumokkal illeszti a létraágbba.

- ◆ **Funkció blokk diagram** (FBD = Function Block Diagram)

A digitális logikai áramkörök szimbólum készletéhez hasonló (paraméterezhető téglalap szimbólumok) grafikai objektumokat (AND, OR, stb.) használ. A funkció blokkok, függvények szintén paraméterezhető téglalap szimbólumok.

- ◆ **Funkció térkép** (FC = Function Chart)

Ez a programnyelv tulajdonképpen két grafikai objektumaiban és szerkezetében eltérő programnyelvet tartalmaz.

A CFC (Continuous Function Chart) a 70-es évek folyamatirányító berendezések vezérlő panel programszerkezetének, és az FBD PLC programozási nyelv összeillesztésének tekinthető.

Az SFC (Sequential Function Chart) a technológia sorrendi működési diagram grafikai objektumait (Lépés, Utasítás, Átmenet, Hatásvonal), és szintaktikáját (VAGY, ÉS elágazások, stb.) használja.

3.3.1. Az irányítástechnikai programnyelvek szekvenciái

A szekvencia a felhasználói program legkisebb egysége, és egy kerek logikai állításnak, vagy egyéb műveletsornak felel meg. (pl.: Ha a kézi vagy az automatikus start jel magas, és nincs hiba jel, és a védőracs a helyén van, akkor a motort működtető kimenőjel legyen magas.)

Fontos szintaktikai szabályok:

- Félig megírt szekvenciát nem tartalmazhat a program.
- Az ugró utasítás címkéje minden csak a szekvencia első sorára mutatható.
- Egy szekvencián belül szereplő változóknak azonos típusúaknak kell lenniük. A szekvencia eredménye azonos típusú a szekvenciával, kivéve a komparáló utasításokat, amelyek eredménye minden Bool típusú.
- A PLC program megszakítás kéréskor az éppen feldolgozás alatt lévő szekvenciát még befejezi, mert a program futtatásának folytatásához csak így lehet egyértelmű adatokat elmenteni.

ST szekvencia

Az ST szekvenciája egy-egy If..than..else; Do...untill; stb. szerkezet. Ezek a szerkezetek programsorokból állnak és az utolsó programsor feldolgozásával (nem a feltétel teljesülésével) szakad meg a programfeldolgozás.

IL szekvencia

Az IL szekvenciája utasítássorokból áll. A feltétel nélküli szubrutinhívás (CAL) és a feltétel nélküli ugrás (JMP) speciális egysoros szekvenciák. A többi, normál szekvencia egynél több utasítássorból áll.



3.8. ábra Az utasítássor felépítése

A normál szekvencia első sora a munkaregiszterbe töltő LD (Load) vagy LDN (Load Not) utasítással kezdődik.

A normál szekvencia valamely szekvencia záró, mint a tároló ST (Store), vagy STN (Store Not), feltételes szubrutinhívások (CALC), (CALCN), feltételes ugrások (JMPC), (JMPCN), illetve bit változójú szekvencia esetén állitsd (S) vagy töröld (R) utasítással végződik.

A szekvencia törzsben logikai (AND, OR, stb.), komparáló (LT, EQ, stb.), aritmetikai (ADD, SUB, stb.), stb. utasítások vannak.

LD szekvencia

A fejlesztő program képernyőjénak munkafelületén az LD programozási nyelv szekvenciája egy létraág. A bemeneti változókat kontaktusok, kimeneti változókat tekercsek jelképezik. A kontaktus zárt állapota és a tekercs gerjesztése jelenti a logikai „1” értéket.

A Bool típusú változók grafikai objektumai láthatók a 3.9. ábrán.

Bool változójú szekvenciák esetén a fejlesztő program képernyőjénak munkafelületén balról indulva bemeneti grafikai objektumok soros (ÉS), párhuzamos (VAGY) kombinációja helyezhető le. Kimeneti grafikai objektum balról jobbra haladva a létraág utolsó tagjaként helyezhető le (3.10. ábra).

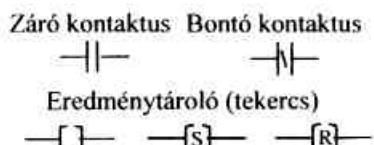
A funkcióblokkok, függvények meghívása a szimbólumának lehelyezésével történik.

A téglalap alakú szimbólumok baloldalára érkeznek az aktuális bemenetek, a jobboldalán vannak a kimenetek. A szubrutin kimeneteit nem kötelező eredménytárolóval lezárnai. A szimbolikus változó nevek grafikus objektumok felett jelennek meg.

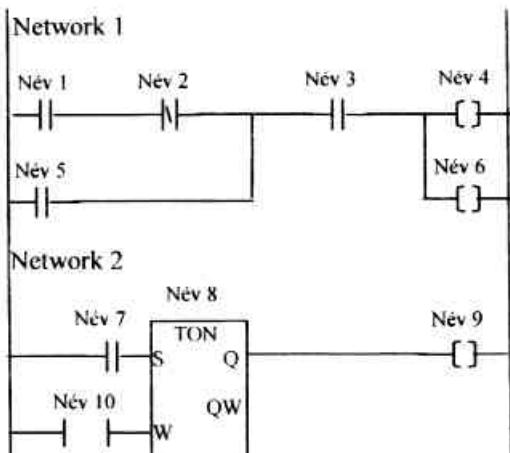
A „Network”: Összetartozó programrész, amely egy vagy több szekvenciát tartalmaz. Bár az IEC61131-3 szabvány nem írja elő, de több gyártó fejlesztő rendszere is akadozik, ha egy „Network”-be egynél több szekvencia van.

FBD szekvencia

Az FBD szekvenciája olyan egymáshoz huzalozott grafikai objektum lánc, amely kimenetén (kimenetein) eredménytároló van. Figyelem, a funkció blokk kimenete szintén eredménytároló, minthogy a fordítóprogram memória területet biztosít számára.



3.9. ábra Az LD program grafikai bit objektumai



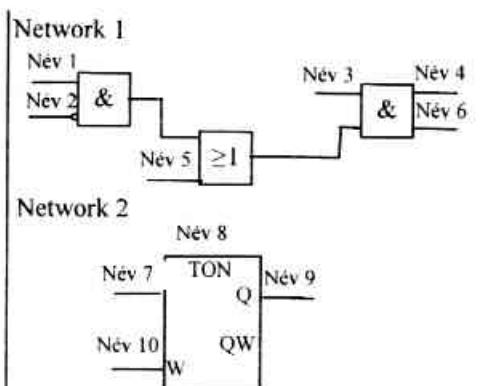
3.10. ábra LD programrészlet

A negáció műveletet egy kis kör jelzi. minden más be és kimenettel rendelkező téglalap szimbólum.

Nemcsak a funkcióblokkok, függvények, hanem a Bool algebrai utasítások is téglalap alakú szimbólumok (3.11. ábra).

A téglalap baloldalára érkeznek az aktuális bemenetek, a jobboldalán vannak a kimenetek. A kimeneteket nem kötelező eredménytárolóval lezárni.

A „Network” jelentése azonos az LD szekvenciánál leírtakkal.



3.11. ábra FBD programrészlet

CFC szekvencia

A CFC szekvenciája hasonlít az FBD programozási nyelv szekvenciához, csak a CFC program sok nagy, összetett grafikai objektumot tartalmaz. A CFC program „Chart”-akra van osztva. Egy „Chart” lényegében FBD programozási nyelvhez hasonlóan programozható. A „Chart”-oknak is lehet be és kimenete, vagyis adatot adnak át egymásnak.

SFC szekvencia

Az SFC szekvenciáinak megértéséhez meg kell ismerni annak grafikai elemeit, és szintaktikáját, ami azonos a következő fejezetben tárgyalt sorrendi működési diagraméval.

Az SFC szekvenciája az „Átmenet” logikai függvénye, és az „Átmenet”-et követő „Lépés”-hez tartozó „Utasítás”-ok programja együttesen.

Az „Átmenet” logikai függvényét, az „Utasítás”-hoz tartozó programokat ST, IL, LD, vagy FBD nyelveken lehet megírni.

Megjegyzés: A sorrendi működési diagram az IEC 848 szabványból alakult ki. A technológiák működésének a leírására szolgáló eredeti IEC 848 szabványt mára visszavonták, mert nem vált kellően elterjedté, azonban továbbra is alkalmazzák. Az irányítástechnikai program szerkezetének (folyamatábrájának) leírására szintén használják a sorrendi működési diagram grafikai elemeit és szintaktikáját.

3.4. A sorrendi működési diagram

Az anyag és energia átalakításokat végző technológiák minden tartalmaznak sorrendi elemet. A berendezés indítása, üzemeltetése, leállítása is egy sorrend, de több berendezés egymáshoz hangolása is sorrendiségeket feltételez. Nagy technológiák berendezéscsoportjainak összehangolása (hogyan adják át az átalakítandó anyagot egymásnak, vagy szolgáltatnak energiát, stb.) a technológus, a gépész, a műszerező mérnök, és az irányítástechnikai programozó közös munkáját igényli.

Az IEC 848-as szabvány a technológiai folyamatok olyan szöveges grafikus leírása, amelyet különböző mérnöki területek (technológus, villamosmérnök, irányítástechnikai programozó, stb.) szakemberei egyaránt könnyen megértenek. A feladat egyértelmű leírásához, először pontosan kell definiálni a leírni kívánt rendszer határfelületén a jelfolyamot. A 3.12. ábrán szaggatott vonalak jelzik az irányító berendezések határfelületeit.

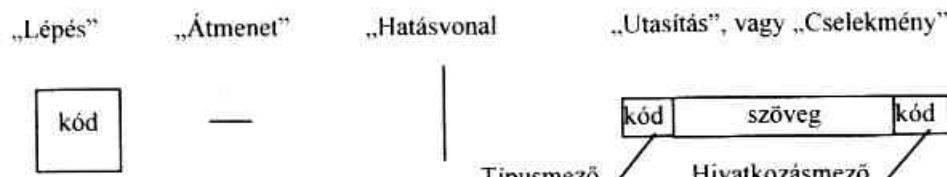
A leírási mód nagy előnye a struktúrák egy másba ágyazhatósága.

Ez azt jelenti, hogy egy berendezés/technológia részletes indítási eljárását össze lehet vonni egy blokkba, és a berendezések/technológiák egymáshoz hangolásának leírásakor az indítási eljárást egy blokként kezelhető.

A sorrendi működési diagram (és az SFC nyelv) grafikai elemei.



3.12. ábra. Automatizált rendszer leírása



3.13. ábra. A sorrendi működési diagram, és az SFC nyelv grafikus elemei

Az SFC programban, vagy az irányítási algoritmus leírásában „Utasítás”-nak, a berendezés vagy technológia működésének leírásában a „Cselekmény”-nek nevezik a negyedik grafikai szimbólumot.

A „Lépés” a berendezés vagy technológia működésének leírásakor a berendezésnek vagy technológiának egy állandósult állapotát jelenti. Az SFC programban vagy az irányítástechnikai felhasználói szoftver folyamatábrájában a „lépés” egy vagy több logikailag összetartozó szekvenciát jelent. A „Lépés” kódja általában szám, de lehet betű vagy szöveg is. Ha egymásba ágyazott struktúra van, akkor célszerű, de nem kötelező a főstruktúra „Lépés”-eit számmal (pl.: 0, 1, 2,), és a tovább bontásokat alosztályal (pl.: 1.1, 1.2,) jelölni.

Az „Átmenet” a berendezés vagy technológia működésének leírásakor az állandósult állapotok közötti váltás feltételének megadási pontja. Az SFC programban vagy az irányítástechnikai felhasználói szoftver folyamatábrájában az „Átmenet” a következő „Lépés” végrehajtásának a feltétele.

Az „Hatásvonal” köti össze a grafikai objektumokat. A hatásvonal irány a fentről lefelé.

A berendezés/technológia működésének leírásakor az SFC programban a „Cselekmény”, a felhasználói szoftver folyamatábrájában az „Utasítás” elnevezés a használatos.

A „Cselekmény” a berendezés/technológia adott állapotában végrehajtott műveleteinek (pl.: xx szelep zárása, stb.) szöveges leírása.

Az „Utasítás” a szekvencia eredménye (pl.: xx szelep záráskimenete magas, stb.). Folyamatábra esetén annak szöveges leírása, hogy az adott szekvenciának mi a feladata (pl.: xx szelep zárása, stb.).

A grafikai objektumok összekapcsolásainak szabályai

- ◆ A „Hatásvonal” köti össze a „Lépés”-t az „Átmenet”-tel, illetve az „Átmenet”-et a „Lépés”-sel.
- ◆ Egy „Lépés” akkor válik aktívvá, ha az előtte álló „Lépés” aktív és a köztük levő „Átmenet” igaz.
- ◆ Ha egy „Lépés” aktívvá válik, akkor az előtte álló „Lépés” a definíció szerint inaktív lesz.
- ◆ Az „Utasítás”-ok, vagy „Cselekmény”-ek minden „Lépés”-hez tartoznak, és akkor aktiválódnak, ha a hozzájuk tartozó „Lépés” aktív. Egy „Lépés”-hez több „Utasítás” vagy „Cselekmény” is tartozhat.
- ◆ Az elágazásoknak két típusa van

VAGY elágazás: A folyamatárában, vagy a technológia leírásakor ezzel lehet jelezni, hogy vagy az egyik cselekmény, vagy a másik hajtódik végre. Célszerű a logikai függvényt úgy megadni, hogy egyidőben mindenig csak egy lehessen igaz a párhuzamos ágak közül.

ÉS elágazás A folyamatábrában, vagy a technológia leírásakor ezzel lehet jelezni, hogy több műveleti egység, vagy több segédberendezés egyszerre lép működésbe. Az „ÉS” kapcsolatban levő „Lépés”-ekhez tartozó cselekmények szinkronizáltan hajtódnak végre.

- ◆ Az „Átmenet” igaz vagy hamis voltát a hozzárendelt logikai állítás értéke adja meg. A logikai állítás bármely szabványos jelölés rendszerrel megadható, illetve SFC program esetén IL, LD, FBD szabványos programnyelveken megírható.

A folyamatábrában, vagy a technológia leírásakor használható a felülvonás a negáció jelölésére, és az „Átmenet”-hez tartozó logikai állításnak nem csak a statikus értéke, hanem a felfutó, illetve lefutó éle is lehet feltétel:

- ↑ azt jelenti, hogy a $0 \rightarrow 1$ átmenet aktiválja a „Lépés”-t.
- ↓ azt jelenti, hogy az $1 \rightarrow 0$ átmenet aktiválja a „Lépés”-t.

Az utasítások szintaktikája

- ◆ A szövegmező minden hosszabb, mint a két kódmező együtt.
- ◆ A kódmezők elhagyhatók.
- ◆ A hivatkozásmező arra szolgál, hogy a cselekmény (utasítás) végrehajtására, mint logikai feltételre hivatkozni lehessen.
- ◆ A típusmezőben egynél több (kettő, három) betűjel is lehet. Az időzítések D, L, P betűjelei együtt nem értelmezettek, és minden az utolsó betű.

Ha a típusmező üres, akkor az utasítás vagy cselekmény csak akkor és addig aktív, amíg a „Lépés” amelyhez tartozik aktív.

D: Késleltetési idő (mértékét a szövegmezőben kell megadni).

L: Időkorlát (mértékét a szövegmezőben kell megadni).

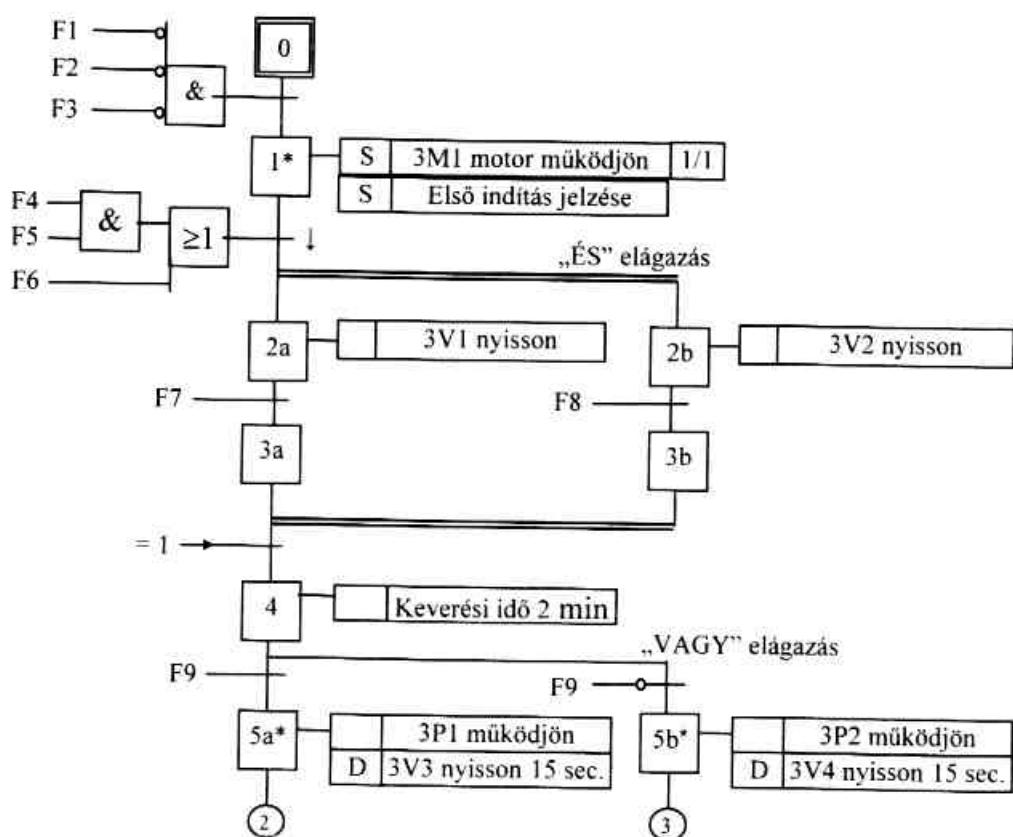
P: Pulzus (mértékét a szövegmezőben kell megadni).

S: Az így kiadott utasítás vagy cselekmény mindenkorának fennáll, amíg előlétes parancsot nem kap. Az ellentétes parancsot kiadó utasítás vagy cselekmény típusa is S.

Ha S és C is van, akkor a sorrendnek is van jelentősége.

SC: Ha a feltétel igaz, akkor a kiadott utasítás érvényes. Ha a feltétel hamis, akkor az utasítás érvényessége megszűnik, ha a feltétel újból igaz, akkor az utasítás újból érvényes.

CS: Ha a feltétel igazzá válik, amíg a hozzájárult Lépés aktív, akkor a kiadott utasítás vagy cselekmény mindenkorának fennáll, amíg előlétes parancsot nem kap.



3.14. ábra. Technológiaműködés SFC leírására példa.

A 3.14. ábra csak a berendezés/technológia működés leírás demonstrációja. Ezért a be-, és kimeneti jelek listájával és a feltételek (F) megadásával nem foglalkozunk.

Az első (1*) „Lépés” példa arra, hogy a hozzá tartozó cselekmények közül valamelyik (feltehetően a motorindítás) még részletezve lesz. Az 1/1 hivatkozási kód mutatja, hogy a motorindításról kell visszajelzés. Az „ÉS” elágazás azt jelenti, hogy a 2a, és a 2b „Lépés” is aktív. A 3a, és a 3b „Lépés” bevárja egymást, és utána feltétel nélkül a 4. „Lépés” lesz aktív. Az „VAGY” elágazás azt jelenti, hogy vagy az 5a, vagy az 5b „Lépés” lesz aktív.

4. Vérehajtók, beavatkozók

A **vérehajtó** (drive unit) szerv működteti a **beavatkozó** (final element) szervet. A beavatkozó az irányítási lánc vagy a szabályozási kör azon eszköze, amely az irányítandó szakaszok folyamatáramait (anyagáramokat, energiaáramokat) a kívánt mértékben befolyásolja.

A beavatkozók működtetésének teljesítmény igénye nagy, esetleg igen nagy lehet. Az irányító berendezések kis teljesítményű, szabványos jeltermelőnyű (u) vérehajtó jelei nem alkalmasak a beavatkozó szervek működtetésére. A vérehajtók a beavatkozáshoz szükséges teljesítmény-, és jelillesztést végzik. A vérehajtók teljesítmény kategóriákba (15 kW-ig alacsony, 18,5 - 75 kW-ig közepes, és 90 - 900 kW-ig nagy) vannak sorolva.

Az vérehajtó és beavatkozó hatáslánca (4.1. ábra.) számos nemlinearitást, és zavarójelet tartalmaz, ezért ha folytonos jeltermelést kell konvertálni a beavatkozó szerv felé, ami gyakran mechanikai mozgást végez, nincs biztosíték arra, hogy a kimenetén a beavatkozó jel (u_A) értéke a bemeneti vérehajtó jel (u) által előírt lesz. E probléma megoldása érdekében számos vérehajtó helyzet (pozíció) érzékelőt tartalmaz, amely jelével – mint ellenőrző jellel - helyzetszabályozást valósít meg. Az ilyen helyzetbeállítós vérehajtot újabban **aktornak** nevezik.

Az irányítandó szakasz folytonos anyagáramait szeleppel, szivattyúkkal, csigákkal és futószalagokkal befolyásolják. A folytonos működésű szelepek vérehajtói a villamos vagy pneumatikus motorok. A szivattyúk, csigák és futószalagok szerves része a villamosmotor. Ezen eszközök vérehajtói lehetnek a mágneskapcsolók, a motorindítók, és a frekvenciaváltók. A nyító - záró szelepeket, zsalukat általában pneumatikus munkahenger működteti.

A gyártásautomatizálásban a megmunkálálandó munkadarab mozgatását pneumatikus munkahengerrel, futószalaggal, esetleg konvejorpályával végzik. A pneumatikus munkahengert útszelep működteti, mint vérehajtó.

Az irányítandó szakasz folytonos hőenergia áramait gözszelepekkel, illetve ventilátorokkal, fűtőszálakkal befolyásolják. A fűtőszálak vérehajtói mágneskapcsolók vagy szilárdtest relék.

A villamosmotor és a pneumatikus munkahenger, alkalmazástól függően, lehet vérehajtó és beavatkozó egyaránt. A jegyzet mindenkorral a vérehajtók között tárgyalja.



4.1. ábra. Vérehajtó, beavatkozó az irányítási hatásláncban

4.1. Vérehajtók

A folytonos jelartományú szelepeket működtető villamos vérehajtó hajtómű mechanikája a forgó mozgást egyenes vonalúra alakítja. A mozgáspálya végállásokkal rendelkezik, amit érzékelőkkel figyelní kell. A villamosmotor, a hajtómű mechanikája, valamint a vezérlő és védelmi elektronika együttese a **villamos vérehajtó**. A folytonos villamos vérehajtónak működés közben mindenkorban kell irányt váltania. Mindezek következtében a vezérlő elektronikája összetett, a hajtómű mechanika könnyen túlterhelhető. Ezen problémák miatt a szabályozó és pillangó szelepek működtetésére nagyon gyakran **pneumatikus vérehajtókat** alkalmaznak. A 5. melléklet szabályozószelepeket, különböző vérehajtókkal egybeépítve, mutat be.

Az anyagáramlást befolyásoló szivattyúkat, csigákat, és futószalagokat olyan végállás nélküli villamosmotorokkal hajtják, amelyekben a hajtómű mechanikája csak fordulatszám áttételt végez. Ha csak elindítani, leállítani kell ezeket, akkor a vérehajtó lehet **mágneskapcsoló, szilárdtest relé, vagy motorindító**. Ha a fordulatszámot, és így az anyagszállítási teljesítményt, változtatni kell, akkor a **frekvenciaváltó** a megfelelő vérehajtó szerv.

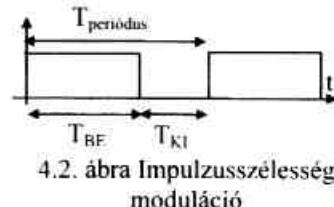
Megjegyzés: A szivattyúk, és csigák vezérlő elektronikája irányváltás nélküli. A futószalagoknál igény lehet az irányváltás képessége.

A nyitó-záró szelepek, zsaluk működtetésére általában útszelepekkel vezérelt pneumatikus munkahengereket használnak. A **pneumatikus munkahenger** ez esetben vérehajtó, és nem beavatkozó szerv.

A gözszelepeket, a szabályozó szelepekhez hasonlóan, villamos, vagy pneumatikus vérehajtóval, a ventilátorokat - a szivattyúhoz hasonlóan - mágneskapcsolóval vagy frekvenciaváltóval működtetik.

A fűtőszálakra az áramot ipari relékkel, mágneskapcsolókkal vagy szilárdtest relékkel kapcsolják. A fűtőteljesítményt impulzusszélesség modulációval (a bekapcsolt és kikapcsolt állapotok arányával) befolyásolják.

A vérehajtó és beavatkozó szervek statikus jelleggörbéje általában nem lineáris. A „D” generációs (HART-os) vérehajtók vezérlő elektronikája mikroprocesszort tartalmaz, ami lehetővé teszi a jelleggörbe korrekciót. Így a „D” generációs vérehajtó, és a beavatkozó szerv statikus transfer karakteristikáinak eredője lineáris, exponenciális, vagy akár „tetszőleges” függvényű lehet.



4.2. ábra Impulzusszélesség moduláció

4.1.1. Villamos véghajtó

A villamos véghajtó a motor forgómozgását elmozdulássá, ritkábban szögelfordulássá alakítja át. A villamos véghajtót – a gyorsabb, pontosabb működés és a villamosmotor működésének integráló jellege miatt - legtöbbször helyzetbeállítóval alkalmazzák. A helyzetbeállítóval rendelkező villamos véghajtók a villamosmotorok integráló jellegű működét arányos jellegűvel alakítják. A helyzetbeállítókban megvalósuló helyzetszabályozás gyorsítja a véghajtó szerv működését.

A villamos véghajtók alkalmazásának korlátai:

- ◆ Költséges a megvalósításuk, mert mechanikai áttételt, és számos túlterhelés elleni védelmi berendezést kell alkalmazni.
- ◆ A mechanikai áttétel és a vezérlő elektronika gyakori karbantartást igényelnek, kényesek korrozió-, páras környezetre, ezért az ipar számos területén nem alkalmazhatók.
- ◆ A nagy mechanikai áttétel miatt lassú működésük.
- ◆ Nagy működtető nyomatékot csak nagy áttétellel tudnak kifejteni.
- ◆ Tápfeszültségük kimaradása esetén problematikus az automatikus úton történő alaphelyzetbe állításuk. (A kezelőszemélyzet közreműködését igénylő kézi kerékkel valósítják meg.)

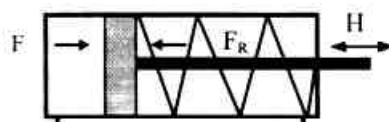
4.1.2. Pneumatikus véghajtó

A pneumatikus véghajtó egy helyzetbeállítóval rendelkező dugattyús motorból vagy membránmotorból álló szerkezet, ami villamos-pneumatikus jelölésztőn fogadja a véghajtó jelet. A pneumatikus véghajtó rudazata általában egyenes vonalú mozgást végez.

Pneumatikus dugattyús-motor

A pneumatikus dugattyús-motorokat nagy kimenti elmozdulás igény esetén alkalmazzák. A maximális kimeneti elmozdulás értéke 600-800 mm.

A pneumatikus véghajtójel a dugattyús-motor dugattyúfejének felületére ható $F = p_v \cdot A_m$ erővel mozgásra kényszeríti a dugattyú rudazatát. Az $F_r = H \cdot C_r$ rugóerő az „F” erővel szemben fejt ki a hatását.



4.3. ábra. A dugattyús motor

Két erő azonossága esetén: a rudazát elmozdulása:

$$H = \frac{A_M}{C_p} p_v \quad <4.1.>$$

Mivel a membrán felülete és a rugóállandó állandó (konstans) értékek, ezért ezek hányadosa is állandó érték. Az 4.1. kifejezés azt jelenti, hogy a „H” elmozdulású beavatkozó jel, arányos a „ p_v ” végrehajtó jelkel.

A dugattyús motor PT1-es jelátviteli tag, mert a pneumatikus vezetéknél R_p pneumatikus ellenállása, a dugattyúfej feletti térfelület C_p pneumatikus kapacitása van. E két tényező szorzata képezi a PT1 jelátviteli tag $T = R_p C_p$ időállandóját.

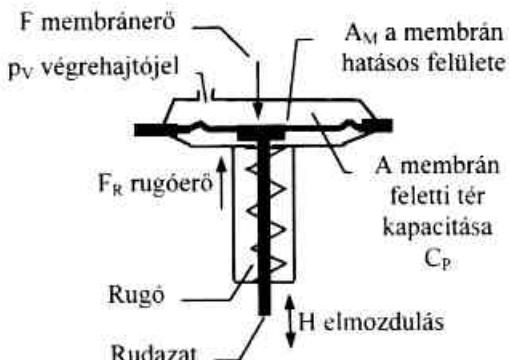
Pneumatikus membránmotor

A pneumatikus membránmotor (4.4. ábra) működési elve nagyon hasonló a dugattyús-motorok működési elvéhez. Így az elmozdulást meghatározó 4.1. képlet is azonos, csak a dugattyúfej felülete helyett membrán hatásos felületével (A_M) kell számolni.

A pneumatikus membránmotorok bemeneti jele szabványos jel-tartományú pneumatikus jel, kiemelten jele döntően elmozdulás, vagy ritkábban szögelfordulás.

Megjegyzés: A szabványos pneumatikus jel-tartományok: 0(0,2) – 1 bar; 0(0,4) – 2 bar; 0(0,6) – 3 bar; 0(0,8) – 4 bar, és így tovább. A jel-tartományt a kifejtendő erő értéke határozza meg. Minél nagyobb erő előállítása szükséges, annál nagyobb értékű nyomás jel-tartomány alkalmazandó.

Napjainkban az irányító berendezések döntően villamos végrehajtó jelet szolgáltatnak. Villamos-pneumatikus átalakító konvertálja a szabványos villamos jelet szabványos pneumatikus jelé. A villamos-pneumatikus átalakító gyakran egybeépített a pneumatikus membránmotorral. A pneumatikus membránmotoros végrehajtót – a membrán hiszterézise és pontatlansága miatt - legtöbbször helyzetbeállítóval alkalmazzák.



4.4. ábra A membránmotor elvi felépítése

A pneumatikus dugattyús-, és a membránmotoros vérehajtók alkalmazásának az előnyei:

- ◆ Nagy erő kifejtésére képesek, Gyors működésük.
- ◆ Robbanásveszélyes területeken is egyszerű az alkalmazásuk.
- ◆ Egyszerű a felépítésük (áttétel alkalmazása nélkül egyenes vonalú elmozdulás kimeneti jelet szolgáltatnak), kezelésük és nem igényelnek magas karbantartási költségeket.
- ◆ Rugóval egyszerűen megvalósítható a tápenergia kimeradása esetén a beavatkozó szervek lezárasa.
- ◆ Nagy üzembiztonsággal rendelkeznek.

A pneumatikus dugattyús-, és membránmotoros vérehajtók alkalmazásának a hátrányai:

- ◆ Külön költséget jelent a levegő hálózat kiépítése, és a műszer levegő biztosítása. A műszerlevegő port, nedvességet, olaj szemcséket a szabványban előírtak szerint csak nagyon kis mértékben tartalmazhat.
- ◆ A pneumatikus vezetékek nem lehetnek tetszőleges hosszúságúak, és a légfogyasztáshoz méretezett cső átmérővel kell rendelkezniük.

Megjegyzés: A csővezeték pneumatikus ellenállása az átmérő negyedik hatványával fordítottan arányos. A pneumatikus ellenállás nyomásesést okoz.

A folyamatautomatizálás területén rendkívül elterjedt az alkalmazásuk, mert előnyei nagyobbak, mint a hátrányai.

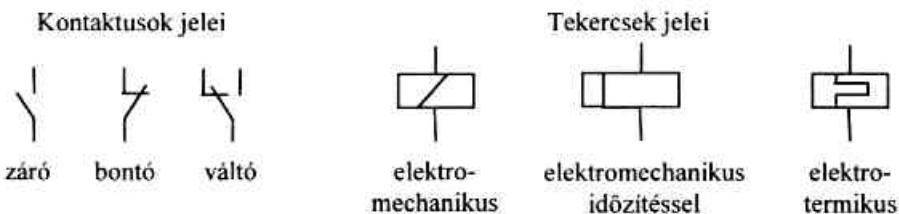
4.1.3. Villamos energiaáram kapcsolók

A katalógusok a villamos energiaáram kapcsolására szolgáló reléket, mágneskapcsolókat, és szilárdtest reléket teljesítmény kategóriák, és a bemenneti feszültségeik jellege (egyen, váltakozó), valamint értéke szerint csoportosítva tartalmazzák. A szabványos feszültségértékek váltakozó feszültség esetén: $24V_{AC}$, $42V_{AC}$, $110V_{AC}$, $230V_{AC}$, $400V_{AC}$, és egyenfeszültség esetén: $12V_{DC}$, $24V_{DC}$, $48V_{DC}$, $60V_{DC}$, $110V_{DC}$ és $230V_{DC}$.

Ipari relék

A relékben a rugalmas, sok hajlítást kibíró, jól vezető anyagból készült kontaktusokat egy működtető mechanika nyitja (bontja) vagy zárja. A mechanika mozgó tengelyét az egyik irányba rugó, a másik irányba mágneses tér működteti. A zárt kontaktus a rajta keresztül folyó áram számára rövidzár. Emiatt a kontaktusokból felépített áramköri ágban kell lennie egy terhelésnek is. Ha a

kontaktusok bontanak, akkor a rajtuk keresztül folyó áram megszakad. A kontaktusok és tekercsek MSZ EN 60617 szabványos jelöléséi:



4.5. ábra. A kontaktusok és tekercsek rajzjelei

Megjegyzés: A gyors áramértek változás a tekercseken jelentős feszültséget indukál. Emiatt, az egyértelmű, és megbízható működés érdekében, a tekercsek egyik pontját ajánlott a hidegpontra (földre) kötni.

A relék működési elvükből adódóan alkalmasak kontaktusok nyitására, zárására, és jelsokszorozásra (egynél több kontaktust működetve). Logikai eszközöként ezen tulajdonságait használják ki. Ugyancsak működési elvükből adódóan alkalmasak galvanikus leválasztásra (a tekercs és a kontaktus tápellátása független), teljesítményillesztésre, és jelváltásra (váltakozóból egyenfeszültségre, vagy fordítva), illetve jelszint váltásra. Véghajtó eszközökben, és kapcsolók kimeneti elemeként elsősorban ez utóbbi tulajdonságait használják ki. A relék működésük alapján lehetnek:

- ◆ **Normál relék** addig vannak vezérelt állapotban, ameddig áram folyik a tekercsükön.
- ◆ **Tartó-relék**, amelyeknél a kontaktusokat vezérlő működtető mechanikát egy ék megakasztja, és így a rugó nem tudja visszaállítani a rudat a nyugalmi helyzetébe. A tartó-reléknek két (engedélyező és elengedő) tekercse van. Az engedélyező tekercsen egy impulzus szükséges, hogy a tartó-relék meghúzott állapotba kerüljenek, és abban is maradjanak. Az elengedő tekercs impulzusa kiakasztja az éket, és a tartó-relé visszaáll alaphelyzetbe.
- ◆ **Impulzus-relékben** a tekercs állapotát jelző segédkontaktussal, és PDT1 taggal valósítják meg, hogy a tekercs állapota minden felfutó ére (meghúzottból nyugalmira, illetve nyugalmiból meghúzottra) változzon.
- ◆ **Időrelék** kontaktusai meghatározott idődiagram alapján nyitnak, illetve zárnak. A hagyományos időrelékben különböző fizikai elven működő mechanikus, illetve elektromechanikus vezérlő szerkezetek valósították meg a korlátozottan konfigurálható idődiagramot. Napjainkban, minthogy az időrelékben is mikroelektronikai áramkör van, ezért pontosabb az idődiagram lefutása, és rugalmasan programozható az idődiagram.

A relék fontos paramétere a kapcsolási szám és a kapcsolási gyakoriság. Az átlagos kapcsolási száma 10^5 , védőgázos kivitelben $10^6 - 10^7$. A maximálisan megengedett kapcsolási gyakoriság 2500 – 3500 kapcsolás/óra.

A gépek elektromos berendezésével szemben támasztott követelményeket az IEC/EN 60204 szabványban rögzítették. Erre a célra alkalmazzák az **elektronikus biztonsági reléket**, valamint a **mérő-, és felügyeleti reléket**.

Az elektronikus biztonsági reléket a vész helyzetben történő leállításhoz, valamint a két kezes indításhoz, és a védőrács, védőszönyeg, stb. felügyeletére alkalmazzák. Az elektronikus biztonsági relék egy tápegységből, egy elektromikából, és két – az engedélyezési és jelzési áramutakhoz szükséges - kényeszerkapcsolatú érintkezőkkel rendelkező redundáns reléből állnak.

A mérő-, és felügyeleti relék felhasználási területe a túláram, fázis, fázis sora, fázis aszimmetria, és a szigetelési ellenállás figyelése.

Szilárdtest relék

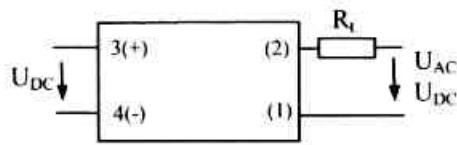
A szilárdtest relék (Solid State Relay) SSR, olyan kontaktus nélküli félvezető kapcsolók, amelynél kis teljesítmény szintű kétállapotú vezérlő egyenfeszültséggel ($L:0V$; $H:5..24V_{DC}$), nagy teljesítmény szintű kétállapotú váltakozó feszültség ($L:0V$; $H:24...230V_{AC}$) kapcsolható a terhelésre. A terhelő (kapcsolható) áram 2 – 150 A áramérték tartományban lehet. Hűtőborda nélkül a kapcsolható teljesítményszint a kis, és a közepes kategória alsó tartománya. A nagyobb kapcsolási teljesítményeknél hűtőborda feltétlenül szükséges.

Ipari alkalmazásuk e korszerű félvezető elemeknek nagyon széleskörű, a fűtésszabályozástól, egészen a motorok vezérléséig. Panelre szerelhető és aljzatba illeszthető kiviteli formái lehetnek. A rajzjele az 4.6. ábrán látható.

A bemeneti vezérlőáramkör, és a kimeneti teljesítmény fokozat között optocsatolt szigeteléssel megvalósított galvanikus leválasztás van. Kontaktus nélküli félvezető elem végzi a kimeneti feszültség kapcsolását.

A szilárdtest relék (SSR) nagy előnye, hogy a kimeneti váltakozó feszültséget a szinusz hullám nulla-átmeneténél kapcsolják a terhelésre. A bemeneti vezérlő feszültség megjelenése utáni első nulla-átmenetét figyelik. A nulla-átmenet figyeléssel, a hagyományos mágneskapcsolós kapcsolásokhoz képest, a hálózatra kerülő nagyfrekvenciás zavarok amplitúdója jelentősen lecsökken.

A tirisztor, és triac szintén félvezetős kapcsolók. A fenti előnyök következtében a nulla-átmenet figyelés nélküli kapcsolásaik elavultak.



4.6. ábra Az SSR rajzjele

Mágneskapcsolók (kontaktorok és kontaktorrelék)

A **mágneskapcsolók** működési elve a relékéhez hasonló. Mágneskapcsolók, olyan nagyélettartamú vezérléstechnikai véghajtó szervek, melyek egy tekercs segítségével érintkezőket működtetnek. A kialakításuk olyan, hogy rendelkeznek a nagy áramok megszakításakor keletkező elektromos ívek kioltására szolgáló mechanizmussal. A lényeg az iv kialakulásának korlátozása.

A korszerű mágneskapcsolók moduláris kialakításúak. A **kontaktor** a mágneskapcsoló főkészüléke. A kontaktorokban vannak a főérintkezők, amelyek csak záró jellegűek (NO) lehetnek, és egy számmal jelzettek. A főáramkörű érintkezők nagy teljesítmények kapcsolására alkalmasak.

A kontaktor önállóan vagy védelemmel (pl.: hőrelé) kiegészítve villamosmotorok vagy más kisfeszültségű villamos berendezés távvezérelt működtetésére, kapcsolására alkalmas. A villamosmotorokat a tápellátás, és a megfelelő fázis sorrend kapcsolásával működtetik.

A kontaktor típusa egyen-, vagy váltakozó áramú aszerint, hogy a tekercse egyen-, vagy váltakozó feszültséggel működtethető. Katalógusokból - teljesítményszint szerint csoportosítva - szabványos működtető feszültségű tekercsek választhatók. Ezektől eltérő működtető feszültségértékek is rendelhetők, de ez jelentős többletköltséggel jár. A kontaktusai értelemszerűen egyen és váltakozó áramot egyaránt kapcsolhatnak.

A kontaktor frontfelületére segédérintkezőket, más néven segéd kontaktorokat – a jegyzetben, a továbbiakban **kontaktorreléket** – lehet csatlakoztatni.

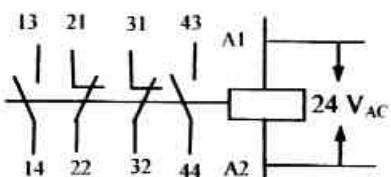
A kontaktorrelék (a mágneskapcsolók segédérintkezői) a hozzájuk tartozó főáramkori kontaktuson folyó áram mágneses hatására kapcsolnak. Ilyen értelemben érzékelők, hiszen visszajelzést adnak arról, hogy a főáramkori kontaktuson áram folyik. A segédérintkezők egyaránt lehetnek záró (NO) és bontó (NC) jellegű érintkezők, és darabszámuk modulárisan bővíthető.

Amint az 4.7. ábra mutatja, a kontaktorrelé csak segédérintkező jellegű érintkezőkkal rendelkezik.

A kontaktorrelék négy-, hat-, és nyolcpólusú kivitelben, különböző konfigurációkban készülnek. A kontaktusok számozása két számjegyű. A számozást szabvány irja elő, így a gyártóktól független.

A négypólusú kontaktorrelék lehetséges konfigurációi például a 4(NO)+0(NC); 3(NO)+1(NC); 2(NO)+2(NC).

Az 6. mellékletben látható a mágneskapcsolók moduláris felépítése.



4.7. ábra. A 2(NO)+2(NC) konfigurációjú kontaktorrelé rajzjele

4.1.4. Motorindítók

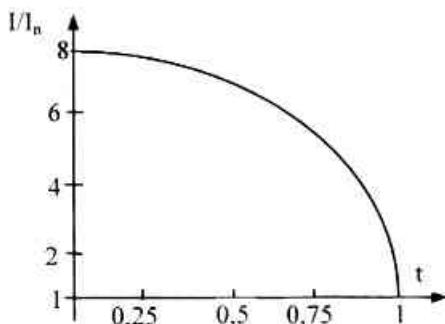
A mágneskapcsolókkal megoldható leggyakoribb feladatokra (forgásirány-, csillag-deltaváltás) idő és hörelékkel egybeépített kontaktor kombinációkat ajánlanak a gyártók katalógusaikban. Nagyon gyakran komplett funkciót (pl.: megszakítók, stb.) ellátó készülékbe építve alkalmazzák a mágneskapcsolókat. Ilyen készülékcsalád a **motorindítók**. A motorindítókat, ahogy az elnevezésük is mutatja, nagyteljesítményű motorok indítására alkalmazzák.

A korszerű félvezetős teljesítménykapcsoló áramkörök, és gyors mikrokontrollerek megjelenése előtt a szabályozott hajtásokban többnyire egyenáramú motorokat alkalmaztak, amit sönt ellenállások alkalmazásával indítottak.

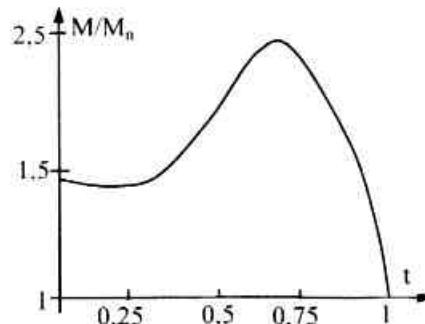
Az aszinkronmotor egyszerűbb felépítésű, vagyis olcsóbb, megbizhatóbb, és kevesebb karbantartást igényel (pl.: nincs kopó szénkefe), mint az egyenáramú motor. De az aszinkronmotor indítása problémát jelent.

- ◆ A kalickás forgórészű aszinkronmotor indító árama (I) a névleges (I_n) áram 6-8-szorosa. A tekercselt forgórészű aszinkronmotor indító árama még ennél is nagyobb.
- ◆ A kalickás forgórészű aszinkronmotor indító nyomatéka (M), a névleges (M_n) nyomaték 1,5-2,2-szerese. A tekercselt forgórészű aszinkronmotor indító nyomatéka 0,2-0,3-szorosa a névlegesének, amit legalább a névleges értékig növelni kell, hogy el tudjon indulni a motor.

Megjegyzés: A nyomaték függ a motor belső ellenállásától. A tekercselt forgórészű, és különösen a rövidrezárt forgórészű aszinkronmotor belső ellenállása kicsi. A kalickás forgórészű aszinkronmotorok belső ellenállását speciális hornyokkal és rúdtekercsekkel növelik.



4.8.a ábra Kalickás forgórészű aszinkronmotor
áramfelvétele indításkor



4.8.b ábra Kalickás forgórészű aszinkronmotor
nyomatékgörbéje indításkor

A 4.8. ábrán a tengelyek a névleges (üzemi) értékek arányához vannak kalibrálva. Az időtengely speciálisan van léptékezve. Az 1 érték ahhoz az idő-

tartamhoz tartozik, amíg a motor az álló helyzetéből eléri a névleges fordulatszámot (n_n). Indításkor ($t=0, n=0$) a motor áll, majd a fordulatszáma fokozatosan éri el az üzemi ($t=1, n=n_n$) értéket. A katalógusokban megadott névleges érték az üzemcszerű működés állandósult állapotában (üzemi állapotában) mérhető érték.

A 4.8.a. ábra a kalickás forgórészű aszinkronmotor relatív áramfelvételét mutatja indításakor az idő függvényében. Az aszinkronmotor áramfelvételle közel lineárisan függ a tekercseit gerjesztő feszültség amplitúdójától, és kör-frekvenciájától. A gerjesztő feszültség amplitúdóját, vagy frekvenciáját csökkentve arányosan csökken a hálózatot terhelő áram.

A 4.8.b. ábra a relatív nyomatékgényét mutatja indításakor az idő függvényében. A motortengely forgatónyomatéka a gerjesztő feszültség amplitúdóját csökkentve arányosan csökken. Ez korlátozza az amplitúdó csökkentés ésszerű mértékét. A gerjesztő feszültség frekvenciája csak a nulla közeléi tartományban csökkenti a motortengely forgatónyomatékát.

Napjainkban a villamos hajtásokban az aszinkron motorok váltak egyeduralkodóvá, mert a félvezető technika fejlődése lépésről-lépére egyre jobb műszaki megoldásokat kínál az indítási problémákra. Az alapelv: Indításkor kisebb feszültség amplitúdó vagy frekvencia értékről fokozatosan kell növelni a feszültség amplitúdót vagy frekvenciát az üzemi értékig.

Csillag-delta indítók

A csillag-delta kombináció a gerjesztő feszültség amplitúdóját csökkenti. Napjainkban ezt alkalmazzák a 400/680-as tekercselésű, 15 kVA alatti, kalickás forgórészű aszinkronmotorok indítására. Üzemcszerűen a vonalfeszültség gerjeszti a motort. Indításkor a motor tekercseire a hálózat fázisfeszültsége kerül. Háromfázisú táplálás esetén a csillagágakban (4.9. ábra) lévő 230 V-os hálózati fázisfeszültség $\sqrt{3}$ -a deltaágakban lévő 400 V-os vonalfeszültségnak.

A kalickás forgórészű aszinkronmotor esetén az indulási áram 3,5-4,6-szorosa a névlegesének, de az indítónyomaték is a névleges érték 0,5-0,7-szeresére csökken. Az átkapcsolás 3 - 3 mágneskapcsolót igényel, de gazdaságosabb - a motorvédelemmel egybeépítve - készülékként megrendelni.

A tekercselt és rövidrezárt forgórészű aszinkronmotorok indítására nem alkalmas.

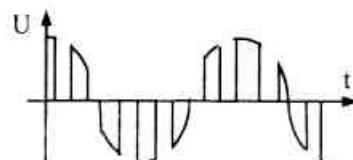


4.9. ábra 3 fázisú hálózat feszültségei

Lágyindítók

A lágyindítókban az 50 Hz-es hálózatot tirisztorok szaggatják meg a 4.10. ábrán látható módon. A gerjesztő feszültség effektív értéke,

$$U_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} \quad <4.2>$$



4.10. ábra A hálózat megszaggtása

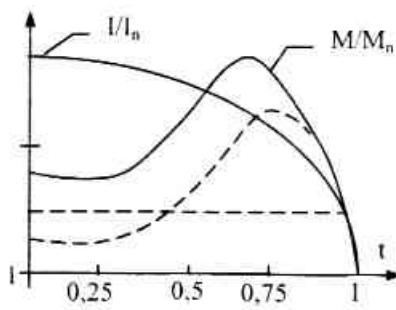
ami valójában befolyásolja az indítási áramot, a kitöltési tényező arányában csökken. Természetesen az indítónyomaték (4.8.b ábra), ami függ az effektív teljesítménytől, is csökken.

A lágyindítók alkalmazásának problémája, hogy felharmonikusokkal terheli az 50 Hz-es hálózatot. Minél sűrűbb a szaggatás gyakorisága (4.10. ábra), annál kisebb amplitúdójú felharmonikusok keletkeznek a hálózatban.

Egyszerűbb lágyindítókban, előre beállítva, az indulási áram a névleges 1,5-7-szeresére korlátozható. A gyakorlatban a lágyindítók áramkorláta, még könnyen indítható technológiák esetén sem, állítható be a névleges áram 3-szorosánál kisebbre.

A 4.11. ábrán a folytonos görbék a direktben indított, a szaggatott görbék az áramkorlátozó lágyindítóval indított kalic-kás forgórészű aszinkronmotor karakteristikái láthatók.

A nyomaték ingadozása a motor mechanikai igénybevétele szempontjából nem előnyös. A korszerű lágyindítók nyomatékvezérlésű elektronikát tartalmaznak. A nyomatékvezérlésű elektronika kalkulálja a motor - adott fordulatszámhoz tartozó - nyomatékát, és igyekezik az áramot úgy vezérelni, hogy a minimális nyomatéknál kisebb, és a névlegesnél egy előírt értéknél nagyobb nyomaték ne terhelje a motort, és alatta maradjon az áramkorlátnak.



4.11. ábra Áramkorlátozó lágyindító karakteristikái

Frekvencia váltók

A frekvencia váltók alkalmazásával a szivattyúk, ventilátor, csigák, fűtőszalagok működtetésekor, a frekvencia változtatásával, az anyagáramlás mennyisége is szabályozható.

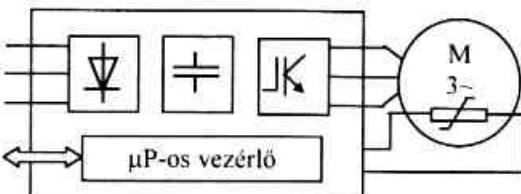
A frekvenciaváltók alacsonyabb frekvenciájú gerjesztéssel csökkentik a kezdeti áramfelvételt. Nagy előnyük a csillag-delta és a lágyindítással szemben, hogy az alacsonyabb frekvencián is kielégítő az indító nyomaték.

A frekvenciaváltók egyenirányítják a hálózati feszültséget, majd a nyers egyenfeszültségből nagy teljesítményű szigetelt tranzisztoros kapcsolásokkal általában 0-50 Hz-es, speciális igény esetén 0-5 kHz-es szinusz jelet szolgáltatnak a kimenetükön.

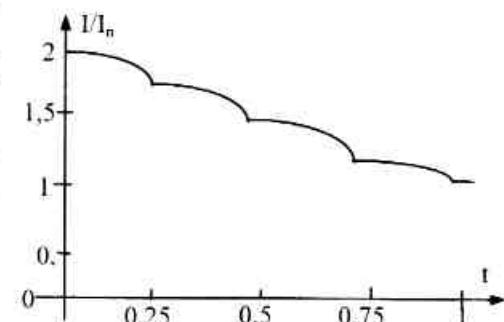
Megjegyzés: A legtöbb motor esetén nem ajánlatos 5 Hz alatti gerjesztő jelet alkalmazni. A motor tekercselésétől is függ a gerjesztő jel megengedett maximális frekvenciája. Csak speciálisan tekercselt motorokat szabad 50 Hz-nél nagyobb frekvenciával gerjeszteni.

A körfrekvencia változtatásával rendkívül rugalmasan lehet az armatúra áramot, és/vagy a nyomatékot vezélni, esetleg szabályozni.

Az 4.13. ábra a kalickás forgórészű aszinkronmotor áramfelvételét mutatja az indulástól az üzemi fordulatszám eléréséig úgy, hogy a gerjesztő feszültség frekvenciáját megfelelő időközönként növelve az 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz, 50 Hz értékeket vette fel. Látható, hogy ez a cseppet sem optimális vezérlési stratégia is kielégítő eredményt ad.



4.12. ábra. A frekvenciaváltó blokksémája

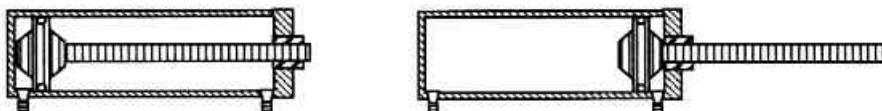


4.13. ábra. Az indítási áram szakaszosan növelt frekvencia esetén.

4.1.5. Pneumatikus munkahengerek

A pneumatikus munkahenger lényegében egy olyan dugattyús-motor, amely állandósult állapotban csak a két végállásában képes tartózkodni. A tolattyúfejre ható nyomáskülönbség alapján kis- (2,5 bar alatti), közepes (3-6 bar közötti), és nagy (8 bar feletti) működtető nyomástartományú pneumatikus munkahengerek vannak. Minél nagyobb a nyomáskülönbség, annál nagyobb erőkifejtésre képes a pneumatikus munkahenger. Minél nagyobb erőkifejtés szükséges, annál nagyobb keresztmetszetű dugattyút kell alkalmazni.

A pneumatikus munkahengerek jellegzetes konstrukciója a 4.14. ábrán látható. A tolattyúfej két oldalára ható eltérő nyomás hatására a munkahengerben egy tolattyú mozog előre és hátra (4.14. ábra.).



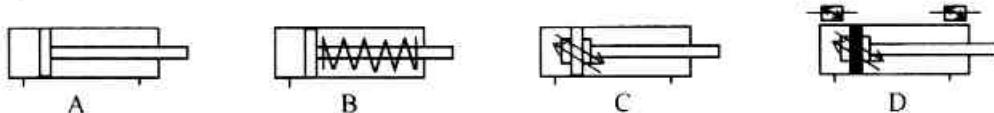
4.14. ábra Pneumatikus munkahenger két szélső helyzetének egyszerűsített szerkezeti rajza

A pneumatikus munkahengerek alkalmazásának előnyei:

- ◆ Nagy erőkifejtésre képesek viszonylag kis mechanikus méret esetén is.
- ◆ Kialakításukból adódóan tudják az egyenes vonalú mozgást (a forgó mozgáshoz kell mechanikai áttétel) és így nincs megszorulás.
- ◆ Nem túlterhelhetők a szélső helyzeteiben.
- ◆ Rázkódásra, piszokra kevésbé érzékenyek.

A pneumatikus munkahengerek néhány rajzjele az 4.15. ábrán látható.

A pneumatikus munkahengerek rajzjeleit az ISO 3320 szabvány írja le.



4.15. ábra Pneumatikus munkahenger néhány rajzjele

A 4.15. ábrán látható munkahenger rajzjelek rövid értelmezése:
A) kétoldali működésű. B) egyoldali működésű. C) kétoldali működésű lóketvégi fékezéssel. D) mágnes-tolattyús kétoldali működésű lóketvégi fékezéssel.

A mágnes-tolattyú lehetővé teszi a munkahenger pozíciójának érzékelését induktív érzékelőkkel.

A pneumatikus munkahengerek kiválasztásának legfontosabb műszaki paraméterei:

- ◆ A mozgás jellege (egyenes vonalú, vagy forgó).
- ◆ A működtető nyomástartomány.
- ◆ A maximálisan megengedett terhelő erő.
- ◆ A lókethossz, és a maximális ismétlési frekvencia. A működtető nyomástartománnyal együtt ezek határozzák meg a táplevégő fogyasztást.

A munkahengerek vezérlését útszelepkekkel valósítják meg.

4.1.6. Pneumatikus útszelepek

Az útszelep működteti a pneumatikus munkahengert úgy, hogy a tolattyúfejjel két részre osztott munkahenger egyik térrészét levegővel tölti, miközben a másik térrészről elszállítja az ott felhalmozott levegőt.

Az útszelep működtetése történhet mechanikus szerkezzel (górgős kapcsoló, teleszkópos rúd), pneumatikusan (pneumatikusan működtetett ráépített szeleppel), vagy elektro-pneumatikusan (elektromágnessel működtetett ráépített szeleppel). A 4.16. ábrán láthatók a működtető elemek rajzjelei: A) belső visszaállító rugó B) nyomógomb C) karos D) górgős E) pneumatikus F) elektro-pneumatikus. A PLC-ék elterjedésével a leggyakoribb működtető elem az elektro-pneumatikus.

Az útszelepeket y/x-es szelepeknek nevezik. Az első szám („y”) a levegőcsatlakozók számát, a második szám („x”) az állapotok számát mutatja.

Az ISO 1219-1 szabvány írja le a működtető elemek, és az útszelepek rajzjeleit.

Az útszelepek rajzjelei négyzetekből állnak, amelyeken az összekötött levegőcsatlakozók láthatók. Annyi négyzet helyezendő egymás mellé, ahány állapota van az útszelepnek. A működtető elemet az útszelep rajzjelein azon négyzet mellé kell helyezni, amelyik az általa kiváltott állapotot ábrázolja.

A levegőcsatlakozók sorszáma utal a funkcióikra: „1” táplevégő, „2, 4” kimenet, „3, 5” kipufogás.

A 2/2-es szelepnek két levegőcsatlakozója („1” táplevégő, „2” kimenet), és két állapota (nyitott, zárt) van.

A 3/2-es szelepnek három levegőcsatlakozója, és két állapota van. A „2”-es kimenet az „1”-es táplevégővel, vagy a „3”-as kipufogással van összekötve.

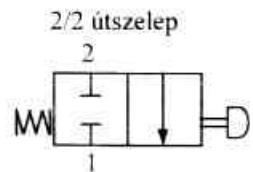
Ha az útszelep pneumatikusan vagy elektro-pneumatikusan vezérelt, akkor a tolattyút mozgató levegő be-, és kiáramlásához további levegőnyílásokra van szükség. A 3/2-es útszelepnek „10”-es és „12”-es jelű vezérlő bemenetei vannak.

Az útszelepek működtető elemei ezeken a levegőnyílásokon keresztül vezérlők az útszelepet az egyik állapotuktól a másik állapotukba. Az útszelep testen a „10”-es jelű vezérlő bemenet a kipufogásra köti a „2”-es kimenetet, „12”-es jelű vezérlő bemenet a „2”-es kimenetre köti a táplevégőt.

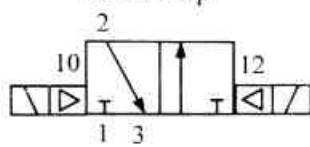
- A) MW
- B) =D
- C) =G
- D) =O
- E) <D>
- F) <D>/

4.16. ábra

Működtető elemek



3/2 útszelep



4.17.a. ábra

Útszelepek rajzjelei

Munkahengerek vezérlésére leggyakrabban 4/2-es vagy 5/2-es útszelep típust használnak.

A 4/2-es útszelepnak négy levegőcsatlakozója, és két állapota van. A „2”-es kimenet az „1”-es táplevegővel, és a „4”-es kimenet a „3”-as kipufogással, vagy fordítva van összekötve.

Az 5/2-es útszelepnak öt levegőcsatlakozója, és két állapota van. A „2”-es kimenet az „1”-es táplevegővel, és a „4”-es kimenet az „5”-ös kipufogás, vagy a „4”-es kimenet az „1”-es táplevegővel, és a „2”-es kimenet az „5”-ös kipufogás van összekötve.

A 4/2-es és 5/2-es útszelepeknek „12”-es és „14”-es jelű vezérlő bemenetei vannak. A „12”-es jelű vezérlő bemenet a „2”-es kimenetre, a „14”-es jelű vezérlő bemenet pedig a „4”-es kimenetre köti a táplevegőt.

A 4/2-es és az 5/2-es útszelepek bistabil jellegűek, hiszen elég egy rövid impulzus az állapotváltáshoz, és egyszerre minden vezérlő bemenetet nem szabad vezérelni.

Ha szükség van a rudazat tehermentesítésére - vagyis olyan állapotra, amikor a tolattyú kézzel is megmozdítható - akkor 4/3-as illetve 5/3-as útszelepeket alkalmaznak. A 4/3-as és 5/3-as útszelepeknek szintén négy, illetve öt levegőcsatlakozója van, viszont van egy harmadik állapotuk. Vezéreletlen helyzetben minden kimenetük kipufogásra van kötve.

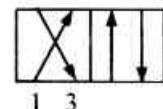
Az 5/3-as útszelep testének belső terét (4.18. ábra.) – a tolattyúra szerelt, könnyen mozgó, de légzáró tárcaikkal – öt részre osztják.

A tolattyú üreges belsejében elhelyezett rugó - a távtartókat a szeleptest falának szorítva - tartja stabil helyzetben a tolattyút. Ha egyik oldal sem vezérelt, akkor ebben az állapotban egyik kimeneten sem jelenik meg a táponymás, mindenkor kipufog.

A „12”-es és „14”-es vezérlő bemeneteiken keresztül lehet az egyik vagy másik aktív kimenetű állapotába vezérelni az útszelepet. A 4/3-as és az 5/3-as útszelepek monostabil jellegűek, hiszen ha nincs aktív vezérlő jel, akkor automatikusan alaphelyzetbe állnak.

4/2 útszelep

2 4



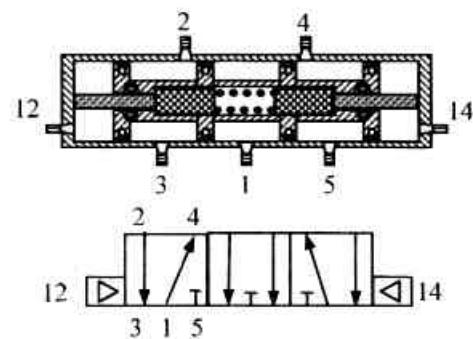
5/2 útszelep

2 4



4.17.b. ábra

Útszelepek rajzjelei



4.18. ábra 5/3-es útszelep sematikus rajza, és rajzjele

4.2. Beavatkozók

Az anyagáram befolyásolására leggyakrabban alkalmazott beavatkozó szervek a szelepek. Az anyagáramok folytonos tartományon belüli változtatását szabályozó szelepekkel és pillangó szelepekkel, illetve engedélyezését, tiltását kétállapotú (nyitva-zárva) szelepekkel valósítják meg. Az anyagáram befolyásolására alkalmaznak még szivattyúkat, csigákat és futószalagokat.

Hőenergia áramok befolyásolására alkalmazott beavatkozó szervek a gőzszelepek, illetve fűtőszálak, ventilátor. Villamos energia áramok befolyásolására alkalmazott beavatkozó szervek az ipari relék, a mágneskapcsolók, a szilárdtest relék.

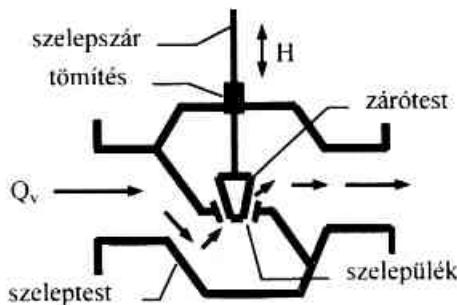
Valamely tárgy (munkadarab, szerszám, tároló, stb.) adott helyzetbe hozására leggyakrabban alkalmazott beavatkozó szervek a pneumatikus munkahengerek. Ugyancsak alkalmaznak még erre a célra szállítószalagokat, konveyor pályákat, hidraulikus munkahengereket.

4.2.1. Anyagáram befolyásolása

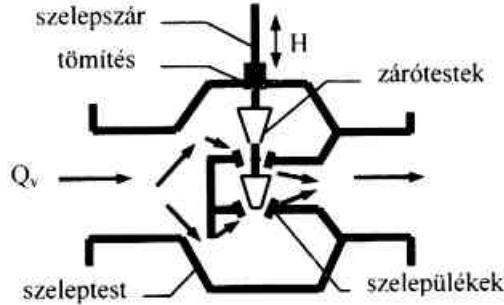
A szabályozó szelepeket döntően folyadékok és gőzök térfogat-, vagy tömegáramainak befolyásolására használják, míg az áramló gázok esetén pillangó szelepeket, más néven, csappantyúkat alkalmaznak.

A szabályozó szelepek

A leggyakrabban alkalmazott szabályozó szelepek a fojtóelem kialakítása szerint lehetnek együlékes-, és kétülékes szelepek. Az együlékes szelep kialakításának a vázlata az 4.19.a., a kétülékes szelepé az 4.19.b. ábrán látható.



4.19.a. ábra. Együlékes szelep vázlatá



4.19.b. ábra. Kétülékes szelep vázlatá

A szabályozó szelepen átáramló folyadék térfogatáramának a meghatározása az 4.3. kifejezés segítségével határozható meg:

$$Q_V = \alpha A x_H \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad <4.3.>$$

- ◆ Az α **átfolyási szám** az áramlás módjától, és a szelep konstrukciós ki-alakításától függ. Az α átfolyási szám dimenzió nélküli.
- ◆ Az $A [m^2]$ a szelep **bemeneti oldali keresztmetszete**, ami bemeneti névleges átmérőjéből (NA) számítható.
- ◆ Az $x_H = \frac{H}{H_{100}}$ [m] a **szelepszár relatív elmozdulása**, ahol H_{100} a szelepszár elmozdulása teljes szelepyitás esetén, és H a szelepszár tényleges elmozdulása.
- ◆ A $\rho \left[\frac{kg}{m^3} \right]$ a szelepen átáramló folyadék **sűrűsége**.
- ◆ A Δp [Pa] a szelepen eső **nyomáskülönbség** érték.

A $Q_V = f(H)$ összefüggés adja meg az átfolyási jelleggörbét.

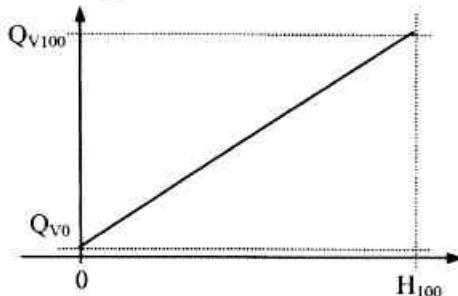
A szelepek leggyakrabban előforduló átfolyási jelleggörbéi: lineáris, exponenciális (egyenlőszázalékú), parabolikus (parabolikus kis jelentőségű).

A lineáris átfolyási jelleggörbűjű szelepek (4.20.a. ábra.) meredeksége adja a szelep átviteli tényezőjét. Lineáris jelleggörbe esetén az átviteli tényező az egész tartományban állandó érték:

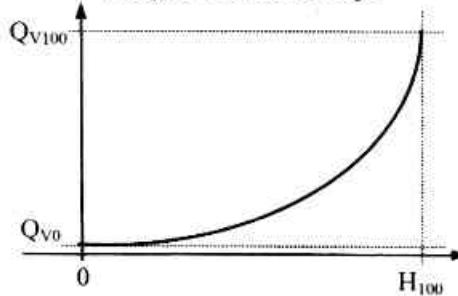
$$K_{MP} = \frac{\Delta Q_V}{\Delta H} \quad <4.4.>$$

Az exponenciális átfolyási jelleggörbűjű szelepeknél az átviteli tényezőt tartományonként, külön-külön kell meghatározni. Az átviteli tényező értéke a tartomány végén (4.20.b. ábra.) nagyon meredeken növekszik.

Amint az a 4.20. ábrákon látható, az átfolyási jelleggörbék nem a zérus pontból indulnak. A szelepeknek zárt alapotukban is van egy kevés úgynevezett **szivárgási áram** értéke.



4.20.a. ábra. Lineáris szelep átfolyási karakterisztikája



4.20.b. ábra Exponenciális szelep átfolyási karakterisztikája

Az együletal szelepeknél a szivárgási áramérték kisebb, mint a kétületal szelepeknél. A kétületal szelepek alkalmazásának előnye viszont, hogy sokkal kisebb erő szükséges a zárótest működtetéséhez.

A szabályozó szelepeknél - az α átfolyási szám körülmenyes mérhetősége miatt - nagyon nehéz a Q_v térfogatáram érték meghatározása. Praktikus okokból ezért került bevezetésre a K_{v100} átfolyási tényező.

A K_{v100} átfolyási tényező definíciója: A szabályozó szelepen átáramló, teljes szelepnyitás esetén 1 [bar] veszteségi nyomásesést okozó, 5 - 30 [$^{\circ}\text{C}$] hőmérsékletű víz térfogatáram $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right]$ értéke.

A K_{v100} átfolyási tényező segítségével tetszőleges sűrűségű, szelepen átáramló folyadékközeg térfogatáramának a meghatározása lehetséges:

$$Q_v = K_{v100} \cdot x_H \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_{abs}}{\rho}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_0}{\Delta p_0}} \quad <4.4.>$$

ahol: ρ a tetszőleges folyadék sűrűsége, és Δp_{abs} a tetszőleges folyadék által a szelepen okozott nyomásesés értéke.

A pillangó szelepek (Csappantyúk)

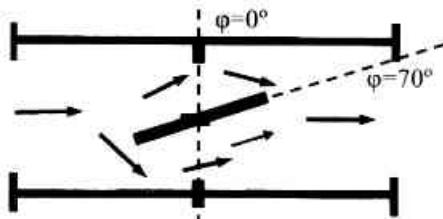
A nagy átmérőjű vezetékekben kis statikus nyomású gázok áramlásszabályozásánál a pillangó szelepeket használják beavatkozó szervként. Nagy nyomású (10 bar feletti) gázok olyan erővel hatnak a szeleptányérra, hogy a 4.21. ábrán látható pillangó szelep konstrukció gyakorlatilag zárhataltan.

Ezeknek az eszközöknek az előnye, hogy kedvező az áramlási képük, ezért kicsi az áramlási nyomásveszteségeik.

A pillangó szelepeknél is definiálják a K_{v100} átfolyási tényezőt.

Definíció szerint: A pillangó szelep K_{v100} átfolyási tényezője 1 bar veszteségi nyomáson (Δp_{abs}). $\varphi = 70^{\circ}$ szelepnyitásnál (4.21. ábra), a normál állapotú levegő átáramlott térfogatárama. A normálállapotú levegő: 0°C , 1bar.

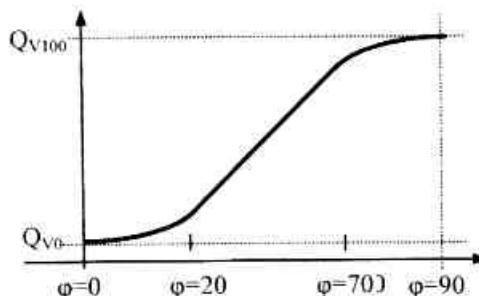
A pillangó szelepek átfolyási jelleggörbéje (4.22. ábra) a 20%-os (φ_{20}), és a 70%-os (φ_{70}) szelepnyitás közötti tartományban közel lineáris.



4.21. ábra. Pillangószelep elvi felépítése

Kisebb, illetve nagyobb szelépnyitás esetén a jelleggörbe jelenősen görbülsen görbülsen (nem lineáris). A közel lineáris tartományban a pillangó szelép átviteli tényezője:

$$K_A = \frac{\Delta Q_v}{\Delta \varphi} \left[\frac{m^3}{h} / \text{fok} \right] \quad <4.5.>$$



4.22. ábra. Pillangószelép karakterisztikája

A pillangó szelepeknek csak a közel lineáris tartományt használják szabályozásra.

A szabályozáshoz a szelepek kiválasztásakor a legfontosabb jellemzők:

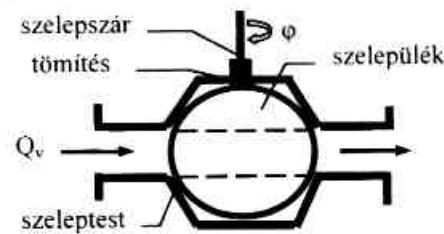
- ◆ A szelép jellege (együlékes, kétülékes, pillangó)
- ◆ Névleges átmérő (NA), névleges nyomás (NP).
- ◆ A K_{v100} átfolyási tényező értéke (a katalógusokban a K_{vs} van, ami a szelépszéria átlagos K_{v100} értéke).
- ◆ A szelép átfolyási jelleggörbeje, és az üzemi hőmérséklet tartománya.
- ◆ Maximális lökethossz (H_{100}), és egyéb szerkezeti kialakítás (pl.: csatlakozási mód, stb.), valamint a működtetés módja.

Kétállapotú szelépek

Kétállapotú működésre kis csőátmérőknél **mágnesszelépeket**, közepes csőátmérőknél - az ár és a jó áramlási kép miatt - leggyakrabban **pillangószelépeket** vagy **gómbcsapokat**, a nagy csőátmérőknél **tolózárakat** alkalmaznak.

A mágnesszelép alaphelyzetében zárt. A mágnesszelépekben a rúgóval ellentartott, mágneszhető anyagból készült szelépüléket egy tekeres gerjesztéssel mozgatják, azaz nyitják a mágnesszelépet.

A gómbcsapok szelépüléle egy hengerpalást felülettel (2.23. ábra) átfűrt gömb. A szelépszár 90°-os elforgatásával a hengerpalást alakú átmenő fúrat a csővezetékkal egy irányban, vagy kereszten helyezkedik el. A tolózárak szeléptestét, és szelépülékét úgy alakítják ki, hogy minden kisebb erő kelljen a zárasához.



2.23. ábra A gómbcsap szerkezeti vázlata

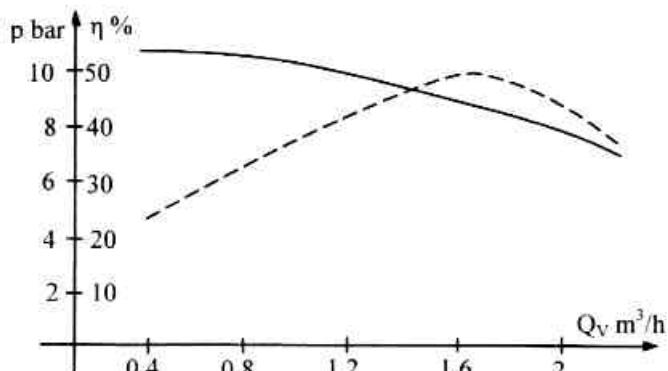
Szivattyúk

A legelterjedtebb a centrifugál szivattyú elv. A forgó mozgást végző motor tengelyére szerelt járókerék örvényszerű forgásra kényszeríti a szívócskonkon beáramló vizet, ami a járókerékről merőlegesen a nyomócskonkon távozik. A 4.23. ábra egy lehetséges szivattyú jelleggörbét mutat.

Hagyományosan „milliméter vízoszlop” mértékegységben az emelő magasságot adták meg. Hivatalosan az emelő nyomást definiálják (folytonos vonal p bar) mértékegységben. (1 bar = 10 mm vo)

A centrifugál szivattyúk (szaggatott vonal $\eta\%$) hatásfoka alig haladja meg az 50%-ot, és elég jelentősen változik.

Az adott alkalmazáshoz megfelelő szivattyú kiválasztásához a nyomócskonköt követő csövezetek jelleggörbékét ismerni kell.



4.23. ábra A centrifugál szivattyú elve, és jelleggörbéi.

Csigák és futószalagok

A csiga egy spirálisan bordázott tengely, amit villamosmotor forgat. Az anyagot a spirális bordák tolják maguk előtt. A futószalagok hevederér szintén egy villamosmotor forgatja. E beavatkozók jellegét, és így működtetésük módját lényegében a villamosmotor szabja meg.

4.2.2. Hőenergia áram befolyásolása

A gőzszelepekre, a pillangó szelepekre elmondottak érvényesek.

A ventilátor a szivattyúhoz hasonló elven működnek.

A fűtőszálak olyan speciális anyagból készített huzalok, amelyek károsodás nélkül viselik el, hogy a rajtuk átfolyó áram magas hőmérsékletre hevíti, és huzamosan ezen a hőmérsékleten tartja őket.

5. Mellékletek

1. melléklet

Az IP szám jelentése

Az idegen test, és vízbehatolás elleni védeeltség (IP) több fokozatú lehet, és ezeket két számmal jelölik. Az IP utáni első számjegy az idegen test, a második számjegy, a víz behatolással szembeni védeeltségi fokozatot jelenti.

Az IP utáni első számjegy szerinti védeeltség jelentése:

- „0”: nincs védeeltség
- „1”: nagyméretű testek behatolásával szemben védett (átmérő:52,5mm)
- „2”: közepe méretű testek behatolásával szemben védett (átmérő:12,5mm)
- „3”: kisméretű testek behatolásával szemben védett (átmérő:2,5mm)
- „4”: kisméretű testek behatolásával szemben védett (átmérő:1mm)
- „5”: káros por lerakódással szemben védett. (a por csak olyan mértékben hatolhat be a készülékekbe, hogy annak működését ne zavarja)
- „6”: teljes védeeltség por behatolással szemben.

Az IP utáni második számjegy szerinti védeeltség jelentése:

- „0”: nincs védeeltség
- „1”: vízcseppekkel szembeni védeeltség (függőlegesen leeső kondenzvíz elleni védeeltség)
- „2”: vízcseppekkel szembeni védeeltség (a függőlegestől legfeljebb 15° szögben leeső vízcseppek ellen védett)
- „3”: esővel szembeni védeeltség (a függőlegestől legfeljebb 60° szögben eső ellen védett)
- „4”: fröcsköléssel szembeni védeeltség
- „5”: vízsugárral szembeni védeeltség
- „6”: hajó fedélzetén uralkodó körülmények elleni védeeltség
- „7”: rövid ideig tartó vízbe merítéssel szembeni védeeltség
- „8”: tartós vízbe merítéssel szembeni védeeltség

A leggyakoribb az IP 20, ami a műszerszekrénybe helyezett eszközök, és az IP 65, ami a terepi eszközök védeeltsége.

2. melléklet

A távadók és kapcsolók műszaki paraméterei

A távadók (2.1. ábra.) bemenő jele az irányított jellemző (y), kimenő jele az ellenőrző jel (y_M). Mint minden eszköznek vannak statikus (állandósult állapotbeli), és dinamikus jellemzői.

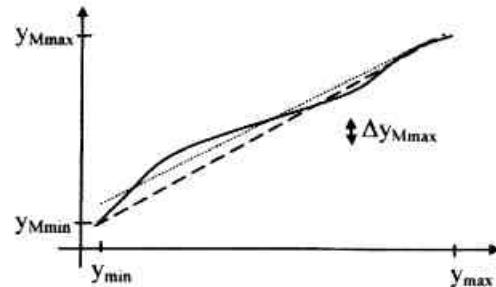
A távadók statikus jellemzői:

Megjegyzés: A statikus jelleggörbe úgy készül, hogy hitelesített bemeneti jelet fokozatosan lépésről-lépévre növelik, majd csökkentik a méréstartományon belül. A távadó kimenő jeleit állandósult állapotukban olvassák le.

A hibák a $\Delta y_{M_{\max}}$ definíálásában térnek el egymástól, ezért a számítási képletük azonos:

$$\frac{\Delta y_{M_{\max}}}{y_{M_{\max}} - y_{M_{\min}}} \cdot 100\% \quad <5.1.>$$

A statikus jelleggörbe (5.1. ábra. folytonos vonala) az irányított jellemző (y) függvényében a távadó kimenő jele (az y_M ellenőrző jel).



5.1. ábra Távadó statikus jelleggörbe.

Megjegyzés: A 5.1. ábra. folytonos vonala erősen torzított, és nem tartalmaz hiszterézist.

- Az **ismétlési hiba** a statikus jelleggörbe többszöri megismételt felvételekor a mért statikus jelleggörbék maximális eltérése a méréstartomány értékének százalékában.
- A **hiszterézis** tendenciózus eltérés egy konkrét mért jellemzöhöz tartozó kimeneti jelben attól függően, hogy a konkrét értéket az irányított jellemző (y) fokozatos növelésével vagy csökkentésével közelítik meg.

Megjegyzés: Több mm-es mechanikai mozgást végező, vagy mágnesezhető érzékelő elemek gyakran van hiszterézise.

- A **pontosság** a statikus jelleggörbe legnagyobb eltérése a kezdő és végpontjait összekötő egyenestől (5.1. ábra szaggatott vonal) a méréstartomány értékének százalékában.
- A **nemlinearitás** a statikus jelleggörbe legnagyobb eltérése a jelleggörbéről illesztett regressziós egyenestől (5.1. ábra pontozott vonal) a méréstartomány értékének a százalékában.

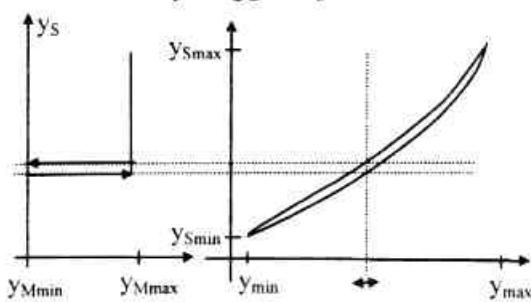
- A teljes eltérés azt adja meg, hogy egy konkrét távadó mennyivel téhet el a gyártó által katalógusban megadott statikus jelleggörbe értékeitől.

A kapcsolók statikus jellemzői:

A méréstartományon belül a kapcsolási pontok állíthatók a kapcsolókban, ezért fontos ismerni az érzékelő elem statikus jelleggörbüjét.

A kapcsolók esetében a távadóknál definiált nemlineáritás és pontosság érdektelen. A teljes eltérés, és az ismétlési hiba a fontos paraméter.

Elkerülendő a túl gyakori jelváltást a kapcsolási pont körüli mért érték esetén, a kismértékű hiszterézis (5.2. ábra) még előnyös is lehet. Az illesztő elektronikával a hiszterézis mértéke növelhető.



5.2. ábra Kapcsolók statikus jelleggörbe.

Távadók és kapcsolók dinamikus jellemzői:

A dinamikus jellemzők azt írják le, hogy a mért jellemző változását mi-lyen hiven képes a kimeneti jel követni.

- Az **időállandó** a távadó átviteli függvényének a paramétere. Az időállandó a távadó jelének késleltetésére utaló paraméter. Az átviteli függvény erősítését az ellenőrző jel (y_M) és a mért jellemző (y) értéktartománya szabja meg.

Megjegyzés: A pontos ítéletalkotást a távadók, kapcsolók minél kisebb időkésése segíti. A távadók, kapcsolók kiválasztásánál döntő szempont, hogy az irányított szakasz jelváltozási sebességéhez képest a távadók, kapcsolók időkésleltetése (időállandója) elhanyagolható legyen.

- A **jelismétlési gyakorisság** azt adja meg, hogy a jelillesztő, jelfeldolgozó elektronika milyen gyakran képes új értéket szolgáltatni a kimeneten.

3. melléklet

A hőelemek osztályozása

5.1. táblázat. Hőelemek típusai

Megnevezés	Összetétel	Betűjel	Hőmérséklet tartomány	Hőmérséklet együttható	Színkód
Vas - Konstantán	Fe-CuNi	J	- 210 – +1200 °C	$\sim 0,54 \frac{mV}{10^{\circ}C}$	+ fehér - piros k fekete
	DIN43710	L			
KrómNikkel - Nikkel	NiCr-Ni	K	- 270 – +1370 °C	$\sim 0,41 \frac{mV}{10^{\circ}C}$	+ piros - zöld k zöld
PlatinaRhodium - Platina	Pt10Rh-Pt	S	- 50 – +1770 °C	$\sim 0,07 \frac{mV}{10^{\circ}C}$	+ piros - fehér k fehér
	Pt13Rh-Pt	R	- 50 – +1770 °C		
	Pt30Rh-Pt	B	- 0 – +1820 °C		+ piros - szürke k szürke
Réz - Konstantán	Cu-CuNi	T	- 270 – +400 °C	$\sim 0,43 \frac{mV}{10^{\circ}C}$	+ kék - piros k kék
	DIN43710	U			
KrómNikkel - Konstantán	NiCr-GuNi	E	- 200 – +950 °C - 330 – +1740 °C		

„k” jelentése: köpeny

4. melléklet

Folyamatjellemzők szabványos betűjelei

5.2. táblázat. Folyamatváltozók alap és kiegészítő betűjelei az ISO 3511-3 egységes nemzetközi szabvány alapján

A mért jellemző megnevezése és jele		A mérés jellege és a kiegészítő jel	
Szint	L	Alapkör (Egy jellemző)	
Nyomás	P	Biztonsági, megbízható (Alapkör, egy jellemző)	S
Hőmérséklet	T	Különbség (Két jellemző)	D
Áramlás	F	Arány (Kettő jellemző)	F
Frekvencia, Sebesség, Gyorsulás	S	Összegzés (Kettő vagy több jellemző)	Q
Áram	I		
Feszültség	E		
Teljesítmény	J		
Erő, Súly	W		
Távolság	G		
Nedvesség	M		
Sürűsség	D		
Vezetőképesség	C		
Radioaktív változók	R		
Stb.			

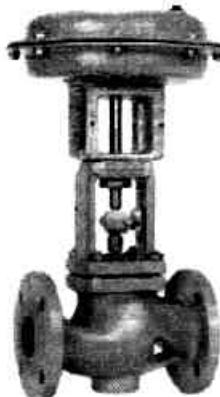
5. melléklet

Szabályozó szelepek és végrehajtók

A német szakirodalom a beavatkozót és végrehajtót együtt **állítóműnek** nevezi. A magyar terminológiában értett, elfogadott, de nem használt ez a kifejezés.

Az 5.4 ábra a SAMSON cég németnyelvű katalógusának magyar nyelvű fordításából lett átvéve.

Az angol szakirodalom is van megnevezés az **állítóműre** (actuator).



Pneumatikus állítómű
Tipus 3277



Kiegészítő kézi hajtás



Villamos állítómű

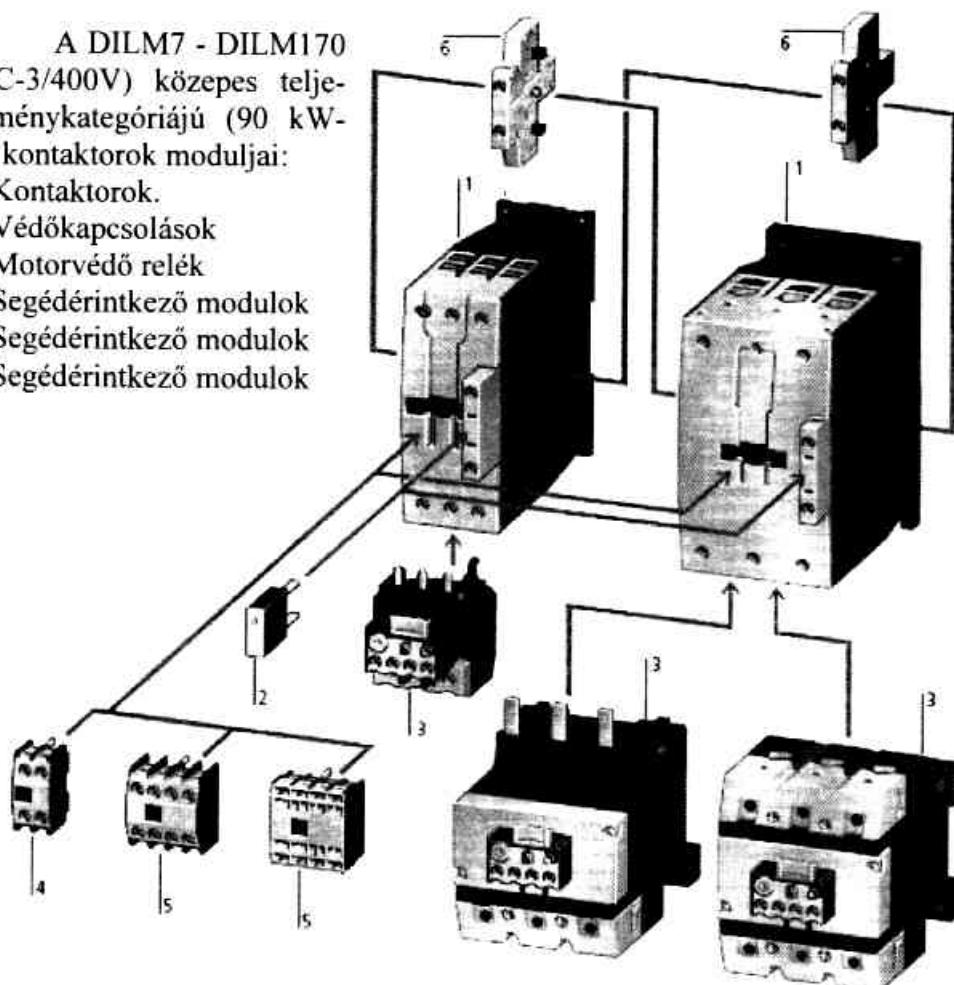
5.4. ábra Szabályozó szelepek

6. melléklet

Mágneskapcsolók moduláris felépítése

A DILM7 - DILM170 (AC-3/400V) közepes teljesítménykategóriájú (90 kW-ig) kontaktorok moduljai:

1. Kontaktorok.
2. Védőkapcsolások
3. Motorvédő relék
4. Segédérintkező modulok
5. Segédérintkező modulok
6. Segédérintkező modulok



5.3. ábra. A Moeller cég DILM mágneskapcsoló moduláris felépítése