

**Budapesti Műszaki Főiskola
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Műszertechnikai és Automatizálási Intézet**

Automatizálás eszközei

Neszveda József

BMF KVK 2054
Budapest, 2009.

Lektor:
Dr. Hartkay Tamás

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

Tartalomjegyzék

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

Előszó

Az „Automatizálás eszközei” jegyzet áttekintő jellegű. A Villamosmérnökök 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 le-
tölthető termékismertetőik 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>)

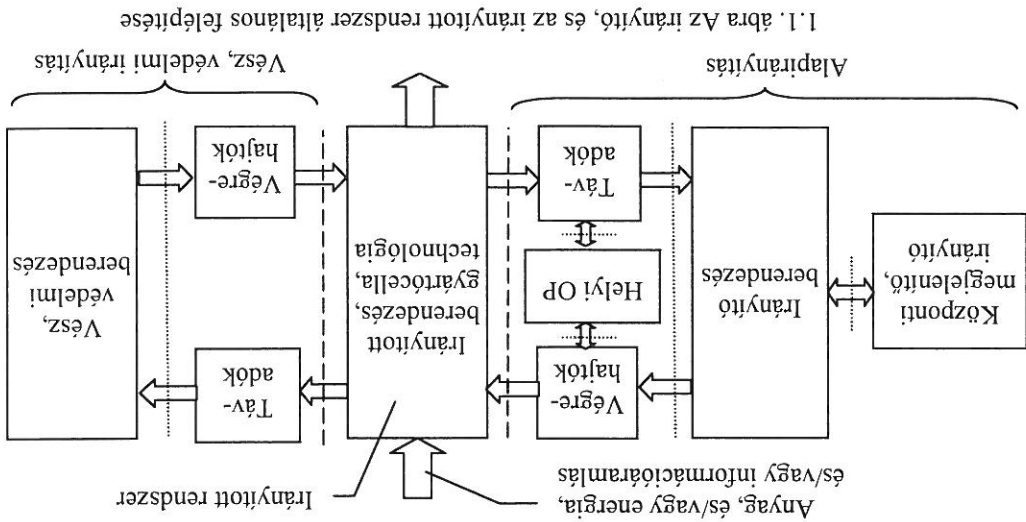
A jegyzet a mai gyakorlatban átlagos műszaki paramétereket közli az
érzékeny és beavatkozó eszközök ismertetésekor. A fenti cégeknek van olyan
csúcscsoport, amelyek adatai jobbak a jegyzetben szereplőnél.

1. Alapfogalmak

1.1. Az automatizálás célja

Az automatizálás célja, hogy az anyag (és/vagy energia, és/vagy információ) áramlás egy gépencsoporton, minél kevesebb emberi beavatkozást igénylő módon, egyenletes minőségben, az előírt költségkalkuláció mellett teljesítve, balesetmentesen menjen végbe.

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 - részről 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** alakítják. Az 1.1. ábrán látható, elkülönült blokkokkal jelölt, irányító rendszer részek megnevezése és feladatuk az alábbiak:

♦ **A távadó** feladata, hogy a folyamatjellemzőknek egy folytonos jeletartományt érzékeljék és feldolgozható folytonos jeletartományá alakítsák át, vagy kétállapotú logikai jel formájában információt közöljenek a berendezés állapotáról, helyzetéről, illetve a technológia folyamatjellemzői-

- nek értékéről. A kétállapotú feldolgozandó jeleket szolgáltatató eszközöket **kapcsolóknak** nevezik.
- ◆ **Az irányító berendezés és a vész-, védelmi berendezés** feladata, hogy a bemenetire érkező jelek alapján, az irányítási algoritmusnak megfelelően, adjon ki a kimenetire 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 tartásák.
 - ◆ **A központi megjelenítő, irányító berendezés** feladata, hogy ellenőrző és parancsadó felületet biztosítson a kezelő személynél számára, amelyen keresztül összehangolhatóak 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 állapotaáról az irányított rendszer berendezései mellett is lehessen tájékozódni, 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 **szakasz**nak is nevezik. Az 1.1. ábrán az irányított rendszer határvonalát szaggatott vonal jelzi. A szaggatott vonalakon keresztül, az irányított rendszerhez kötött jeleket **jellemzők** alkotják. Az irányított berendezésben, gyártócellában, vagy technológus által előírt módon, a kezelő személynél által vezérelt vagy automatikusan - történik az anyagmegmunkálás, vagy anyag átalakítás. A megnevezésbeli különbségek az irányított rendszer összetettségére, és jellegére utal.
 - ◆ **Az irányított berendezés** egy konkrét műveletet végző (például: présgep, keverőtartály, stb.) **egység**.
 - ◆ **A gyártócella** a gyártásautomatizálásban használt szakkifejezés, az összetartozó műveletet végző, összehangoltan működő berendezéscsoport megnevezésére (például: festőcella, stb.).
 - ◆ **A technológia** a folyamatos, és szakaszos technológiákban használt szakkifejezés, az adott célt szolgáló berendezéscsoport együttes megnevezésére (például: szennyvíztisztító technológia, konzervtöltő technológia, stb.).

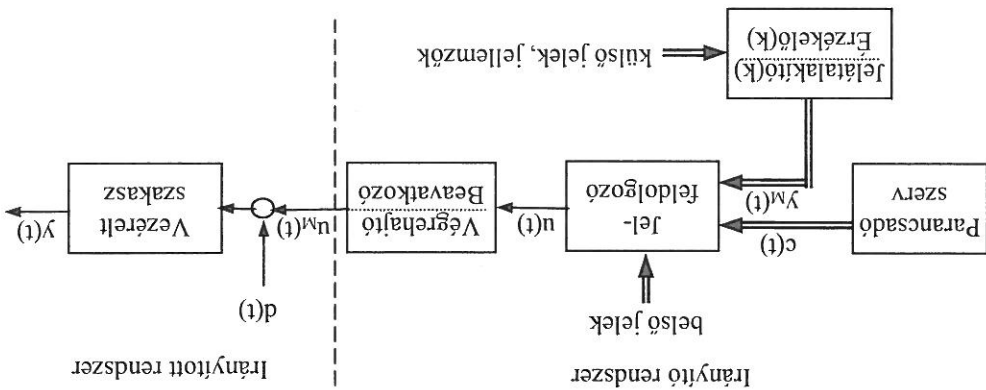
1.2. Szervek, jelek, jellemzők

A legtöbb összetett irányítási feladat felbontható egymástól független, egy kimenetű (egy irányított jellemzőjű) rendszerekre. Az egymástól független rendszereknek, mint önálló irányítási rendszernek, irányítási struktúráját kell választani. Az irányítási struktúra kiválasztása az irányított részrendszer matematikai modelljétől függ. Az irányított rendszer matematikai modelljét **szakaszmodellnek** nevezik.

Az irányítási tevékenységeket: a beavatkozót nem tartalmazó, nyílt hurkú **mérésadatgyűjtés és feldolgozás** (data acquisition), valamint a beavatkozót tartalmazó nyílt hurkú irányítás (open loop control), amit a magyarázat szaktirodalom **vezérlésnek**, és zárt hurkú irányítás (closed loop control), amit a magyarázat szaktirodalom **szabályozásnak** nevez.

A további 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.

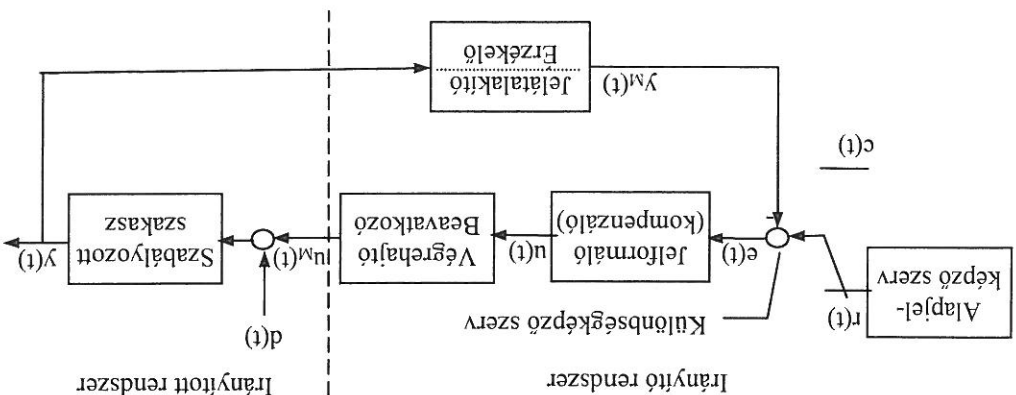
A vezérlés alkalmazásakor rendelkezniünk kell olyan szakaszmodellel, amely a szakaszra ható mért jellemzők értékeinek ismeretében, kielégítő pontossággal megadja az irányítási célnak megfelelő módosító jellemző értékét. A vezérlés hatásvázlatát a 1.2 ábra mutatja.



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 modellek - 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 vázlata, 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 kompartment irányítási rendszer (pl.: mechanikus szint távado, szabályozó szelep helyi leírása egy másba 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 feladatokról blokkokból épül fel az vezérlési lánc, és a szabályozási kör.

A szervek bemeneti jelek, vagy jelek gerjesztik, a kimenetek 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 információ 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, végrehajtok megjelenésével a jelek információt hordozó szerepe még szembeötlőbb.

A jellemző (variable) fizikai közeg (°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 jelek 1.2. és 1.3. ábrákon jelzett támadáspontja természetesen absztrakció, hogy egy bemeneti, egy kimeneti blokkokkal lehessen leírni az irányítási rendszert. A zavaró jelek nem csak 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 **alapsjel 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 (mΩ, μm, stb.) jól továbbítható és feldolgozható jele 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 összelettek az irányító rendszerrel lévő blokkok.

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

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

1.3.1. A jelek illesztése

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 jelartományát képezik le jól továbbítható, jól feldolgozható jelartománnyá.

1.3. Jelek illesztése. Szabványos ipari jelartományok.

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

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

lasztják ki. (állandósult állapotbeli) és dinamikus (transziens) tulajdonságaik alapján vá- gaik. Egy konkrét alkalmazásban az eszközöket műszaki szempontból statikus is vannak statikus (állandósult állapotbeli) és dinamikus (transziens) tulajdonsá- Ennek megfelelően az irányítási láncot vagy hurkot felépítő blokkoknak rül. Az átmenetet a munkapontok között **transziens viselkedésnek** nevezik. A dinamikus viselkedés az irányított berendezés vagy technológia fizi- kai jellemzőinek időbeli lefolyását írja le, amíg az irányított berendezés vagy technológia az egyik egyensúlyi állapotából a másik egyensúlyi állapotába ke- ritkábban statikus állapotnak nevezni.

tékei nem változnak. Az egyensúlyi állapotot szokás **állandósult állapotnak**, zik, amikor az irányított berendezés vagy technológia ki-, és bemenetinek ér- Az irányított berendezés vagy technológia egyensúlyi állapotának neve- *lásis felépítésű PLC, stb.).*

ség, amelynek önálló technológiai, vagy irányítási feladata van. (pl.: modu- rendelkező, szerkezetiileg is körülfutatható, többnyire kicserélhető egy- Berekndezés: Egy vagy több szervőből álló és több be-, kimeneti jellel

lek több szervőből is állhat. (pl.: helyzeibeállító végrehajtó, stb.).

◆ **Készülék:** Szerkezetiileg körülfutatható, rendszerint kicserélhető egység, amelynek önálló technológiai vagy önálló irányítási feladata van. A készü-

sakor 200 °C – 650 °C közötti hőmérséklet az szabályozott jellemző értelmezé-

si tartományya.)

Akár analógjel,

akár kétállapotú jel ki-me-

netű jelillesztőt alkalmaz-

nak, az (y) irányított jel-

lemző maximális (y_{max}), és

minimális (y_{min}) értékét de-

finálni kell, mert ez hata-

rozza meg az érzékelő je-

lének (ys) jeltartományát.

Analóg jel esetén

az irányított jellemző meg-

engedett maximális (y_{max})

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

Az ellenőrző jel (y_M) egy közönsé értékéhez az 1.1. kifejezéssel meg-határozható irányított jellemző (y) érték tartozik.

$$y_M(t) = y_{Mmin} + \frac{y_{Mmax} - y_{Mmin}}{y(t) - y_{min}} (y(t) - y_{min})$$

<1.1.>

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

Akár analóg, akár kétállapotú jel bemeneti végrehajtot alkalmaznak, a ki-meneteik, vagyis a beavatkozó jel korlátai (u_{max}, u_{min}) megszabják a módo-sított jellemző maximális (u_{max}) és minimális (u_{min}) értékét.

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

Analóg bemeneti jelü végrehajto esetén a végrehajto jel maximális és minimális (u_{max}, u_{min}) értékét kell megfigyelni a beavatkozó jel maximális és minimális (u_{max}, u_{min}) értékével, majd ezt a módosító jellemző (u_{max}, u_{min}) maximális és minimális értékével. A végrehajto jel (u) egy közönsé értékéhez tartozó módosító jellemző (u_M) érték az alábbi.

$$u_M(t) = u_{Mmin} + \frac{u_{Mmax} - u_{Mmin}}{u(t) - u_{min}} (u(t) - u_{min})$$

<1.2.>

Kétállapotú bemeneti jelű végrehajító esetén a végrehajító jel csak a maximális és minimális ($u_{\max}$, $u_{\min}$) értékeket vesz fel, és ennek megfelelően egyszerűsödik az 1.2. kifejezés.

Az irányító berendezés diszkrét (kT_0) időpontokban olvas és ír a be-, és kimenetbe, és számokat, számítartományokat értelmez. A bemeneten levő A/D, és a kimeneten levő D/A konverzióhoz illeszkedve definiálni kell az M konverziós számot. Az A/D átalakító felbontása azt mutatja, hogy az átalakítók milyen hosszú digitális számmá alakítják át az analóg jeltartományt.

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

$$YR(kT_0) = \frac{Y_{M_{\max}}^M [dim] - Y_{M_{\min}}^M [dim]}{Y_M(kT_0) [dim] - Y_{M_{\min}}^M [dim]} \cdot M$$

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 végrehajító jelhez rendelni.

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

Az irányító berendezés a diszkrét időpontokban ír $u(kT_0)$ értéket a következő diszkrét időpontig folyamatosan tartja a kimenetben.
Példa: Egy szoba termosztát érzékelője $\{2 - 10\}$ V_{DC} jellet szolgáltat, amivel $\{0 - 40\}$ °C közötti szobahőmérsékletet akarunk előírni. A végrehajító $\{4 - 20\}$ 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:

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

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

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

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

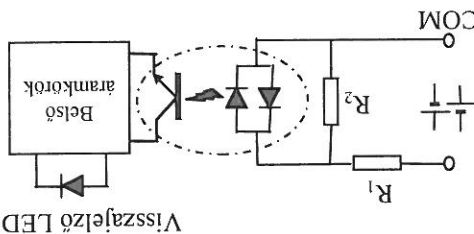
1.3.2. Az szabványos ipari be-, kimenetek (I/O) műszaki adatai

A pneumatikus és a hidraulikus berendezések számára is kidolgoztak szabványos jeltartományokat. 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.) optocsatolóval galvanikususan leválasztott kétállapotú bemenetinek típusos áramköri kapcsolása látható az 1.6. ábrán. Az 1.6. ábrán szaggatott vonallal határtolt optocsatoló érdekessége, hogy pozitív és negatív polaritású egyenfeszültséggel, valamint váltakozó feszültséggel is működtehető. A váltakozó feszültséggel működtetett jelbemenetek áramköri kapcsolásában (1.7. ábra) az R_1 , C_1 szűrő a felharmonikus tüskék ellen védi az optódioda párost.

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



Az irányító berendezések moduljain az egyenfeszültségű kétállapotú ipari jelbemenetek - leggyakrabban

8-as csoportokba összevonva találhatók. A váltakozó feszültségű kétállapotú ipari jelbemenetek is 8-as csoportokba összevonva, ritkábban egyenástól függetlenül találhatók. Egy modulon az egyenástól függetlenül találatok. Azonos módon kell gerjeszteni.

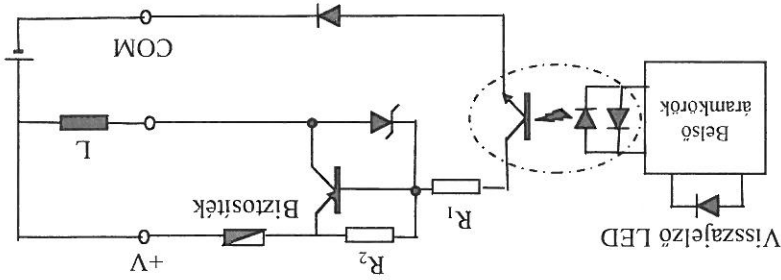
A bemenetek összevonásának előnye, hogy 8 bemenet bekötéséhez 10 sorkapocs hely (táp, föld, 8 bemeneti pont) elegendő. Az 1.6. ábrán a „COM” (common = közös) az összevont bemeneti pont.

Megjegyzés: Az irányító berendezések akkor alkalmaznak váltakozó feszültségű kétállapotú ipari jelbemeneteket, ha ilyen jeleket szolgáltató elemek (mágnescapcsoló, szilárdtest relé, stb.) csatlakoztatunk hozzájuk. Gyakran ilyen igény esetén is, az irányító berendezések kétállapotú 24 V_{DC} ipari jelbemeneti modulokat tartalmaznak, és relé sorral valóstítják meg a jelillesztést.

Az áram felvételi bemenetenként 10 mA .

A 0 – 24 V_{DC} logika a legelterjedtebb. Értelmezése azonos a kétállapotú 24 V_{DC} bemenetével.

1.8. ábra Kétállapotú PNP tranzisztoros ipari jelkimenet



Megjegyzés: A reed-relek érintkezőit, véde a korróziótól és szennyező-déslől, inert gázzal töltött üvegcsőbe szerelik. Mágneses térben a jól vezető, ferromágneses anyagból (FeNi) készült érintkezők átmágneseződnek, és egymáshoz kapcsolódnak.

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

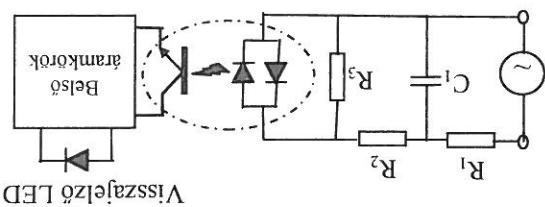
Diszkrét (kétállapotú) kimenetek

Négyesügimpulzus sorozat frekvenciájának változtatásával is lehet kétállapotú logikát létrehozni. Nehány érzékelő (rezgő villas szintkapcsoló, közeliéskapcsoló, 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 kimenetek kétállapotú jeleit szolgáltatató áramköröket.

A 0 – 230 V_{AC} logika értelmezése: 40 V_{AC} alatt logikai „0”, és 150 V_{AC} felett logikai „1”.

A 0 – 110 V_{AC} (amerikai), illetve a 0 – 230 V_{AC} (európai) kétállapotú jelbemenet alkalmazása nem gyakori.
A 0 – 110 V_{AC} logika értelmezése: 20 V_{AC} alatt logikai „0”, és 60 V_{AC} felett logikai „1”.

1.7. ábra Kétállapotú váltakozó feszültségű ipari jelbemenet



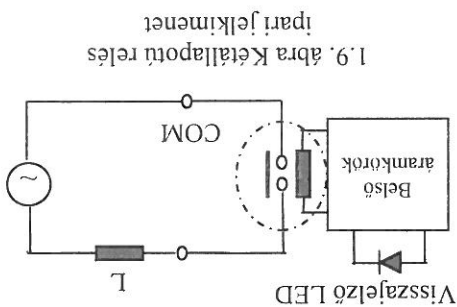
Az irányító berendezések moduljain az open kollektoros tranzisztoros kimenetek leggyakrabban 8-as csoportokba összeszavonva találhatók.

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 mindig van valamennyi szivárgási árama és maradék feszültsége, hiszen a zárt állapot nem valódi galvánikus szakadás. Ha szivárgási áram nem megengethető, akkor reed-rele kontaktus kimenetet kell alkalmazni. Ugyancsak reed-rele kontaktus kimenet szükséges váltakozó feszültségű tápellátás esetén is.

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



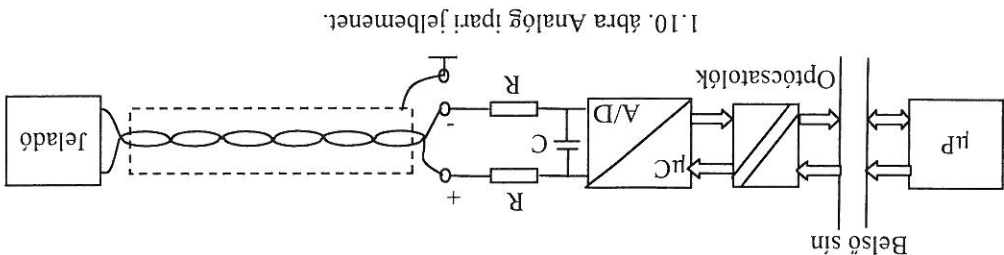
A reed-rele kontaktus kimenetek, vagy 0 – 24 V_{DC}, vagy 0 – 110 V_{AC}, illetve 0 – 230 V_{AC} logikának megfelelő tápellátást igényelnek. Egy reed-rele kontaktus kimenet két sorbakapcsolt igényel. Így 8 független kivezetésű kimenethez 16 sorbakapocs hely szükséges. Vannak olyan modulok, amelyekben a reed-rele kontaktusok is 8-as csoportokba összeszavonva találhatók. Egy modulon lévő kontaktus kimeneteket, még ha független kivezetésűek is, csak azonos tápfeszültséggel szabad meghajtani.

A 24 V_{DC} tápellátású kimenet típustól független 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 fázis-
szög) betartására.

Analóg bemenetek

A jeladók a szabványos ipari jel tartományokat használják. Ipari környezetben legelterjedtebb $0/4 - 20$ mA jel tartomány, mert jelvesztés nélkül nagy távolságra (több száz méter), több eszköz (analóg jelbemenet, helyi kijelző) bemenetén keresztül vezethető, és a feszültség jelhez kevésbé zavar érzékeny. Elektromágnesesen zajos környezetben, galvanikus leválasztás nélkül, az analóg jeladó jelet árnycskolt, sodrott, és a lehető legrovidebb ($10 - 20$ 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 árnycskolást csak az egyik végén, általában az irányító berendezésén, a védőföldre kell kötni.

A mért jelet szimmetrikus, passzív RC zavaraszűrő fogadja a vezérő berendezés analóg jelbemenetén (1.10. ábra). A szűrt jel a mintavevő, majd az A/D (Analog/Digital Converter) átalakítóra kerül, amelyek a mikroprocesszor által vezérelt célaramkörrel vannak egybeépítve. Így szoftverből konfigurálható, hogy mi a fogadott jel tartomány ($0/2 - 10$ 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 bite a konvertált analóg jel tartomány $1/4$ ezrelékénél kisebb analógjel változásának felel. Például $4 - 20$ mA jel-tartományt esetén, kb. $3,9 \mu A$. A zaj amplitúdó általában ennél nagyobb.

Azért, hogy a belső sínre galvanikus hiba ne kerülhessen, az A/D átalakítóról egy optocsatoló soron keresztül jut a belső sínre az adat. A valódi megoldás, ha a galvanikus leválasztás a passzív RC szűrő és az A/D átalakító között van elhelyezve, hiszen a galvanikus hiba meghamisítja az A/D jelkonverziót. Az analóg jel galvanikus leválasztása költséges elektronikai 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 optoccsatoló soron keresztül jut a D/A átalakítóra az adat. A D/A átalakító kimenetét egy illesztő elektronika alakítja át valamely szabványos jeltartományú jellé. 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 árnyékoltt, sodrott, és a lehető legrovidebb érpáron kell vezetni.

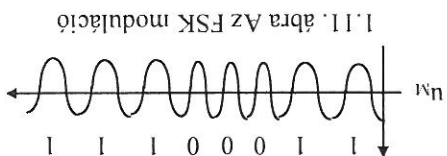
1.4. A távadók, végrehajtók generációi

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

- ◆ „C” generációs: Analóg működésű, szabványos (0/4-20mA, 0/2-10V) analóg áramjelű, vagy feszültségjelű távadók, végrehajtók.
- ◆ „D” generációs: Digitális működésű, egyen analógjelre ültetett frekvenciamodulált analógjelű (smart) távadók, végrehajtók. A szabványos egyen analógjel egy-, a frekvenciamodulált 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 áram-jelét $\pm 0,5$ mA amplitúdójú és egy adott időablak hosszúságú, kétféle frekvenciájú (Bell 202 szabvány esetén például 2200 Hz = „L”, 1200 Hz = „H”) szinusz jellel 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 kifele analóg működésűnek látszanak.

Az „E” generációs (Field busz-, azaz terepi busz) rendszerű távadók kimeneti, illetve végrehajtott bemeneti jele digitális távirat. Az „E” generációs eszközök használati értéke és „intelligenciája” azonos a „D” generációs távadókéval, de a kábelvezetési 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, végrehajtott. A „C” generációs villamos távadók, illetve végrehajtott táplálásának

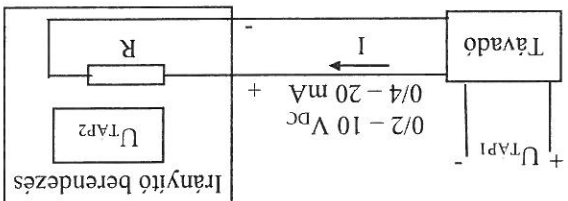
négyféle változatát alkalmazták.

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

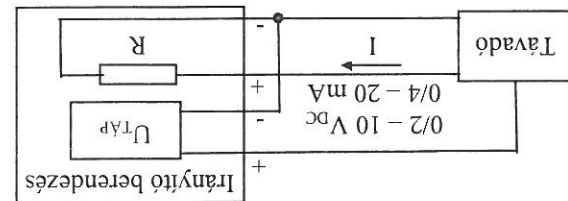
A négyvezetékű végrehajtott vezetékezés nagyon hasonlít a 1.12.a. ábrához. Az

analóg kimeneti modul áram-, ellenállás a végrehajtottban van. Ertelemszerűen az áramnyíl iránya fordított.

1.12.a. ábra. A négyvezetékű távadók vezetékezése



1.12.b. ábra. A háromvezetékű távadók vezetékezése



1.12.b. ábra. A háromvezetékű távadók vezetékezése

A háromvezetékű (1.12.c. ábra), (24 V_{DC} tápellátású) távadó, és 24 V_{DC} tápellátású irányító berendezés.

A kétvezetékű (1.12.c. ábra), (24 V_{DC} tápellátású) távadó, és 24 V_{DC} tápellátású irányító berendezés.

A kétvezetékű (1.12.c. ábra), (24 V_{DC} tápellátású) távadó, és 24 V_{DC} tápellátású irányító berendezés.

A kétvezetékű (1.12.c. ábra), (24 V_{DC} tápellátású) távadó, és 24 V_{DC} tápellátású irányító berendezés.

A kétvezetékű (1.12.c. ábra), (24 V_{DC} tápellátású) távadó, és 24 V_{DC} tápellátású irányító berendezés.

A kétvezetékű (1.12.c. ábra), (24 V_{DC} tápellátású) távadó, és 24 V_{DC} tápellátású irányító berendezés.

A háromvezetékű végrehajtott vezetékezése hasonlít a 1.12.b., a kétvezetékű végrehajtott vezetékezése pedig a 1.12.c. ábrához.

1.5. Az irányítástechnikai eszközök besorolása a működés környezete alapján

Az irányítástechnikai eszközök környezete egyrészt a működési helyszín mikroklimájára, másrészt a működési helyszín elektromágneses szmog szintje alapján osztályozható. Az irányítástechnikai eszközök döntő többségének, elsősorban a terepi eszközöknek, nagyon mostoha körülmények között kell nagy megbízhatósággal üzemelni.

Megjegyzés: Mostoha ipari körülmények alatt, klimatikus viszonyokat, elektromos, vagy mágneses zavaró hatásokat, agresszív-, korrozív közegeket, vibrációs hatásokat, tűz és robbandó 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 szennyeződés, vagy a légkörbe kerülő korrozív anyagok (pl. ammónia, kénhidrogén, klor, stb.) okozta hatás.
 - ♦ Rázás okozta hatás (nagyon alacsony frekvenciájú vibráció).
 - ♦ Villamos szikra, villám okozta hatás.
 - ♦ Robbanásveszélyes gázok, gőzök 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 térben is előfordul.
 - Minden irányítástechnikai eszköznek rendelkeznie kell (IP) idegen test, és vízbehatolás elleni védettség besorolással. Ezért a kereskedelmi forgalomba kerülő irányítástechnikai eszközöket mechanikai és vízbehatolással szembeni ellenállóságig tesztnek vetik alá.
 - A besorolás több fokozatu, és két számjegy írja le. Az IP utáni első számjegy az idegen test, a második számjegy a víz behatolással szembeni védettségi 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 igénybevételű jelentő feladatok mellett üzemelő irányítástechnikai eszközöket többféle vizsgálatnak vetik alá:*
- ♦ Száras és nedves melegeállósági vizsgálatnak.
 - ♦ Gyors hőmérsékletváltozási vizsgálatnak.

10-6 J	CMOS (mikroprocesszor, memória) áramkörök
10-4 J	Kapcsoló tranzisztoros kimenetek, lápegységek
10 J	Elektromechanikus eszközök (relék, nyomógombok)
10 ² J	Tűzsztorok, triacok

hiba a különböző áramkörökben.

megvizsgáljuk, hogy az elektromágneses szmog mekkora energiaszintje okozhat rök terjedése az irányítástechnikai eszközökben. A problémát jól érthetően, ha zók zavarvédelmi megoldani, és megkezdődött a mikroelektronikai áramkö- Megjegyzés: 1980-as évek elejére sikerült az irányítástechnikai eszköz- an fellelhető EMC probléma.

zik a fenti szabványok tanúsítványával, akkor is a teljes rendszerre vonatkozó- Ha egy rendszert csupa olyan berendezésből építjük fel, ami rendelke- szabvány betartása. Az EN (European norm) Európa Unió Szabvány. zavarforrásokat leíró EN 50081-2, valamint a zavarátírás leíró EN 50082-2 de elvárás a forgalomba hozott irányítástechnikai berendezésekkel szemben a Magyarország az MSZ IEC 50 (161-01-07) alapszabvány a hatályos,

és mint zavarforrást.

képesség szempontjából, vizsgálni a zavarforrást, boratóriumban - be kell írt módon, akkreditált la- zést - szabványokban le- Minden berende-

amelyhez más berendezések is tartoznak, hátrányosan befolyásolná. tak létre kielégítően működik anélkül, hogy elektromágneses környezeti, ses környezetben, amelyet más berendezések, vagy természeti jelenségek hoz- valamely villamos berendezésnek azon képessége, hogy a saját elektromágne- A szabványban leírt definíciója: Az elektromágneses összetérhetőség

1.5.2. Elektromágneses összetérhetőség (EMC)

- ◆ Penész-, por-, és homokállásági vizsgálatoknak.
 - ◆ Agresszív közeg (pl.: kénhidrogén) állásági vizsgálatnak.
- A terpmi eszközök üzemeletetésénél messzememenően figyelembe kell venni, hogy milyen éghajlaton (makroklimán) üzemel. A makroklima viszonyokat, és az ebből fakadó elvárásokat szabványok írják le.

2. Érzékelők, távadók, kapcsolók

Az **érzékelő** (sensor) információt szerez az irányítás tárgyát képező folyamatról. (A magyar szakirodalom használja a szenzor elnevezést is.) A folyamatjellemzők vizsgálандó értéktartományára 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-, frekvenciaváltozás, stb.) szabványos jeltartományú jélé 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 érzékelőknek nem változhatnak fizikai tulajdonságai.
- ◆ A kis jelkésleltetés, mivel az érzékelőknek gyorsabbnak kell lennie a mért folyamatjellemző változasi sebességénél, hogy időkéésés nélküli információát szolgáltatasson.
- ◆ A nagy érzékenység, és minél nagyobb mérési tartomány, hogy kellően pontos legyen.

A kapcsolókban mindig 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.: áramlástávadó, stb.).

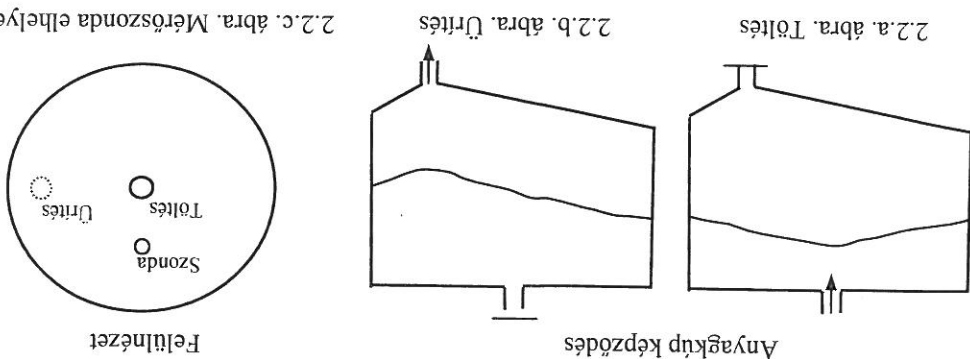
- ◆ Mérérendszer alkotó egység (pl.: gázkromatográf, stb.). A mérőrendszer vagy több jelet együttesen mér és értékel ki, vagy az érzékelőn, és a jelátalakító elektronikán túl tartalmaz valamilyen a méréshez szükséges egyéb - pl. mechanikai - szerkezetet.

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 Szintérzékelés

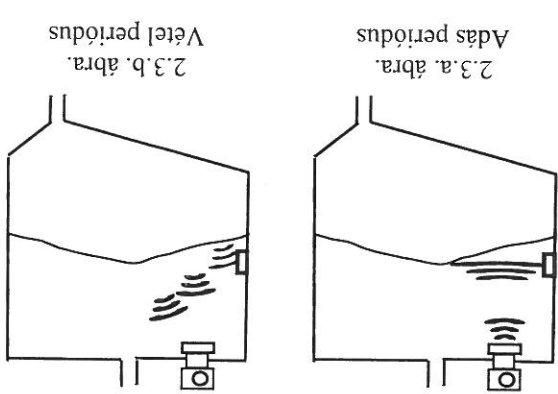
Folyadékok, vagy szilárd (por vagy granulátum) halmazállapotú anyagok szintjét lehet mérni nyitott, vagy zárt tartályokban. A szilárd halmazállapotú anyag, mérésének külön problémája az anyagkúp képződés (2.2. ábra.).



A fizikai elv alapján elektromechanikus, hidrosztatikus, impulzus (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 egyenlően felszínról, vagy a tartályba épített szelvényekről szóródnak. Az impulzusok frekvencia tartománya alapján be-szelnek ultrahangos, radaros, vagy mikrohullámu 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 annak a frekvenciáját könnyű mérni. A rendszer saját frekvenciája a mechanikai és/vagy villamos paramétereitől függ. Az ezen az elven működő érzékelők 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 villany-motor kötéltre kötött súlyt ereszt a töltőanyag felszínéig. Amikor a súly eléri az anyag felszínét, a motor visszatekercseli a kötelelet, amelynek hossza mutatja a szintértéket.

Az elektromechanikus szinttávadó komplett mérőmű, amely mérést végrehajtó mechanikából, valamint a mechanikát vezérlő, a kötélhosszt mérő, és egy jelelillesztő elektronikákból áll. Csak analóg jelartomány mérésére alkalmaznák, 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.

Előnye a pontosság és a robosztus kivitel. Hátránya az összetett mechanika, a rendszeres és sűrű karbantartás igény, és a nagy mintafrekvenciási idő.

Hidrosztatikus szinttávadó

A hidrosztatikus szinttávadó nyomásmérésre vezet vissza a szintmérést. A folyadékok, esetleg pasztaszzerű anyagok hidrosztatikai nyomását mérik. 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 költéségük okán - csak folytonos szintmérésre használják. Speciális nyomásközzvetítő előtétellel jól felhasználható élelmiszeripari és gyógyszeripari technológiákban, amikor biztosítani kell, hogy forró gőzzel 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 lineárizálja, és hiszterezis 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 olcsóbb, de az alacsonyabb hullámhossz miatt, az alkalmazhatóságot korlátozza a tartály magasság/keresztmetszet aránya, valamint gőzökkel telített vagy nagyon poros légtérben 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 frekvenciatarományban 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 értékelés, és az egyenletlen felszínt átlagoló mérési elv.

A mikrohullámú szinttávadó

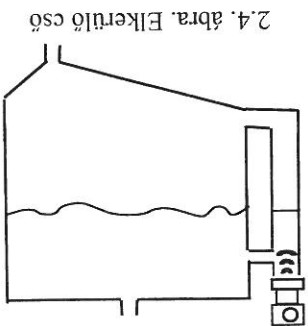
A mikrohullámú szinttávadók szintén az impulzus visszhang elvén működnek. Ezek szinttávadók is komplett mérőművek.

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

A mikrohullámú szinttávadó – a jól fókuszált sugárnyaláb miatt – a hosszú keskeny tartályokban is alkalmazható. Ez a mérési elv teszi lehetővé – erősen hullámzó fel-

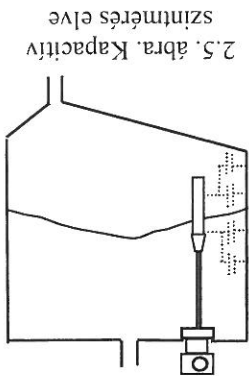
lyokban is alkalmazható. Ez a mérési elv teszi lehetővé – erősen hullámzó felülyökben is alkalmazható. Ez a mérési elv teszi lehetővé – erősen hullámzó fel-

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



Kapacitív távadó.

A kapacitív távadó a frekvencia elhangolás elvén alapul. A kapacitív szinterzárkék elvén működő, a tartály anyagszintjétől függő, villamos kapacitás-átalakítás mérhető. A kapacitás-átalakítás a tartályt töltő anyag, és az üres tartályrész dielektromos állapotának különbözőségétől függ. Az elektrodák kapacitása része egy RLC áramkörnek, amelynek így változik a saját frekvenciája. Az elektrodák merev rudban, ritkábban tányérfelületen vannak elhelyezve. Az elektrodákat tartalmazó rud löghat egy kötélen (2.5. ábra). A katálógusok ennek megfelelően rud vagy kötéli elektrodás szinttávadóról beszélnek. A kapacitív távadókhoz külön rendelhető jelöldolgozó/illesztő elektromos nika és elektroda. A jelöldolgozó/illesztő elektromonikához a mért közegtől és a mérési tartománytól függően különböző elektrodák illeszthetők.



A mért közeg lehet folyadék, vagy ömlesztett halmazállapotú anyag. Az egy elektrodás szondák esetén a mérőelektroda a tartályfállal együtt képez egy kondenzátort (2.5. ábra.), és a töltőanyag dielektromonikánként viselkedik. A tartályfal sok esetben nem lehet része a villamos rendszernek. Ilyenkor két elektrodát tartalmazó szondákat alkalmaznak.

A mérési elv széles nyomás és hőmérséklettartományban egyaránt alkalmas közepes vagy nagy ömlesztett halmazállapotú anyagok mérésére a kötéli elektrodás szinttávadó korlátozottan alkalmas.

A saját frekvencia tartománya 300 – 400 kHz. Az elektroda rud 1 – 4 m hosszú. Az elektroda rud kötéltől legfeljebb 20 m-es távolságra löghatható. A teljes eltérés 1 – 2 %.

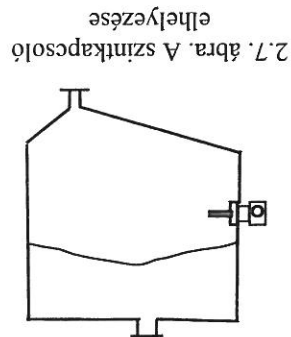
2.1.2. Szintkapcsolók

Konduktív szintkapcsolók

A konduktív (vezető képesség) érzékelés elektrodái kapcsolóként viselkednek. Ha vezetőképes folyadék kerül az elektrodák közé, akkor a változó áramú feszültség generátor áramkörre záródik, és mérhető áram. A változó áram az elektrolízis kialakulását (folyadékbonthat) és az anyaglerakódást kizárja. Fémtartályok esetén az egyik elektroda lehet a tartály fala.

Vibrációs szintkapcsolók

A por, vagy granulált ömlesztett (cement, gábo-na, stb.) anyagok vibrációs szintkapcsolók érzékelője 1000 – 1200 Hz-el rezegtetett rúd. Folyadékok esetén rezgővillát (hangvillát), ami 300 – 400 Hz-el rezeg, alkalmas alkatrészt tartalmaz. Az egyik piezoelektromos alkatrész mozgatja a rudat vagy hangvillát, a másik mér a rezgés frekvenciáját, ami elhangyolódik, amikor a szonda a mért anyaggal fedett (2.7. ábra.). A frekvencia elhangyolódását kiértékelő elektronika érzékeli, és kapcsolja a kimenetet.



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

Kapacitív szintkapcsoló

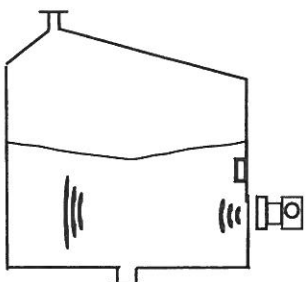
A kapacitív szintérzékelőket gyakran alkalmazzák szintkapcsolókkban is. Ez is költségghatékony megoldás.

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 alkalmasa té-

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: Tülnyomásos, zárt fémtartály-ban lárol, agresszív anyagok esetén radiometrikus (gamma sugárzó radioaktív anyaggal működő) szintkapcsolókat is alkalmaznak. Ezek alkalmazásához külön hatósági engedélyt kell beszerezni.



2.2. Nyomásérzékelés

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

és merev membránok.

A laza síkmembránok anyagai: gumi, bőr,

műanyag, gumitírozott textil. Az elmozdulás több

cm is lehet. A laza síkmembránok - az anyagvá-

lasztásból adódóan - nem alkalmasak folytonos

érzékelésre.

A rugalmas síkmembránok elmozdulása

néhány tízed 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 felület A_M és membrán rugalmas voltából c_R a membrán rugóállandója, akkor a síkmembrán átviteli tényezője:

$$K_{Ms} = \frac{p_1 - p_2}{h} = \frac{F \Delta p}{h F} = \frac{F \Delta p}{1 A_M c_R}$$

<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 érzékelőnek a rezgésekkel szemben, és az impulzussszerű nyomáslökésekre.
- ♦ Különösen nagy az ellenálló képességük agresszív, és tapadó anyagokkal szemben.
- ♦ Nincs öregedésük, és jól tűrik a változó terhelést.

Csőmembrán (szilfonmembrán) rugalmas anyag-

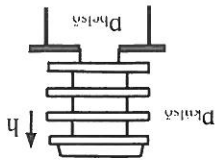
ból (berillium-bronz, foszfor-bronz) készült harmonika-

szerű csőv (2.8. ábra). A csőmembrán reprodukálhatóan

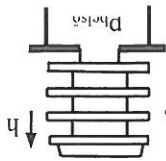
képes 20 – 40 [mm] elmozdulásra. A csőmembrán átvite-

li tényezője (K_{Ms2}) a 2.1. kifejezésnek megfelelő.

A csőmembránok statikus karaktertisztikája 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).



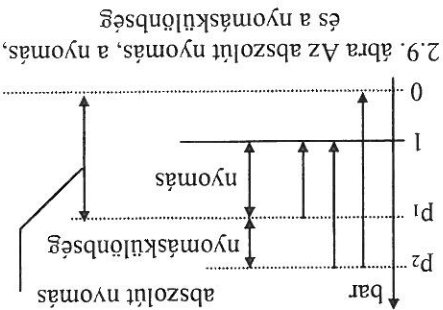
2.7. ábra Rugalmas síkmembrán elvi szerkezeti felépítése



2.8. ábra A szilfonmembrán elvi szerkezeti felépítése

A nyomásérzékeléskor megkülönböztetnek abszolút nyomást, relatív nyomást, és differenciális nyomást.

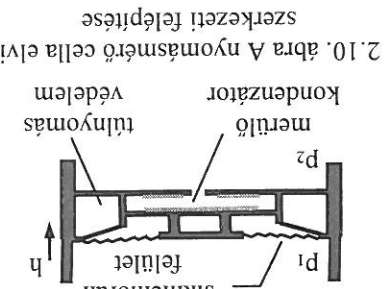
A 2.9. ábra mutatja, hogy az abszolút nyomást mérők a vákuumhoz (0 bar) viszonyított, a relatív nyomást mérők a légköri nyomáshoz (1 bar) viszonyított túlnyomást, a differenciális nyomást mérők két nyomást, a nyomáskülönbség mérők két nyomást, a nyomáskülönbség mérők két nyomást, a nyomáskülönbség mérők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



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

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

A korrozíóálló rugóacélból készült rugalmas síkmembrán fogadja a mérendő anyag nyomását (2.10. ábra). Ekkor rugóként viselkedik. A rugó kitérése sűrűdásmentesen áttevődik a síkmembrán tányérjához rögzített mérülő kondenzátor elmozduló fejezetére, a síkmembrán, mint rugót, a túlerhelés ellen kerámia test véd. Ezen található a mérülő kondenzátor fix fejezete.



2.10. ábra A nyomásmérő cella elvi szerkezeti felépítése

A 2.11. ábra a nyomáskülönbség mérésére egy lehetséges mérési elvet mutat.

A kerámia alaptestet mindkét oldalon kerámia membránok zárnak le úgy, hogy oldal-kamrák alakuljanak ki. A kerámia alaptestben fúrt kapilláris köti össze a két oldal-kamrát, így ez az üreget kitöltő olaj számára egy térnek számít. A kerámia membránok belső felületére felvitt elmozduló fejezetek, és a kerámia alaptestre felvitt fix fejezetek együttesen képeznek. A fellelő nyomáskülönbség hatására az olaj az egyik oldal-kamrából a másikba áramlik, és így mindkét membrán azonos mértékben, de ellentétesen deformálódik. A lemezkondenzátor kapacitásértéke fordítottan arányos a fejezetek távolságával.

2.11. ábra A nyomáskülönbség mérő cella elvi szerkezeti felépítése

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

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

Megjegyzés: A kerámia lapka deformálódása nem csak kapacitív elven mérhető. Például a kerámialapokra gözőlt piezo-kristályos anyag a deformálódással arányos, néhányszor $10 \mu V$ jelet ad le.

2.2.1. Nyomástávadók

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

Az egyéges 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 rugóval ellentartott laza síkmembrán vagy csőmembrán alkalmas. A mechanikai elven működő nyomáskapcsolók pontossága 2 – 5 %. A rugóval ellentartott laza síkmembránok, vagy csőmembránok működési elvükből fakadó kis hiszterezise, a nyomáskapcsolókban nem hátrány.

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

2.3. Hőmérsékletérzékelés

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

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

Fémhőmérők

Egy ellenállás huzal hőmérőket függése az alábbi:

$$R = R_{T_0} + \Delta R = R_{T_0} + \beta(T - T_0)$$

ahol T_0 a 0°C , T a mért hőmérőket, és R_{T_0} a 0°C hőmérőket mért ellenállás, R a T hőmérőket mért ellenállást jelenti. A β $\Omega/^\circ\text{C}$ hőmérőket ko-

efficiens az ellenállásváltozás és hőmérőketváltozás arányát adja meg.

Az ellenállásmérés hídkapcsolásban történik. A referencia hőmérőket-

ten kiegyenlítő a mérőhíd, a hőmérő ellenállásának (R_T) változása hatására

feszültség mérhető a híd keresztágában. A pontos mérést torzíja a csatlakozta-

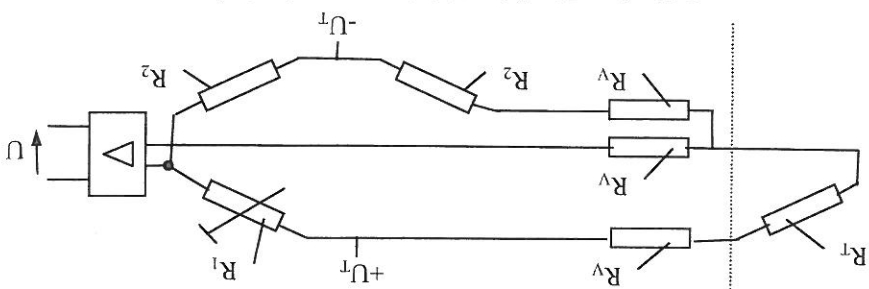
tó rézvezetékek R_V ellenállásának változásai, ami az előremenő, visszavezető,

és tápfeszültség ág eltérő vezetékhozsából és hőmérőketfüggéséből száma-

zik. A mérőkábelek egyenlő hossza szükséges, de nem elégséges. A három ve-

zetékes (hideg 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 alkal-

mazott huzalellenállások az alábbiak:

A Pt100-as és Pt1000-es platinahőmérő ellenállása 0°C -on $100\ \Omega$, illet-

ve $1000\ \Omega$ a $\beta = 0,385\ \Omega/^\circ\text{C}$. A mérési tartományuk függ a kialakítástól. Üveg-

csőbe elhelyezve -200°C - $+450^\circ\text{C}$, kerámiatestbe ágyazva -200°C - $+850^\circ\text{C}$. Ezen

belül a 0°C - $+200^\circ\text{C}$ tartományban a pontossága $0,01^\circ\text{C}$, és statikus karakterisz-

tikája lineáris. A Pt1000-es előnye a nagyobb érzékenysége, de drágább.

A Ni100-as nikkelhőmérő ellenállása 0°C -on $100\ \Omega$, $\beta = 0,614\ \Omega/^\circ\text{C}$. A

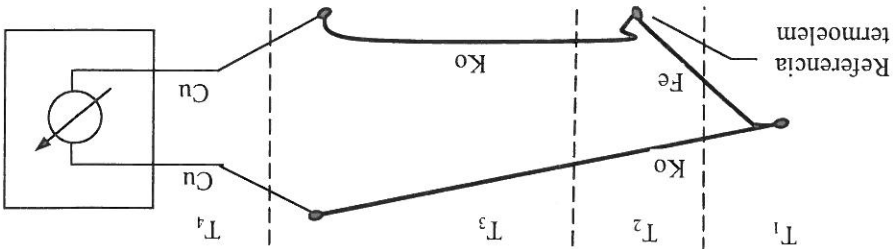
mérési tartománya -60°C - $+200^\circ\text{C}$. Kevésbé lineáris, mint a Pt100-as.

A fémhőmérők tehetetlensége nagy, ezért csak lassan változó hőmér-

sékletek 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 feszültségük kiejtlik 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 termo-

elemek statikus karakterisztikái láthatók:

Fe-Ko: Vas-Konstantán.

Cu-Ko: Réz-Konstantán.

Ni-CrNi: Nikkel-Krómnikkel

Pt-RhPt: Platina-RhodiumPlatina

A termoelemek statikus karaktere-

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

Felvezető ellenálláshőmérők

Felvezetőből készített ellenálláshőmérők (termisztorok) érzékenysége sokkal nagyobb, tehetetlenségük sokkal kisebb, mint a fémhőmérőké. A termisztorok ellenállása nemlineáris függvénye a hőmérsékletnek. azaz a 2.2. kifejezés a fémeknél jóval szűkebb hőmérséklettartományban érvényes. Egy szűk hőmérséklet tartományra azonban továbbra is definiálható a

termisztor ellenállásának β hőmérséklet együtthatója, ami függ az adott hőmérséklet tartománytól. A termisztorok statikus karakteristikája nem lineáris, de szűk hőmérsékletárványban linearizálható, és az érzékenységek nagy.

Konduktív hőmérsékletérzékelés

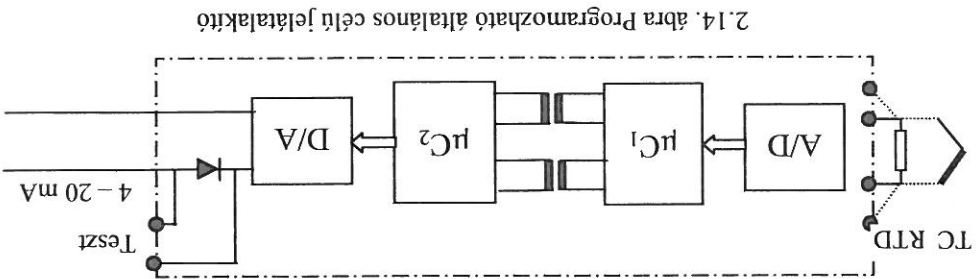
Bizonyos anyagokban (pl.: polivinil-denti-fluorid PVDF) hő hatására a dipólusok rendeződnek, és így fémessé válnak. Az ellenállás változás egy szűk hőmérséklettartományban zajlik le, és erősen nem lineáris. A kapcsolási hőmérsékletű anyagösszetétel függő. Ezen érzékelők nagysorozatú gyártása rendkívül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

Pirometerek

Igen nagy hőmérsékleteket érintésmenyesen, hőszugárzással 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, tokoztatban elhelyezett érzékelő, valamint ellenálláshőmérsékletű ellenállás-változás/áram ($\Delta R/I$), termoelemhez feszültség/áram (mV/I) jelátalakítók.



2.14. ábra Programozható analóg jelátalakító

A korszerű, általános célú hőmérséklet jelátalakítókban (2.14. ábra.) A két mikrokontroller között a tápellátás és a jeláram 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 érzékenységgű, 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 áramlásérők 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.

Turbina és szármánykerekes mérők

A mérőcsőben elhelyezett, az áramló közeg által hajtott turbina, vagy szármánykerek fordulatszámára arányos az áramlási sebességgel. A turbina, vagy szármánykerekes mérők pontossága $1 - 2\%$.

Elektromágneses (indukciós) áramlásmérők

A mérőcső gerjesztő tekercse mágneses teret hoz létre a mérőcső belsejében. A mágneses tér a mérőcsőben áramló folyékony közeg vezetőképessegével, és áramlási sebességével arányos feszültséget indukál. $A_{0,5} - 10 \text{ m}^3/\text{s}$ áramlási sebesség tartományban az indukciós áramlás-mérők $0,5\%$ pontosságúak.

Örvényleválást és haladást mérők

A mérőcsőbe nyúló, speciálisan kialakított testről leváló örvények száma és intenzitása az áramlási sebességtől függ. Az örvényleválást mérők piezoelektromos 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. Tértogat áramlást mérő távadók

A térogat áramlásmérők jellemzője a mechanikus mérőművel megvalósított ismert térfogatadagok számolása. Az oválkerekes, illetve dugattyús átfolyásmérők a legpontosabb folyadék mérőknek számítanak. Elérhető a 0,1 – 0,25 % pontosság.

Membrános (gáz) átfolyásmérők mérőkamarájába áramló gáz a membránt a mérőkamra falához szorítja. Zárva a beáramlás, és nyitva a fogyasztó felé áramlás útját, egy tolatyú a membránnal kiszorítja a gázt a mérőkamarából. A membrános átfolyásmérők egy szerű konstrukciójuk miatt olcsók, de a mért közeg hőmérsékletét és nyomását nagyon szűk 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 csőrendszer, a középpontjában rezonanciafrekvencián rezegtetve, a csőrendszer két el-

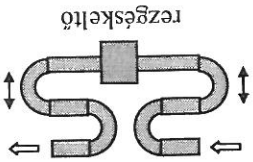
lenítés végpontja azonos fázisban rezeg.

Há közeg áramlik a csőrendszerben, akkor a

Coriolis-erő hatására a csőrendszer kismértékben deformálódik. A deformálódás az áramló közeg tömegével

arányos, ellenértés irányú fáziseltérést okoz a csövegek 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 kiszűrésére a mérőcső hőmérsékletét Pt1000-es hőmérsékletérzékelővel mérik. A rezonancia frekvencia függ az anyag üzemi sűrűségétől. A rezonancia frekvencia elhangzó (két fázisszögmérő, egy hőmérsékletmérő, és egy frekvenciámérő) jeléből a kiértékelő elektronika 0.1% pontossággal közvetlenül a tömeg áramértéket képes szolgáltatni.

Termometrias (hőelvonasos) áramlásmérők

A mérési elv: A csővezetékben áramló közeg hűti a csővezetékbe be-
nyúló, állandó hőmérsékletre fűtött érzékelőt. A fűtőkör teljesítményfelvétele
arányos az áramló közeg tömegáramával. A kapcsolat nem lineáris, ezért kiér-
tékelő elektronika szükséges. Leggyakrabban gázok mérésére alkalmasazzák.
Nagy előny, hogy nagy csőátmérőű, és nemcsak kör keresztmetszetű
vezetékben is alkalmazható. Hátránya, hogy ismerni kell az áramló gáz össze-
tételét, és hosszú egyenes csőszakaszt igényel. A pontossága 2% körüli.

2.4.4. Nyomáskülönbség mérésre visszavezetett távadók

A mérőperem, mérőtörök, Venturi cső az egyik legrégibb, de – a szab-
ványosításnak köszönhetően – még ma is a legelterjedtebb mérési elv.
A csővezetéken létrehozott, szabványos kialakítású szűkítésszel az áram-
ló közeg térfogataramával arányos nyomáskülönbség jön létre. A kapcsolat
négyszetgyökös, és gázközegek esetén a térfogataram függ a közeg hőmérsékle-
tétől és abszolút nyomásától is.
A mérési elvvel 25 – 1000 mm csőátmérő tartományban, 400 bar nyo-
másig, akár 800 °C-os áramló közeg térfogataramát 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 elmoz-
dulását okozza, vagy nyomásesés keletkezik a mérőtesten.

2.5. Fordulatszám és szöghelyzet érzékelők

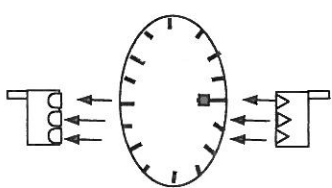
Az analóg (pl.: tachogenerátor), illetve szinuszos (pl.: szinuszos-koszínusz jeladó) jelet szolgáltató fordulatszám és szöghelyzet érzékelőket, a nagyobb pontosságú, és ma már kisebb árukkal kisorsították a digitális encoderek. A digitális encoder (szöghelyzet-, fordulatszámadó) működésének alap-elve, hogy a motor tengelyével együttfordó encoder tengelyre állítsó tárcsa van rögzítve, amelyen állatszatlan 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 megszággatják a fény sugarak 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 fordulatszám (n) lat/perc.

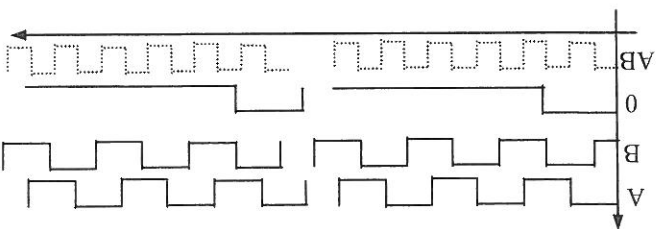
$$f \leq \frac{n}{60} R$$

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 encoder**ben legfeljebb három opto adó/vevő van, és a forgótárcsa peremén rovátkák vannak (2.16.a. ábra). Az „A” és „B” opto fejeik egymás mögött helyezkednek el úgy, hogy a jeleik az impulzus periódus idejének negyedével (90° -os fázistolással) következnek egymást. A „0” jeleü opto feje a másik kettő mellett úgy van kialakítva, hogy egy-egy pozitív periódust mindkettőből 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 egyúttal forgásirányt is detektálja. Ha az „A” csatornára érzékel a pozitív felfutó él először, akkor az óramutató járásával ellentétesen forog a jeladó, ha a „B” csatornára érzékel először a pozitív felfutó él, akkor az óramutató járásával megegyezően forog. Az „A” és a „B” csatorna kizárólag VAGY kapcsolattal növelhető az érzékenység.
- ◆ Az „A” csatorna jelével csak frekvenciát (fordulatszámot) lehet mérni. Az inkrementális encoder előnye az alacsony ára, és hogy legfeljebb három gyorszámláló 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 átlátzó és nem átlátzó körvek bináris kód szerint váltakoznak.

Az abszolút encoder előnye, hogy forrás közben számítási műveletek nélkül, valamint álló helyzetben is szolgáltatót a szögpozíciót. A jeladó ismétlődési határfrekvenciája 10 kHz, ami a párhuzamos adatátvitel miatt gyorsabb, mint az inkrementális encoderké. 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 tengely-csatlakoztatás módja, a megengedett tengelyre ható forgás irányú és tengely-irány erő, a rezgésállóság, és az IP védettségi osztály.

2.6. Távoleszerkelet

A folytonos távoleszerkelet érzékelés módszerei vagy valamilyen impulzusvisszhangon, vagy impulzuszámláláson alapulnak.

Az impulzusvisszhangos távoleszerkelet elvől és műszaki paramétereiről az ultrahangos, radáros, mikrohullámú szintérezkeletknél már esett szó. A működési elvükből fakadóan közeli (1 méteren belül) távoleszerkelet, illetve gyorsan mozgó tárgyak távoleszerkelet érzékelésére csak korlátozottan alkalmasak.

A kötött pályán mozgó tárgyak, kiindulási pontjuktól mért távoleszerkeletének mérésére impulzuszámláláson alapul mérési elv használható. A kötött pályán mentén fényvisszaverő rovátkákat vagy mágneses rovátkákat helyeznek el. A mozgó tárgyon elhelyezett tárgyrelexió optokapcsoló a fényvisszaverő rovátkákakat, az induktív közeliérkeletkapcsoló a mágneses rovátkákat 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 (mikrokapcsolók, végállás érzékelők), optikai kapcsolókra (fénysorompók, résdetektorok), és közeltés kapcsolókra (induktív, kapacitív, ultrahangos, pneumatikus).

2.7.1. Mikrokapcsolók, mechanikus végállás érzékelők

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

A működtető mechanikai szerkezetet (teleszkóp, görögök, nyomógomb) rügő tartja alaphelyzetben. Az érzékelt tárgy a rügőre ellenében mozgatja a kontaktustól szigetelő anyaggal elhatárolt rudat (2.17. ábra.).

A mechanikus kapcsoló hátrányait (a kontaktus perge, 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.

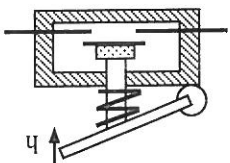
2.7.1. Optikai kapcsolók

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

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

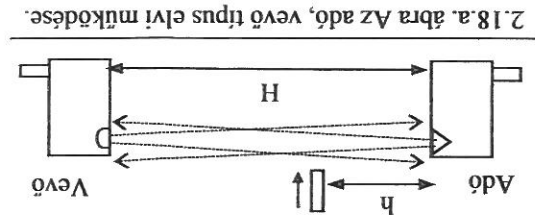
A fényforrás leggyakrabban GaAlAs LED dióda, amely az infravörös ($\lambda=880\text{ nm}$) hullámhosszon sugároz, olcsó, és egyszerűen modulálható. Alaphelyzetben az optokapcsoló kimenete nyitott (normally open, NO), ha nem látja a fényt az érzékelője, és zárt (normally closed, NC), ha látja. Amikor érzékelik a tárgyat az egyvitu típus nem látja, a reflexiós és tárgyreflexiós típusok látják a fényt, vagyis ellentétesen működnek.

2.17. ábra
A mikrokapcsoló elvi szerkezeti felépítése.



Egytűtű fénySOROMPÓK

Az egytűtű típus előnye a nagy érzékenység (korlátozottan fényáteresztő tárgy is detektálható), és a nagy távolság (30 - 40 m). A hátránya, hogy két helyre kell felszerelni, és kábelezni az elektronikát.

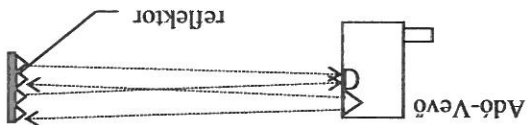


2.18.a. ábra Az adó, vevő típus elvi működése.

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

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 tükröződő tárgyak megéveszthetők



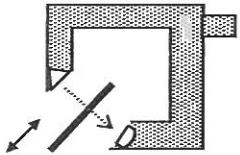
2.18.b. ábra A reflexiós típus elvi működése

Tárgyreflexiós fénySOROMPÓK

A tárgyreflexiós típus előnye, hogy nem kell reflektort (prizmát, parabola tükröt) felszerelni, mégis a hatótávolsága azonos a reflexióséval. Hátránya, hogy csak jól tükröződő tárgyakat észlel (háttérárményekölés szükséges), és a visszavert fény iránya nem egyzakt.

Résdetektorok

A résdetektorban szintén egyetlen szerelvényen van az adó, és a vevő, de egymással szemben, vagyis egytűtű 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 megsemmisítésére alkalmazzák.



2.18.c. ábra Résdetektor elvi működése

2.7.2. Közelítéskapcsolók

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

Állandó mágnessel működtetett közelítéskapcsolók

Az állandó mágnessel működtetett reed-releket 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 közepén alkalmazzuk, akkor arra kell ügyelni, hogy az érzékelő, és a szomszédos eszköz fala között legyen legalább 6 cm.

Induktív közelítéskapcsolók

Az induktív közelítéskapcsolók aktív felületen (2.19. ábra) egy párhuzamos LC kör mágnessen nyitott fázékvasmagon elhelyezett tekercsével. A rezgőkör frekvenciája 0,1 - 1 [kHz].

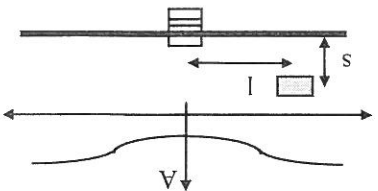
Ha fémes tárgy kerül a frontfelület közelébe, akkor a rezgőkörtől a fémbe behatoló mágneses tér által gerjesztett örvényáramok energiát vonnak el, és így csökken a rezgések amplitúdója.

Az induktív érzékelő energia felvétele néhány mW, ezért nem mágnesszódik és melegszik a detektált fém tárgy, valamint nem okoz rádióvételei zavarokat. Az amplitúdó változás könnyen komparálható.

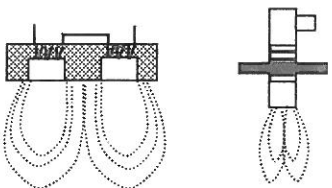
A kapcsolási távolság függ a fegyverzet (tekercs) átmérőjétől, a detektált tárgy vezetőképességétől (örvényáramok erősségétől), a detektált tárgy mágneses permeabilitásától (mágneses tér behatolási mélységétől), valamint az aktív felülettől mért, a 2.20. ábrán definiált l és s tárgy távolságoktól.

Az aktív felülettel szemben az induktív közelítéskapcsolók tipikus kapcsolási távolsá-

2.20. ábra. Amplitúdó elhangolódás a tárgy helyzetének függvényében



2.19. ábra. Az induktív közelítéskapcsoló elvi működése



ga s: 5 – 20 mm. A maximális s_{max} : 25 – 40 cm.
 A tipikus ismétlődési frekvencia, vagyis az hogy milyen sűrűn haladhat el tárgy az aktív felülete előtt, f : 1 – 5 kHz, a maximális f_{max} : 15 – 20 kHz. Az induktív közeli távadó az aktív felület szennyeződésére nem érzékeny.

Kapacitív közeli távadók

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

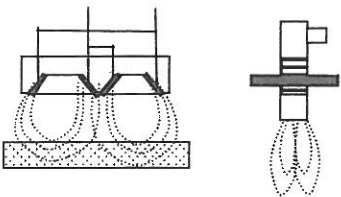
A kapacitás értéke megnő, ha:

♦ A tárgy ϵ dielektromos állandója nagyobb, mint a levegőé.

♦ A tárgy jó elektromos vezető, ezáltal az elektromos tér töltésmegosztást okoz a tárgy felületén, és így többlet kapacitásfüggővet jön létre.

A kapacitív közeli távadók egyaránt

2.21. ábra Az kapacitív közeli távadó működése



alkalmasak nem fémek, de nagy dielektromos állandójú, és fémes anyagok érzékelésére, de az induktív közeli távadókénál kisebb (s_{max} : 6 – 10 cm) a maximális kapcsolási távolságuk.
 A kapacitív közeli távadók előnye, hogy por alakú, esetleg folyékony anyag érzékelésére is alkalmasak, hátrányuk, hogy érzékenyek az anyag lerakódásokra. A kapacitív közeli távadók maximális ismétlődési frekvenciája 300 Hz, ami jóval kisebb, mint az induktív közeli távadóké.

Ultrahangos közeli távadók

Az ultrahangos közeli távadók aktív felülete 40 – 200 kHz frekvenciájú ultrahang impulzus csomagokat sugároz, amelyek visszaverődését 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.

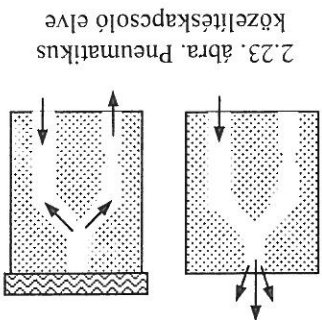
2.22. ábra Az ultrahangos közeli távadó működése



A túl közeli, valamint a hangeleinyelő tárgyakat az ultrahangos közelítés-kapcsolók nem látják, mert a visszavert impulzusoknak elegendő intenzitással, az impulzus sugárzás szünetében, kell visszaérkezniük.

Pneumatikus közelítés kapcsolók

A pneumatikus közelítéskapcsolók fűvókáján kiáramló levegő útját az észlelendő tárgy elzárja. A levegő mozgási energiája nyomással alakul. A nyomás pneumatikus szelepet vezérel. Így olyan vezérlés készíthető, amelyben nincs szükség elektronikus jelre. Természetesen a maximális kapcsolási távolság és frekvencia jóval kisebb, mint az elektronikus közelítéskapcsolóké.



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

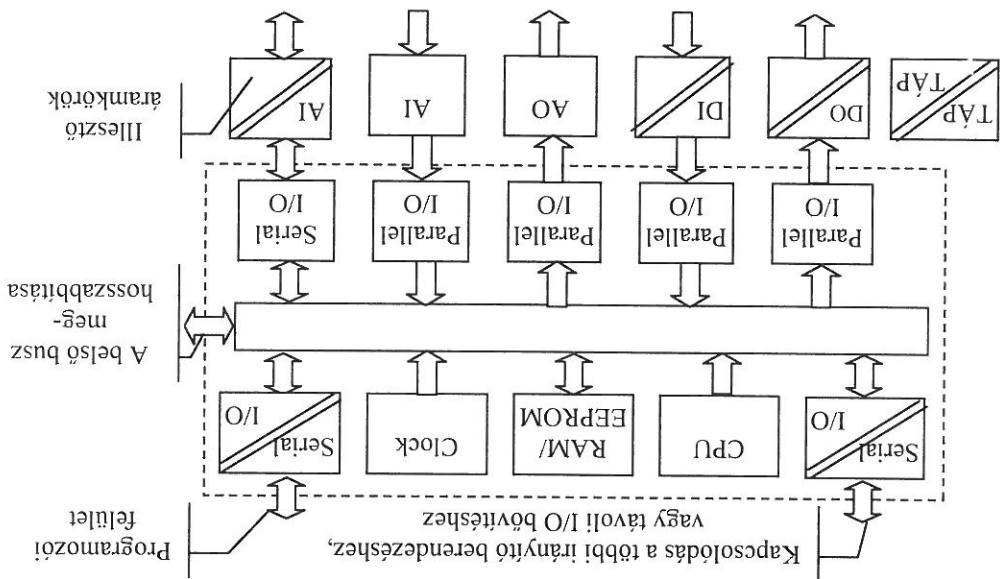
A folyamatjellemzők (szint, nyomás, stb.) betűjelei, a könnyebb tájékozódás érdekében a műszerezési rajzokon és dokumentumokban, szabványosak. A folyamatjellemzők betűjeleit a 4. melléklet tartalmazza.

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 mikroprocesszor tartalmazó eszközre jellemző parhuzamos buszos kialakítás.



3.1. ábra Mikroprocesszor alapú irányító berendezések áramköri blokkvázlata

Az illesztő áramkörök feladata az ipari jelzintekhez történő illesztés, és a kielégítő zavarvédetség. A parhuzamos ferde egyenesek az illesztő áramköri blokkban jelzik a galvanikus leválasztást. A galvanikus leválasztás miatt szűk-séges az illesztő áramkörök, és a szaggatott vonallal körülhatárolt belső áramkörök független tápellátása.

Mikrokontrollerek (mikroszámítógépek)

A mikrokontroller (mikroszámítógép) az alap áramkörti 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 berendezések, (háztartási gépek, autó elektronika, stb.)

Az ipari körülmények elviselését igazoló tesztelési eljárások költsége miatt gazdaságtalan az egyedi vagy kiissorozatú 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 kiissorozatot vagy egyedi berendezési 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 felipari, és a drága ipari kivitelű.

A felipari kivitelű PC alkalmazási területe: Elektromágneses zajterhelés szempontjából tiszta, közepesen nagy, és kis technológiák (irodaépületek, gyártási körülmények, stb.); berendezések komplex irányítása, mérési adatgyűjtés (környezet monitorozás, térfigyelés, stb.); mérésanalízis (tesztlabor). A felipari kivitelű PC rendszerprogramja Windows CE, vagy Linux. Az alkalmazás programozására gyártó specifikus programnyelveket 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 adatkezelési 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 alaren-

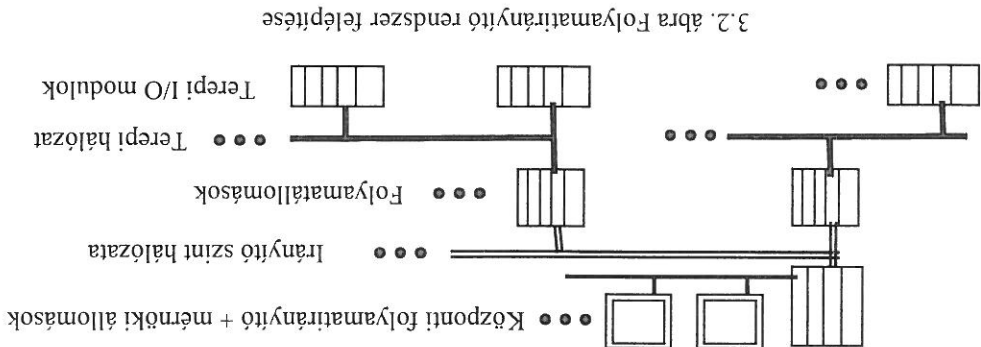
dele, alkalmazásként futtatható a Windows operációs rendszer. Az irányítási alkalmazás programozása irányítástechnikai programelveken (IEC1131-3) történik.

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 programelveken 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) státusú, 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 folyamatváltót (I/O) képes kezelni. A központi folyamatirányító, és a folyamatállomások egyenrangú intelligens eszközök. Mindegyik futtatja a saját irányító szoftvert. A folyamatállomások irányító szoftverei, és a megjelölt/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 kétéle megfontolásból külön gyártmánycsaládok alakultak ki.

- Jól tipizálható feladatokat hajtanak végre, így speciálisan a feladathoz illesztett hardver és szoftver modulokból épül fel a rendszer. Ezért költiség-hatékony az új alkalmazás tervezése, kivitelezése. Idetartoznak az Épület-automatizálási 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 kínálhatnak kész hardvereket.

3.2.1. PLC osztályok a hardver felépítésük alapján

Kompakt kialakítású PLC-k

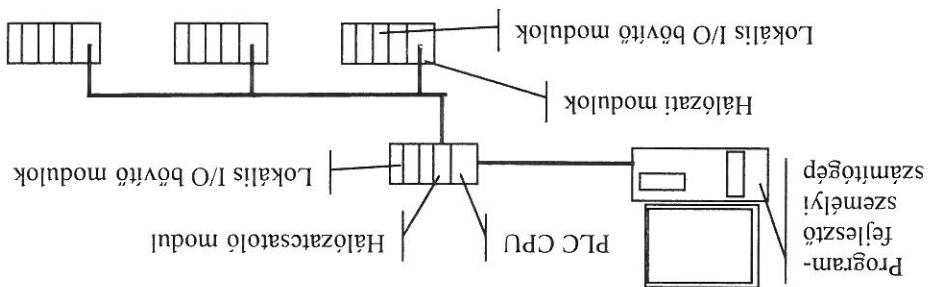
Egyetlen zárt tokozatban – kompakt, azaz tömbös felépítésben – elhelyezkedő, kötött számú (10 – 30) be, és kimenettel, és korlátozott szoftver erőforrással rendelkező eszközök. Altalában nem, vagy csak korlátozottan bővíthetők. Tipikus alkalmazási területük az egyedi gépek vezérlése. A CPU képes segíteitől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

Napjainkban a **Vezérlő relék** (Control Relay) kezdik kiszorítani a piacról a kompakt PLC-ket. 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 sínre patiníthatók. 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.

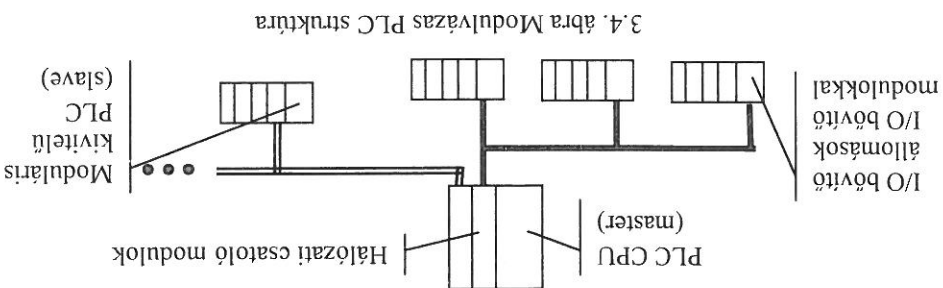
- ◆ A kiválasztott CPU-hoz, valamint a hálózati modulokhoz lokálisan különböző típusú (pl.: 16 diszkrét bemenet, vagy kimenet, 8 – 8 diszkrét be-, kimenet, vagy 8 analóg bemenet, 4 analóg kimenet, 4 – 2 analóg be-, kimenet, stb.) I/O modulok fűzhetők. Így az adott alkalmazáshoz legjobban illeszkedő be-, kimenetszám állítható össze. A tipikus maximális terjedelem 800 be-, vagy kimeneti jel.

- ◆ A hálózatra különböző intelligens eszközök (frekvenciaváltó, MMI, stb.) fűzhetők 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.

Modulvázás („rack”) kialakítású PLC-k

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



A hálózati csatoló modulokra I/O bővítések, vagy egy-egy irányítási részfeladatot önállóan (saját vezérlő program) ellátó modulárisan kompakt PLC-k vannak felítelve. Manapság elterjedten alkalmazott hálózat típusok: Profibus-DP, DeviceNet, CANopen, Modbus, Interbus-S, A technológia vagy gépcsoportok működésének összehangolását a központi (master) modulvázás PLC végzi, ha van is más intelligens eszköz a rendszerben, az alárendelt (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 kóddá, letöltése a PLC CPU-ba. 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 illészkedő 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 ki-

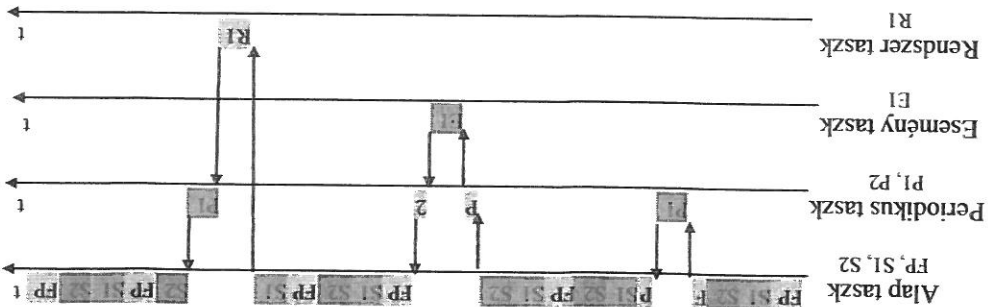
használása érdekében szükséges, akkor részekre van bontva. Ezek a programrészek különböző típusú és prioritású taszkokban futtathatók. A taszk együtt kezelendő programköteget jelent. A prioritás fontossági sorrendet határoz meg.

A taszkok típusai:

- ◆ **Alap (Default):** Az ehhez rendelt programrészek (szekciók) programfeldolgozása **ciklikus**. Ebben fut a főprogram. Főprogramot minden alkalommal
- ◆ **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 előre futnak le.
- ◆ **Rendszer (System):** Ezek a gyártó által készített, hiba lekezelést 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 rejtett „Rendszer” taszkjai vannak, továbbá az „Alap” taszkban csak egy program futhat. A legnagyobb teljesítményű modulváz-

as 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 ágyazhatósága napjainkban már nincs korlátozva.



3. 6. ábra A taszkok és programjaik futtatása

A 3. 6. ábra annyiból 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 feltevések, ezért ezek programjai külön-külön kerülnek feldolgozásra. A „Rendszer” taszk hardver vagy szoftver hiba esetén kerül meghívásra, és a 3. 6. ábrától eltérően leg-többször megszaktíja 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, számítások, komparátorok, jel típus 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 többször 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 program sor nem dolgozza fel, akkor elvesz. 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 ilyen 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 kezelni, és hogy milyen funkció blokk és függvény könyvtára 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 körüli, és korlátlan a meghívhatóságuk száma.

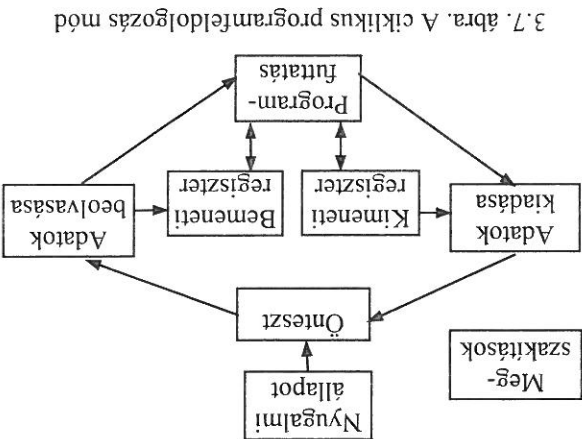
A 3.7. ábrán a ciklikus programfeldolgozás ütemei láthatók.

Nyugalmi állapotban a felhasználói program gépi

kódba lefordítva a PLC-ben van, de nem fut.

Az ütemest a megszakítástelen ciklus) hibákat kezel.

Beolvasáskor az adatok, a fizikai bemenetekről a bemeneti regiszterbe kerülnek.



3.7. ábra. A ciklikus programfeldolgozás módja

A továbbiakban a bemeneti regiszter adatait dolgozza fel a CPU. Így elke-

rülhet a hiba.

Megjegyzés: A hiba abból keletkezik, hogy egy ciklusban egy bemeneti adat különböző értékekkel kerülne feldolgozásra, mert programfeldol-

gozás közben változott meg a bemeneti érték.

A program futtatása az „Alap” taszk feldolgozását jelenti. A felhasználói program feldolgozásának egy ciklusa akkor fejeződik be, amikor az „Alap” taszk programjai mind feldolgozásra kerültek.

Az adatok kiadásakor a programfeldolgozás közben a kimeneti regiszterbe kerül adatai a fizikai kimeneti áramkörökre kerülnek.

Ezután újabb ütemesttel előlöl kezdődik a ciklus.

Megszakítást kezdeményeznek az „Esemény”, a „Periodikus”, és a „Rendszer” taszkok, valamint a kezelői beavatkozások.

A sorrendi programfeldolgozás következtében a PLC valamely bemeneten történő jelváltozás hatása nem azonnal jelenik meg a kimeneteken. Ez a kés-

lekedés a reakcióidő. A reakció idő fontos a PLC típus megválasztásakor, mert értelmeszerűen kisebbnek kell lennie, mint a kiadott vezérlő parancs végrehaj-

tásának ideje.

Reakció idő megbecsülhető az összetevőiből. Az összetevők:

$$T_R = 2 \cdot T_C + T_F + T_D + T_N + \sum T_I$$

<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 öntesztől 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 sebességétől és a felhasznált program hosszától, valamint hogy milyen típusú utasításokat tartalmaz a program. A ka-talógusok 1024 (1 Kszó) átlagosan előforduló utasításosor lefutásához szükséges időt adják meg. A vezérlő relék ciklus ideje 5-10 ms, a moduláris PLC-k ciklus ideje 1-2 ms, modulvázás 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 lévő RC szűrő időállandója, amelynek tipikus értéke Európában 2 ms. (A hálózati 50 Hz periódus ideje 20 ms). Számos PLC-nél szoftveresen módosítható az analóg szűrés időállandója.

T_D : A tranzisztoros kétállapottú kimeneteken, az indukтив terhelés ellen-tetes polaritást visszahatását mérseklő, RC csillapítótag időállandója, vagy a reed-relés kimeneteken a tekercs megszűlési ideje. Tipikus érték: 1 ms.

T_N : A hálózati állomások lekérdezési/trissítési ideje. A modulárisan kompakt kialakítású PLC-k esetén a tipikus érték I/O bővítő állomásonként 0,5-1,5 ms.

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

A hálózati csatoló modulokban szintén van CPU, amelyek a PLC CPU-val parhuzamosan dolgozva adatot cserél a hálózat I/O bővítő állomásaival. Az adatcsere a saját be-, és kimeneti regiszter területét és a saját hálózati levő I/O bővítő modulok be-, és kimeneti között zajlik, és jellegetesen rövidebb ideig tart, mint a PLC CPU programfeldolgozás ideje. A PLC CPU és a hálózati csa-toló modul CPU be-, és kimeneti regiszterei a 3.7. ábrán látható adatbeolvasás-fázisban cserél adatot.

T_I : A megszakítás programok feldolgozásának ideje az adott ciklusban. A legrosszabb, és meglegelősen valószínűlén, ha valamennyi program feldol-gozásra 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 számítógépek is ezeket a nyelveket alkalmazták az irányítási algoritmus programozásához.

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

Szöveges nyelvek:

- ◆ **Strukturált szöveg** (ST = Structural Text):
A magas szintű nyelvekhez hasonlít (If..than..else; Do...until; 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 jelként, az áramút-rajzos logikai tervezéshez hasonló grafikai objektumokat használ. A szubrutinokat (funkció blok, függvény) paraméterezhető téglalap szimbólumokkal illeszti a létraágba.
- ◆ **Funkció blok 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 objektumba és szerkezetben eltérő programnyelvet tartalmaz.

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

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

3.3.1. Az irányítástechnikai programnyelvek szekvenciái

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

Fontos szintaktikai szabályok:

- Felig megírt szekvenciát nem tartalmazhat a program.
- Az ugró utasítás címkéje mindig csak a szekvencia első sorára mutathat.
- Egy szekvencián belül szereplő változóknek azonos típusúaknak kell lenniük. A szekvencia eredménye azonos típusú a szekvenciával, kivéve a komparáló utasításokat, amelyek eredménye mindig 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...until; stb. szerkezet. Ezek a szerkezetek programmsorokból állnak és az utolsó programsor feldolgozásával (nem a feltétel teljesülésével) szakad meg a programfeldolgozás.

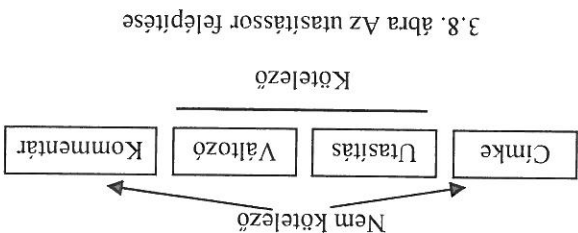
IL szekvencia

Az IL szekvenciája utastípusokból áll. A feltétel nélküli szubrutinhívás (CAL) és a feltétel nélküli ugrás (JMP) speciális egy soros szekvenciák. A többi, normál szekvencia egyenlő több utastípusból áll.

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

A normál szekvencia valamely szekvencia záró, mint a tároló ST (Store), vagy STN (Store Not), feltételes szubrutinhívások (CALC), (CALCN), feltételes ugrások (JMP), (JMPCN), illetve bit változójú szekvencia esetén állítandó (S) vagy törölő (R) utastípusal végződik.

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



LD szekvencia

A fejlesztő program képernyőjének munkafelületén az LD programozási nyelv szekvenciája egy létráig. A bemeneti változókat kontaktusok, kimeneti változókat tekercsek jelképezik. A kontaktus zárt állapotú 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 képernyőjének munkafelületén balról indulva bemeneti grafikai objektumok soros (ES), párhuzamos (VAGY)

kombinációja helyezhető le. Kimeneti grafikai objektum balról jobbra haladva a létráig 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 kimenetait nem kötelező eredménytárolóval lezárni. A szimbolikus változónevek grafikus objektumok feletti

jelennek meg.

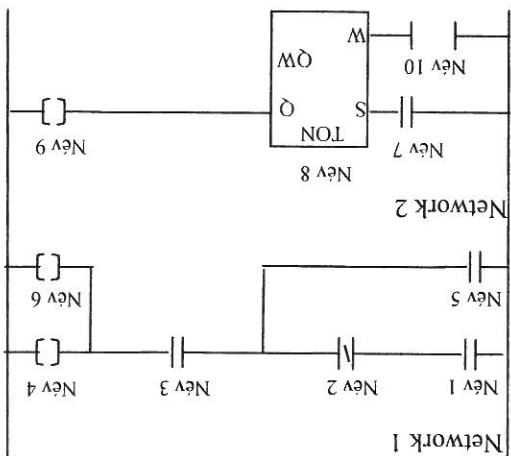
A „Network”: Összetartozó programrés, amely egy vagy több szekvenciát tartalmaz. Bár az IEC61131-3 szabvány nem írja elő,

de több gyártó fejlesztő rendszere is akadozik, ha egy „Network”-be egyetlen

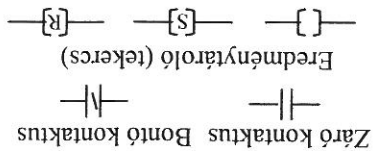
FBD szekvencia

Az FBD szekvenciája olyan egymáshoz huzalozott grafikai objektumlánc, amely kimenetén (kimenetén) eredménytároló van. Figyelem, a funkcióblokk kimenete szintén eredménytároló, minthogy a fordítóprogram memóriaterületet biztosít számára.

3.10. ábra LD programészlet



3.9. ábra Az LD program grafikai bit objektumai

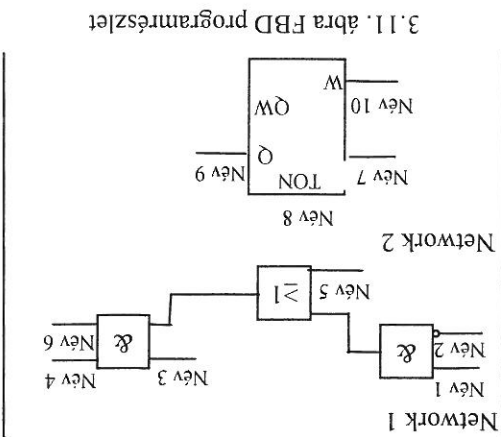


A negáció műveletet egy kis kör jelzi. Minden más be és kimenettel rendelkező téglalap szimbólum.

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.



CFC szekvencia

A CFC szekvenciája hasonlít az FBD programozási nyelv szekvenciáihoz, csak a CFC program sok nagy, összetett grafikai objektumot tartalmaz. A CFC program „Chart”-okra van osztva. Egy „Chart” lényegében FBD programozási nyelvhöz hasonlóan programozható. A „Chart”-oknak is lehet be és ki-menete, 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 „Utastítás”-ok programja együttesen.

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

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

3.4. A sorrendi működési diagram

Az anyag és energia átalakításokat végző technológiák mindig tartalmazzanak 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 határfelelőit a jelölőnyomot. A 3.12. ábrán szaggatott vonalak jelzik az irányító berendezések határfelelőit.

A leírasi mód nagy

előnye a strukturális egy-

másba ágyazhatósága.

Ez azt jelenti, hogy

egy berendezés/technológia

részletes indítási eljárását

össze lehet vonni egy

blokkba, és a berendezé-

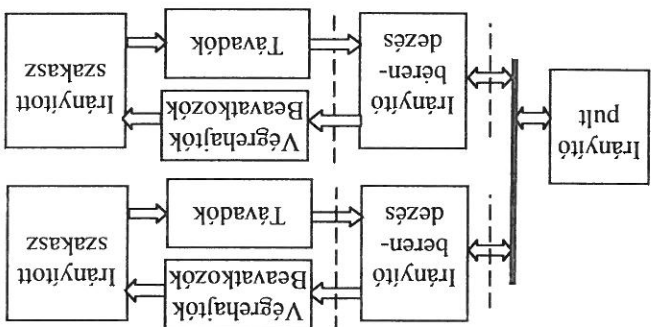
sek/technológiák egymás-

hoz hangolásának leírása-

kor az indítási eljárás egy

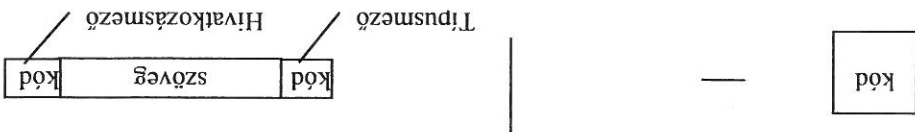
blokkként kezelhető.

3.12. ábra. Automatizált rendszer leírása



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

„Lépés” „Átmenet” „Hátsóvonal” „Utasítás”, vagy „Cselekmény”



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 egyedül 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 további bontásokat aloszállyal (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 fentől lefelé.

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

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

Az „**Utastítás**” a szekvencia eredménye (pl.: xx szelap zárásának, hogy az adott szekvenciának mi a feladata (pl.: xx szelap zárása, stb.).

A grafikai objektumok összekapcsolásainak szabályai

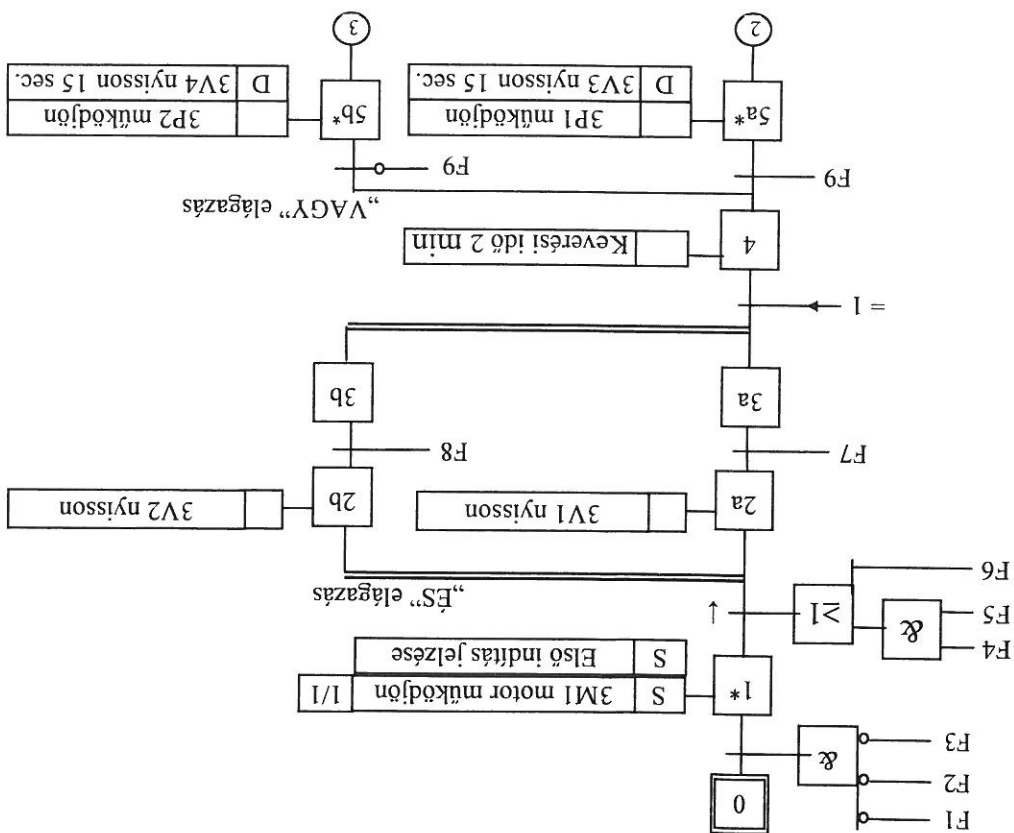
- ◆ A „**Hatásvonal**” köti össze a „**Lépés**”-t az „**Átmenet**”-tel, illetve az „**Átmenet**”-et a „**Lépés**”-sel.
- ◆ Egy „**Lépés**” akkor válik aktívvá, ha az előtte álló „**Lépés**” aktív és a közöttük lévő „**Átmenet**” igaz.
- ◆ Ha egy „**Lépés**” aktívvá válik, akkor az előtte álló „**Lépés**”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

VAGY elágazás: A folyamatábrában, vagy a technológia leírásakor ez-zei lehet jelteni, hogy vagy az egyik cselekmény, vagy a másik hajtódik végre. Célszerű a logikai függvényt úgy megadni, hogy egy időben mindig csak egy lehessen igaz a párhuzamos ágak közül.

- ES elágazás A folyamatábrában, vagy a technológia leírásakor ezzel lehet jelezni, hogy több műveleti egység, vagy több segédberendezés egyszerre lép működésbe. Az „ES” kapcsolatlan levő „Lépés”-ekhez tartozó cselekmények szinkronizáltak 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 felülvonás, illetve lefutó éle is lehet felület:
- ↓ azt jelenti, hogy a 0 → 1 átmenet aktiválja a „Lépés”-t
 ↑ azt jelenti, hogy az 1 → 0 átmenet aktiválja a „Lépés”-t.

Az utasítások szintaktikája

- ♦ A szövegmező mindig 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 egyenél több (kettő, három) betűvel is lehet. Az időzítések D, L, P betűjelei együtt nem értelmezettek, és mindig 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 mindaddig fennáll, amíg ellenítéses parancsot nem kap. Az ellenítéses 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 igazza válik, amíg a hozzá tartozó Lépés aktív, akkor a kiadott utasítás vagy cselekmény mindaddig érvényes, amíg ellenítéses parancsot nem kap.



3.14. ábra. Technológiáműködés SFC leírására példa.

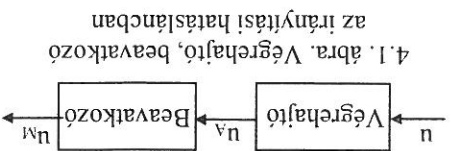
A 3.14. ábra csak a berendezés/technológia működés leírás demonstrációja. Ezért a be-, és kimeneti jelek listájával és a feltételek (F) megadásával nem foglalkozunk.

Az első (1*) „Lépés” példa arra, hogy a hozzátartozó cselekmények közül valamelyik (feltehetően a motorindítás) még részletezve lesz. Az 1/1 hivatkozási kód mutatja, hogy a motorindításról kell visszajelzés. Az „ES” elágazás azt jelenti, hogy a 2a, és a 2b „Lépés” is aktív. A 3a, és a 3b „Lépés” bevétele 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. Végrehajtók, beavatkozók

A **végrehajtó** (drive unit) szerv működte a **beavatkozó** (final element) szert. A beavatkozó az irányítási lánca vagy a szabályozási kör azon eszköze, amely az irányítandó szakaszok folyamatáramait (anyagáramokat, energiátára-mokat) a kívánt mértékben befolyásolja.

A beavatkozók működteésének teljesítmény igénye nagy, esetleg igen nagy lehet. Az irányító berendezések kis teljesítményű, szabványos jelátviteli nyű (u) végrehajtó jelei nem alkalmasak a beavatkozó szervek működteésére. A végrehajtók a beavatkozókhoz szükséges teljesítmény-, és jelillesztést végzik. A végrehajtók teljesítmény kategóriákba (15 kW-ig alacsony, 18,5 - 75 kW-ig közepes, és 90 - 900 kW-ig nagy) vannak sorolva.



újabbban **aktornak** nevezik.

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

A gyártásautomatizálásban a megmunkálendő munkadarab mozgását pneumatikus munkahengerrel, futószalaggal, esetleg konvejpályával végzik. A pneumatikus munkahenger ütszelep működte, mint végrehajtó.

Az irányítandó szakasz folytonos hőenergiá áramait gőzszelepekkel, illetve ventilátorokkal, fűtőszalagokkal befolyásolják. A fűtőszalag végrehajtói mágneskapcsolók vagy szilárdtest relék.

A villamosmotor és a pneumatikus munkahenger, alkalmasztól függően, lehet végrehajtó és beavatkozó egyaránt. A jegyzet mindkettőt a végrehajtók között tárgyalja.

4.1. Végrehajtók

A folytonos jelátvitománnyú szelepeket működőtű villamos végrehajtó hajtómű mechanikája a forgó mozgást egyenes vonalúra alakítja. A mozgáspálya végállásokkal rendelkezik, amit érzékelőkkel figyelni kell. A villamosmotor, a hajtómű mechanikája, valamint a vezérlő és védelmi elektronika együttese a **villamos végrehajtó**. A folytonos villamos végrehajtónak működés közben sűrűn kell irányt váltania. Mindezek következtében a vezérlő elektronikája összetett, a hajtómű mechanika könnyen túlterhelhető. Ezen problémák miatt a szabályozó és pillangó szelepek működöttesére nagyon gyakran **pneumatikus végrehajtókat** alkalmaznak. A 5. melléklet szabályozószelepeket, különböző végrehajtókkal 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 végrehajtó lehet **mágnescapcsoló, szilárdtest relé**, vagy **motorindító**. Ha a fordulatszámot, és így az anyagszállítási teljesítményt, változtatni kell, akkor a **frekvenciaváltó** a megfelelő végrehajtó szerv.

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

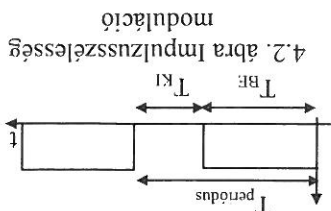
A nyitó-záró szelepek, zsáluk működöttesére általában utszelepekkel vezérelt pneumatikus munkahengereket használnak. A **pneumatikus munkahenger** ez esetben végrehajtó, és nem beavatkozó szerv.

A gőzszelepeket, a szabályozó szelepekhez hasonlóan, villamos, vagy pneumatikus végrehajtóval, a ventilátorokat - a szivattyúkhoz hasonlóan - mágnescapcsolóval vagy frekvenciaváltóval működötetik.

A futószalakra az áramot ipari reléekkel, mágnescapcsolókkal vagy szilárdtest reléekkel kapcsolják. A futóteljesítményt impulzussszélesség modulációval (a bekapcsolt és kikapcsolt állapotok arányával) befolyásolják.

A végrehajtó és beavatkozó szervek statikus jellegűben nem lineáris. A „D”

generációs (HART-os) végrehajtók vezérlő elektronikája mikroprocesszor tartalmaz, ami lehetővé teszi a jellegűbe korrekciót. Így a „D” generációs végrehajtó, és a beavatkozó szerv statikus transzfer karakterisztikáinak eredője lineáris, exponenciális, vagy akár „tetszőleges” függvényű lehet.



4.1.1. Villamos végrehajtó

A villamos végrehajtó a motor forgómozgását elmozdulássá, ritkábban szögelfordulássá alakítja át. A villamos végrehajtót – a gyorsabb, pontosabb működés és a villamosmotor működésének integráló jellege miatt – legtöbbször helyzetbeállítóval alkalmazzzák. A helyzetbeállítóval rendelkező villamos végrehajtók a villamosmotorok integráló jellegű működét arányos jellegűvé alakítják. A helyzetbeállítóknak megvalósuló helyzet szabályozás gyorsítja a végrehajtó szerv működését.

A villamos végrehajtók alkalmazásának korlátai:

- ◆ Költséges a megvalósításuk, mert mechanikai áttételt, és számos túllerhelés elleni védelmi berendezést kell alkalmazni.
- ◆ A mechanikai áttétel és a vezérlő elektronika gyakori karbantartást igényelnek, kényesek korrózió-, pára- és környezet, ezért az ipar számos területén nem alkalmazhatók.
- ◆ A nagy mechanikai áttétel miatt lassú működésük.
- ◆ Nagy működető nyomatékot csak nagy áttétellel tudnak kifejteni.
- ◆ Tapfeszültségük kimaradása esetén problémát okoz az automatikus úton történő alaphelyzetbe állításuk. (A kezelőszemélyzet közreműködését igénylő kézi kéréssel valóstítják meg.)

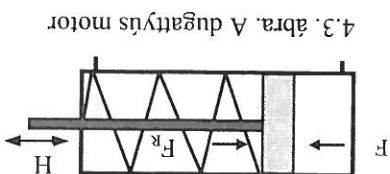
4.1.2. Pneumatikus végrehajtó

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

Pneumatikus dugattyús-motor

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

A pneumatikus végrehajtó jel 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 fejti ki a hatását.



4.3. ábra. A dugattyús motor

Két erő azonosossága esetén: a rudazatat elmozdítása:

$$H = \frac{C_p}{A_m} p_v$$

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” elmozdulasú beavatkozó jel, arányos a „p_v” végrehajtó jellel.

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

Pneumatikus membránmotor

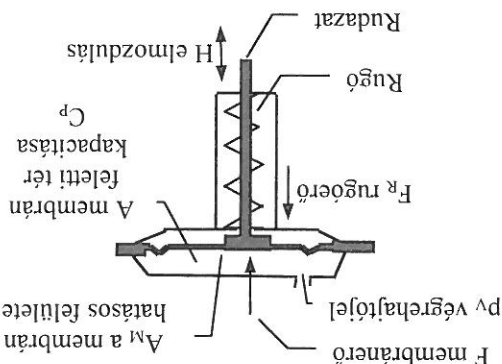
A pneumatikus membránmotor (4.4. ábra) működési elve nagyon hasonló a dugattyús-motorok működési elvéhez. Így az elmozdulást meghatározó 4.1. képlet is azonos, csak a dugattyúfej feletti helyett membrán határolt területével (A_m) kell számolni.

A pneumatikus membránmotorok bemeneti jele szabványos jelátviteli pneumatikus jel, ki-menet jele döntően elmozdulás, vagy ritkábban szögelfordulás.

Megjegyzés: A szabványos pneumatikus jelátviteli jelek: (0/0,2) – 1 bar; (0/0,4) – 2 bar; (0/0,6) – 3 bar; (0/0,8) – 4 bar, és így tovább. A jelátviteli arány a kifejezendő erő értéke határozza meg. Minél nagyobb erő előállításra szükséges, annál nagyobb értéki nyomás jelátviteli arány alkalmazandó.

Napjainkban az irányító berendezések döntően villamos végrehajtó jelet szolgáltatnak. Villamos-pneumatikus átalakító konvertálja a szabványos villamos jelet szabványos pneumatikus jele. A villamos-pneumatikus membránmotoros egybeépített a pneumatikus membránmotorral. A pneumatikus membránmotoros végrehajtót – a membrán hiszterezise és pontatlansága miatt – leg-többször helyzetbeállítóval alkalmazzák.

4.4. ábra A membránmotor elvi felépítése



<4.1.>

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

- ◆ Nagy erő kifejtésére képesek, Gyors működésük.
- ◆ Robbanásveszélyes területeken is egyszerűen 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 kímélése esetén a beavatkozó szervek lezárása.
- ◆ Nagy üzembiztonsággal rendelkeznek.

A pneumatikus dugattyús-, és membránmotoros végrehajtók 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 légfogasztáshoz méretezett cső átmérővel kell rendelkezniük.

Megjegyzés: A csővezeték pneumatikus ellenállása az átmérő negyedik hatványával fordítottan arányos. A pneumatikus ellenállás nyomdasséssal okozható.

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

4.1.3. Villamos energiaáram kapcsolók

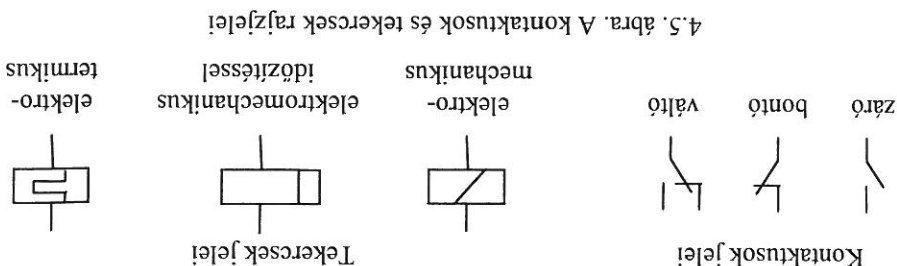
A katalógusok a villamos energiaáram kapcsolására szolgáló reléket, mágneskapcsolókat, és szilárdtest reléket teljesítmény kategóriák, és a bemeneti feszültségeik jellege (egyen, váltakozó), valamint értéke szerint csoportosítva tartalmazzák. A szabványos feszültségtértek

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 működő mechanika nyitja (bontja) vagy zárja. A mechanika mozgótengelevét az egyik irányba rugó, a másik irányba mágneses tér működte. A zárt kontaktus a rajta keresztül folyó áram számára rövidzár. Emiatt a kontaktusokból felépített áramkörökben kell lennie egy terhelésnek is. Ha a

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



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

A relék működési elvükből adódóan alkalmasság kontaktusok nyitására, zárására, és jelsokezozorozásra (egyrel több kontaktust működésre). Logikai esz-koztént ezen tulajdonságait használják ki. Ugyancsak működési elvükből adó-odon alkalmasság galvanikus leválasztásra (a tekercs és a kontaktus tápellátása független), teljesítményillesztésre, és jelválasztásra (változókózból egyenfeszül- ségre, vagy fordítva), illetve jelzint váltásra. Végrehajló eszkoözökben, és kap- csolók kimeneti elemként elsősorban ez utóbbi tulajdonságait használják ki. A relék működésük alapján lehetnek:

- ◆ **Normal relék** addig vannak vezérelt állapotban, ameddig áram folyik a tekercsükön.
- ◆ **Tartó-relék**, amelyeknél a kontaktusokat vezérlő működési mecha- ni- kát egy ek megakasztja, és így a rugó nem tudja visszaállítani a rudat a nyugalmi helyzetébe. A tartó-reléknél két (engedélyező és elengedő) teker- cse van. Az engedélyező tekercsen egy impulzus szükséges, hogy a tartó- relék meghúzott állapotba kerüljenek, és abban is maradjanak. Az elengedő tekercs impulzusa kiakasztja az eket, és a tartó-relé visszaáll alaphelyzetbe.
- ◆ **Impulzus-relék**ben a tekercs állapotát jelző segédkontaktussal, és PDT1 taggal választják meg, hogy a tekercs állapota minden felhúzó élre (meghúzottból nyugalmira, illetve nyugalmiból meghúzott) változzon.
- ◆ **Időrelék** kontaktusai meghatározott idődiagram alapján nyitnak, illetve zárnak. A hagyományos időrelékben különböző fizikai elven működő me- cha- nika, illetve elektromechanikus vezérlő szerkezetek választották meg a korlátozottan konfigurálható idődiagramot. Napjainkban, minthogy az idő- relékben is mikroelektronikai áramkör van, ezért pontosabb az idődiagram lefutas, 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**.

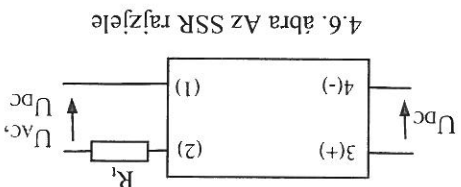
Az elektronikus biztonsági reléket a veszélyeztetett leállításhoz, valamint a két kezes indításhoz, és a védőárcs, védőszőnyeg, stb. felügyeletére alkalmazzák. Az elektronikus biztonsági relék egy tápegységből, egy elektromikából, és két – az engedélyvezéssel és jelzési áramutakhoz szükséges – kényszerkapcsolatú érintkezőkkel rendelkező redundáns reléből állnak.

A mérő-, és felügyeleti relék felhasználási területe a túláram, fázis, fázis-sorrend, 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 feszültséggel (L:0V; H:24...230V_{AC}) kapcsolható a terhelő (kapcsolható) áram 2 – 150 A áramérték tartományban lehet. Hűtőbordá nélkül a kapcsolható teljesítményszint a kis, és a közepes kategória alsó tartománya. A nagyobb kapcsolási teljesítményeknél hűtőborða felületleni szükségessé válik.

Ipart 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 szinuszos hullám nulla-átmeneténél kapcsolják a terhelésre. A bemeneti vezérlő feszültség megjelenése utáni első nulla-átmenetet figyelik. A nulla-átmenet figyeléssel, a hagyományos mágneskapcsolós kapcsolásokhoz képest, a hálózatra kerülő nagyfrekvenciás zavarok amplitúdója jelentősen lecsökken.

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

A **mágnescapcsolók** működési elve a relékéhez hasonló. Mágnescapcsolók, olyan nagyélettartamú vezérléstechnikai végrehajtó szervek, melyek egy tekercs segítségével érintkezőket működőtenek. A kialakításuk olyan, hogy rendelkeznek a nagy áramok megszakításakor keletkező elektromos ívek kioltására szolgáló mechanizmussal. A lényeg az ív kialakulásának korlátozása.

A korszerű mágnescapcsolók moduláris kialakításúak. A **kontaktor** a mágnescapcsoló főképzője. A kontaktorokban vannak a főérintkezők, amelyek csak záro jellegűek (NO) lehetnek, és egy számmal jelzettek. A főáramkörü érintkezők nagy teljesítmények kapcsolására alkalmasak.

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

A kontaktor típusa egyen, vagy váltakozó áramú aszerint, hogy a tekercse egyen-, vagy váltakozó feszültséggel működötenek. Katalógusokból - teljesítményszint szerint csoportosítva - szabványos működötenő feszültségű tekercsek választhatók. Ezekről eltérő működötenő feszültségértékek is rendelkezhetők, ez jelentős többletköltséggel jár. A kontaktusai élettartamuk egyen és váltakozó áramot egyaránt kapcsolhatnak.

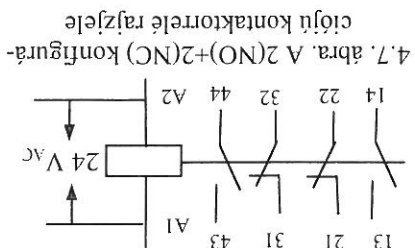
A kontaktor frontfelületére segédérintkezőket, más néven segéd kontaktorokat - a jegyzetben, a **kontaktorrelek**et - lehet csatlakoztatni. A kontaktorrelek (a mágnescapcsolók segédérintkezői) a hozzájuk tartozó főáramköri kontaktuson folyó áram mágneses terének hatására kapcsolnak. Ilyen értelemben érzékelők, hiszen visszajelzést adnak arról, hogy a főáramköri kontaktuson áram folyik. A segédérintkezők egyaránt lehetnek záro (NO) és bontó (NC) jellegű érintkezők, és darabszámuk modulárisan bővíthető.

Amin az 4.7. ábra mutatja, a kontaktorrelek csak segédérintkező jellegű érintkezőkkel rendelkezik.

A kontaktorrelek négy-, hat-, és nyolcpólusú kivitelben, különböző konfigurációkban készülnek. A kontaktusok számszámát, így a gyártóktól függetlenül.

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

Az 6. mellékletben látható a mágnescapcsolók moduláris felépítése.



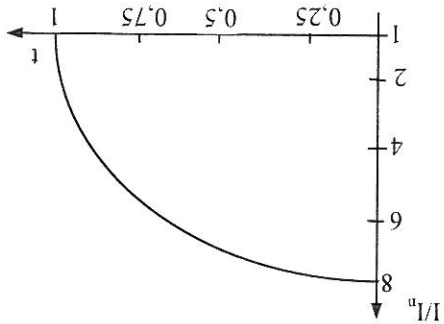
4.1.4. Motorindítók

A mágneskapcsolókkal megoldható leggyakoribb feladatokra (forgás-irány-, csillag-deltaváltás) idő és hőreléekkel egybeépített kontaktor kombinációkat ajánlanak a gyártók katalógusaikban. Nagyon gyakran komplett funkciókat (pl.: megszakítók, stb.) ellátó készülékekbe építve alkalmazzzák a mágneskapcsolókat. Ilyen készülékekcsalád 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 sőt ellenállások alkalmazásával indítottak. Az aszinkronmotor egyszerűbb felépítésű, vagyis olcsóbb, megbízhatóbb, és kevesebb karbantartást igényel (pl.: nincs kopó szénkefe), mint az egyenáramú motor. De az aszinkronmotor indítása problémát jelent.

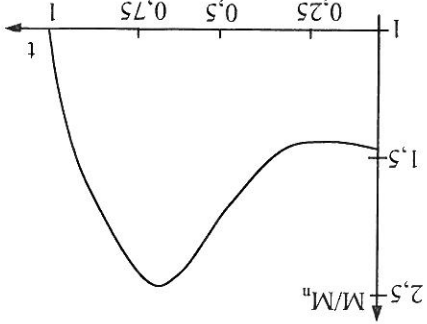
◆ A kalickás forgórészű aszinkronmotor indító árama (I) a névleges (I_n) áram 6-8-szorosa. A tekercselt forgórészű aszinkronmotor indító árama még ennél is nagyobb.

◆ 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 névlegesnek, 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 hordyokkal 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 I 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 fordulatszám fokozatosan éri el az üzemi ($t=t_1$, $n=n_n$) értéket. A katalógusokban megadott névleges érték az üzemszerű működés állandósult állapotában (üzemi állapotban) mérhető érték.

A 4.8. a. ábra a kalickás forgórészű aszinkronmotor relatív áramfelvételét mutatja indításkor az idő függvényében. Az aszinkronmotor áramfelvétele közel lineárisan függ a tekercselt gerjesztő feszültség amplitúdójától, és körkörös frekvenciájától. A gerjesztő feszültség amplitúdóját, vagy frekvenciáját csökkentve arányosan csökken a hálózatot terhelő áram.

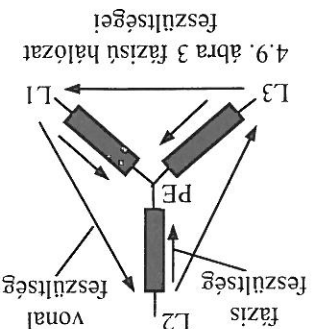
A 4.8. b. ábra a relatív nyomatékigényét mutatja indításkor az idő függvényében. A motor tengely forgatónyomatéka a gerjesztő feszültség amplitúdóját csökkentve arányosan csökken. Ez korlátozza az amplitúdó csökkentését. A gerjesztő feszültség frekvenciája csak a nulla közeli tartományban csökkentheti a motor tengely forgatónyomatékát.

Napjainkban a villamos hajtásokban az aszinkron motorok váltak egyeduralmukodóvá, mert a félvezető technika fejlődése lépésről-lépésre 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 csökkentti. Napjainkban ezt alkalmazzák a 400/680-as tekercselésű, 15 kVA alatti, kati. Indításkor a motor tekercseire a hálózat fázisfeszültsége ke-gerjesztéssel. Indításkor a motor tekercseire a hálózat fázisfeszültsége kerül. Háromfázisú táplálás esetén a csillagághoz (4.9. ábra) lévő 230 V-os hálózati fázisfeszültség $\sqrt{3}$ -a deltaághoz 400 V-os vonalfeszültségnek.

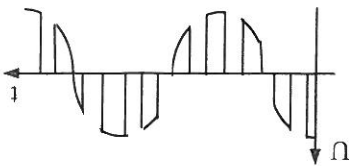
A kalickás forgórészű aszinkronmotor esetén az induktív áram 3,5-4,6-szorosa a névlegesnek, de az induktív áram is a névleges érték 0,5-0,7-szeresére csökken. Az átkapcsolás 3 - 3 mágnesszerezési igényel, de gazdaságosabb - a motor védelmével egybeépítve - készületekként megrendelni. A tekercselt és rövidrezárt forgórészű aszinkronmotorok indítására nem alkalmas.



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

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

<4.2.>



4.10. ábra A hálózati megszaggatása

ami valóban befolyásolja az inflációs áramot, a kivitétési tényező arányában csökken. Természetesen az indítónyomatek (4.8.b ábra), ami függ az effektív teljesítménytől, is csökken.

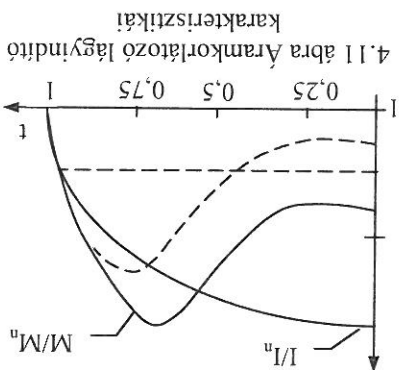
A lagynditok alkalmazásának problémája, hogy felharmonikusokkal terhelni az 50 Hz-es hálózatot. Minél sűrűbb a szaggatás gyakorisága (4.10. ábra), annál kisebb amplitúdójú felharmonikusok keletkeznek a hálózathban.

Egyszerűbb lagyindítókkal, előre beállítva, az indulási áram a névleges 1,5-7-szeresére korlátozható. A gyakorlatban a lagyindítók 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 lagyindítóval indított kalickas forgóesztű aszinkronmotor karakterisztikái 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 igyekszik az áramot úgy vezérelni, hogy a minimális nyomatékkal kissebb, és a névlegesnél egy előírt értéknel nagyobb nyomaték ne terhelje a motort, és alatta maradjon az áramkorlátának.

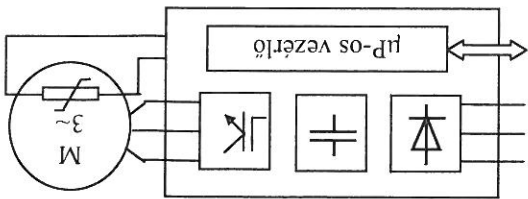


4.1.1 ábra Áramkorlátozó lagyindító karakterisztikái

Frekvenziaváltók

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

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



4.12. ábra. A frekvenciaváltó blokkismája

A frekvenciaváltók egyen-
irányítják a hálózati feszültséget,
majd a nyers egyenfeszültségből
nagy teljesítményű szigetelt tran-
zisztoros kapcsolásokkal általában
0-50 Hz-es, speciális igény esetén
0-5 kHz-es szinuszos jelet szolgáltat-
nak 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 gerjesztetni.

A körfrekvencia változtatása-

val rendkívül rugalmasan lehet az

armatúra áramot, és/vagy a nyomaté-

kot vezérelni, esetleg szabályozni.

Az 4.13. ábra a kalickás for-

górészű aszinkronmotor áramfelvé-

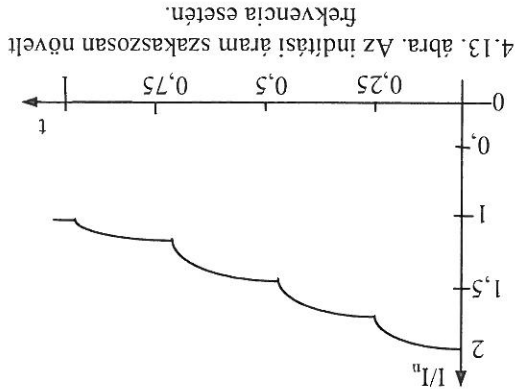
telét mutatja az indulástól az üzemi

fordulatszám eléréséig úgy, hogy a

gerjesztő feszültség frekvenciáját

megfelelő időközönként növelve az

értékeket vette fel. Látható, hogy ez a

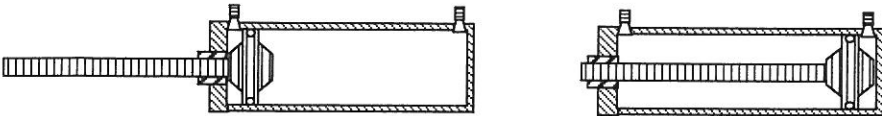


4.13. ábra. Az indítási áram szakaszosan növelt
frekvencia esetén.

4.1.5. Pneumatikus munkahengerek

A pneumatikus munkahenger lényegében egy olyan dugattyús-motor,
amely állandósult állapotban csak a két végállásban képes tartózkodni. A to-
lattyúfejre ható nyomáskülönbség alapján kis- (2,5 bar alatti), közepes (3-6 bar
közötti), és nagy (8 bar feletti) működteő 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.

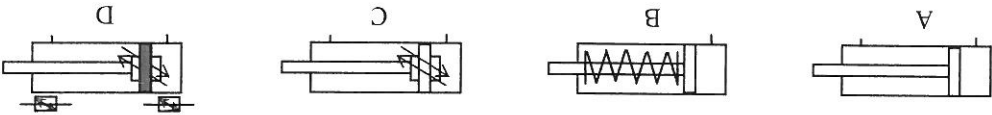
A pneumatikus munkahengerek jellegzetes konstrukciója a 4.14. ábrán látható. A tolattyúfej két oldalára ható elérő nyomás hatására a munkahengerben egy tolattyú mozog előre és hátra (4.14. ábra.).



4.14. ábra Pneumatikus munkahenger két szelő helyzetének egyszerűsített szerkezeti rajza

A pneumatikus munkahengerek alkalmazásának előnyei:

- ◆ Nagy erőkitűzésre 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 szelő helyzetekben.
 - ◆ Rázkódásra, piszokra kevésbé érzékenyek.
- A pneumatikus munkahengerek néhány rajzele az 4.15. ábrán látható.



4.15. ábra Pneumatikus munkahenger néhány rajzele

A 4.15. ábrán látható munkahenger rajzjelek rövid értelmezése:
 A) kétoldali működésű. B) egyoldali működésű. C) kétoldali működésű lökétvégi fékezéssel. D) 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 lökethossz, és a maximális ismétlési frekvencia. A működtető nyomástartományal együtt ezek határozzák meg a táplavegő fogyasztást.
- ◆ A munkahengerek vezérlését ütszelepekkel valósítják meg.

4.1.6. Pneumatikus útszelepek

Az útszelep működési a pneumatikus munkahengert úgy, hogy a tolattyúfűfelj két részre osztott munkahenger egyik térészét levegővel tölti, miközben a másik térészről elszállítja az ott felhalmozott levegőt.

Az útszelep működése történhet mechanikus szerkezzel (görös 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) görös

(E) pneumatikus (F) elektro-pneumatikus.

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

számát mutatja.

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

rajzjeleit.

Az útszelepek rajzjelei négyzetekből állnak, amelyek az összekötött

levegőcsatlakozók láthatók. Annyi négyzet helyezendő egymás mellé, ahány

állapota van az útszelepnek. A működtető elem az útszelep rajzjelein azon

négyzet mellé kell helyezni, amelyik az általa kiváltott állapotot ábrázolja.

A levegőcsatlakozók sorszáma utal a funkció-

ikra: „1” táplevegő, „2, 4” kimenet, „3, 5” kipufogás.

A 2/2-es szelepek két levegőcsatlakozója

(„1” táplevegő, „2” kimenet), és két állapota (nyitott,

zárt) van.

A 3/2-es szelepek három levegőcsatlakozója,

és két állapota van. A „2”-es kimenet az „1”-es táple-

vegővel, vagy a „3”-as kipufogással van összekötve.

Ha az útszelep pneumatikusan vagy elektro-

pneumatikusan vezérelt, akkor a tolattyút mozgató

levegő be-, és kiáramlásához további levegőnyílások-

ra van szükség. A 3/2-es útszelepek „10”-es és

„12”-es jelű vezérlő bemenetei vannak.

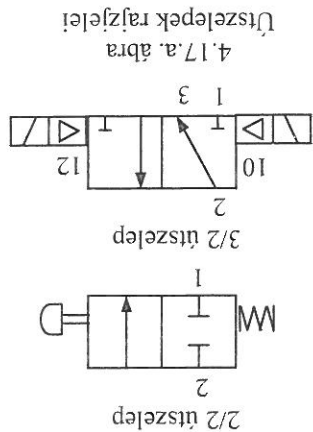
Az útszelepek működtető elemei ezeken a levegőnyílásokon keresztül

vezérlik az útszelepet az egyik állapotukból a másik állapotukba. Az útszelep

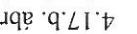
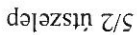
testen a „10”-es jelű vezérlő bemenet a kipufogásra köti a „2”-es kimenetet,

„12”-es jelű vezérlő bemenet a „2”-es kimenetre köti a táplevegőt.

76



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



A 4/2-es és az 5/2-es útszelepek bízstabil jellegrűek, hiszen elég egy rövid impulzus az állapotváltáshoz, és egysszerre mindkét vezérlő bemenetet nem szabad vezérelni.

Az 5/3-as utaslevegő-tesztnek be-
szűtött (4.18. ábra.) – a tolatlányra sze-
relt, könnyen mozgó, de legzáró tár-
csakkal – öt részre osztják.

nehelyezett rugó - a távtartókat a szelep-
test falának szorítva - tartja stabil hely-
zetben a tolatlyút. Ha egyik oldal sem
vezérelt, akkor ebben az állapothban
egyik kimeneten sem jelenik meg a táp-
nyomás, mindkettő kipufog.



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

LL

4.2. Beavatkozók

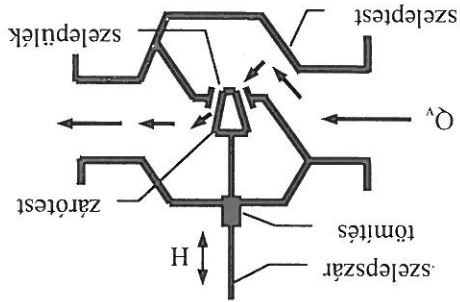
Az anyagáram befolyásolására leggyakrabban alkalmazott beavatkozó szervek a szelepek. Az anyagáramok folytonos tartományon belüli változtatását szabályozó szelepekkel és pillangó szelepekkel, illetve engedélyvezéssel, tiltással kétállapotú (nyitva-zárva) szelepekkel valósítják meg. Az anyagáram befolyásolására alkalmaznak még szivattyúkat, csigákat és fútószalagokat. Hőenergia áramok befolyásolására alkalmazott beavatkozó szervek a gőzszelepek, illetve fútószalak, ventilátor. Villamos energia áramok befolyásolására alkalmazott beavatkozó szervek az ipari relék, a mágneskapcsolók, a szilárdtest relék. Valamely tárgy (munkadarab, szerzám, 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

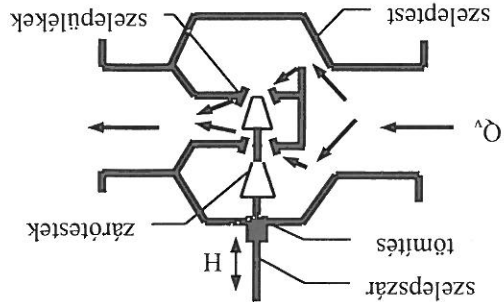
A szabályozó szelepeket döntően folyadékok és gázok térfogat-, vagy tömegáramainak befolyásolására használják, míg az áramló gázok esetén pillangó szelepeket, más néven, csappantyúkat alkalmaznak.

A szabályozó szelepek

A leggyakrabban alkalmazott szabályozó szelepek a főtölem 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 vázlata



4.19.b. ábra. Kétülékes szelep vázlata

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

$$Q_v = \alpha A x_H \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

- ♦ Az α **átfolyási szám** az áramlás módjától, és a szelep konstrukciós kialakításától függ. Az α átfolyási szám dimenzio nélküli.
- ♦ Az A [m^2] a szelep **bemeneti oldali keresztmetszete**, ami bemeneti névleges átmérőjéből (NA) számítható.
- ♦ Az $x_H = H/H_{100}$ [m] a **szelepszár relatív elmozdulása**, ahol H_{100} a szelepszár elmozdulása teljes szelepnýtítás esetén, és H a szelepszár tényleges elmozdulása.

- ♦ $A \rho \left[\frac{kg}{m^3} \right]$ a szelepen áramló folyadék **sűrűsége**.
- ♦ 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 (egyenőszázalékú), paraboli (paraboli kis jelentőségű).

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

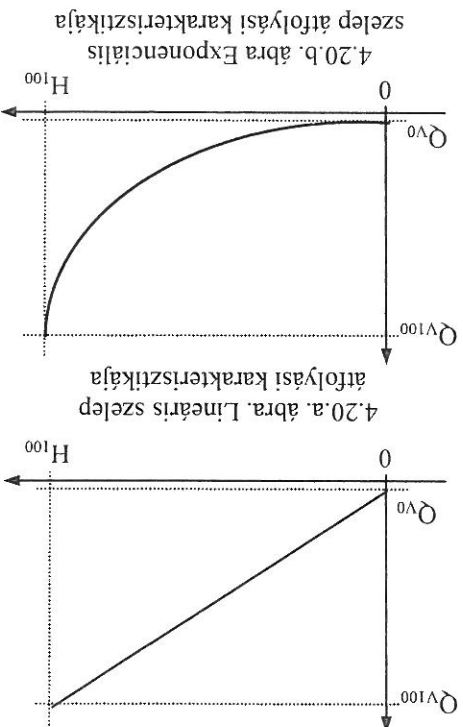
$$K_{MP} = \frac{\Delta Q_v}{\Delta H}$$

<4.4.>

Az exponenciális átfolyási jelleggörbéjű szelepeknel 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 állapotukban is van egy kevés úgynevezett **szivárgási áram** értéke.



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

A szabályozó szelepeknél - az α átfolyási szám körülményes mérhető-sége miatt - nagyon nehéz a Q_v térfogatáram érték meghatározása. Praktikus okokból ezért került bevezetésre a K_v átfolyási tényező.

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

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

$$Q_v = K_{v100} \cdot X_H \cdot \sqrt{\frac{p}{\Delta p_{abs}}} \cdot \sqrt{\frac{p}{p_0}}$$

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

A pillangó szelepek (Csappantyúk)

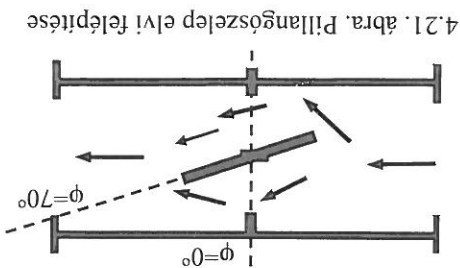
A nagy átmérőjű vezetékekben kis statikus nyomású gázok áramlásszabályozásánál a pillangó szelepeket használják beavatkozó szerként. Nagy nyomású (10 bar feletti) gázok olyan erővel hatnak a szeleptányérra, hogy a 4.21. ábrán látható pillangó szelep konstrukció gyakorlatilag zárhatóan.

Ezeknek az eszközöknek az előnye, hogy kedvező az áramlási körpük, ezért kicsi az áramlási nyomásvesztésük.

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

Definíció szerint: A pillangó szelep K_{v100} átfolyási tényezője 1 bar

vesztéségi nyomáson (Δp_{abs}). $\phi = 70^\circ$ szelepnýtásnál (4.21. ábra), a normálállapotú levegő áttáramlott térfogatáram. A normálállapotú levegő: 0 °C, 1 bar. A pillangó szelepek átfolyási jellegzőbője (4.22. ábra) a 20%-os (ϕ_{20}), és a 70%-os (ϕ_{70}) szelepnýtás közötti tartományban közel lineáris.



Kisebb, illetve nagyobb szelepnél a jellemzők (nem lineáris). A közel lineáris tartományban a pillangószelep átviteli tényezője:

$$K_a = \frac{\Delta Q_v}{\Delta \varphi} \left[\frac{h}{m^3} \right] \text{ fok}$$

<4,5>

A pillangószelepekkel csak a közel lineáris tartományt használják szabályozásra.

A szabályozáshoz a szelepek kiválasztásakor a legfontosabb jellemzők:

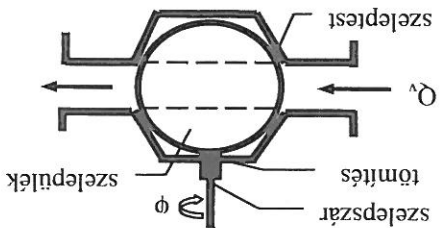
- ◆ A szelep jellege (együlékes, kétülékes, pillangós)
- ◆ Névleges átmérő (NA), névleges nyomás (NP).
- ◆ A K_{v100} átviteli tényező értéke (a katalógusokban a K_{vs} van, ami a szelepszéria átlagos K_{v100} értéke).
- ◆ A szelep átviteli jelleggörbéje, és az üzemi hőmérséklet tartománya.
- ◆ Maximális löketössz (H_{100}), és egyéb szerkezeti kialakítás (pl.: csatlakozási mód, stb.), valamint a működési módja.

Kétállapotú szelepek

Kétállapotú működésre kis csőátmérőknél **mágnesszelepeket**, közepes csőátmérőknél - az ár és a jó áramlási kép miatt - leggyakrabban pillangószelepeket vagy **gömbcsapokat**, a nagy csőátmérőknél **tolózárakat** alkalmaznak. A mágnesszelep alapfelépítésében zárt. A mágnesszelepekben a rugóval ellentartott, mágnesezhető anyagból készült szeleptürelket egy tekercs gerjesztéssel mozgatják, azaz nyitják a mágnesszelepet.

A gömbcsapok szeleptürelke egy hengerpálist felülettel (2.23. ábra) átfut hengerpálist alakú átmennő furat a csőgömb. A szelepszár 90°-os elforgatásával a hengerpálist egy irányban, vagy keresztben helyezkedik el. A tolózárak szeleptürelket, és szeleptürelket úgy alakítják ki, hogy minél kisebb erő kelljen a zárásához.

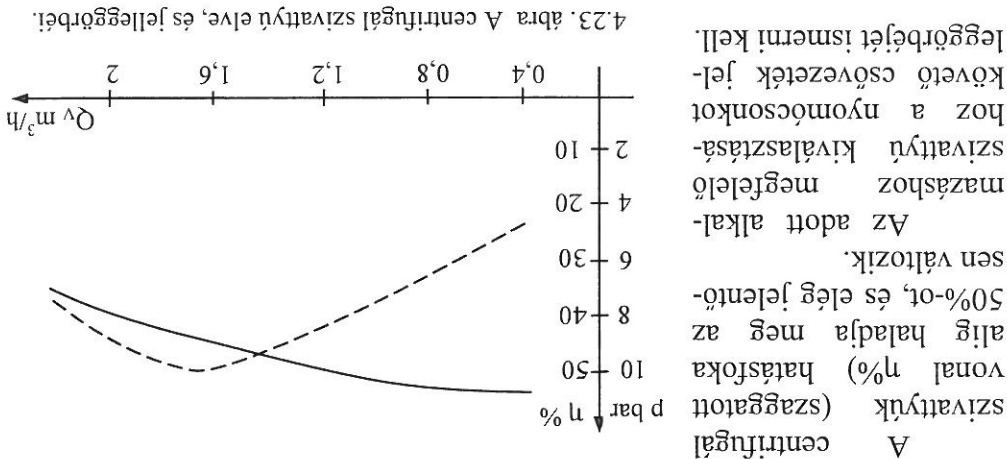
2.23. ábra A gömbcsap szerkezeti vázlata



Szivattyúk

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

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



Csigák és futószalagok

A csiga egy spirálisan bordázott tengely, amit villamosmotor forgat. Az anyagot a spirális bordák tojják maguk elé. A futószalagok heveder szintén egy villamosmotor forgatja. E beavatkozók jellegét, és így működítésük módját lényegében a villamosmotor szabja meg.

4.2.2. Hőenergia áram befolyásolása

A gőzszelepekre, a pillangó szelepekre elmondottak érvényesek.

A ventilátor a szivattyúkhhoz hasonló elven működnek.

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

5. Mellékletek

1. melléklet

Az IP szám jelentése

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

Az IP utáni első számjegy szerinti védetség jelentése:

- „0”: nincs védetség
 „1”: nagyméretű testek behatolásával szemben védett (átmérő: 52,5mm)
 „2”: közepes 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 védetség por behatolással szemben.

Az IP utáni második számjegy szerinti védetség jelentése:

- „0”: nincs védetség
 „1”: vízcseppekkel szembeni védetség (függetlenül eső, kondenzvíz elleni védetség)
 „2”: vízcseppekkel szembeni védetség (a függetlenül legfeljebb 15° szögben lecső vízcseppek elleni védetség)
 „3”: esővel szembeni védetség (a függetlenül legfeljebb 60° szögben eső elleni védetség)
 „4”: fröcsköléssel szembeni védetség
 „5”: vízszaggatással szembeni védetség
 „6”: hajó fedélzetén uralkodó körülmények elleni védetség
 „7”: rövid ideig tartó vízbe merítéssel szembeni védetség
 „8”: tartós vízbe merítéssel szembeni védetség

A leggyakoribb az IP 20, ami a műszerszerelvénybe helyezett eszközök, és az IP 65, ami a terepi eszközök védetsége.

2. melléklet

A távadók és kapcsolók műszaki paramétereiről

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 jellegűre úgy készül, hogy hitelesített bemenő jelet fokozatosan lépésszerűen növelik, majd csökkentik a mérési tartományon belül. A távadó kimenő jelet állandósult állapotban olvassák le.

A hibák a Δy_{Mmax} definíció alapján térnek el egymástól, ezért a számítási képletük azonos:

$$\frac{\Delta y_{Mmax} - y_{Mmin}}{y_{Mmax}} \cdot 100\% < 5.1\%$$

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

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

- Az ismétlési hiba a statikus jellegűre többszöri megismételt felvétellekor a mért statikus jellegűre maximális eltérése a mérési tartomány értékeinek százalékában.

- A hisztézis tendenciózus eltérés egy konkrét mért jellemzőhöz tartozó kimeneti jelben attól függően, hogy a konkrét értéket az irányított jellemző (y) fokozatos növelésével vagy csökkentésével közelítik meg.

Megjegyzés: Több m-m-es mechanikai mozgást végző, vagy mágneseszelethez tartozó elemeknek gyakran van hisztézise.

- A pontosság a statikus jellegűre legnagyobb eltérése a kezdő és végértékeknek százalékában.

- A nemlinearitás a statikus jellegűre legnagyobb eltérése a jellegűre bemenő illlesztett regressziós egyenestől (5.1. ábra pontozott vonal) a mérési tartomány értékeinek százalékában.

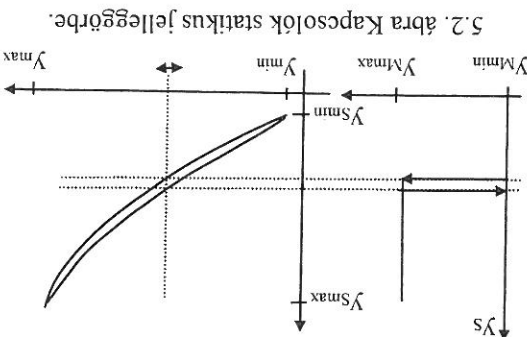
- **A teljes eltérés** azt adja meg, hogy egy konkrét távadó mennyivel térhet el a gyártó által katalógusban megadott statikus jelleggörbe értékeitől.

A kapcsolók statikus jellemzői:

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

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

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



5.2. ábra Kapcsolók statikus jelleggörbe.

Távadók és kapcsolók dinamikus jellemzői:

A dinamikus jellemzők azt írják le, hogy a mért jellemző változását milyen híven 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 tételeitalkotást a távadók, kapcsolók minél kisebb időközessége segíti. A távadók, kapcsolók kiválasztásánál döntő szempont, hogy az irányított szakasz jelváltozási sebességéhez képest a távadók, kapcsolók időközessége (időállandója) elhanyagolható legyen.

- A **jelismétlési gyakoriság** 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	Össze- tétel	Betű jel	Hőmérséklet tartomány	Hőmérséklet együthható	Szinkód
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		
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

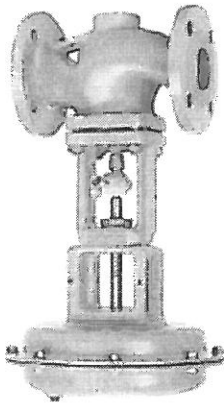
5.2. táblázat. Folyamatváltozók alap és kiegészítő betűjelei az ISO 3511-3
egységes nemzetközi szabvány alapján

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
Aramlás	F	Arány (Két jellemző)	F
Frekvencia, Sebesség, Gyorsulás	S	Összegezés (Két vagy több jellemző)	Q
Aram	I		
Feszültség	E		
Teljesítmény	J		
Eró, Súly	W		
Távolság	G		
Nedvesség	M		
Sűrűség	D		
Vezetőképesség	C		
Radioaktív változók	R		
Stb.			

5. melléklet

Szabályozó szelepek és végrehajtói

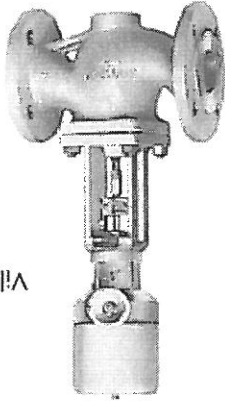
A német szakirodalom a beavatkozót és végrehajtót együtt **állítóterműnek** nevezi. A magyar terminológiában értett, elfogadott, de nem használt ez a kifejezés. Az 5.4 ábra a SAMSON cég németnyelvű katalógusának magyar nyelvű fordításából lett átvéve. Az angol szakirodalom is van megnevezés az **állítóterműre** (actuator).



Pneumatikus állítótermű
Típus 3277



Kiegészítő kézi hajtás

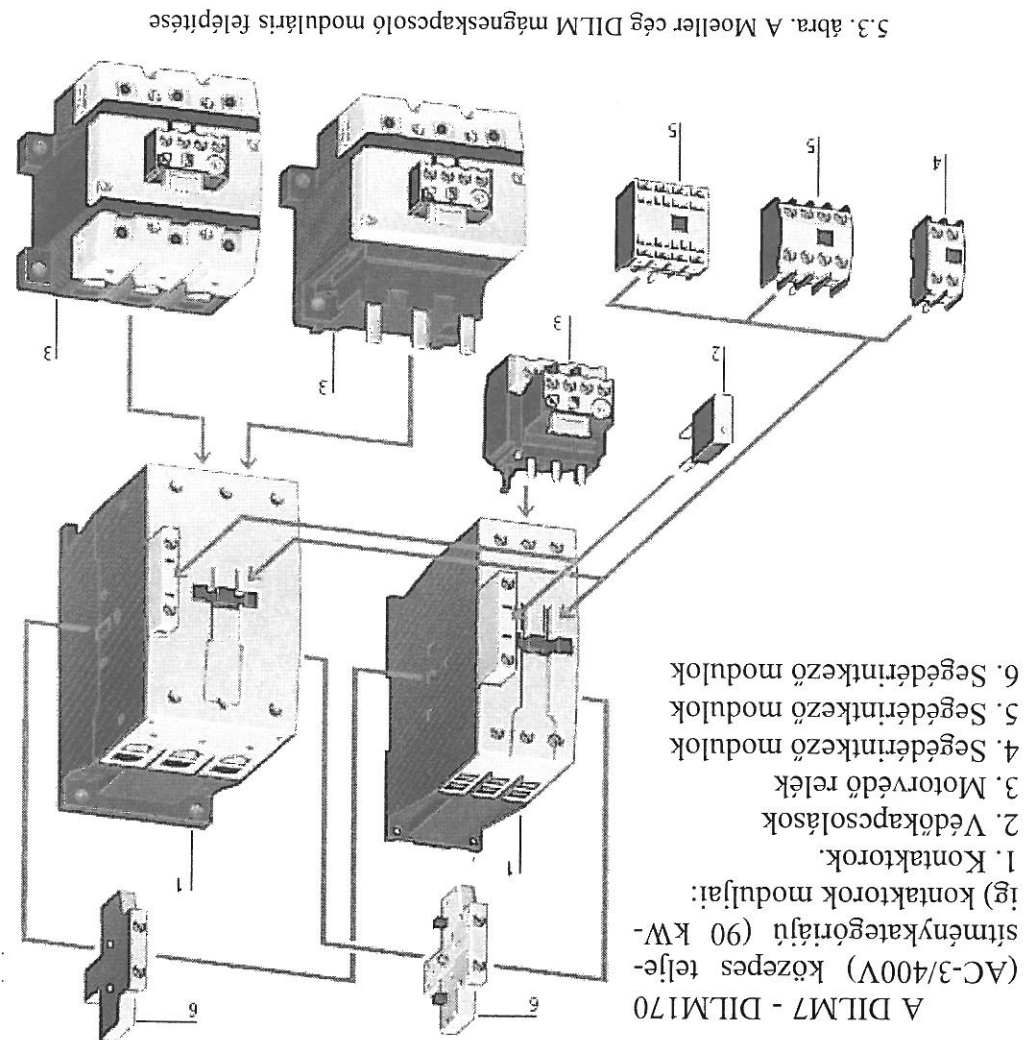


Villamos állítótermű

5.4. ábra Szabályozó szelepek

6. melléklet

Mágnescapcsolók moduláris felépítése



5.3. ábra. A Moeller cég DILM mágnescapcsoló moduláris felépítése

