

A folyamatirányítás eszközei

Helyzetbeállítók - 1.

Dr. Telkes Zoltán

A folyamatirányítás eszközeit tárgyaló cikksorozat alábbi része a helyzetbeállítókkal és ezen belül az alapfogalmak tisztázása után az analóg kialakításokkal foglalkozik. Az ismertetés a korábban megismert készülékgenerációs csoportosítási elvet követi.

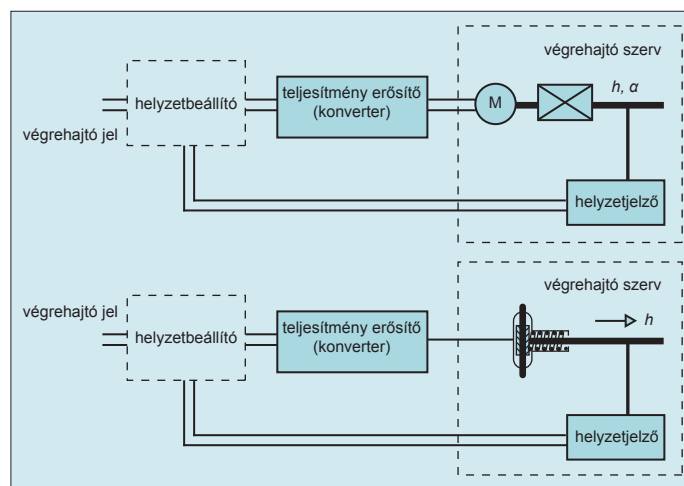
Alapfogalmak

A szakirodalom – ezen belül több katalógus is – mostohán bánik a folyamatirányítás beavatkozást ellátó, több szervből (végrehajtó szerv, helyzetbeállító, beavatkozó szerv) álló eszközeivel (ajánlott magyar gyűjtőnévük: beavatkozó berendezés), közülük is főleg a helyzetbeállítóval. Rendszerint egy mellékesként feltüntetett tartozéknak tekintik, és elnevezését is többféleképpen adják meg.

Példa erre egy német nyelvű katalógus magyar fordításának következő szövegrésze: „**Csúszókapus szabályozószelep membrán működtetővel**, a szeleptest anyaga: szénacél, 1.4571 rozsdamentes acél; méret: DN15...DN200; névleges nyomás: PN10...PN100, ANSI #150...600; közeghőmérséklet: -196 °C...+530 °C; **pozicionáló: pneumatikus, analóg i/p, digitális i/p**; opció: robbanásbiztos kivitel”. Helyesen (a kiemelt szavak javítására szolgálnak az alábbi dőlt betűs részek): „*Tolózáras szabályozószelep¹, pneumatikus membrános végrehajtó szervvel*, a szeleptest anyaga: szénacél, 1.4571 rozsdamentes acél, méret: DN15...DN200; névleges nyomás: PN10...PN100, ANSI #150...600; közeghőmérséklet: -196 °C...+530 °C; *elektropneumatikus helyzetbeállító analóg vagy digitális bemenőjellel*, opció: robbanásbiztos kivitel”.

A szabályozó vagy központi irányítóberendezés (PCS) a beavatkozás megvalósítása érdekében a végrehajtó jel segítségével végrehajtó szervet működtet, és az végzi el a beavatkozáshoz szükséges munkát. A végrehajtó szervekben alkalmazott villamos motorok egyike sem alkalmas azonban arra, hogy azokat a szabályozótól jövő egységes (analóg vagy digitális) végrehajtó jel működtesse, mert ezeknek a jeleknek a teljesítménye jóval kisebb, és a jelhordozójuk sem azonos a motorok működtető feszültségével. A teljesítményt ezért a végrehajtó szervek már tárgyalt teljesítményerősítői (konverterei) szolgáltatják, ezért az egységes jelek ezeket a konvertereket vezérlik. Ez a hatáslánc viszont számos nemlinearitást és zavarójelet tartalmazhat, ezért nincs biztosíték arra, hogy a végrehajtó szerv valóban azt a helyzetet fogja felvenni, amit az egységes végrehajtó jel számára előír. Részben emiatt a végrehajtó szervek szerkezetileg rendszerint tartalmaznak egy helyzetérzékelőt, amelynek segítségével pl. a központban ellenőrizni lehet a valódi helyzetet. Kézenfekvő tehát, hogy e helyzetjelzők segítségével visszacsatolt helyzetszabályozást létesítsünk.

A *helyzetbeállító* vagy *helyzetszabályozó* (angolul: positioner, németül: Stellungsregler) a végrehajtó szerv közelében elhelyezett vagy azzal szerkezetileg egybeépített szerv. Bemenő jelei: a szabályozóból jövő analóg vagy digitális végre-



1. ábra Villamos szervmotoros végrehajtó szervhez (felül), ill. pneumatikus membrános végrehajtó szervhez (alul) alkalmazott helyzetbeállító. Jelölések: h – elmozdulás, löket; α – szögelfordulás

hajtó jel, valamint a végrehajtó szervből jövő helyzetjel, lehetőleg azonos jelformában. A helyzetbeállító e két jel különbségét állítja elő, erősíti, és olyan mértékű változást hoz létre, hogy ez a különbség közel zérus legyen. Szabályozástechnikai megfogalmazásban a helyzetbeállító egy követő szabályozási kör. Elvi szerkezeti vázlata villamos szervmotoros, ill. pneumatikus szervmotoros végrehajtó szervvel az 1. ábrán látható.

A 2. ábrán a villamos végrehajtó szerv helyzetbeállítóval kiegészített teljes működési és hatásvázlata látható. A helyzetbeállító általában a következő feladatokat látja el:

1. jel- és teljesítményillesztés,
2. helyzetvisszacsatolás,
3. gyorsítás²,
4. az integráló hatás megszüntetése (ha a végrehajtó szerv integráló tag),
5. jelleggörbe-korrekción.

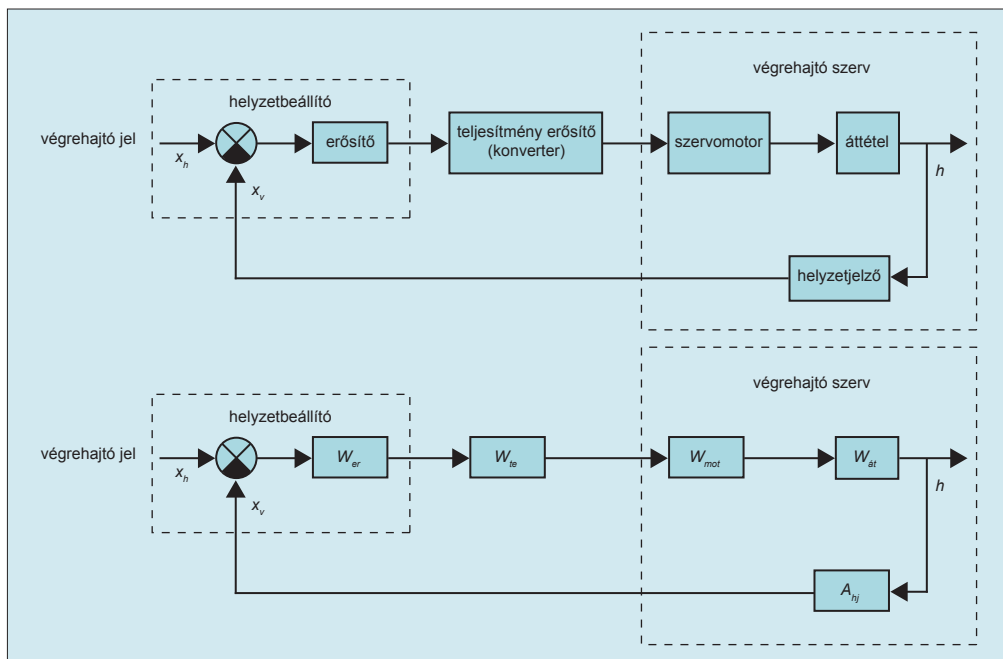
A következőkben az egyes példákban ezek a feladatok is felülnek.

A hatásvázlatból felírható a helyzetbeállító felnyitott körének eredő átviteli függvénye, ahol az index utal arra, hogy melyik tagról van szó:

$$W_h(s) = W_{er} \cdot W_{te} \cdot W_{mot} \cdot W_{át} \cdot W_{hj}$$

¹ A szerző nagyobb szakmai tapasztalatának szóló tiszteletünket fenntartva az a véleményünk, hogy a „tolózáras” – kétségtelen szerkezeti hasonlóságai ellenére – nem a „csúszókapus szelep” szinonimája. (A szerk megj.)

² Szabályozástechnikai evidencia, hogy a soros tag időállandója negatív visszacsatolás esetén a körerősítés növelésével csökken.



2. ábra A helyzetbeállítók működési vázlat (felül), ill. hatásvázlat (alul). Jelölések: x_h – végrehajtó jel, x_v – helyzet-visszacsatoló jel, h – helyzet, W – átviteli függvény, A – átviteli tényező

A helyzetbeállítóval ellátott végrehajtó szerv hatásvázlat alapján meghatározható az eredő átviteli függvény is:

$$W_{he}(s) = \frac{W_{er} \cdot W_{ie} \cdot W_{mot} \cdot W_{at}}{1 + W_{er} \cdot W_{ie} \cdot W_{mot} \cdot W_{at} \cdot A_{hj}} = \frac{\frac{1}{A_{hj}}}{\frac{1}{W_{er} \cdot W_{ie} \cdot W_{mot} \cdot W_{at} \cdot A_{hj}} + 1} \approx \frac{1}{A_{hj}}$$

Az átalakított függvény (emeletes tört) nevezője bal oldali tagjának nevezőjében a helyzetbeállító felnyitott körének eredő átviteli függvénye ($W_h(s)$) található, amely arányos tagok esetén állandósult állapotban a körerősítést adja. Ez általában nagy szám, de értékének a hurok stabilitása határt szab. Ezért a nevező bal oldali tagja állandósult állapotban közel zérus, az eredő pedig közelítőleg a visszacsatoló ágban lévő – időállandót nem tartalmazó – helyzetjelző átviteli tényezőjének reciprokával egyenlő. Ebből következik, hogy a helyzetbeállító valóban a végrehajtó-jel által előírt helyzetet állítja be.

Ebből az a következtetés is levonható, hogy ha az előrevezető ág erősítése igen nagy, akkor az eredő átviteli tényezőt csak a visszacsatolás szabja meg. Ez azt jelenti, hogy a helyzetbeállítóval ellátott végrehajtó eredő statikus karakterisztikája lineáris visszacsatolás esetén az előrevezető ág nemlinearitásai, hiszterézise vagy zavarójelei ellenére is lineáris lesz.

Ha a lineáristól eltérő hatást kell kifejtetni, vagyis tervezett nemlinearitást kell beiktatni – mert ezzel pl. az utána következő beavatkozószerelv vagy a szabályozott szakasz kedvezőtlen karakterisztikájának módosítása valósítható meg – akkor a visszacsatoló taggal *függvénykorrekció*t végezhetünk. Ennek leírásához az átviteli függvényt kissé más módon kell értelmezni. Ha

ugyanis $W_h(s)$ értéke állandósult állapotban igen nagy, akkor a különbségképzés eredménye közel zérus ($x_h - x_v \approx 0$). Mivel x_v a h löket függvénye ($x_v = A_{hj}(h)$), a h löket a bemenőjelnek (x_h -nak) inverz függvénye ($h = A_{hjinv}(x_v) \approx A_{hjinv}(x_h)$). Az eredő statikus függvény ekkor tehát a visszacsatolásban lévő nemlineáris függvény inverze lesz. Ezzel a végrehajtó és az utána következő szelep eredő karakterisztikáját lehet lineárisrá tenni vagy *különböző függvénné* átalakítani.

A helyzetbeállítókat a működési elv, ill. a készülékek generációs tulajdonságai³ alapján csoportosíthatjuk. Jelenleg a gyakorlatban a C-generációs készülékek még előfordulnak, de megjelentek a D- és az E-generációs helyzetbeállítók is, valamennyi villamos bemenőjelű. A kimenőjelet tekintve pedig (az utánuk következő végrehajtóhoz

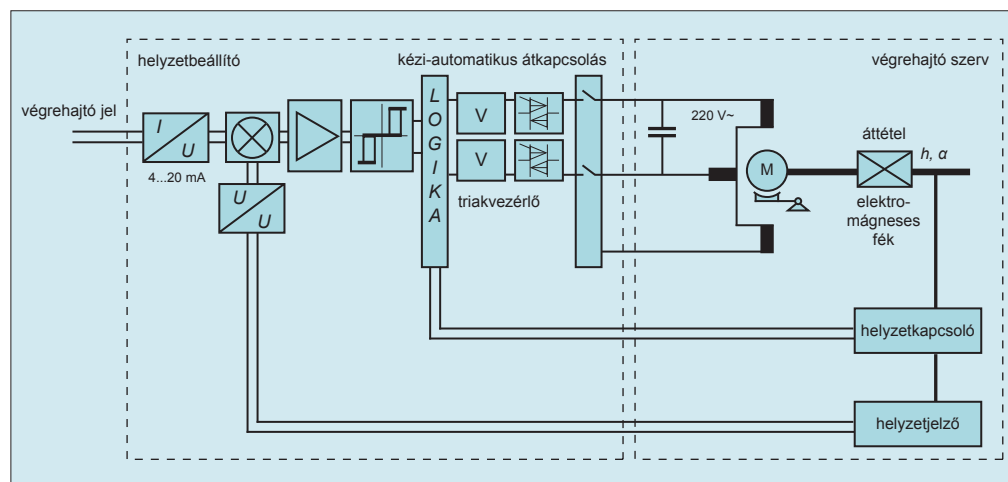
illeszkedve) lehetnek villamos (egyen-, ill. váltakozó áramú) és pneumatikus kimenőjelű helyzetbeállítók.

Analog, C-generációs helyzetbeállítók

Az analóg, C-generációs helyzetbeállítóknál általában részletesen megfigyelhetők a helyzetbeállítók feladatainak megoldásai. Ezek a szabályozótól egységes, leggyakrabban 4...20 mA-es analóg végrehajtó jelet kapnak, és áramkörök is analóg működésűek. A helyzetbeállító előzőleg felsorolt általános feladatai közül az 1., a 2., esetenként a 3. és a 4. feladatot oldják meg. Az 5. feladat megoldása összetett visszacsatolást igényel, ami – ahogyan a példákban látni fogjuk – nem mindig lehetséges.

A váltakozó áramú motort tartalmazó végrehajtó szervek helyzetbeállítói a váltakozó áramú motoroknál már megemlített teljesítményerősítők és hajtások közül leggyakrabban az állásos kimenőjelű változatot⁴ tartalmazzák, ahol a végfokozat teljesítménykapcsoló, relé vagy triak. A 3. ábrán egy ilyen megoldás vázlatát mutatjuk be, külön ábrázolva

3. ábra Váltakozó áramú végrehajtó állásos helyzetbeállítóval



³ Dr. Telkes Zoltán: A folyamatirányítás eszközei. Érzékelők, távadók, jelfeldolgozók – 1. *Magyar Elektronika*, XXVI (2009) 10. pp. 50-51.

⁴ Dr. Telkes Zoltán: A folyamatirányítás eszközei. Végrehajtó szervek – 2. *Magyar Elektronika*, XXVII (2010) 1-2. pp. 36-38.

a helyzetbeállítót és a végrehajtó szervet. A helyzetbeállító ellátja a kézi-automatikus átkapcsolást is, az ábrán a „kézi” állapot látható. A LOGIKA felirátú egység a helyzetkapcsolóból érkező jel hatására végállás esetén leállítja a motor hajtását, az elektromágneses fék pedig lefékezi azt.

Az elektropneumatikus helyzetbeállító villamos bemenőjelű és pneumatikus végrehajtó szervet működtet, ezért kimenőjele pneumatikus. A pneumatikus végrehajtó szerv kimenőjele elmozdulás. Ezt kell visszacsatolni a helyzetbeállítóba. A legegyszerűbb szerkezet ekkor a mechanikus elvű helyzetbeállító rugós visszacsatolással és egységes villamos bemenő áramjellel. A 4. ábra felső része erre ad példát.

A 4. ábra felső részén az egyenáramú jelet merülőtekercses átalakító alakítja erővé, ill. nyomatékká (M_b), amely nyomaték tart egyensúlyt a h kimeneti lökettel arányos rugóerővel, ill. annak nyomatékával (M_v). A nyomatékeltérés következtében létrejövő elfordulás okoz olyan nyomásváltozást a fűvókás átalakítóban, amely a végrehajtót mindaddig elmozdítja, míg a nyomatékegyensúly helyre nem áll. Ha kétoldalas végrehajtót kell működtetni, akkor a helyzetbeállítóban meg kell kettőzni a pneumatikus erősítőt. Ekkor a két erősítő egymással ellentétes nyomásváltozást ad, ami a $+p$ és a $-p$ nyomást jelenti a kétoldalas végrehajtók eddig tárgyalt eseteiben⁵. Ezek a megoldások ma már ritkák.

A 4. ábra alsó részén az elektropneumatikus átalakítást differenciálfűvókás, piezoelektromos átalakító végzi, a visszacsatolás pedig villamos.

Az elektropneumatikus helyzetbeállítók a pneumatikus végrehajtók már említett kedvező tulajdonságai miatt igen gyakoriak.

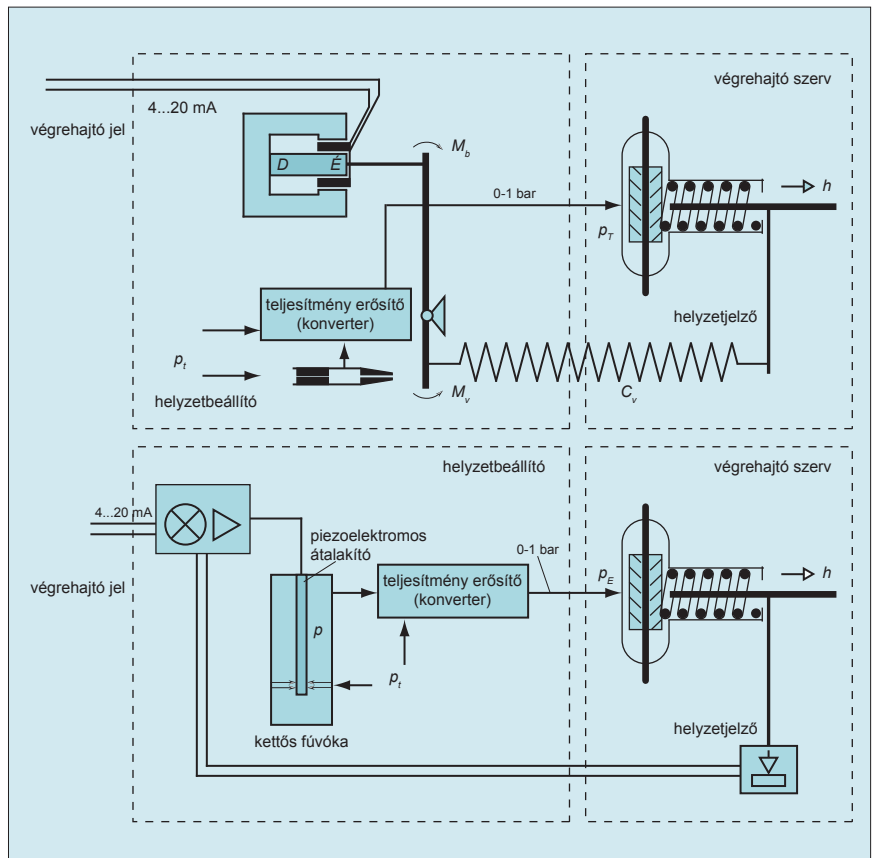
Digitális, D-generációs helyzetbeállítók

A digitális, D-generációs helyzetbeállítók az irányítási rendszerben a D-generáció definíciójából következően a C-generációsokkal – külső jelüket tekintve – csereszabatosak, csupán a belső működésben térnek el egymástól. A digitális belső működés azonban lényeges minőségi eltérést is jelent. E helyzetbeállítók belső működési elve a D-generáció egyéb készülékeihez (távadók, szabályozók) hasonlók, de a funkcionális követelmények némileg eltérő konfigurációt eredményeznek.

Egy D-generációs helyzetbeállító a 3. ábrán látható C-generációs helyzetbeállítóval való összehasonlítását az 5. ábra mutatja. A D-generációs helyzetbeállító teljesítményerősítője – vagyis csatlakoztatása a villamos végrehajtó szervhez – gyakorlatilag azonos a C-generációs kétvezetékes helyzetbeállítóéval, amint ez az 5. ábra felső részén is látható.

Ugyanez a helyzetbeállító az 5. ábra alsó része szerint pneumatikus membrános végrehajtó szervhez is alkalmas, ahol csak a teljesítményerősítőt és az előzőtől eltérő – mágnesszelepekkel működtetett – pneumatikus végrehajtó szervet ábrázoltuk.

A 4...20 mA-es bemenőjel a segédenergiát is tartalmazza. Az A/D-átalakítás után a jel 4 és 20 mA értéke közötti információ



4. ábra Pneumatikus, membrános végrehajtó elektropneumatikus helyzetbeállítóval, merülőtekercses átalakítóval, rugós visszacsatolással és nyomaték-összehasonlítással (felső ábra), valamint piezoelektromos átalakítóval és villamos, potenciométeres visszacsatolással (alsó ábra)

bekerül a digitális rendszerbe. Az egység két processzort tartalmazhat: az egyik a modemen vagy a kézi programozón keresztül kommunikál a digitális paraméterbeállítást és lekérdezést végző kezelővel, a másik a helyzetbeállító alább részletesen tárgyalt funkcióit végzi.

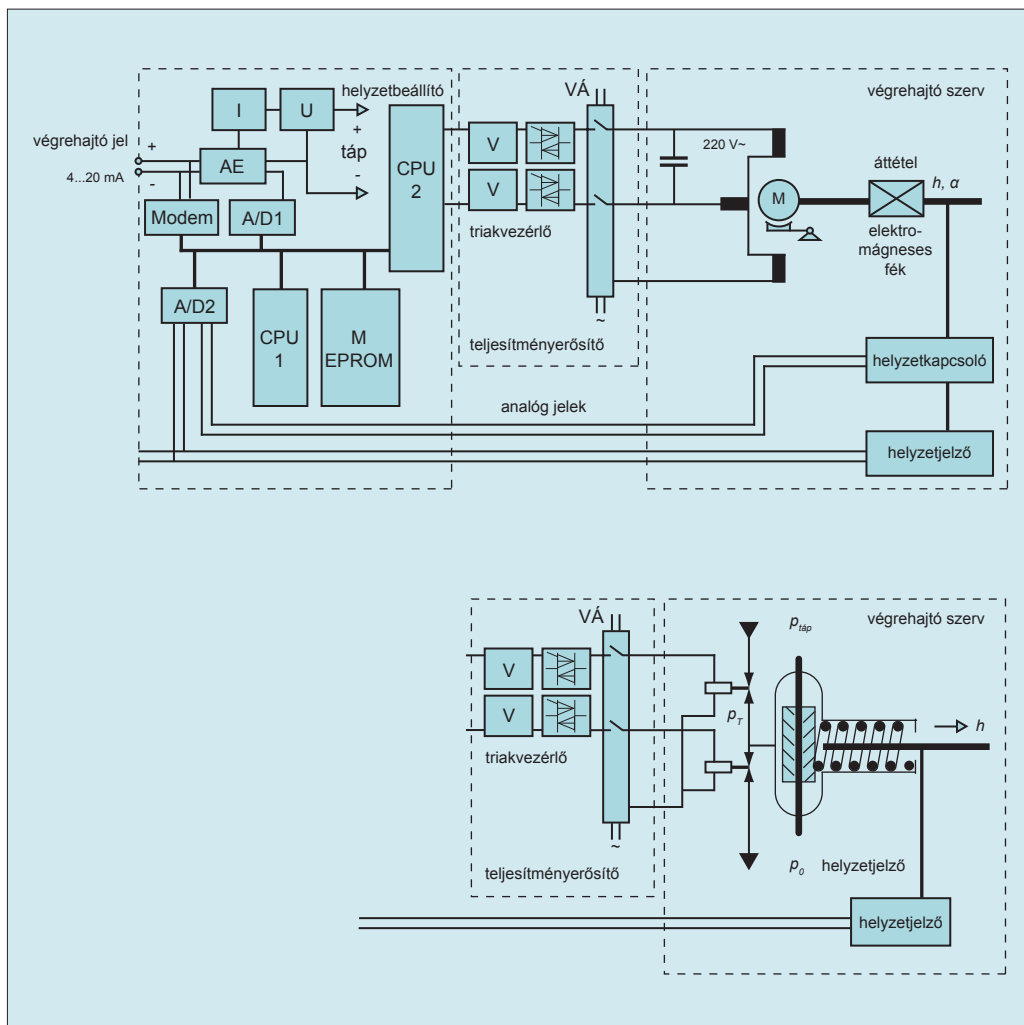
A végrehajtó jel és a helyzetjel ε különbségének függvényében a helyzetbeállító kimenőjele háromállású (esetenként ötállású) jel. A rajzon felül kétfázisú szervomotort tartalmazó végrehajtó szerepel, ekkor a szervomotort működtető teljesítményerősítő külön egységet jelent. Pneumatikus végrehajtó szerv esetén (az ábrán alul) az egyik állásban a teljesítményerősítő az egyik mágnesszelepet nyitja (ami a táplevegőt enged be a membrántérbe), a másik állásban a szabad térbe való kiáramlást végző mágnesszelepet nyitja. A középállásban mindkét szelep zárva van, a végrehajtó helyben marad.

A D-generációs digitális helyzetbeállító illeszkedését a szabályozóhoz (vagy a központi irányítórendszer (PCS, DCS) folyamatállomásához a 6. ábra mutatja. Az analóg jelekkel működő szabályozási körben a digitális helyzetbeállító távolsági lekérdezése, a beállítható alapértékek és helyzetbeállító-paraméterek távbeállítása, valamint a távolsági készülékdinózis végezhető el a működés zavarása nélkül.

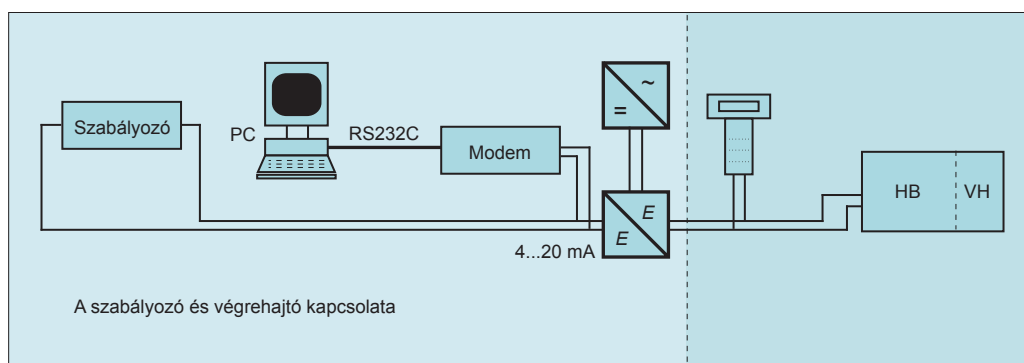
A kommunikáció egy lehetséges módja a HART-eljárás⁶ alkalmazása. A HART-eljárás az analóg jelátvitelt egészíti ki a 4...20 mA-es, kétvezetékes vagy a négyvezetékes rendszerben alkalmazott jelvezetékeken. Az üzenetet a központi irányítóegység (pl. PC) vagy a hordozható kézi kommunikátor indítja, és a megcímzett terepi készülék fogadja és válaszolja meg azt.

⁵ Dr. Telkes Zoltán: A folyamatirányítás eszközei. Végrehajtó szervek - 1. Magyar Elektronika, XXVI (2009) 12. pp. 40-43.

⁶ Dr. Telkes Zoltán: A folyamatirányítás eszközei. Érzékelők, távadók, jelfeldolgozók - 2. Magyar Elektronika, XXVI (2009) 11. pp. 44-47.



5. ábra Digitális, D-generációs helyzetbeállító alkalmazása villamos szervomotoros (felül) és pneumatikus membrános (alul) végrehajtóhoz



6. ábra PC vagy kézi kommunikátor és helyzetbeállító (HB) között HART-protokoll segítségével megvalósított, üzem közbeni kommunikáció

A D-generációs helyzetbeállító programozhatósága és távolsági paraméterezhetősége következtében igen sokféle feladatot lát el, köztük – mint az alábbi felsorolásból kiderül – mind az öt helyzetbeállító-feladatot.

- A statikus *karakterisztika* állíthatósága:
 - bemeneti jeltartomány (a teljes kimeneti tartományhoz hozzárendelt áramjeltartomány),
 - jellegörbe (lineáris vagy korrekcióval egyenszázalékos vagy szakaszos közelítéssel tetszés szerinti függvény, egyenes vagy fordított karakterisztika előállítás),
 - sebességhatárolás (a végrehajtó szerv mozgási sebességének korlátozása technológiai okból), löketkorlátozás (a kimeneti löket tartományának korlátozása).

- Illesztés az utána következő végrehajtó adataihoz:
 - lökethossz,
 - emelőkarhossz (szögelfordulás kimenőjel esetén),
 - rugóerőirány.
- A helyzetbeállító – mint szabályozási kör – *beállítható paramétereinek*, pl. az előzőekben is említett $W_e(s)$ értékének a változtatása:
- Üzem módok:
 - automatikus (a 4...20 mA-es jel automatikus követése),
 - kézi üzem (végrehajtójel digitális állítása kézi terminálról, a végrehajtó biztonsági helyzetbe állítása üzemzavar esetén).
- A felsoroltakon kívül *teszt-funkciók* és az összes működési paraméter *kiválthatósága* tartozik a jellemzők közé.

A felsorolt funkciókból megállapítható, hogy a digitális („intelligens”) helyzetbeállító a szabályozó néhány funkcióját is átveszi anélkül, hogy magát a szabályozót feleslegessé tenné.

A digitális helyzetbeállító esetében ugyanúgy, mint a legtöbb digitális tagot tartalmazó szabályozási körnél, vagy például a szabályozónál, felvetődik az eredő időkéscés (időállandók) kérdése, hiszen az A/D-átalakítás, az algoritmusképzés és a kimenőjelképzés időt vesz igénybe. A digitális jelfeldolgozásnak ez a tulajdonsága azonban a D-generációs helyzetbeállítók minőségét nem befolyásolja.

Digitális, E- és F-generációs helyzetbeállítók

A D-generációs helyzetbeállítók struktúrájának kialakításával időtálló megoldás született. Az E-generáció úgy hozható

létre, hogy az 5. ábra bal oldali, szaggatott vonallal körülvett részében a 4...20 mA-es jelfogadó helyett terebuszjelet fogadó modul kerül, F-generáció pedig úgy, hogy oda vezeték nélküli jelet vevő egység kerül.

Általános megjegyzés: A helyzetbeállítók ipari kivitelei, nagyrészt az ismertetett elvek felhasználásával, sokfélék és változatosak, amiről célszerűen a katalógusok tanulmányozásával lehet meggyőződni.

(Folytatjuk!)