

A folyamatirányítás eszközei

Az irányítási rendszerek generációi, szervei, készülékei és jelei – 2.

Dr. Telkes Zoltán

Az irányítási rendszerek generációinak elemzése után a folytatásban sorra kerül az irányítási rendszerek szerveinek és készülékeinek, valamint azok jeleinek az áttekintése, majd a vezeték nélküli jelátvitel jelformáival, a WLAN-rendszerekkel és a terepi kábelezés változataival foglalkozunk. Az összefoglaló azok számára készült, akik a „Folyamatirányítás” és a „Folyamatműszerezés” témáiban az ismeretanyaguk „felfrissítését” kívánják elérni.

Az irányítási rendszerek szervei és készülékei

Az irányítási rendszerek generációjának hat rendszertechnikai ábráját figyelve megállapítható, hogy a második és főleg a harmadik generációban egységesen érvényesül a modularitás, az építőkocka-elv; míg a negyedik, ötödik és hatodik generációban ez az elv csak a folyamatperifériákra korlátozódik. Mivel az irányításokban vegyes rendszerek is előfordulnak, a készülékek¹ tagolását nem rendszerhez kötve, hanem egységesen tárgyaljuk. Az 1. táblázat az irányítási rendszerek készülékeit foglalja össze:

Terepi készülékek	Központi egyedi készülékek	Központi készülékrendszerek
1. Érzékelő	8. Jelfeldolgozó, modem (pl. bluetooth)	12. Vezérlő (pl. PLC)
2. Jelátalakító		
3. Távadó (érezékelő+jelátalakító)	9. Mérő (mutató, kijelző) műszer	
4. Végrehajtó szerv		
5. Helyzetbeállító	10. Regisztráló (adatrögzítő) műszer	13. Folyamatirányító rendszer (PCS)
6. Beavatkozó szerv		
7. Beavatkozó berendezés (végrehajtó+helyzetbeállító+beavatkozó)	11. Szabályozó (pl. kompakt szabályozó)	

1. táblázat Irányítási rendszerek készülékei

A felsorolás egyedi szerveket, műszereket és egybeépített változatokat, készülékeket is tartalmaz. Ezért a részletes elemzéskor nem minden kategória fog külön fejezetként szerepelni, azonban más, itt nem szereplő, ún. szekunder készülékek is megjelennek

¹ Készülék az olyan szerkezetileg körülhatárolt, többnyire a maga egészében kicserélhető egység, amelynek önálló technológiai vagy önálló irányítási feladata van. A készülék egy vagy több szervből áll (MSZ 18450).

az egyes rendszerekben. Részletesen foglalkozunk a táblázat 2., 3., 4., 5., 6. és 7. tételével – a terepi készülékekkel – amelyek egyértelműen folyamatperifériáknak tekinthetők.

Az irányítástechnikai készülékekben is lehet – a rendszerekhez hasonlóan – generációs tulajdonságokat találni. Megfelelő elvek kiválasztása esetén itt is csoportokat lehet alkotni. Az irányítástechnikai készülék önálló egység, ezért a generációs tulajdonságokat önmagában a készülékben kell vizsgálni, és a rendszerbe illeszthetőségét ennek alapján megállapítani. A készülékek generációkra osztásával (a rendszerekhez hasonlóan) a szakirodalom ugyan foglalkozik, de egységes, áttekinthető módon (*hat generációra tagolva*) nem jelenik meg a tagolás. Csak szűkebb körben, rendszerint konkrét készülékcsoporthoz esetében jellemzik úgy a fejlődést, hogy az újabb típust magasabb generációjúnak tekintik.

A csoportosítás a folytatásban megjelenő TÁVADÓK fejezetben kerül ismertetésre. A hat készülékgeneráció A...F betűjele (amit csak ez a cikksorozat használ) a gyors hivatkozást szolgálja csupán, és megkülönbözteti a rendszergenerációk számozásos (1...6) megjelölésétől.

Az irányítási rendszerek jelei

A vizsgálatunk tárgyát képező irányítási rendszer nagy kiterjedésű és nagyon tagolt. Ezért kiemelkedő jelentősége van a jelátvitel ismeretének.

A jelátvitel alapfogalmait és a jelek irányítástechnikai szempontú csoportosítását szabvány határozza meg. A továbbiakban az 1968-ban készült MSZ18450 magyar terminológiai szabványt alkalmazzuk, és erre alapozzuk a későbbi tárgyalást. A készülékek közötti kapcsolat, a terepi készülékek információforgalma eltér attól a fogalomköről, amit az áramkörök (kárták) belső kapcsolásainál alkalmaznak, és amit azok elsajátítása során egy villamosmérnök megismer. Eltérés tapasztalható a számítástechnikai eszközök belső digitális kapcsolatában megismert formához képest is, bár ez az eltérés nem olyan nagy, mint az előbbi. Ezért az irányítástechnikai jelátvitel speciális tárgyalásmódot igényel.

A jelek felosztása [1] (5. ábra)

Az értékkészlet szerint:

- **Folytonos** a jel, ha értelmezési tartományában tetszés szerinti értéket felvehet. (Példa: 1. ábra: *a, b, d, e*)

- **Szakaszos** (nem folytonos) a jel, ha értelmezési tartományában nem vehet fel tetszés szerinti értéket. (Példa: 1. ábra: *c, f, g, h*)

Az időbeli lefolyás szerint:

- **Folyamatos** a jel, ha értékészlete adott időtartomány bármely időpontjában változhat. (Példa: 1. ábra: *a, b, c, g*)
- **Szaggatott** (nem folyamatos) a jel, ha értékészlete adott időtartományban nem minden időpontban változhat. (Példa: az 1. ábra *d, e, f, h* jelei csak meghatározott időközönként és időtartamban szolgáltatnak információt)

Az információ megjelenési formája szerint:

- **Analóg** a jel, ha az információt a jelhordozó értéke vagy értékváltozása közvetlenül képviseli. (Példa: az 1. ábrán az *a* és *c* modulálatlan analóg, a *b, d, e* és *f* pedig modulált analóg jel időfüggvényét mutatja)
- **Digitális** a jel, ha az információ a jelhordozó – számjegyet kifejező – diszkrét jelképi értékeiben (kódjaiban) van jelen. (Példa: az 1. ábrán a *g* binárisan kódolt, a *h* pedig soros kód segítségével előállított digitális jel időfüggvényét mutatja)

Az érték meghatározottsága szerint:

- **Determinisztikus** a jel, ha értéke meghatározott időfüggvénnyel egyértelműen megadható. (Példa: az 1. ábra valamennyi jele)
- **Sztochasztikus** a jel, ha szabálytalan lefolyású, és csak valószínűségi számítási módszerekkel írható le.

A továbbiakban a jeleket az információ megjelenési formája szerint két nagy csoportra osztjuk, és külön foglalkozunk az **analóg** és a **digitális** jelekkel.

Analóg jelek

Az analóg jelek lehetnek villamos egyenáramú (feszültség, áramerősség), váltakozó áramú (amplitúdó, frekvencia, fázishelyzet) vagy impulzus- (amplitúdó, frekvencia, szélesség) jelek, valamint pneumatikus (nyomás) jel. Ezeket a jeleket analóg jeleknek tekintjük. Ugyancsak lehet analóg jel a bináris jel is.

Az analóg jelek közül a leggyakoribbak a villamos *egyenfeszültségű* és *egyenáramú* jelek, valamint a *pneumatikus* jelek.

A feszültség-jelátvitel megfelel az általában ismert feszültségosztónak.

A feszültség-jelátvitel kapcsolásában hibaforrások az egyes ellenállások megváltozásai, amiknek különböző okai lehetnek. Feszültség-jelátvitel esetén hibát okoz

- a terhelő ellenállások számának üzem közbeni változtatása, vagy eredő ellenállásuk megváltozása,
- a jelvezeték üzem közbeni ellenállás-változása pl. a hőmérséklet-változás következtében.

Az áramjelátvitel megfelel az általában ismert áramosztónak. Az áramjelátvitel kapcsolásában a hibaforrások ugyancsak az egyes ellenállások megváltozásai, amiknek különböző okai lehetnek. Áramjelátvitel esetén hibát okoz

- a terhelő ellenállások számának üzem közbeni változtatása,

		Folytonos értékészletű	Szakaszos értékészletű
Analóg	Folyamatos		
	Szaggatott		
Digitális	Folyamatos	-	
Digitális	Szaggatott	-	

1. ábra A determinisztikus jelek felosztása

vagy eredő ellenállásuk megváltozása, de a jelforrás nagy kimeneti ellenállása következtében csak jelentéktelen, elhanyagolható mértékben,

- a jelvezeték üzem közbeni ellenállás-változása pl. a hőmérséklet-változás következtében, de az előbbi ok miatt ez is elhanyagolható mértékben.

A hibák láthatóan azonos hiba okok esetén a jelátviteli módtól függően eltérőek, megfelelő áramgenerátor esetén a soros áramjelátvitel miatt az ellenállás-változások miatti hiba jelentéktelen, feszültségjel-átvitel esetén a feszültségosztás változik meg, és ezért a hiba jelentős. Olyan áramkörök esetében tehát, ahol az áramkör ellenállása külső okok miatt is változhat, feltétlenül előnyösebb az áramjelátvitel. Folyamatperifériák esetében ezért ez a leggyakoribb jelátviteli mód.

Az irányítástechnikában használt *feszültségjelek* nem szabványosak, szokásos értékek: 0...3 V, 0...5 V, 0...10 V, valamint ezeknek a ± polaritású változatai.

Az *áramjelek* szabványosítottak. A legelterjedtebb szabványos értékek a valódi zérusú jelek készletéből: 0...20 mA (régebben 0...50 mA, 0...5 mA), és ezeknek az élő zérusú változatai: 4...20 mA (régebben 10...50 mA, 1...5 mA). Az áramjel az irányítástechnikában igen előnyös, mert gyors, zavarmentes, robbanásveszélyes térben is alkalmazható jelátvitelt tesz lehetővé.

Az élő zérusú áramjel szerepével a távadókról szóló fejezet foglalkozik.

A pneumatikus technika alapja a túlnyomású levegő vagy semleges gáz, aminek nyomását információátvitelre és munkavégzésre egyaránt használhatjuk. A levegő nyomása hasonló módon használható információátvitelre, mint a villamos töltés potenciálja (feszültsége), ezért a villamos áramkörök ismereté-

ben analógia állítható fel, mind a pneumatikus áramköri alapelemek, mind az ezekből összeállítható áramkörök kezeléséhez.

A pneumatikában használt levegőnyomást három tartományban alkalmazzák (hasonlóan a kisfeszültségű, a közepes és a nagyfeszültségű villamos áramkörökhöz): a kisnyomású tartományban 1...100 mbar, a közepes tartományban 1...2 bar, míg a nagynyomású tartományban 6...10 bar a leggyakoribb érték. Ennél nagyobb nyomásokat a *hidraulika* használ, ahol az energia-hordozó nem a komprimálható levegő, hanem a lényegében összenyomhatatlan speciális hidraulika-olaj, amivel 100...500 bar nyomás is elérhető. A továbbiakban csak a *közepes* nyomásokkal (villamos analógiában ennek pl. a 220 V felel meg) foglalkozunk, azzal az egyértelmű kijelentéssel, hogy ezen a nyomás-szinten a pneumatikában csak „egyenáramú” áramkörök vannak. A pneumatikus jelek részletes megismeréséhez szükség van a jelhordozó közeg, a levegő áramlásának ismeretére. Ezzel a cikksorozat keretében azonban nem foglalkozunk.

Digitális jelek

A digitális jelek irányítástechnikai kiterjesztésének fő *szükség-szerűsége* az, hogy a kommunikáció mai analóg rendszere *tel-jesítőképesége határaihoz* érkezett, a kommunikációs követelmények számszerűen is növekednek, a minőségi követelmény is magasabb. Biztosan ellenőrizhető kétirányú adatátvitelre van szükség úgy, hogy lehetőleg a kábelezési költségek is csökkenjenek. A technikai lehetőségek a digitális jelátvitelt erre alkalmassá teszik. A terepi jelátvitel speciális követelményei azonban további fejlesztést tesznek szükségessé, ami napjainkban folyik. Ezért ma még nem tekinthető minden szempontból teljesnek az irányítástechnikai célú terepi digitális jelátvitel, a legnagyobb gondot a robbanásvédelem megoldása okozza.

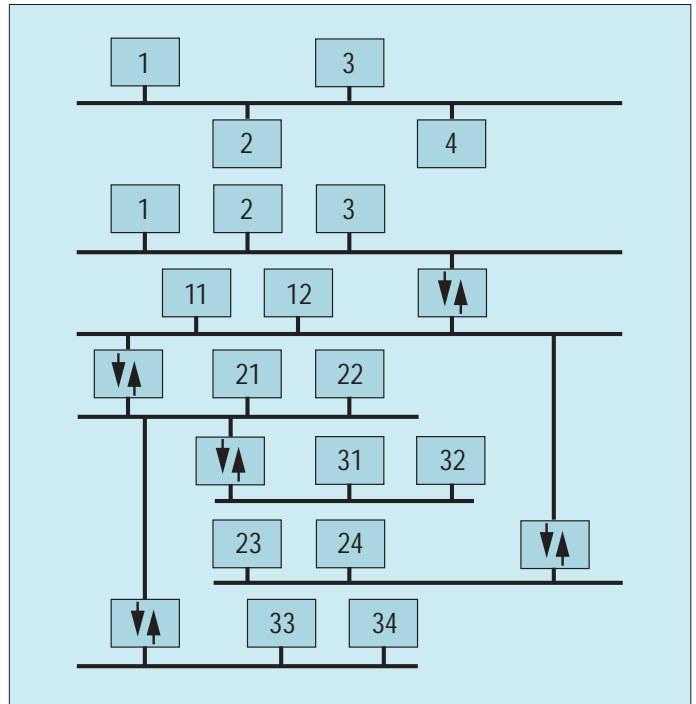
Az irányítástechnikai rendszerekben alkalmazott digitális jelek a lokális hálózatok kategóriájába tartozó jelek, és soros jelátvitelt valósítanak meg. A digitális készülékeken vagy áramkörökön belül nagyobb a változatok száma, ezzel a jelátvitellel azonban itt nem foglalkozunk. A rendszerekben alkalmazott folyamatirányítási célú kommunikáció leggyakoribb formája a terepbusz².

A terepbusz megvalósítására vonatkozó fejlesztések évtizedesek, és egyes cégek, valamint egyes műszaki területek régen használnak terepi követelményeket kielégítő, soros digitális jelátvitelt. A terepbusz nemzetközi bevezetésének feltételei a következők: a csatlakozás és illesztés egységessége, nemzetközi szabvány szerinti protokoll, világos adatértelmezés és egyszerű feldolgozás, a terepi készülékek széles választéka, a folyamatirányító rendszerek (PCS-ek) általi kezelhetőség, hozzáértő szakembergárda. A terepbusz néhány változata: PROFIBUS (PROcess FIEld BUS), Interbus S, Modbus, FOUNDATION Fieldbus, IEC1158-2 (H1), Controller Area Network (CAN-bus).

A terepbusz egy változatának legfontosabb *specifikációs adatai*.

- Az adatátvitel általában az *EIA RS 485*, a folyamatirányításban pedig az *IEC1158-2 (H1)* specifikációján alapul.
- Az elrendezés alapvetően *vonal-(busz-) topológia*. Fejlesztés alatt van a *fatopológia* is jelismétlő közbeiktatásával (2. ábra).
- A *vezeték-hossz* folyamatirányításnál 1900 m (H1) vagy ehhez közeli érték, azonban az adatátviteli sebesség növelésétől függően lehet 700 vagy 500 m (H2) is. Jelerősítő közbeiktatásával ennek a négyszerese is elképzelhető.
- A *jelvezeték* sodort, kéteres, esetleg árnyékolással (Twisted Pair).

- A *vezetékcsatlakozás* lehet galvanikusan csatolt vagy galvanikus elválasztású, visszahatásmentes. A kábel hullámellenállása 100 és 120 Ω közötti érték.
- A *segédenergia-ellátás* vagy külön kábelben vagy Ex i (gyűjtőszikramentes) kivitelben a terepi készülékekhez buszkábelben keresztül valósul meg.
- Az *állomások száma* a rendszerből adódóan maximálisan 32. Ez jelismétlővel növelhető, egyes speciális feltételek (pl. az Ex kivitel) viszont csökkentik ezt a számot.
- Az *adatátviteli sebesség* folyamatirányításban 31,25 kbit/s, más területeken (H2) – rövidebb távolság esetén – a kábelhossztól és a topológiától függően nagyobb is lehet.
- A *kódolás* módja többféle, leggyakoribb a Manchester-kód.
- A megbízhatóság növelésére *vezetékettőzés* alkalmazása.



2. ábra A terepbusz vonal-(busz-) és fatopológiája

A vezeték nélküli jelátvitel jelformái, a WLAN-rendszerek

A WLAN-rendszerek (Wireless Local-Area Network) legfőbb jellemzője a hordozhatóság és az egységesség. Utóbbi csak részben sikerült elérni, a nemzetközi hatóságok (az FCC az USA-ban, az ETSI Európában és az MPT Japánban) a WLAN-eszközök működési sávjaként a 2,4 GHz, 5,2 GHz, és 5,8 GHz körüli frekvenciákat jelölték ki. Ezeket a sávokat ISM (Industrial, Scientific and Medical) sávoknak nevezik. Európában a 2,400...2,483 GHz-es és az 5,725...5,825 GHz-es sávokat használják.

Az ISM-sávokra minden országban hasonló szabályok vonatkoznak. Mivel az ISM-sávban a forgalmazás nincs engedélyhez kötve, olyan jelátviteli módot kellett találni, amely kiküszöböli, hogy az egymás mellett működő állomások a lehető legkisebb mértékben is zavarják egymást. Az ún. szórt spektrumú adatátviteli mód erre a leginkább megfelelő.

A szórt spektrumú adás annyit jelent, hogy az adás spektrumát valamiféle spektrumszórás módszerrel kiszélesítik. Vételkor szélessávú vevőkészülékkel használnak, amelynek a demodulátora a szórt spektrumú jelből visszaállítja az eredeti alapsávi jelet. A szórt spektrumú modulációs módok teszik lehetővé, hogy a szintén az ISM-sávban működő egyéb eszközök, pl.

² Az angol „field bus”, német Feldbus kifejezést a magyar irodalomban általában „terebusz”-ként fordítják. Az itt használt „terebusz” formát rövidebbnek és gördülékenyebbnek véljük, ezért használjuk a továbbiakban a szerző szándéka szerint. (A szerk. megj.)

a mikrohullámú sütők és az ipari mérőberendezések nagy amplitúdójú, de kis sávszélességű zavarjelei ellenére is jól működjenek a WLAN-eszközök.

A jelenleg gyártott eszközök a következő spektrumszórás módok egyikét használják: Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS (Frekvencia Ugratásos Szórt Spektrum), Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS (Direkt Soros Spektrum-Szórás), Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM (Ortogonalis Frekvenciaosztásos Multiplexelés).

A terepi kábelezés változatai és költségei

A jelátvitel módját az irányítási rendszerek generációi alapvetően meghatározzák, és ebben a tekintetben a 3., 4., 5. és 6. generáció egymástól eltérő módokat tartalmaz. A 3. generációs rendszer esetében a legtakarékosabb megoldás a kétvezetékes (élő zérusú) jelátvitel alkalmazása esetén is legalább kétszer annyi kábel szükséges az információátvitelhez, ahány érzékelési és beavatkozási hely van a rendszerben. Ehhez még több kábelrendező is járul, hiszen a készülékekre közvetlenül nem lehet kábelvégződést kötni. Az esetleg több száz vagy egy-kétezer méteres távolság áthidalása esetén jelentős a beépítendő kábelmennyiség.

A 4. generációs (vegyes, analóg és digitális) rendszernek egy speciális változatában az analóg-digitális átalakítást egy sokcsatornás terepi multiplexer vagy intelligens folyamatállomás végzi el, és ettől kezdve a jel digitális kábelben, soros jelátviteli módban (pl. terepbuszon) jut el az irányító készülékhez. Ekkor a kábelezés költsége 75-80 %-a az előzőnek.

Az 5. generációs rendszertechnikában a terepi készülékek közvetlenül csatlakoznak a terepbuszra, és emiatt elmarad a multiplexer és a vezetékezés is. A számítások azt mutatják, hogy a kábelezés költsége ekkor 70-75 %-a a 3. generációs rendszer kábelezésének.

A 6. generációs rendszerben a legkedvezőbb esetben nincs terepi kábelezési költség. E tekintetben tehát ez a legkedvezőbb megoldás. Feltehetően a rendszerben alkalmazott készülékek költségei a fejlődés kezdeti szakaszában még magasabbak a többi rendszerénél. Ez csökkenti a különbséget. A kezdeti időszakban vegyes rendszerek készültek, ekkor a teljes rendszer eltérő generációinak részadatai adják az eredő költséget.

IRODALOM [1] MSZ 18450

(Folytatjuk!)

editor@magyar-elektronika.hu