

Miskolci Egyetem
Gépészmérnöki és Informatikai Kar



Foundation Fieldbus kommunikációra épülő folyamatirányítás teljesítőképeségi kérdései

PhD értekezés

Dr. Jónap Károly
dr. univ., okleveles gépészmérnök

Hatvany József Informatikai Tudományok Doktori Iskola

A doktori iskola vezetője:
Dr. Tóth Tibor
a műszaki tudomány doktora

Tudományos vezető:
Dr. Szarka Tivadar
a műszaki tudomány kandidátusa

Miskolc
2006

Foundation Fieldbus kommunikációra épülő folyamatirányítás teljesítőképességi kérdései

Kivonat

A folyamatirányításban a digitális jelfeldolgozás, majd a digitális számítógépek megjelenése drámai változást hozott. Az eszközök folyamatos fejlesztése, a működtető programok egyre kifinomultabb változatainak használata alapvetően megváltoztatta a folyamatirányítási megoldásokat. A mikroprocesszorok szinte minden területet átfogó elterjedése, az analóg jeltovábbítást felváltó, egyre több információt hordozó digitális jelközlés új irányítási megoldásokat tett lehetővé. A dolgozat, a Foundation Fieldbus (FF) H1 rendszer terepi alkalmazhatóságával, és az alkalmazáshoz kapcsolódó teljesítőképességi kérdésekkel foglalkozik.

A terepi kommunikáción alapuló folyamatirányítás hatékonyságának vizsgálatához mindenekelőtt szükséges egy objektív minősítési módszer, melynek hiányában dolgoztam ki egy, a folyamatirányító rendszerekre általánosan érvényes megoldást. Az irányítási rendszer minősítésére szinte kivétel nélkül az alkalmazott rendszer jellemzőinek leírásából következtetett megoldások használatosak. A PhD munkában kidolgozott minősítési módszer az általánosan elterjedt leírással szemben alapvetően feladatközpontú megoldás. Az irányítási rendszerekkel szemben támasztott követelményeket a feladat végrehajtásától, az irányítás hatékonysági kérdéseit, az irányításhoz kapcsolódó, de a működést nem közvetlenül érintő háttérszolgáltatáson keresztül, a működéshez szükséges támogatást elemezve, a speciális alkalmazási területekhez kapcsolódó feladatokig vizsgáltam. A Foundation Fieldbus minősítését is ennek a sorrendnek megfelelően végeztem el.

A dolgozatban részletesen leírásra kerültek a terepen és a vezérlőben megvalósítható szabályozási feladatok végrehajtása szempontjából döntő jelentőségű kérdések, úgymint a szabályozási algoritmus „szolgáltatásának” minősége, a szabályozási algoritmus végrehajtásának helye, a szabályozási algoritmusok láncolhatósága, kapcsolata a különböző eszközökben rendelkezésre álló funkció blokkok között, a szabályozás végrehajtásának ideje, a szabályozási redundancia kérdései.

Az irányítás hatékonyságának megítélésére kidolgozott módszer jelentősen segítette az ipari alkalmazás során a tervezést, és a jelenleg már üzemelő technológia bizonyította, hogy a módszer bevált a nagyméretű, FF kommunikációt alkalmazó technológiák esetében is.

A robbanásveszélyes övezetbeli alkalmazás bevizsgálására kidolgozott eljárás, és mérési módszer használhatóságát két, különböző gyártmányú folyamatirányító rendszer bevizsgálása bizonyította.

Kulcsszavak: terepi busz, Foundation Fieldbus, terepi irányítástechnika, irányítás minősítése

Efficiency Questions of the Field Control System Based on Foundation Fieldbus Communication

Abstract

Appearance of the digital communication and digital computers caused dramatic changes in process instrumentation and controlling. Continuous development of the devices and using of the more and more sophisticated programs produced new process controlling solutions. Proliferates of the microprocessors comprehending the all fields, digital communication keeping more information made use of the new controlling forms possible. Object of the PhD is applicability of the Foundation Fieldbus.

Descriptions concluding features of the applicant system are generally used for quality of the controlling system. I worked out a new system for quality of controlling, which is a task-centered solution. Requirements of the controlling systems are classified from solution to qualification of the application in the next groups: task solution, effectiveness of controlling, service for operation, service for non operation, but important background service, and tasks for special requirements. The classification of the Foundation Fieldbus followed the same method.

Important specifications are detailed in this PhD from the point of view of controlling executions, for example quality of execution of controlling algorithm, linkable of the controlling algorithms, connecting between of available function blocks, execution time of controlling and control redundancy.

The method of this PhD for the efficiency of the controlling supported considerably planning for industrial instrumentation, and the working technology demonstrated suitability of this method for Foundation Fieldbus technologies also.

Applicability of this methodology is demonstrated by the test of two different made industrial controlling systems for intrinsically safe fields.

Keywords: Fieldbus, Foundation Fieldbus, Plant control, control quality

Előszó

Több évtizedes irányítástechnikai gyakorlat után még mindig meglepődöm, amikor olyan technikai újdonsággal találkozom, ami bár kötődik a tanult ismeretekhez, de alapjaiban eltér a megszokott rendszerektől. Az iparban is alkalmazható digitális kommunikációról megjelenő korai publikációk rendkívüli módon felkeltették a kíváncsiságomat, de a megismerést követően a saját tervezésű, és kivitelezésű alkalmazások után sem csökkent az érdeklődésem e szakterület iránt. A digitális be-, kimeneti jelek kezelésére alkalmas, teljesen digitális rendszer első magyarországi installálását (MOL Rt. Hajdúszoboszlói Gázüzem) 1995-ben én irányítottam, és ezt követően már bátrabban vágtam bele a Foundation Fieldbus kommunikációra épülő irányítási rendszer első hazai telepítésébe (1999 – MOL Rt. Algyői Atmoszférikus propán-bután gáztározó). A témához kapcsolódó kutatási tevékenységet az első feladat kapcsán már elkezdtem, és az elmúlt években ezt a tevékenységet a PhD munkám keretében végeztem.

A doktori értekezés témája bizonyítja, hogy az irányítástechnikai rendszerekben lezajló struktúraváltásnak köszönhető digitális kommunikáció korunk legdinamikusabban fejlődő tudományterületéhez, az informatikához hasonló lendülettel robbant be az ipari technológia területére. Az egyik legígéretesebb „eszköz” a szabályozási stratégiát szolgáltató Foundation Fieldbus, melynek alkalmazhatóságát vizsgáltam elméleti és gyakorlati munkámban. A dolgozatban összefoglalt kutatási eredmények reményeim szerint segíteni fogják a szakterülettel foglalkozó munkatársakat az irányítási feladataik hatékony megoldásában.

Már fiatal koromban is tudtam, hogy eredményeket csak jó csapatmunkával lehet elérni, ezért voltam mindig szerencsés, hogy olyan munkatársak vettek körül, akikkel nagyon szívesen dolgoztam, és dolgozom együtt jelenleg is. Ezúton köszönöm meg az intézet Műszerfejlesztési és Informatikai Osztály valamennyi munkatársának a dolgozatom megírásához nyújtott segítséget, és külön köszönöm Subert Józsefnek a mérésekben és a vizsgálatokban végzett munkáját, és a közös publikációkban nyújtott lelkiismeretes tevékenységét.

Nagy tisztelettel és köszönettel tartozom Szarka Tivadar professzor úrnak, hogy szakmai tanácsaival, és nagyon sokszor biztatásával segített a dolgozat elkészítésében.

Külön köszönettel tartozom a Miskolci Egyetem Elektrotechnikai és Elektronikai Tanszéknek, és a Hatvany József Doktori Iskola vezetőjének, Tóth Tibor professzor úrnak, mert lehetőséget adtak arra, hogy elkészíthessem ezt az értekezést. A Villamosmérnöki Intézet vezetőjének, Ajtonyi István professzor úrnak az értékes észrevételei és tanácsai sokat segítettek a dolgozat színvonalának emelésében, és ezt a segítséget ezúton is megköszönöm.

Hálásan köszönöm feleségem türelmét és támogatását, gyermekeim biztatását és bátorítását, mert ezek nélkül sohasem készítettem volna el ezt a munkát.

Rövidítések

AIP	Application Interoperability Profile
AMS	Asset Management Solution
ASI	Actuator and Sensor Interface
CAN	Controller Area Network
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CPU	Central Processing Unit
CSMA/CD	Carrier Sensing Multiple Access/Collision Detection
DCS	Distributed Control System
DD	Device Description
DDC	Direct Digital Control
DDL	Device Description Language
DI	Discrete Input
DO	Discrete Output
EDDL	Electronic Device Description Language
FAT	Factory Acceptance Test
FBD	Function Block Diagram
FCS	Field Control System
FF	Foundation Fieldbus
FF H1	FF Highway 1 (31,25 kbps)
FIP	Factory Instrumentation Protocol
FISCO	Field Intrinsically Safe Concept
FMS	Fieldbus Message Specification
H/W	Hardware
HART	High Addressable Remote Transducer
HLOI	High Level Operator Interface
HMI	Human Machine Interface
HSE	High Speed Ethernet (100 Mbps)
I/O	Input/Output
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineering
ISA	Instrumentation Society of America
ISO	International Standard Organization
ISP	Interoperable System Project
kbps	kilobit pro second
LAN	Local Area Network
LCN	Local Control Network

LLC	Logical Link Control
LM	Link Master
MAC	Medium Access Control
MAP	Manufacturing Automation Protocol
Mbps	megabit pro second
MES	Manufacturing Execution System
MMS	Manufacturing Message Specification
Modbus	Modicon Bus
NCS	Networked Control System
OLE	Object Linking and Embedding
OPC	Ole for Process Control
OSI	Open System Interconnection
PID	Proportional, Integral, Differential
PLC	Programmable Logic Controller
PMS	Plant Management System
Profibus	Process Fieldbus
Profibus DP	Process Field Bus Decentralized Periphery
ProfiNet	Profibus Network
Profibus PA	Process Field Bus Process Automation
RIO	Remote Input Output
RTU	Remote Terminal Unit
S/W	Software
SDS	Smart Data System
TCP/IP	Transfer Control Protocol/Internet Protocol
TOP	Technical Office Protocol
UML	Unified Modeling Languages
VCR	Virtual Communication Relationship
VMD	Virtual Manufacturing Device
WAN	Wide Area Network
XML	Extensible Markup Language

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék.....	1
Bevezetés, célkitűzések.....	4
1. Az ipari kommunikáció és a folyamatirányító rendszerek kapcsolata	13
1.1. A digitális kommunikáció megjelenése a folyamatirányító rendszerekben.....	13
1.2. A digitális folyamatirányítási architektúrák jellemzői	15
1.2.1. Az irányítási rendszer hierarchikus modellje	15
1.2.2. Az irányítási rendszer kapcsolata az egyéb informatikai rendszerekkel.....	16
1.3. Az ipari kommunikáció helye az irányítási struktúrákban.....	17
1.3.1. Üzemirányítási hálózat (Plant Management Network)	18
1.3.2. Folyamatirányító hálózat (Distributed Control Network).....	18
1.3.3. Terepi irányítási hálózat (Field Control Network).....	19
1.4. Az ISO-OSI Referencia Modell	23
1.4.1. A fizikai réteg jellemzői	25
1.4.2. Az adatkapcsolati réteg jellemzői	26
1.4.3. Az alkalmazói réteg jellemzői.....	26
1.4.4. A felhasználói réteg jellemzői.....	26
1.4.5. A rendszermenedzselés jellemzői	27
1.5. Foundation Fieldbus	27
1.5.1. Az FF fizikai réteg.....	29
1.5.2. Az FF adatkapcsolati réteg	30
1.5.3. Az FF alkalmazói réteg	32
1.5.4. Az FF felhasználói alkalmazás.....	35
1.5.5. Az FF rendszermenedzselés	35
1.6. Összefoglalás.....	35
2. A folyamatirányító rendszerek minősítése.....	37
2.1. A folyamatirányító rendszerek általános felépítése	37
2.2. A folyamatirányító rendszerek leírási módszerei.....	39
2.3. A funkció blokkok ábrázolása az IEC 61499 szabvány szerint	41
2.4. Funkció blokkok DCS alkalmazásokban	42
2.5. A folyamatirányító rendszerek minősítésére kidolgozott módszer	45
2.5.1. A feladat végrehajtása	47
2.5.2. Az irányítás hatékonysági kérdései	57
2.5.3. A működéshez szükséges támogatás.....	60
2.5.4. Az irányításhoz kapcsolódó, de nem működtetési háttér szolgáltatás	64
2.5.5. Speciális alkalmazási területekhez kapcsolódó feladatok.....	65
2.6. A minősítésre szolgáló UML modell bemutatása	67
2.7. Összefoglalás.....	67

3. A Foundation Fieldbus irányítástechnikai alkalmazásának vizsgálata	70
3.1. A Foundation Fieldbus kommunikációs rendszer blokkjai	70
3.2. Funkció blokkok a Foundation Fieldbus H1 rendszerben	71
3.3. Kétállapotú jelek kezelése	75
3.4. Analóg jelek kezelése	76
3.5. Logikai függvények és sorrendi vezérlések	79
3.6. Szabályozási feladatok	79
3.6.1. Szabályozási algoritmusok	80
3.6.2. Szabályozások megvalósítása	81
3.7. Kiegészítő funkció blokkok	93
3.8. Hajtási feladatok	94
3.9. Riasztási és vészjelzési feladatok	94
3.10. Összefoglalás	95
4. Az irányítás hatékonysági kérdései FF rendszerben	98
4.1. Redundancia kialakítás	98
4.1.1. Távadó redundancia	101
4.1.2. Szabályozó redundancia	102
4.1.3. Szelep redundancia	103
4.1.4. Tápegység redundancia	104
4.1.5. Link Master és LAS redundancia	105
4.1.6. Kaszkád hurok redundancia	105
4.1.7. Vezeték redundancia	105
4.2. Időztítési kérdések	105
4.2.1. Késleltetések az FF rendszerben	105
4.2.2. Ellenőrző mérések Foundation Fieldbus rendszerben	108
4.2.3. Ciklusidő vizsgálat FF rendszerben	109
4.2.4. A mérés ellenőrzése Fieldbus Configurator -ral	112
4.3. Megbízhatóság, hibatűrés	115
4.4. Az irányítási struktúra topológiai kérdései	115
4.5. Összefoglalás	115
5. A Foundation Fieldbus működtetéséhez szükséges támogatás	117
5.1. Konfigurálhatóság	117
5.1.1. Eszköz konfiguráció	117
5.1.2. Szabályozási stratégia konfigurálása	118
5.2. Öndiagnosztika	119
5.3. Internet hozzáférés	120
5.4. Beüzemelési segítség	120
5.5. Összefoglalás	122
6. Terepi irányítási rendszer megvalósítása robbanásveszélyes területen	123

6.1. FF eszközök használata robbanásveszélyes övezetben	123
6.1.1. Hagyományos I.S. rendszer alkalmazása FF eszközökre	123
6.1.2. FISCO rendszerek	127
6.1.3. Multibarrier rendszerek	129
6.2. A vizsgált rendszer	129
6.2.1. Hardver vizsgálat	129
6.2.2. Elektromágneses zavarás hatásainak vizsgálata	132
6.2.3. Kommunikációs vizsgálatok	132
6.3. Alkalmazás különlegesen mostoha körülmények között	132
6.3.1. Nagyon nagy megbízhatósági igény	133
6.4. Összefoglalás	133
7. Irodalomjegyzék	134
8. Mellékletek	144
8.1. M1-Melléklet	145
8.2. M2-Melléklet	147
8.3. M3-Melléklet	148
8.4. M4-Melléklet	149
8.5. M5-Melléklet	152
8.6. M6-Melléklet	164
8.7. M7-Melléklet	168
8.8. M8-Melléklet	171

Bevezetés, célkitűzések

Modern irányítástechnikáról csak mintegy száz éve lehet beszélni. Ennek a tudományterületnek a fejlődése csak a mikroelektronika, a távközlés, és később az informatika dinamikus fejlődéséhez hasonlítható. Ezért nem meglepő, hogy a folyamatirányítás területén ma szinte a teljes „irányítási paletta” megtalálható, vagyis működnek üzemek és rendszerek pneumatikus irányítástechnikával ugyanúgy, mint a legkorszerűbb számítógépes elosztott irányítási rendszerekkel. Sok esetben ugyanazon a technológián is megtalálható mind az egyik, mind a másik rendszer egy-egy reprezentánsa.

A folyamatirányításban a digitális jelfeldolgozás, majd a digitális számítógépek megjelenése drámai változást hozott [16]. A folyamatirányítási megoldások alapvetően megváltoztak, az eszközök folyamatos fejlesztésének, és a működtető programok egyre kifinomultabb változatainak köszönhetően. A mikroprocesszorok szinte minden területet átfogó elterjedése, az analóg jeltovábbítást felváltó, egyre több információt hordozó digitális jelközlés lehetővé tette az új irányítási megoldások használatát.

A dolgozat, a kutatási területemhez kötődő, a terepi kommunikációs rendszerek, és az irányítástechnika kapcsolatával, konkrétan a Foundation Fieldbus (FF) H1 rendszernek az elosztott intelligenciájú folyamatirányító rendszerekben történő alkalmazhatóságával foglalkozik.

A digitális irányítástechnika bevezetése

A dolgozatban a vizsgálat alá vont irányítási rendszer kezdetének a digitális számítógépekkel vezérelt folyamatirányítást tekintetem, így az ezt megelőző időszakról sem leírást, sem összehasonlító elemzést nem végeztem, csupán a szemléltetés miatt hivatkozom esetenként az első generációs irányítási rendszerek egyes jellemzőire.

Hosszú éveken keresztül a folyamatirányítás három legfontosabb jellemzője az analóg jeltovábbítás, a központi irányítás (folyamatműszerezés területén a központi műszerszobából történt szabályozás) és a központi számítógépes feldolgozás volt.

A mikroprocesszorok, a számítógépek és a kommunikációs rendszerek elterjedésével alapvetően megváltozott a gyártó és a folyamatirányító rendszerek jellege, egyrészt az alkalmazott elemek és eszközök felépítésének, másrészt a kialakításra kerülő rendszerek struktúrájának köszönhetően [33].

Az új technikák és technológiák használata az alábbi területeken hozott jelentős változást az irányítástechnikában és a gyártástechnológiában:

- intelligens érzékelők megjelenése és használata,
- mikrovezérlők és az ipari számítógépek elterjedése,
- digitális hajtások és beavatkozó egységek használata,
- digitális hálózatok és buszrendszerek megjelenése és elterjedése,
- a mérnöki tervezőrendszerek használatának széleskörű elterjedése,
- összetett műszerezési rendszerek bevezetése.

Az új technológiák alkalmazása az ipar különböző területein nagyon szemléletesen jelent meg. A vegyipari folyamatok irányítása területén a legszembetűnőbb változás, hogy a központi műszerszobás műszerezést az elosztott intelligenciájú folyamatműszerezés váltotta fel. A gépipari és robottechnikai területeken az önálló feladatmegoldó rendszereket felváltották a rugalmas gyártórendszerek, a hálózatba kötött vezérlőrendszerek [6].

A számítástechnikai eszközökkel felépített rendszerek

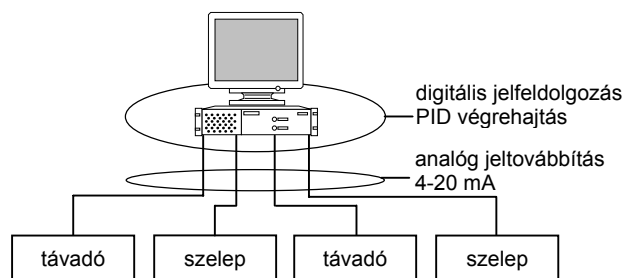
Az irányítástechnikai rendszerek architektúrája a digitális technikának köszönhetően nagy változáson ment keresztül az elmúlt mintegy negyven évben. Az első „próbálkozásnak” tekinthető DDC – Direct Digital Control – közvetlen digitális irányítástechnika, a központban elhelyezett számítógép nélkül nem alakulhatott volna ki.

A félvezető-technika egyre nagyobb mértékű elterjedése nem maradt nyom nélkül a mérés-technikában és a szabályozástechnikában sem. Az egyre jobb képességekkel rendelkező távadókból, számítógépekben elhelyezett mérő és szabályozó modulokból, és a rendszerekhez kapcsolódó egyre nagyobb intelligenciaszintet képviselő beavatkozó egységekből (szelepek, tolózárak, stb.) kialakított rendszerek ugyan még rendelkeztek a centralizált rendszerek minden jellegzetességével, de a digitális feldolgozás miatt jelentős változást hordoztak az analóg jelfeldolgozással szemben [17].

Történeti áttekintésben a digitális irányítási struktúrák az alábbi csoportokba sorolhatók, a megjelenés idejének sorrendjében:

- | | |
|---|------|
| • Közvetlen digitális irányítás bevezetése | 1962 |
| Direct Digital Control – DDC | |
| • Programozható logikai vezérlő alkalmazása | 1972 |
| Programmable Logic Controller – PLC | |
| • Elosztott intelligenciájú folyamatirányító rendszer megjelenése | 1976 |
| Distributed Control System – DCS | |
| • Terepi irányítási rendszer megjelenése | 1994 |
| Field Control System – FCS | |

A hagyományos analóg szabályozásban szereplő PID megvalósítással szemben a DDC (1. ábra) alkalmazásokban a PID algoritmus már a számítógépben került végrehajtásra.

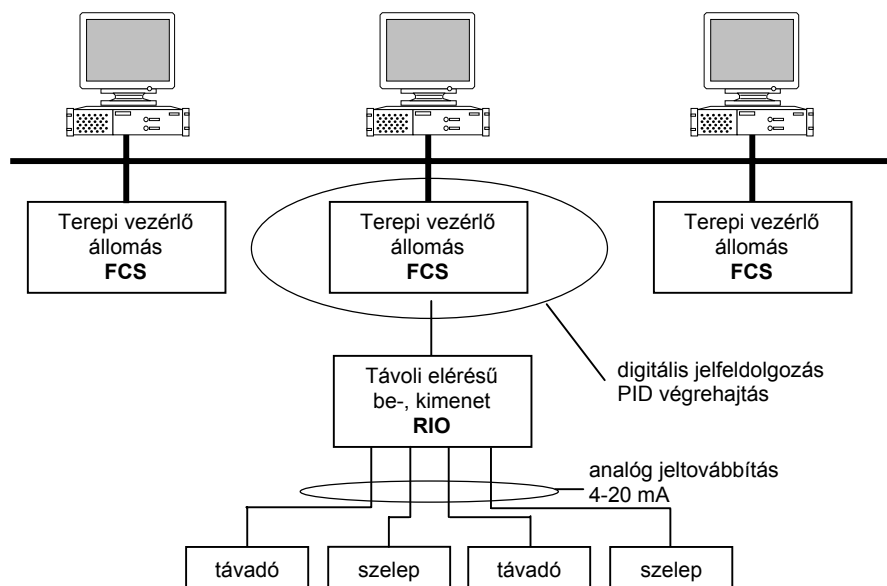


1. ábra Közvetlen digitális irányítás – DDC

Az irányítási feladatok decentralizálásának első lépését a PLC-k megjelenése tette lehetővé. A múlt század 70-es éveiben a félvezetőiparban elterjedt technológia, a moduláris rendszerfelépítésnek az egyik tipikus képviselőjévé a PLC vált.

A könnyen elsajátítható programozással – tulajdonképpen a konfigurálás egyik kezdeti formájának is tekinthető létradiagramos alkalmazással – rendelkező, és az ipari környezetben követelménynek is tekinthető robosztus felépítésű PLC-k első képviselői bár nagyon sok feladat ellátására alkalmasak voltak, nem igazán tudtak bonyolultabb irányítási feladatokat megoldani.

Jelentős lépésnek tekinthető a mikroprocesszorokat erőteljesen használó, hálózati kommunikációra épülő, osztott feladatmegoldásra készült intelligens irányítási rendszerek, a DCS-ek megjelenése és alkalmazása [14].

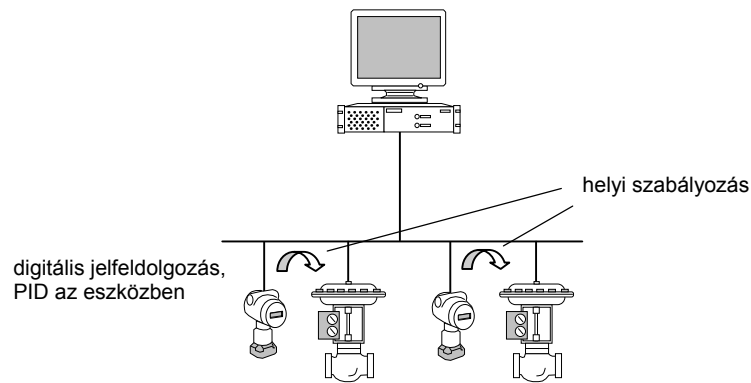


2. ábra Elosztott intelligenciájú folyamatirányító rendszer – DCS

A 2. ábrán látható hálózatba kapcsolt terepi vezérlőegységek – Field Control Station, FCS, de ebbe a csoportba sorolhatók a hálózati kapcsolatra képes PLC-k is – önállóan képesek az irányítási feladat elvégzésére, úgymint mérési adatok gyűjtése, szabályozás, és egyéb irányítástechnikai feladatok, vagyis például a sorrendi vezérlések végrehajtása is ezekben az egységekben valósul meg. A terepi szabályozás felé vezető utat jellemző fejlődés szempontjából azért fontos állomás a DCS megjelenése, mert láthatóan a feladatmegosztás valósággá vált, vagyis az erőforrások hatékonyabban kerültek felhasználásra.

A mikroprocesszoros technika újabb eredményének, és a hálózati kommunikációs rendszerek irányítástechnikai rendszerekben történő felhasználásának köszönhetően a terepi eszközökben egyre „okosabb” egységek kerültek beépítésre, és ezek egymással történő kommunikációja is jelentősen javult. Döntően ennek a két folyamatnak az eredménye, hogy az irányítási feladatok helyi megoldása a továbbiakban nem csak elméleti szinten vált lehetségessé, hanem valódi gyakorlattá vált a 90-es évek közepén.

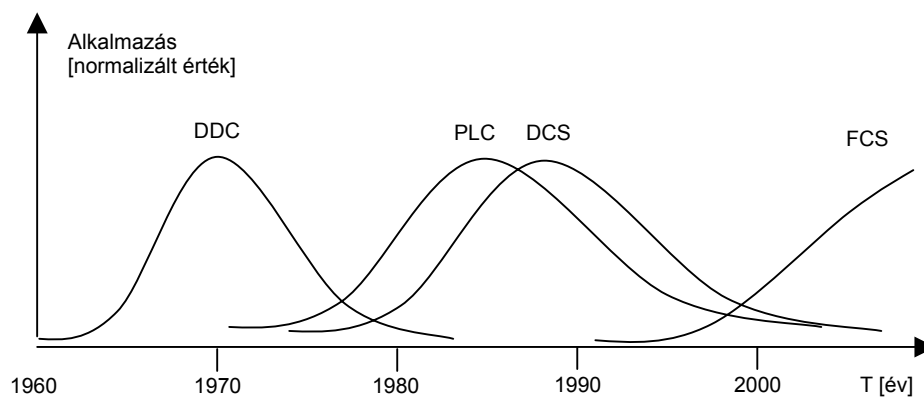
A terepi irányítástechnika alkalmazásának kezdetét az intelligens eszközök jelentették, amelyekben egyes feladatok (mérés-határ állítás, linearizálás, gyökvonás, stb.) már a terepen végrehajtottak. A jelentős változást azonban azok az eszközök jelentették, amelyekben, az addigi irányítási rendszerektől eltérően, például a PID algoritmus is végrehajtották (3. ábra).



3. ábra Terepi irányítási rendszer – FCS

Ebben a században a terepi irányítástechnika egyre szélesebb körben történő alkalmazásának lehetünk tanúi, miközben az is jól látszik, hogy a kommunikációra alapuló folyamatirányítást rövidesen fel fogja váltani egy újabb struktúra, a teljesen helyi feladatmegoldáson alapuló rendszer, amelynek jelenleg még csak a kezdeményei látszanak.

A vázolt rendszerek fejlesztésének és használatának időbeli alakulását, életciklusát J. A. Rehg és szerzőtársai a 4. ábrán látható folyamatként publikálták [62]. A szerzők „jóslata” annyiban igazolódott, hogy a nagy irányítási rendszerekben az egyedi PLC és DCS alkalmazást a hálózati rendszerek váltották fel, mely hálózatban már a terepi eszközök egyenrangú szereplőkként vesznek részt.



4. ábra Irányítási struktúrák időbeli alakulása

A kommunikációs rendszerek megjelenése az irányítástechnikában

A digitális kommunikáció világméretű elterjedése, az elektronikához kapcsolódó technológia fejlettségének, és állandó fejlődésének köszönhetően az elmúlt években a laikus alkalmazóknak is feltűnt, hiszen az elektronikus kommunikáció (mobiltelefon és az Internet elterjedt használata) a mindennapi életünk részévé vált. Ugyanígy természetessé kezd válni a digitális kommunikáció használata a folyamatirányításban [7], vagy a különböző vezérlési rendszerekben, és ezeknek a rendszereknek a még nagyobb arányú térnyerése várható a jövőben [11].

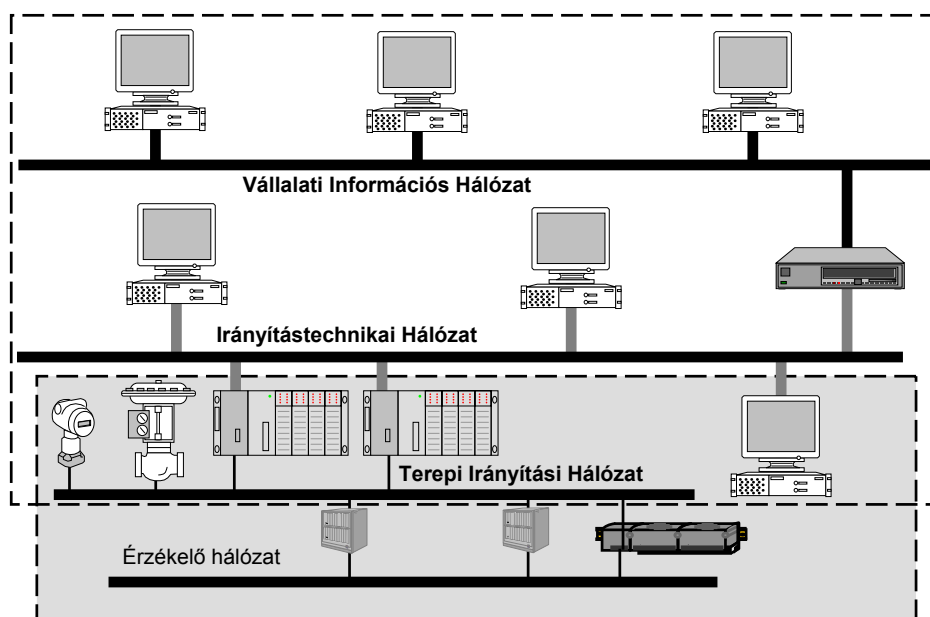
A számítógépek, illetve mikroprocesszoros eszközök megjelenésével egyidejűleg az eszközök összekapcsolásának igénye egyre nagyobb mértékben merült fel, így az új kommunikációs rendszerek elterjedése törvényszerűvé vált. Ez a folyamat nem állt meg az ipari irányítástechnikánál, így a számítástechnikai rendszerekben megfigyelhető hálózati kapcsolatok széleskörű elterjedése ezen a területen is egyre nagyobb szerepet tölt be.

Jól megfigyelhető, hogy a legnagyobb változás az interfész rendszerekben zajlott és zajlik, aminek egyik döntő oka, hogy amíg a számítástechnikai hálózatok nagyon gondosan kimunkált, mondhatni információs autópályák, addig a műszerezési hálózatok hosszú ideig a hálózatok mellékútjaiként szerepeltek. Ennek köszönhető, hogy a legjelentősebb változás ezen a területen zajlik napjainkban is [44].

A nyitott kommunikációs struktúrák az automatizálás egyik fő kutatási területévé váltak, leginkább azért, mert ezek jelentik a kulcsot a párhuzamos működéshez, lehetővé téve a különböző feladatokat önállóan ellátó berendezések összekapcsolását, és biztosítva ezek hatékony együttműködését. Az intelligens eszközök és berendezések nagy számának köszönhetően a különböző protokollokkal működő hálózatok működtetése is lehetővé vált [33].

A számítógépes folyamatirányító rendszerekben az erőforrás megosztása miatt a kommunikációt biztosító buszrendszerek szerepe egyre jobban felértékelődik. Ezeken a buszokon zajlik a digitális jelátvitel a különböző funkcionális egységek között. A szabványosítás, természetes módon, nem tudja követni a rendkívül dinamikus fejlesztést. Az új szabványok ugyan egyre nagyobb számban jelennek meg, ennek ellenére sok esetben nehezen követhetők a gyártók által rendelkezésre bocsátott rendszerek.

Az FCS elterjedésének, és a terepi kommunikációs rendszerek irányítástechnikában játszott egyre nagyobb szerepének az eredménye, hogy ma már a szakirodalomban is több helyen hálózatvezérelt irányítástechnikáról (Networked Control System) található leírás [36].



5. ábra Kommunikációs rendszerek egy irányítási hálózatban

Az eddigiekben vázolt irányítástechnikai struktúrák áttekintésére a kommunikációs rendszerek kapcsolódását bemutató 5. ábra szemléletesen szolgál.

Mivel a kutatási területem a terepi irányítástechnikához kötődik, a dolgozatomban az 5. ábrán látható kommunikációs rendszerek közül az irányítástechnikai szempontból meghatározó terepi kommunikációs csoportba tartozó FF kommunikációval, és az ehhez kötődő irányítástechnikai struktúrával foglalkozom részletesen.

A témához kapcsolódó kutatás-fejlesztéssel foglalkozó kutatóhelyek és cégek

Korunk egyik meghatározó folyamatának, a globalizációnak szinte minden jellemzője megtalálható az ipari folyamatirányítás, és az ehhez szorosan kapcsolódó kommunikációs hálózatok kutatása és fejlesztése területén is. Az európai, amerikai és az ázsiai egyetemeken és kutatóhelyeken együtt dolgoznak a világ legkülönbözőbb részén élő szakemberek. Ennek eredménye, hogy a világ minden részén megtalálhatók azok az intézetek, amelyek ezzel a tématerülettel foglalkoznak (pl. Zentrallabor für Elektronik, Forschungszentrum Jülich, Németország, Lee College, USA, Pusan National University, Dél Korea). A hazai kutatóhelyek közül kiemelkedő kutatási eredményeket mutat fel a Miskolci Egyetem Automatizálási Tanszék, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Irányítástechnika és Informatika Tanszék, és az MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézet.

Az említett kutatóintézeteknél, a kutatási területemmel határos területeken az alábbi fontosabb irányokban folynak eredményes kutatások:

- Új irányítási módszerek kidolgozása digitális szabályozási rendszerekhez (pl. digitális algoritmusok)
- Új típusú irányítási megoldások kidolgozása (pl. fuzzy vezérlés)
- Az alapkutatási eredmények alkalmazhatósága valóságos rendszerekben (pl. neurális hálózatok alkalmazása)
- Korszerű érzékelő rendszerek kialakítása (pl. digitális jelérzékelés)
- Új irányítási rendszerek kialakítása (pl. hálózati irányítástechnikai rendszerek)

Az ipari folyamatirányításban a rendkívül erős verseny ugyanúgy megfigyelhető, mint az életünk valamennyi területén. A gyártó cégek a termék előállításához kapcsolódó kutatási és fejlesztési tevékenységben egyre nagyobb szerepet játszanak, vagyis e cégek kutatási részlegei a kutatási szférában is komoly eredményeket tudnak felmutatni. Ennek köszönhető, hogy neves multinacionális cégek (pl. Asea Brown Boveri, Emerson Process Management, Endress+Hauser, Honeywell, Siemens, Yokogawa) kitűnő eredményeket értek el a folyamatirányításhoz kapcsolódó területen úgy az alapkutatásban, mint a fejlesztésben.

Meg kell említeni azokat a szervezeteket is, amelyeket ugyan a nagy cégek hoztak létre, jelentős támogatást biztosítva ezen alapítványok működéséhez, de ezek a nonprofit működési jellegük miatt nagyon fontos szerepet töltenek be úgy az új információk széleskörű terjesztésében, mint a szabványosítási folyamatokban (Fieldbus Foundation, Ethernet Communication Foundation, Hart Communication Foundation, Profibus Foundation).

Kutatási célkitűzések és tézisek

A kutatási célkitűzéseket – a különböző architektúrák és a kapcsolódó kommunikációs rendszerekkel kapcsolatos kutatások alapján – megfogalmaztam, és a téziseket kidolgoztam.

1. A folyamatirányító rendszerek minősítésére alkalmas objektív módszer kidolgozása.

A terepi folyamatirányításhoz vezető utak fejlesztési eredményeinek bemutatásával egzakt módon leírtam azokat a jellemzőket, amelyek az új minősítési rendszer alapját képezik (2. fejezet).

1. Tézis

Az integrált folyamatirányító rendszerek minősítésére vonatkozó jellemzőket rendszerbe foglaltam, amelynek alapján az objektív minősítés elvégezhető, a rendszerek teljesítőképessége általánosan használt leíró nyelv, UML segítségével dokumentálható.

2. A terepi folyamatirányítási megoldások kidolgozása.

A Foundation Fieldbus kommunikációra épülő folyamatirányítási megoldások vizsgálatának elvégzésével, és a feladat megvalósítási helyének elemzésével meghatároztam, hogy melyek azok a feladatok, amelyek csak a vezérlőben, csak a terepen, illetve vegyes kapcsolásban végezhetők el (3. fejezet).

2. Tézis

Kidolgoztam a Foundation Fieldbus kommunikációra épülő, terepen végrehajtható folyamatirányítási lehetőségeket, és a kidolgozott módszert a gyakorlatban alkalmaztam.

3. A terepi folyamatirányítás hatékonyságának megállapítása.

A kutatások során kidolgozott megoldásokat modellberendezésen vizsgáltam és az elméleti megfontolások, valamint a mérési eredmények alapján elemeztem azokat a folyamatokat, amelyek alapján, a minősítési követelményeknek megfelelően, a terepi rendszerek alkalmazhatóságának határai megfogalmazhatók (3., 4. és 5. fejezet).

3. Tézis

A Foundation Fieldbus kommunikációs rendszer feladat végrehajtási sebessége, és a helyi szabályozási feladatok közötti összefüggést a mérési adatok alapján definiáltam.

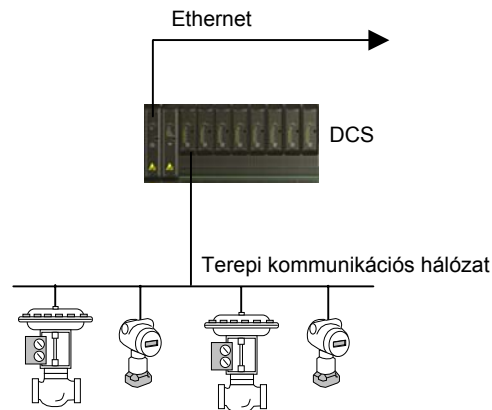
4. Vizsgálati módszer kialakítása gyújtószikramentes övezetbeli alkalmazásra.

Kidolgoztam a gyújtószikramentes övezetben alkalmazásra kerülő FF kommunikációs rendszerek vizsgálatára alkalmas módszert, a hagyományos folyamatirányítási megoldásoknál alkalmazott védelmi összeállítások felhasználásával (6. fejezet).

4. Tézis

Javaslatot adtam az újonnan kialakításra kerülő terepi irányítási rendszerek (FCS –Field Control System) vizsgálatára, gyújtószikramentes övezetbeli alkalmazása esetén.

A kutatási célkitűzéseket a 6. és a 7. ábrán látható két rendszer struktúrája alapján lehet a legjobban szemléltetni. A 6. ábrán egy, a napjainkban korszerűnek nevezhető, eléggé letisztult irányítási struktúra látható, míg a 7. ábrán a jövőbeli, a teljes helyi feladatmegoldást ellátó, gyakorlatilag hálózatra kötött DCS egységeket tartalmazó, intelligens rendszerekből kialakított struktúra látható.



6. ábra Terepi kommunikációs rendszerre épülő irányítási struktúra

A korszerű kommunikációs rendszerek megjelenésével a terepen megvalósíthatóak az integrált irányítási rendszerek, így az igényelt feladatok (vezérlés, szabályozás, stb.) helyi megoldása biztosítható.

A 6. ábrán látható irányítási rendszer egy DCS-ből, és a kapcsolódó intelligens terepi eszközökből épül fel. A felépítés szempontjából korszerűnek nevezett rendszer nagyon sok feladat megoldására képes, de például egy nagybonyolultságú feladat (advanced control) elvégzése továbbra sem a DCS-ben, hanem a háttér számítógépen történik.



7. ábra Teljeskörű helyi feladatmegoldásra épülő irányítási struktúra

A 7. ábrán vázolt rendszerben minden feladat a helyi irányítási rendszerben hajtódik végre, és a nyitott kialakítású kommunikációs rendszer kifejezés fedi le legjobban a vázolt struktúrát – biztosítja a megfelelő színvonalú kapcsolattartást más rendszerekkel. Ezeket, a

még kialakítás fázisában lévő struktúrákat a szakirodalom Collaborative Process Automation System – CPAS elnevezéssel jelöli [44].

A vázolt kutatási-fejlesztési folyamatok számtalan szállal kapcsolódnak egyéb tudományterületekhez (mikroelektronika, telekommunikáció, szabályozásmélet, stb.), de ebben a dolgozatban ezekkel a területekkel csak annyiban foglalkozom, amennyiben valamely állítás igazolásához, illetve bizonyos megoldások értelmezéséhez, vagy következtetések levonásához szükségesek.

A dolgozat megírásának időszerűségét igazolja a bevezetőben leírt és az ábrákkal illusztrált rendszerek elemzése, hiszen most érkezett el az a csomópont, amikor a feladat megoldásához nem elég, ha specifikáljuk a gyártó cégek által készített eszközöket, hanem szükségessé válik, hogy az integrált kialakításra is nagyobb figyelmet fordítsunk. Ennek a követelménynek a kielégítését célozza egyrészt a napjainkban lezajló fejlesztési folyamatok leírása, másrészt az újonnan felmerült kérdésekre adott tudományos igényű válasz.

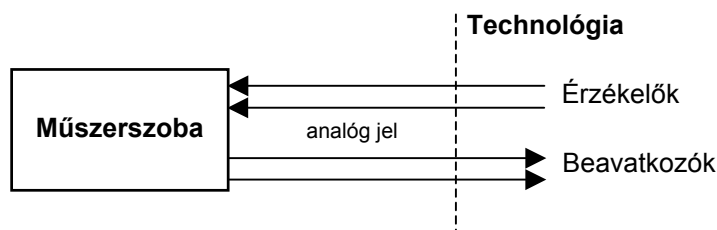
1. Az ipari kommunikáció és a folyamatirányító rendszerek kapcsolata

1.1. A digitális kommunikáció megjelenése a folyamatirányító rendszerekben

A digitális jelfeldolgozás, a mikroprocesszor-technika, a digitális számítógépes hálózatok felhasználásával készült folyamatirányító rendszerek a múlt században, a hetvenes évek közepén jelentek meg. Az első elosztott intelligenciájú folyamatirányító rendszereket a Honeywell és a Foxboro cég (Distributed Control System – DCS) szinte egyszerre jelentette meg, 1975-ben. A folyamatirányításban a DCS bevezetését követő változás olyan nagy mértékű volt, hogy sokan a pneumatikus és elektronikus irányítástechnikai váltáshoz hasonlítják a folyamatot [31]. A kezdetektől eltelt harminc évben az eredetileg DCS alapú folyamatirányítási koncepció szinte minden részletében megváltozott, de talán a legnagyobb mértékben a kommunikáció változtatta meg a rendszerek struktúráját. A dolgozat témája a terepi kommunikációra, specifikusan a Foundation Fieldbus kapcsolatra épülő terepi irányítás hatékonyságának vizsgálata, ezért szükséges áttekinteni az ipari kommunikáció fejlődését, a Foundation Fieldbus helyét az irányítási rendszerekben. A dolgozat a DCS struktúrákkal csak annyiban foglalkozik, amennyire az a terepi kommunikációra épülő irányítási rendszer vizsgálatához szükséges.

A folyamatirányító rendszerekben, a felépítés és a jeltovábbítás alapján, a digitális kommunikáció megjelenése kezdetén négy típusba sorolták a különböző megoldásokat. Az irányítástechnikai szakirodalom az analóg jeltovábbításon alapuló rendszert már a négy típus egyikeként (Type 1) jelölte meg az 1970-es években. Ma ezt az irányítást „hagyományos”, vagy analóg típusú irányítási rendszernek nevezzük (1.1. ábra).

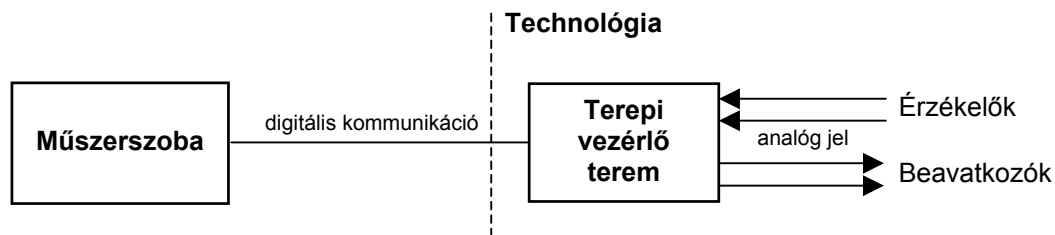
A technológián elhelyezett analóg távadók és beavatkozó egységek mindegyike a szabványos 4-20 mA analóg áramjellel csatlakozik a központi műszerszobában elhelyezett megjelenítőhöz, illetve szabályozóhoz. Az ilyen felépítésű rendszerek ma már csak azokon a technológiákon fordulnak elő, amelyeknek a felújítására nem került sor az elmúlt években.



1.1. ábra Analóg jeltovábbítást alkalmazó irányítás – 1 Típusú rendszer

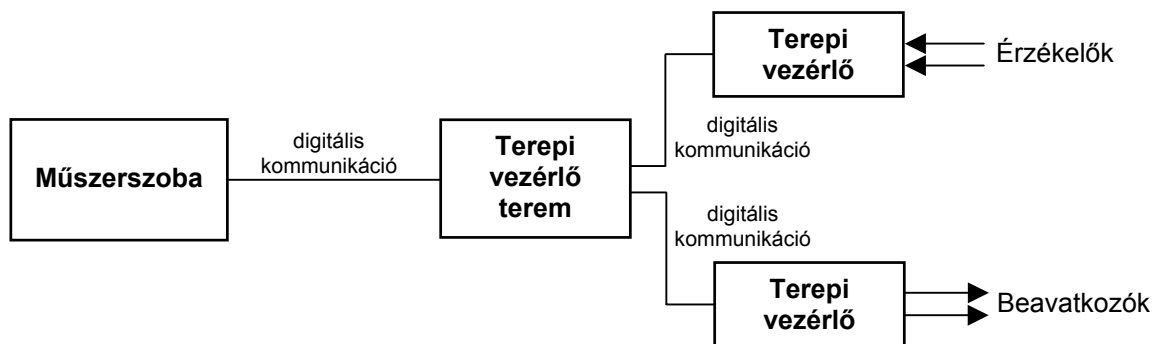
A digitális kommunikáció megjelenésével lehetőség nyílt arra, hogy az irányítási rendszer egy része, az akkor még csak kezdeti kialakítású elosztott intelligenciájú folyamatirányító rendszer – DCS távoli elérésű be-, kimeneti (Remote I/O – RIO) egysége kikerüljön a technológiára (1.2. ábra), az érzékelő és beavatkozó elemek közelébe. Ezt a rendszer kialakítást nevezték 2 Típusú rendszernek (Type 2).

A távadók és a szelepek ebben a rendszerben továbbra is 4-20 mA áramjellel csatlakoznak a terepi vezérlőteremben elhelyezett egységekhez, azonban a műszerszobában elhelyezett központi irányító rendszer és a RIO között a kapcsolatot ebben a kialakításban már digitális kommunikáció biztosítja.



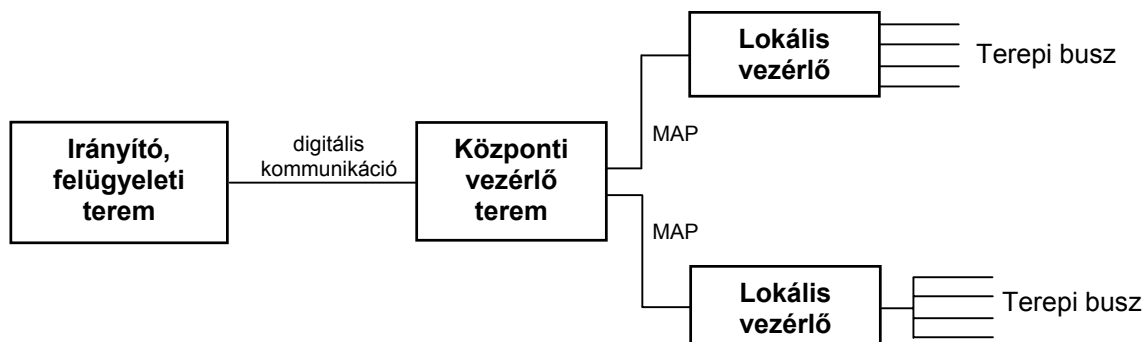
1.2. ábra Analóg és digitális jeltovábbítást alkalmazó irányítás – 2 Típusú rendszer

A harmadik kategóriába sorolták azt a rendszert, amelyikben már a terepen elhelyezett intelligens rendszerek is digitális kommunikációval kapcsolódnak a központi egységhez (Type 3 kialakítás), vagyis ezzel létrejön az elosztott rendszer (1.3. ábra). A DCS struktúrák egyik jellegzetes egysége a terepen elhelyezett szabályozó egység (RS3 rendszerben Control File, C3000 rendszerben Control Station, stb.), amelyek képesek az irányítási feladatot a terepen megvalósítani. Ezek, az egyébként önálló feladatmegoldás elvégzésére alkalmas egységek digitális jellel kommunikálnak a műszerszobában lévő DCS központi egységgel.



1.3. ábra Digitális jeltovábbítást alkalmazó, osztott intelligenciájú irányítás – 3 Típusú rendszer

A gyakorlatilag teljesen digitális kommunikációval működő rendszerek felépítését mutatja az 1.4. ábra. A terepen elhelyezett érzékelők és beavatkozó egységek szabványos terepi kommunikációval kapcsolódnak a szintén a terepen elhelyezett helyi vezérlőkhöz. A helyi vezérlők összeköttetéséhez adatátviteli protokollnak az akkor szabványosított MAP (Manufacturing Automation Protocol) struktúrát javasolták.



1.4. ábra Teljesen digitális jeltovábbítást alkalmazó irányítás – 4 Típusú rendszer

1.2. A digitális folyamatirányítási architektúrák jellemzői

A digitális technika megjelenése az automatizálásban alapvetően átalakította az irányításhoz tartozó rendszerek struktúráját. Teljesen eltérő felépítésű egységek esetén is találhatók azonban olyan közös vonások, amelyek alapján a folyamatirányító rendszerek struktúrája általánosan leírható.

Amíg a hierarchikus felépítésű irányítási modell szemléletesen ábrázolja a mérési, vezérlési, szabályozási, rendszerirányítási és a vállalatirányítási szintek közötti feladatmegosztást, addig az irányítástechnika és az egyéb rendszerek (mérnöki tervezőrendszer, üzleti tervezés, termékmenedzselés) kapcsolatára alkalmas modell a kapcsolódások lehetséges megoldásaira ad választ.

1.2.1. Az irányítási rendszer hierarchikus modellje

Egy adott irányítási rendszeren, vagy szervezeten belül a napjainkban alkalmazott irányítási hierarchiát a következő ábra (1.5. ábra) jól szemlélteti, ahol a technológia-közeli folyamatoktól a szervezet legfelső szintjéig terjedő információáramlás folyamata követhető nyomon.



1.5. ábra Információáramlási hierarchia irányítási rendszerben

A vázolt rendszer egyaránt jellemzi a gyártásautomatizálást [53] és a folyamatirányítást, vagyis az egyes alkalmazási területekhez tartozóan a specifikus feladatok és alkalmazások lehetnek ugyan különbözőek, de a struktúra azonos [22].

A hierarchia alján találhatók az érzékelők, mérőátalakítók, távadók, és a kétállapotú jelek fogadására alkalmas egységek, a beavatkozó szervek, valamint a kétállapotú megjelenítő, és a kapcsolódó egységek működtetésére szolgáló irányítástechnikai elemek és eszközök. Ezeken keresztül biztosított a vezérlő és szabályozó rendszer összekapcsolása a felügyelt, illetve a vezérelt folyamattal. A technológia-közeli szint több alszintre osztható – úgymint érzékelő rendszer, terepi irányítási rendszer, távoli elérésű bemeneti és kimeneti egységek rendszere (remote I/O, stb.). Mind az analóg, mind a digitális távadók ma már szinte kivétel nélkül intelligens egységek, amelyekben a teljesítmény és az alkalmazhatóság növelése érdekében számítástechnikai eszköz (mikroprocesszor, beágyazott vezérlő, stb.) van beépítve.

A hierarchia következő szintje, a közvetlen digitális és szekvenciális vezérlés a rendszer alsóbb szintű vezérlő műveleteivel foglalkozik. Tulajdonképpen ezt a szintet is további lehet osztani, un. alszintekre (PLC-k, helyi vezérlők, hajtások, stb.). A közvetlen digitális irányítás olyan analóg változók szabályozására vonatkozik, mint például a

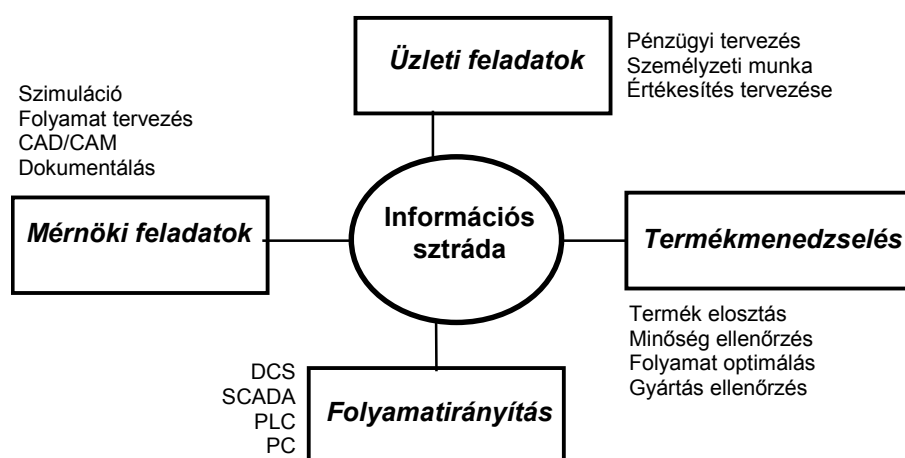
hőmérséklet, nyomás vagy áramlás, míg a szekvenciális vezérlés logikai folyamatok elvégzésének sorrendiségét ütemezi, vezérli. Mind a gyártásautomatizálás, mind a folyamatirányítás területén ebben az irányítási „szegmensben” történtek az elmúlt évtizedben a legszembetűnőbb változások. Az elosztott irányítási rendszerek, a párhuzamos feladat végrehajtás, az alsó és a legfelső informatikai rendszer összekapcsolása, és még számtalan feladat elvégzése hárult erre a „feladatszintre”. Az egyre nagyobb igényeknek, és a rendelkezésre álló háttérpárnak (mikroelektronika, számítástechnika, telemechanika, stb.) köszönhetően különböző szintű, rendkívül kifinomult megoldások születtek. Ezek közül kiemelhetők a bonyolult feladatok megoldására is képes korszerű PLC-k, a SCADA rendszerek (Supervisory Control And Data Acquisition), az egyszerű, és a teljes technológiát irányító DCS alkalmazások.

A hierarchia csúcsán azok a rendszerek állnak, melyek a gyártási és a folyamatirányítási feladatokhoz kapcsolódó tevékenységeket végzik. Ezek közé tartozik a gyártásautomatizálás területén az ügykezelés, munkaütemezés, teljesítményfigyelés, leltározás [5], míg a folyamatirányításban a bonyolult szabályozási feladatok elvégzése (advanced control), az adatarchiválás, az üzemirányítási programok tartoznak [37], [54].

1.2.2. Az irányítási rendszer kapcsolata az egyéb informatikai rendszerekkel

A folyamatirányítás és a gyártásautomatizálás is az irányítási hierarchia legfelső szintjén kapcsolódik a Vállalati Információs Rendszerhez (VIR). Természetesen ezen a szinten is a más rendszerekhez kapcsolódás minősége legalább olyan fontos, mint az alsóbb rendszerekhez történő illeszkedés. Az alsóbb szinten képződött adatok egyrészt „nyers”, másrészt feldolgozott formában kerülnek erre a szintre. A legfelső szinten lehetőség nyílik a folyamatok egészére vonatkozó információt képezni [52], illetve biztosítani az egyes részegységek teljesítménynövelését (ahol erre van szükség), vagy a folyamatok hatékonyabb elvégzése mellett minőségi követelmények magasabb színvonalon való ellátását (pontosabb szabályozási paraméterek tartása mellett értékesebb termék előállítására).

Az irányítási rendszerek más rendszerekhez kapcsolódása az információs sztrádának, informatikai hálózatnak, vagy vállalati információs rendszernek nevezett hálózaton keresztül valósul meg, ahogy az 1.6. ábrán látható.



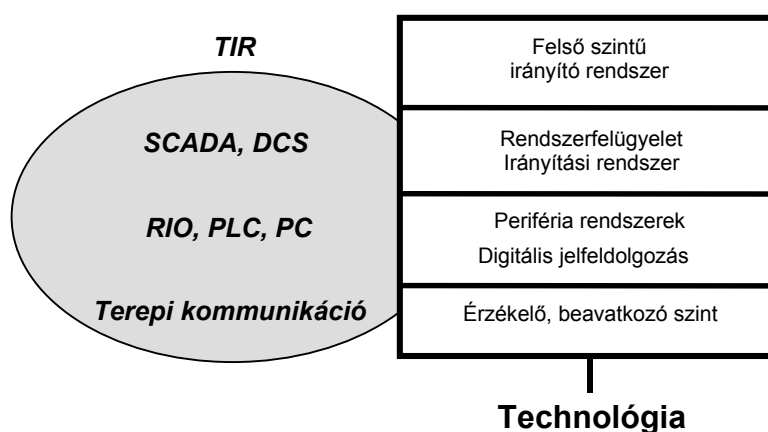
1.6. ábra Információs rendszerek összekapcsolási vázlata

A feladatmegosztást szemléltető ábra szerint az azonos intelligenciaszinttel rendelkező rendszerek kapcsolódnak az információs csatornához, így biztosítva az autonóm működés mellett a feladatok megoldása szempontjából fontos információk szükség szerinti, de folyamatos cseréjét. Ezeket a rendszereket, ha az emberi közösségek struktúrájához hasonlítjuk, „teljesen demokratikus” rendszereknek nevezhetjük. Az egyik legfontosabb követelmény, hogy ezekben a rendszerekben az elemeknek (a rendszer minden egyes résztvevőjének) teljesen egyenértékű tudásszinttel kell rendelkeznie, a másik nagyon fontos követelmény, hogy a kiszolgáló szoftver alkalmas legyen ezeknek az elemeknek a működtetésére („csak szükséges információk”, „mindenki számára fontos információk”, stb.), kezelésére [30]. Nem elhanyagolható szempont az sem, hogy kellő biztonságú működéshez az információs sztrádát igen nagy sebességűvé kell tenni, amire jelenleg nem mindegyik ipari kommunikációs rendszer alkalmas.

1.3. Az ipari kommunikáció helye az irányítási struktúrákban

A digitális folyamatirányításban a különböző egységek, eszközök közti kapcsolatot biztosító kommunikációs rendszerek nagy utat jártak be az elmúlt években. Az 1970-es években megfogalmazott elvek már az eredeti formában nem érvényesek. Az analóg jeltovábbítás még mindig sok helyen jelen van, de egyre csökkenő szerepet játszik. Az irányítástechnikában a digitális kommunikáció területén az egyik legelterjedtebb RS-232 soros kommunikációs csatornától, a különböző terepi buszos megoldásokon keresztül az Ethernet kommunikációig, rendkívül széles választék található. A vezérelt adatátviteli formák, vagyis a protokollok is rendkívül sok változatban állnak rendelkezésre. A gyártó cégek dinamikus fejlesztéseinek, és nem utolsósorban marketing tevékenységének köszönhető, hogy a kilencvenes évek elején alkalmazott „fieldbusz háború” kifejezés bár egy kissé eltúlozva, de mindenképpen jól jellemezte az akkori folyamatokat [60].

A folyamatirányítási rendszerekben meglévő hierarchiában a különböző szintekhez más és más hardver kialakítás tartozik, és ennek megfelelően különbözőek a szoftveres megoldások is, és ez ugyanígy érvényes a kommunikációra is. A folyamatirányító rendszerekhez tartozó kommunikáció vázlatos struktúráját a 1.7. ábra mutatja.



1.7. ábra Folyamatvezérlő rendszer busz hierarchia

Az irányítási rendszerek hierarchiájához hasonlóan a buszrendszerekben is megtalálhatók a különböző szintek, amelyeket azonban nem lehet mereven kezelni. Nem

szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a gépipari folyamatok (pl. autógyártás) is rendelkeznek saját jellegzetességgel ugyanúgy, mint az ipari folyamatirányító rendszerek (pl. vegyipar, energiaipar). A legjelentősebb eltérés talán abban van, hogy az egyes, vázolt szinteknek eltérő a súlya.

A hierarchia egyes szintjei esetenként összemosódnak, vagy nem is találhatók meg egyes rendszerekben, vagy olyan buszok is kialakításra kerültek, amelyek a vázolt szintek közé épülnek be [51]. Az ábrán bemutatott, az alsó három szinthez tartozó kommunikációt összefoglaló közös halmaz az irányítási rendszerek döntő többségében megtalálható, és a jelenlegi fejlesztések is az egyre jelentősebb mértékű átfedést tükrözik. A dolgozat a folyamatirányításhoz kapcsolódó terepi kommunikációs hálózattal foglalkozik, ezért a többi hálózat csak a teljesség miatt, rövid jellemzésben kerül leírásra.

1.3.1. Üzemirányítási hálózat (Plant Management Network)

A hierarchia legfelső szintje a vállalatirányítási vagy üzemi információs rendszer (Plant vagy Process Management System – PMS, magyarul meghonosodott kifejezéssel: Termelés Irányítási Rendszer – TIR) [112], [115], melynek hálózati megfelelője a Plant Management Network, vagyis az Üzemi Irányítási Hálózat. Ezen a rendszeren helyezkednek el a vállalatirányítás különböző szoftver egységei:

- pénzügyi elszámolási rendszer,
- anyag és eszközgazdálkodási rendszer,
- folyamatműszerezési rendszer,
- tervezői rendszer, stb.

A vállalatirányítási rendszer legfontosabb jellemzői:

- nem kapcsolódik közvetlenül a folyamatirányítási (pl. DCS) hálózathoz,
- fizikai alapja főleg az Ethernet hálózat, esetenként token ring hálózat,
- ezeken a buszokon nagysebességű adatátvitel valósul meg,
- nem valós idejű adatok „mozognak”, vagyis adatállomány továbbítás folyik,
- a legelterjedtebb protokoll a TCP/IP.

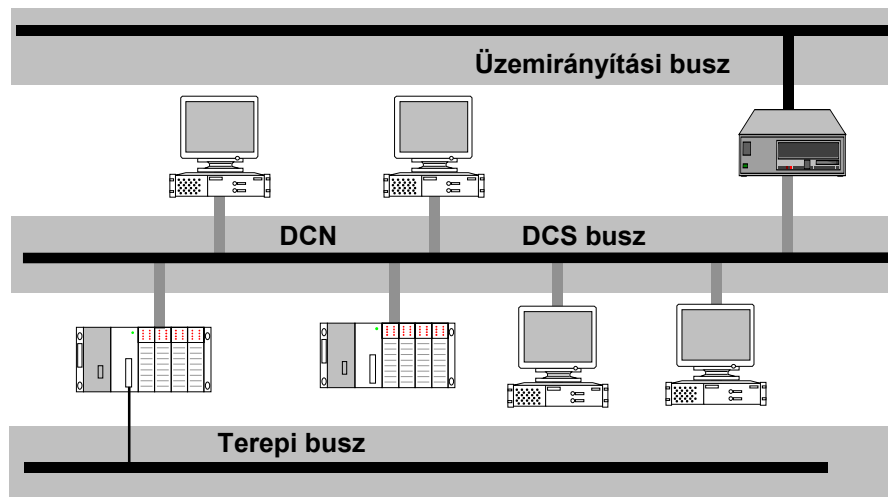
A számítógépes felső szintű rendszerrel szemben a rendszer nyitottsága az egyik legfontosabb követelmény, hiszen ezen a szabványos, de esetenként különböző protokollal működő „csatornán” lehet az eltérő informatikai rendszereket összekapcsolni [93].

1.3.2. Folyamatirányító hálózat (Distributed Control Network)

A műszerezés, folyamatirányítás szempontjából döntő hálózati rendszer a folyamatirányítási hálózat (Distributed Control Network, vagyis a DCS busz). Az 1.8. ábrán látható az üzemirányítási hálózat, a DCS busz, és a terepi busz elrendezése [92].

Ez a hálózat, amely különböző gyártmányok, vagy egyedi kialakítású rendszerek esetében egészen eltérő is lehet, vagyis egyes gyártmányok esetében több részre – általában két alszintre – tagolódik (pl. Local Control Network és Universal Control Network), más gyártmányok esetében egy közös kommunikációs csatornáról van szó [13].

A DCS hálózati kommunikációs rendszer kapcsolódik a számítógépes egységekhez, a mérnöki munkaállomásokhoz, és nem utolsósorban a feladat végrehajtása szempontjából döntő jelentőségű, szabályozást végző egységekhez is.



1. 8. ábra DCS buszrendszer

A DCS busz legfontosabb jellemzői:

- redundáns kialakítás,
- a leggyakoribb protokoll a token passzing (bár egyre terjed már az Ethernet is, különböző, nem CSMA/CD átvitel),
- nagysebességű adatátvitel,
- átjárók (gateway-k használatával kapcsolat biztosítása más rendszerekkel).

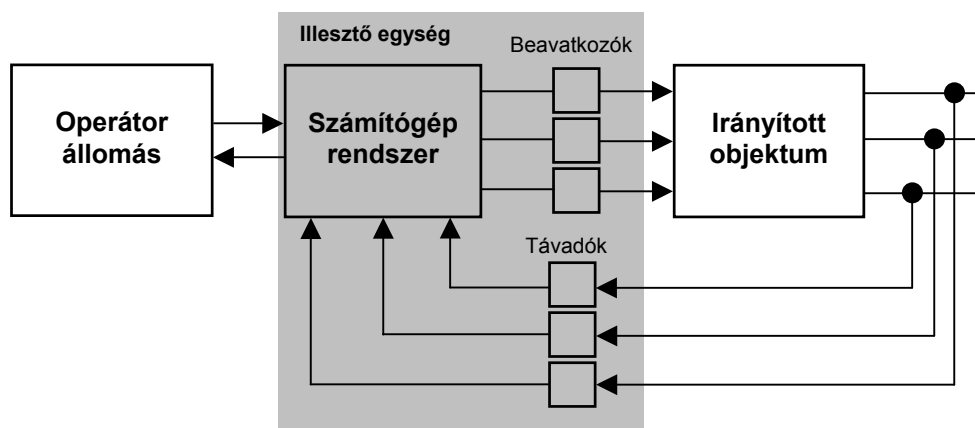
A DCS buszok elnevezése rendkívül változatos a különböző fejlesztésű rendszerekben, de alapvetően közel azonos hierarchiát takar:

- PeerWay,
- Distributed Communication Network,
- High-Speed Data Highway,
- CSO-Net,
- Local Control Network (LCN)-Universal Control Network (UCN), stb.

1.3.3. Terepi irányítási hálózat (Field Control Network)

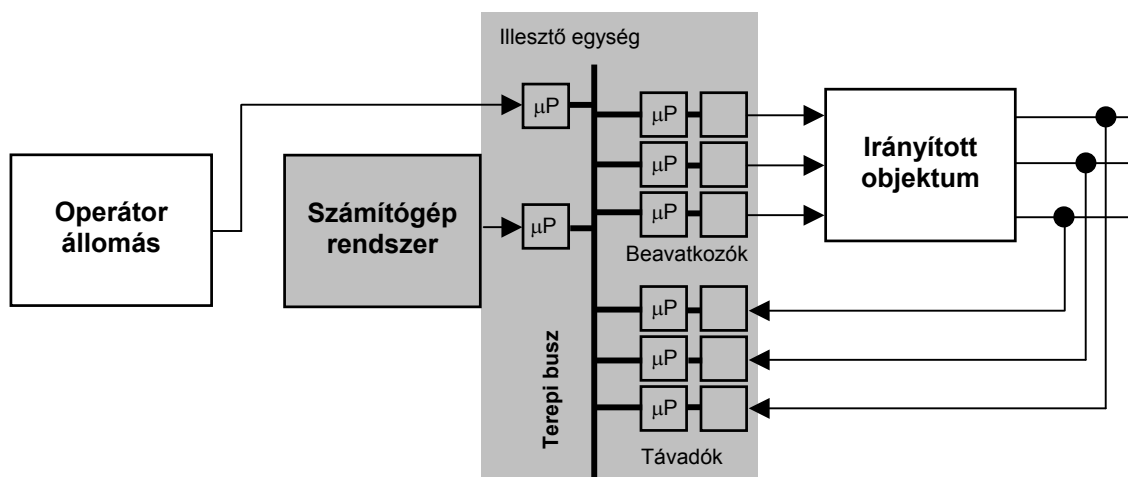
A távadók, vezérlőeszközök, beavatkozó egységek kommunikációját biztosító hálózat a digitális felépítésű hierarchia legalsó szintjén helyezkedik el. A hagyományos irányítástechnikai gyakorlatban szinte kivétel nélkül a szabványos analóg jeltovábbítás terjedt el, mint ahogy az 1.9. ábrán látható.

A hagyományos, analóg jeltovábbításon alapuló rendszerekben minden egyes elem – távadó, szelep, stb. – egyedi kábelezéssel csatlakozik a feldolgozó egységhez [109]. A digitális kommunikáció terepi alkalmazása alapvetően megváltoztatta a folyamatirányító rendszert, hiszen ezeknél az alkalmazásoknál a legtöbb esetben a „résztvevők” a közös kommunikációs csatornán osztoznak (a terepi hálózatok, mint a legtöbb helyi hálózat, tipikusan adatszórásos elven működnek).



1. 9. ábra A távadók és a beavatkozó egységek hagyományos csatlakoztatása

A legtöbb probléma a több résztvevős kommunikációs rendszerben abból adódik, hogy az üzenet továbbítás a különböző adóktól a különböző vevőig ugyanazon a csatornán zajlik, ebből fakadóan a működési sebesség lényegesen csökkenhet (ugyanabban az időben általában nem csak egyetlen eszköz akar kommunikációt kezdeményezni) [118], [120]. A terepi érzékelők, távadók és beavatkozó egységek elektronikája kivétel nélkül mikroprocesszor alapú, így az osztott kommunikációs csatornához történő hozzáférés nem támaszt kielégíthetetlen követelményt az elektronikával szemben (1.10. ábra). A mikroprocesszoros felépítés lehetővé teszi az elosztott architektúrák létrehozását, és az eredetileg csak a kommunikációt biztosító feladatok mellett új követelmények kielégítését – jelkondicionálást, jelfeldolgozást és egyéb, addig csak a központi műszerszobában végrehajtható feladatok elvégzését.



1. 10. ábra Terepi buszos rendszer csatlakoztatása

A terepi busz családjába tartoznak mindazon hálózatok, amelyek az intelligens terepi eszközöket és automatizálási rendszereket kétirányú, multidroppos kommunikációval kötik össze. A terepi buszok tulajdonképpen az irányítási feladatok ellátására használt eszközök

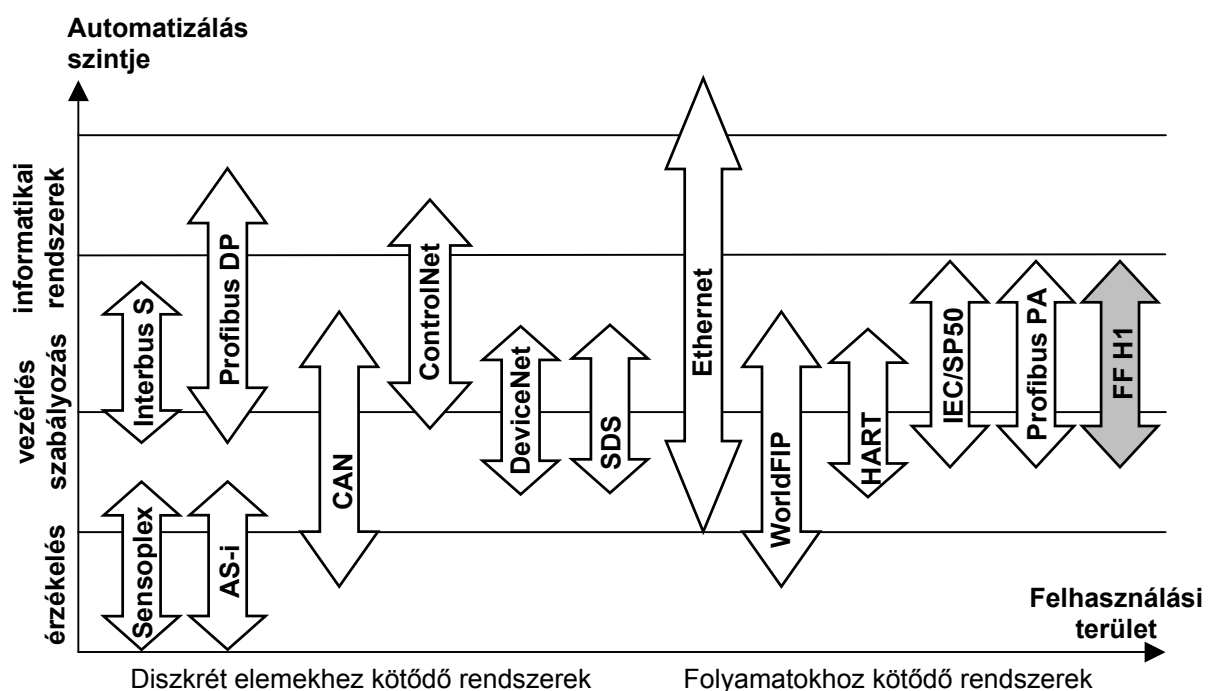
részére létrehozott lokális hálózatok (LAN-ok), melyek segítségével elosztott irányítási feladatok végezhetők el, mert alapvetően a terepi eszközökben integráltan megtalálhatók az irányítási elemei [2].

Napjainkban ezen a digitális kommunikációs rendszeren zajlik a folyamatműszerezés szempontjából legfontosabb jelek átvitele. A mikroprocesszort tartalmazó intelligens távadók (smart transducer) elterjedése szükségszerűen igényelte, hogy az adatcsere szabványos jelátviteli rendszeren történjen, ezért készült sokféle, szabványos terepi kommunikációs protokoll, ennek ellenére ezen a csatornán található meg a legtöbb gyártó által specifikált busz is. Összefoglaló néven ezeket a jelátviteli rendszereket nevezzük fildbusznak.

A fildbusz koncepció kidolgozásában olyan nemzeti és nemzetközi kutatócsoportok vettek részt, mint például a Amerikai Elektronikai Társaság (ISA), a Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság (IEC), a PROFIBUS (Német Nemzeti Szabványügyi Szervezet), a FIP (Francia Nemzeti Szabványügyi Szervezet), másrészt számos, speciális gyártó és szállító cégek. Ezek a csoportok alkotják az IEC/ISA SP50 Fieldbus Committee tagságát. A terepi kommunikáció fejlesztésében és terjesztésében érdekelt gyártó cégek, az Egyesült Államokban és Európában, különböző alapítványokat hoztak létre (Foundation Fieldbus, a PROFIBUS, a FIP, a CAN, Interbus-S, stb.) amelyeken keresztül érvényesítették a szabványosítási törekvéseket (M1-Melléklet.).

A szabványosítás elsődleges területe a technológiára kitelepített eszközök (távadók, vezérlőelemek, átalakítók, beavatkozó egységek, stb.), és a központi vezérlőrendszerek együttműködésének támogatása, a szabványos fildbusz protokollal szembeni legfontosabb követelmény pedig a berendezések és vezérlők közötti – az üzem egész területén biztosítható – könnyű és hatékony kommunikáció biztosítása volt.

A legismertebb ipari kommunikációs hálózatok az automatizálási hierarchia különböző szintjén [10] helyezkednek el, melyet az 1.11. ábra mutat.



1.11. ábra Kommunikációs hálózatok és az automatizálási szintek kapcsolata

Az 1.11. ábrán bemutatott terepi kommunikációs rendszerek az érzékelő szinten működő rendszerektől – pl. AS-i: Actuator Sensor Interface – a vállalati informatikai rendszerek legelterjedtebb hálózataig, az Ethernet hálózatiig terjednek. (Megjegyzés: az ábrán a Foundation Fieldbus megkülönböztetett jelölése jelzi, hogy a dolgozatban ezzel a rendszerrel foglalkozom).

A jelenleg leghasználatosabb fieldbusz rendszerek:

Sensoplex

A Hans Turck cég által kifejlesztett, és 1995-ben bevezetett, kétállapotú jelek kezelésére alkalmas, gépipari és normál, illetve gyújtószikramentes változatban, a vegyiparban és az olajiparban használatos kommunikációs rendszer.

Interbus S

A Phoenix Contact által kifejlesztett, 1984-ben bevezetett, DIN 19258, illetve EN 50.254 számú szabvány gépipari és feldolgozóipari alkalmazásokra készült rendszer.

ASi Actuator Sensor Interface

Az AS-I Consortium által 1993-ban bevezetett, az érzékelők és beavatkozó egységek összekapcsolására alkalmas, egyszerű felépítésű protokoll.

PROFIBUS DP PROcess FIeld BUS Decentralized Periphery

A német kormány által létrehozott fejlesztési társulat által finanszírozott, a Siemens cég által erőteljesen preferált, 1994-ben bevezetett, az egyik legelterjedtebben alkalmazott szabványos kommunikáció.

CAN Controller Area Network

A Can in Automation szervezet által 1995-ben bevezetett, gépipari, autóipari, és hadiipari területen elterjedt hálózati kommunikációs rendszer.

ControlNet Control Network

Az Allen-Bradley cég által kidolgozott, és 1996-ban bevezetett kommunikációs rendszer, amelynek a legtipikusabb jellemzője, hogy a kommunikációs válaszidő a többi rendszertől eltérően rendkívül kicsi (<0,5 ms).

Device Net

Az Allen-Bradley cég által 1994-ben bevezetett, ISO 11898 & 11519 számmal ellátott, elsősorban Egyesült Államokban használt terepi kommunikációs rendszer.

SDS Smart Data System

A Honeywell cég által kifejlesztett, és 1994-ben bevezetett, gyakorlatilag az érzékelők összekapcsolására, kommunikációjára használt rendszer.

Ethernet

A Xerox cég által kifejlesztett, 1976-ban publikált, a legrégebben bevezetett, irodai alkalmazásban a legelterjedtebb, az ipari kommunikáció területén egyre gyakrabban használt hálózati szabvány.

WorldFIP World Factory Instrumentation Protocol

A WorldFIP által 1988-ban bevezetett, terepi kommunikációra kifejlesztett, alapvetően gépipari, illetve közlekedési területen használatos kommunikációs rendszer.

HART High Addressable Remote Transducer

A Fisher Rosemount cég által kifejlesztett és bevezetett, 4-20 mA analóg áramjelet és digitális jelet együttesen használó rendszer. Az analóg és a digitális világ közötti átmenetként megjelenő kommunikációs rendszer a teljesen digitális elven működő terepi buszok „előfutárának” tekinthető.

IEC/ISA SP50

Az ISA és a Fieldbus Foundation szervezetek által létrehozott, 1996-ban megjelentetett rendszer gyakorlatilag az egységes fieldbus szabvány első megjelenése.

PROFIBUS PA PROcess FieIdBUS Process Automation

Az erőteljesen Siemens támogatású, hivatalosan 1995-ben bevezetett, a PROFIBUS család folyamatirányításra kifejlesztett rendszere az egyik legelterjedtebb folyamatirányítási protokoll.

FF Foundation Fieldbus

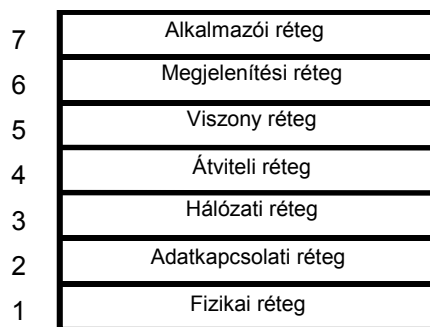
A Fieldbus Foundation alapítvány által 1995-ben szabványosított, leginkább folyamatirányítási célra használt kommunikációs rendszer, amely a többi rendszertől eltérően önálló szabályozási stratégiával rendelkezik.

MODBUS MODicon BUS

A Modicon cég által, eredetileg PLC-k és hozzákapcsolható eszközök részére kifejlesztett Master – Slave struktúrájú, válaszjel típusú protokoll. Vegyiparban és az olajipari automatizálás területén elterjedten használt kommunikáció.

1.4. Az ISO-OSI Referencia Modell

A számítógépes nyílt architektúrák szabvány előírásait az ISO-OSI (International Standard Organisation Open System Interconnections) referencia modellje (Day and Zimmermann, 1983) írja le. A Nemzetközi Szabványügyi Szervezet már 1977-ben kiadta a feladatot az albizottság számára a rendszer összekapcsolási szabvány létrehozására. A rétegszemléletű modell lehetőséget biztosít a hálózatok szabványos együttműködésére. A rétegek megnevezése a 1.12. ábrán látható (a szabványszámok az M1-Mellékletben találhatók).



1.12. ábra ISO-OSI Referencia Modell

A gyártásautomatizálás és az ipari folyamatirányítás területén a számítástechnikai hálózatokhoz hasonló réteg architektúra bevezetését javasolta a múlt század 80-as éveiben az IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineering) albizottsága. A Manufacturing Automation Protocol – MAP, és ennek az irodai alkalmazására ajánlott, szűkített változatnak a Technical and Office Protocol – a TOP struktúrának a bevezetése bár sokat segített a hálózatok elterjedésében, ma már nem tükrözik a rendszerek jellemzőit [65].

A szabványos MAP struktúra (1.13. ábra) bevezetése egyaránt jelentős segítséget nyújtott a tervezőknek és a gyártóknak. Sajnos ma már, a kommunikációs igények folyamatos változásának köszönhetően nem használható a modell, és ez a legjelentősebb oka annak, hogy rendkívül heterogén terepi hálózatok valósultak meg. A terepi buszok, vagyis a fieldbuszok, mint ipari kommunikációs rendszerek, a helyi hálózati (LAN), és a kiterjedt hálózati struktúrákban (WAN) egyaránt megtalálhatók. [58].

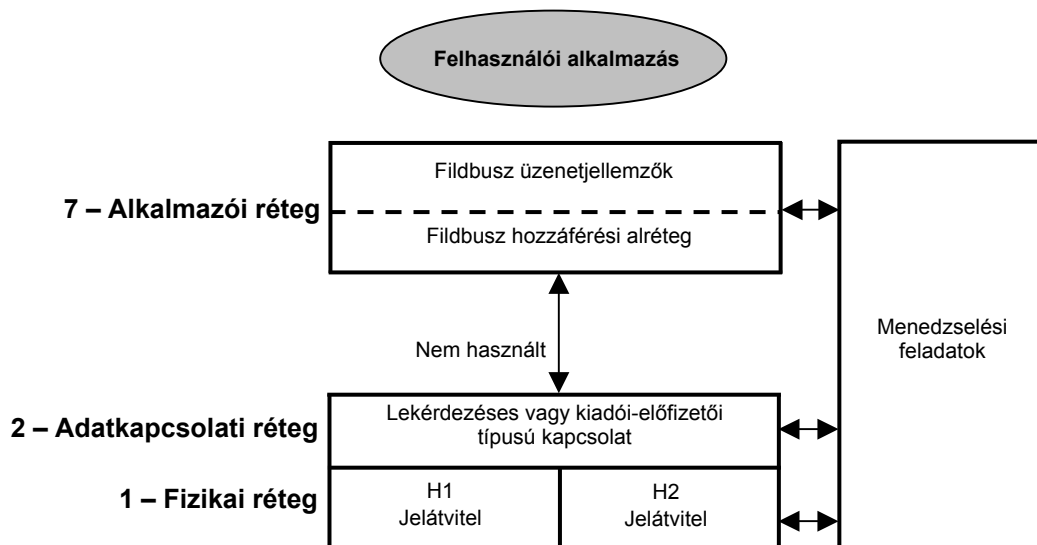
Alkalmazói réteg	Adatátvitel és management (ISO 8571) Gyártói üzenet jellemzők (ISO 9506) Direktori szolgáltatás (ISO 9594)
Megjelenítési réteg	Megjelenítési Kernel (ISO 8822)
Viszony réteg	Szállítási réteg szolgáltatás (ISO 8072)
Átviteli réteg	Viszony Kernel (ISO 8326)
Hálózati réteg	Csatlakozói szolgáltatás (ISO 8348)
Adatkapcsolati réteg	Logikai vezérlés 1 és 3 (ISO 8802/2) Token – bus hozzáférés (ISO 8802/4)
Fizikai réteg	Token – bus 10 Mbps broadband (ISO 8802/4) Token – bus 5 Mbps broadband (ISO 8802/4)

1.13. ábra Manufacturing Automation Protocol szabványai

Az egyik legismertebb irodai és ipari alkalmazású soros kommunikáció az RS-232 soros kommunikációs jelátviteli szabvány, amelyet az ipari alkalmazásokban az RS-422/423, illetve a multidroppos kialakítású RS-485 szabvány váltott fel. Ezek a szabványok azonban csak a hardveroldali jellemzőket érintik, ezért volt szükség egységes digitális jelátviteli szabvány kidolgozására, amely egyaránt vonatkozik a hardverre és a szoftverre, vagyis a vezérelt adatátvitelre.

Az ISA (Instrument Society of America) már 1985-ben hozzájárult, hogy a teljesen digitális alapú kommunikációt az SP 50 elnevezésű tanács felügyelje. Az eredeti tervek szerint két kommunikációt definiáltak: H1 (highway1) [79], 31,25 kbps sebességű rendszert alapvetően vezetékes, és robbanásveszélyes övezetbeni alkalmazásra, a H2, eredetileg 10 Mbps sebességű rendszert (azóta 100 Mbps) pedig az újonnan kifejlesztésre kerülő nagysebességű, főleg rendszerek összekapcsolására szolgáló, leginkább vezetékes rendszerekre javasolták.

Az ISO-OSI rendszerben, az IEC 61158 szerint, a fildbusz csak három rétegen kommunikál, amely rétegekhez az eredeti szabványban a 1.14. ábrán látható előírásokat rendelték.



1.14. ábra Fildbusz ISO-OSI modellje

1.4.1. A fizikai réteg jellemzői

A fildbuszok fizikai rétege az IEC 61158-2 szabvány előírásain alapszik [65]. Ennek a teljesen digitális kommunikációs szabványnak az előírásai a vezeték típusától, az adatátviteli sebességen keresztül, rendkívül sok paraméter szabványosításán keresztül egészen a tápfeszültséggel kapcsolatos jellemzők pontos definiálásáig terjed.

A fildbusz fizikai rétegének legfontosabb jellemzői:

- a vezeték típusa (koaxiális, STP – Shielded Twisted Pair, UTP – Unshielded Twisted Pair, vagy rádiós kommunikációs hálózat),
- az adatátviteli sebességre eredetileg kétféle kommunikációs sebességet szabványosítottak: H1 (highway1) – 31,25 kbps, H2 – 1 illetve 2,5 Mbps (bár a H2 sebességét már a PROFIBUS DP hálózathál is 12 Mbps értékre növelték),
- a hálózati topológia – busz és fa struktúra (gerinc és leágazás kialakítás, elemek számával és a leágazások méretével),
- a szegmensek legnagyobb hossza, és az egy szegmensre kapcsolható elemek száma – max. 1900 m, 16 eszköz/szegmens,
- a szegmensek távolságának növelésére szolgáló jelismétlők elhelyezési módja,
- a különböző szegmensek összekapcsolására szolgáló csatolók (coupler) és hidak (bridge),
- a tápfeszültséggel kapcsolatos követelmények.

Ezen jellemzők együttesen vonatkoznak az előzőekben leírt szabványos ipari soros kommunikációs rendszerre, mégsem lehet rendszereket „keverve”, vagyis ugyanazon a hálózaton használni (vagy ha igen, akkor nagyon körültekintő alkalmazásban) [113].

Ahogy a tápegységgel kapcsolatos követelmények is a fizikai réteg előírásai szerint definiálhatók, ugyanígy a gyújtószikramentes alkalmazásoknál használatos rendszerelemekkel kapcsolatos követelmények leírására is a fizikai rétegen kerül sor, de ide tartozik a vezeték nélküli kommunikációs rendszerek jellemzése is.

1.4.2. Az adatkapcsolati réteg jellemzői

Az adatkapcsolati réteg (Data Link Layer – DLL) koordinálja a hálózaton lévő eszközök közötti adatcserét, vagyis biztosítja, hogy a hálózaton lévő eszközök képesek legyenek a konfliktusmentes kommunikációra, és ez a réteg a felelős a hibaellenőrzésért is. Ezen a rétegen lévő címek biztosítják, hogy az üzenet a megfelelő helyre kerüljön. Számítástechnikai hálózatok esetében ez a réteg tipikusan két „alréteget” tartalmaz. Az egyik alréteg, a Medium Access Control vagyis a MAC definiálja a fizikai közeghez történő hozzáférést, a másik alréteg a Logical Link Control, vagyis az LLC felelős a kommunikációs folyamat megnyitásáért, bezárásáért, az adatáramlásért, és a hibakezelésért. A terepi buszrendszerek adatkapcsolati rétegén rendszerint nincs elválasztva a közeg hozzáférést felelős alréteg (MAC) és a kommunikációs folyamat szervezéséért felelős alréteg (LLC), de ez nem jelenti a rendszerek azonosságát. Az adatelérés különböző osztályba sorolható, úgymint determinált, vagy nem determinált adathozzáférés. A determinált adathozzáférés lehet centralizált vagy decentralizált kialakítású. Az egyik legtipikusabban használt nem determinált adatelérésre példa a többszörös hozzáférést biztosító, ütközést elkerülő protokoll, a CSMA-CA (Carrier Sense Multiple Access – Collision Avoidance) használata. A Device Net és az SDS fildbuszok használják ezt az adathozzáférési technikát.

A gyakorlatban használatos fildbuszok legtöbbje a determinisztikus adathozzáférési módszert alkalmazza. A decentralizált módszerek között a leggyakoribb a token technika alkalmazása. Token passzing technikát és adatlekérdezési technikát alkalmaz a PROFIBUS FMS. A centralizált MAC alkalmazásra a legtipikusabb példa a World-FIP, az Interbus-S, az ASi és a PROFIBUS PA.[49]

1.4.3. Az alkalmazói réteg jellemzői

A fildbusz alkalmazói réteg (Application Layer – AL) egyrészt a felhasználói utasításokat továbbítja az alsóbb rétegeknek, másrészt a keletkezett adatokat szolgáltatja a felhasználó számára (egyszerűen fogalmazva kódolja és dekódolja a felhasználói réteg utasításait). Az alkalmazói rétegen, a kommunikációs szolgáltatásokon keresztül egyedi adatok, adattömbök (összegyűjtött adatok formájában), események, állapotjellemzők, adatállományok jelennek meg objektum orientált formában. Az objektum orientált adatoknak a jellemzőit közös néven a Manufacturing Message Specification – MMS foglalja össze [55].

1.4.4. A felhasználói réteg jellemzői

A felhasználói réteg (User Layer – UL) az egyik legfontosabb réteg a terepi kommunikációs rendszerben, hiszen ide tartoznak a funkció blokkok (Function Blocks – FBs), az elemleíró szolgáltatások (Device Description services – DDs), és a rendszer menedzsment (System Management – SM). A felhasználói réteg úgy működik, mint egy, a kommunikációs protokoll és a felhasználó közötti illesztő egység.

A különböző feladatokhoz kapcsolódó funkció blokkok tulajdonképpen szoftver struktúrák, amelyekben az adat, az utasítás és a konfigurációs program objektum formájában

van kombinálva. A funkció blokkok gyakorlatilag az irányítástechnika paraméterek teljes területét felölelik (analóg bemenet, kimenet, kétállapotú bemenet, kimenet, PID, stb.). Az első funkció blokkok (1993-ban az ISA Chicago-i konferenciáján került bemutatásra az akkori, összesen tizennyolc fieldbus elem funkció blokkja) megjelenése óta szinte naponta jelennek meg új blokkok, melyeket a hatékonyabb irányítástechnikai megoldások érdekében fejlesztenek ki. A funkció blokkok használatával részletesen a 3. fejezet foglalkozik.

1.4.5. A rendszermenedzselés jellemzői

A fieldbuszhoz szorosan kötődő, külön réteget nem képező, de a rétegekkel kapcsolatban álló „egység” a menedzselési feladatokat ellátó egység. A felügyelet vonatkozik a rendszerre és a hálózatra egyaránt. A virtuális terepi elemek (Virtual Field Device – VFD) biztosítják a hálózati menedzselési információk bázishoz (Network Management Information Base – NMIB), és a rendszermenedzselési információk bázishoz (System Management Information Base – SMIB) való hozzáférést. Az NMIB adatbázisnak az adatai tartalmazzák a virtuális kommunikációs kapcsolatokat (Virtual Communication Relationship – VCR), a dinamikus változókat, a rendszer ütemező táblázatait, a rendszerórát. Az SMIB adatai tartalmazzák az elemcímet, a tervjelet, és nem utolsósorban a táblázatokat a feladatvégrehajtás számára.

1.5. Foundation Fieldbus

A Foundation Fieldbus, továbbiakban FF, mint az összes többi terepi kommunikációs hálózat, alkalmas kétirányú, sokelemes intelligens terepi eszközök (távadók, beavatkozók, szabályozók) összekapcsolására, elosztott irányítási feladatok ellátására, távvezérelt be-, kimeneti eszközök lekezelésére, és nagysebességű gyártásautomatizálási feladatok elvégzésére, vagyis röviden: az FF folyamatirányítási feladatok ellátására létrehozott lokális hálózat [59]. A terepi kommunikációs rendszer neve a Foundation Fieldbus, míg a szakmai szervezet neve Fieldbus Foundation. A Fieldbus Foundation szervezet feladata a műszerezési és folyamatirányítási feladatokhoz tartozó minősítések elvégzése (az új rendszerek és elemek minősítése), az ismeretterjesztés (az új kutatási és vizsgálati eredmények terjesztése, szakmai továbbképzés biztosítása), és nem utolsósorban a területhez tartozó szervezési és egyéb feladatok koordinálása [87].

Az FF nyílt protokoll, vagyis a Fieldbus Foundation által minősített gyártók mindegyike fejleszthet az FF rendszerben működni képes eszközökhöz szoftvert, és ezek az eszközök képesek együttműködni egy adott rendszerben, más gyártók eszközeivel. Ezt a képességet nevezzük gyártó-függetlenségnek (interoperability).

Az FF kommunikációs hálózat jelenleg két különböző sebességű rendszert definiál:

- H1 – a 31,25 kbps sebességgel működő hálózat,
- HSE – High Speed Ethernet, 100 Mbps sebességgel működő gerinchálózat.

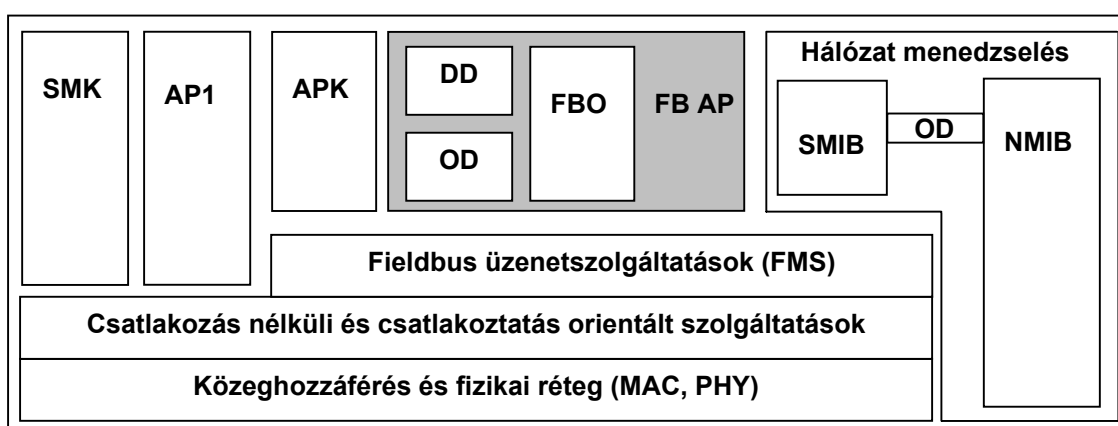
A dolgozatban csak a H1 rendszer ismertetésére kerül sor, mivel ez volt a kutatás és a vizsgálat tárgya.

Az ISO-OSI Referencia Modell rétegeihez tartozó szabványos jellemzők megtartása mellett, azonos struktúrája terepi kommunikációs rendszerek belső felépítésében lehetnek akár jelentős eltérések is, hiszen sok esetben azonos hardver használatához is tartozhatnak különböző protokollok. Ennek megfelelően az FF általános jellemzői ugyan megegyeznek a

többi buszrendszer jellemzőivel, de az itt használt funkció blokkok némelyike oly mértékben eltér más rendszerekétől, hogy emiatt foglal el a Foundation Fieldbus különleges helyet a folyamatirányításban.

Az Foundation Fieldbus alapvetően abban különbözik a többi terepi kommunikációs hálózattól, hogy ebben a rendszerben újfajta irányítási stratégia megvalósítására – terepi irányításra – nyílik lehetőség, vagyis az eszközökben ilyen feladatok elvégzésére alkalmas algoritmusok (PI, PD, PID) találhatók, míg a többi kommunikációs rendszernél az eszközökben ilyen algoritmusok nem helyezhetők el.

Az FF rendszerekben lezajló feldolgozási folyamatot jól szemlélteti a Fieldbus Foundation által létrehozott Technical Steering Committee – TSC kiadványában megjelent (1.15. ábra), a hálózati és rendszer menedzselési feladatok architektúrája [80].



1.15. ábra Foundation Fieldbus architektúra

Az ábrán szereplő blokkok jelentése az alábbi:

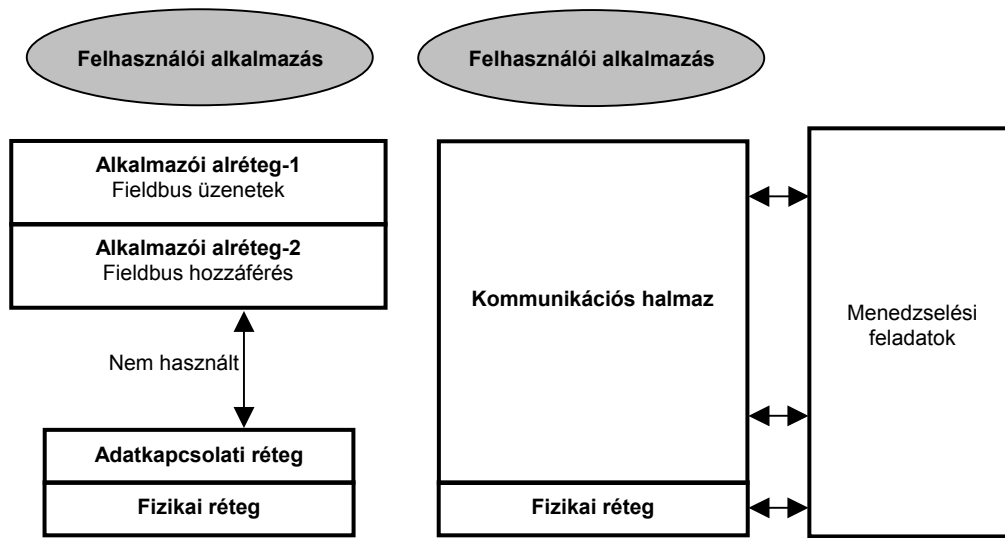
AP	Application Process	Alkalmazások leírása
SMK	System Management Kernel	Rendszer menedzselő kernel
FB AP	Function Block Application Processes	Funkció blokkok
DD	Device Descriptions	Elemleíró adatállomány
NMIB	Network Management Information Base	Hálózat menedzselési információk
NMA	Network Management Agent	Hálózat menedzselés
OD	Object Dictionaries	Objektumok
SMIB	System Management Information Base	Rendszer menedzselési információk
MAC	Medium Acces Protocol	Közeghozzáférési protokoll
FMS	Fieldbus Message System	Fildbusz üzenetek
FBO	Function Block Objects	Funkció blokk objektumok

A blokkvázlatból is látható, hogy az FF rendszernek szabványosított, gondosan „kimunkált” részegységei működnek együtt. Mivel a dolgozat témája a Foundation Fieldbus irányítástechnikai alkalmazási lehetőségeinek elemzése, ezért a belső felépítést csak olyan részletességgel ismertetem, amennyire az irányítás minőségének meghatározásához szükséges. A hálózati és rendszer menedzselési feladatok nem képezik a dolgozat témáját. A funkció blokkok felépítése és alkalmazhatósága azonban alapvetően meghatározza az irányítási folyamatot, ezért ezzel a területtel foglalkozom részletesen a harmadik fejezetben, mert ez képezi a vizsgálódás tárgyát, vagyis ez a kulcsa az FF alapú folyamatirányítás hatékonyságának.

1.5.1. Az FF fizikai réteg

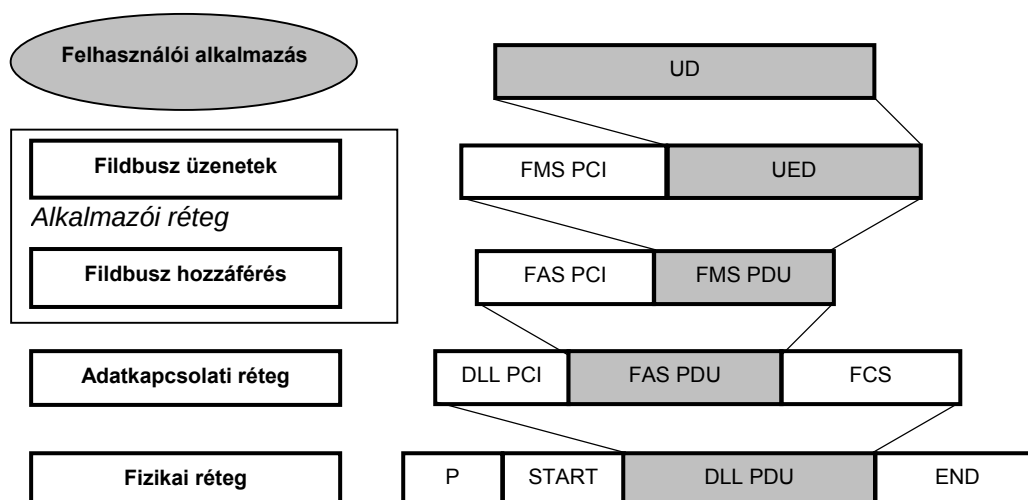
Az FF struktúrája a többi terepi hálózattal megegyező, vagyis ez a rendszer is az ISO-OSI modell három rétegét használja, a fizikai, az adatkapcsolati és az alkalmazói réteget. A felhasználói alkalmazáshoz tartozó jellemzőkkel, mivel ez a dolgozat lényegéhez tartozó terület, a következő fejezetben részletes leírás és elemzés található.

A három rétegből az adatkapcsolati, és az alkalmazói réteg mindkét alrétegét magába foglaló egységet a szakirodalom, mint kommunikációs halmaz (communication stack) definiál (1.16. ábra). Természetesen az FF hálózat is rendelkezik hálózat és rendszerrendszelő egységekkel, de ezeket az egységeket az ábra nem jelöli.



1.16. ábra Foundation Fieldbus rétegek

A fizikai réteg jellemzői megegyeznek a terepi buszok jellemzőivel, vagyis a 1.4.1.pontban leírtak az FF hálózatra is érvényesek (az IEC- International Electrotechnical Commission, illetve az ISA – Instrumentation Society of America előírásai szerint). A fizikai rétegre „lejutó” információs folyamatot jól szemlélteti a 1.17. ábra.



1.17. ábra Információ áramlás az FF rétegek között

A felhasználói alkalmazásból érkező adatok (UD – User Data) az alkalmazó rétegben a fieldbusz üzenetek alrétegen kerülnek dekódolásra, és ez jelenik meg felhasználói kódolt adatként (UED – User Encoded Data). A kódolt adatok a fieldbusz üzenethez tartozó protokoll információkkal együtt (FMS PCI – Fieldbus Message Specification Protocol Control Information) jutnak adatként az alkalmazói réteg másik alrétegéhez (FMS PDU – FMS Protocol Data Unit). Az adat az adatkapcsolati réteghez a réteg protokollal (FAS PCI – Fieldbus Access Sublayer Protocol Control Information) kiegészülve kerül. Az adatkapcsolati rétegen a keretellenőrzéssel (FCS- Frame Check Sequence) és a DLL információkkal (DLL PCI) együtt jelenik meg az adat. A fizikai rétegen a DLL adatok (DLL PDU) az információ megjelenését jelző bevezető karakterekkel (P – Preamble), az indítójellel (START) és a keretlezáró jellel (END) kiegészítve jelennek meg.

A Foundation Fieldbus kommunikáció a fizikai rétegen kétfázisú Manchester kódot használ. A bevezető karakterek (Preamble) logikai 1, és logikai 0 jelekből állnak (10101010). Az indítójel (start) speciális karakterekkel egészül ki, ahol nem az órajel periódus közepén jelenik meg a jel felfutás és lefutás, hanem annak kezdetekor és végén – ezek az un. N+ és N- (Non Data+ és Non Data-) jelek, így a Start jel az 1N+N-10N-N+0 jelsorozatból áll össze. Keretlezárásra az End jelű karakterlánc szolgál (1N+N-N+N_101). [79]

Az 1.4.1. fejezetben leírt jellemzők értelemszerűen érvényesek az FF rendszerre is, vagyis a sebesség, a tápfeszültség, szegmens távolság, stb. ebben a kommunikációs hálózatban is a szabvány előírásainak felel meg.

1.5.2. Az FF adatkapcsolati réteg

A 1.4.2. pontban megadott jellemzők érvényesek az FF rendszer adatkapcsolati rétegére is, ezen a rétegen történik az adatok átvitelének vezérlése, vagyis a kommunikációs hálózaton együttműködő eszközök „konfliktus” elkerülésének biztosítása. Az egyes eszközök címezése is itt kerül sor, ezzel biztosítva, hogy az üzenetek a megfelelő helyre jussanak. Az adatkapcsolati réteg nem szolgáltat adatot, ennek a rétegnek a feladata, hogy a fizikai és a felette lévő rétegek közötti kapcsolatot biztosítsa. Az FF rendszerben a működés időzítését egy jellegzetes egység, az ütemező egység (LAS – Link Active Scheduler) végzi. A LAS feladatokat rendszerint a vezérlő egység látja el, de ennek kiesése esetén ezt a feladatot más, a rendszerben LAS funkció ellátására képes eszköz (ez lehet távadó, vagy pozicionáló is) is tudja biztosítani.

Az FF rendszerben az adatkapcsolati réteg három elemet különböztet meg:

- Alapelem – bármelyik eszköz, amelyik képes kommunikálni a rendszerben.
- Mester elem (Link Master) – a rendszerben a kommunikációt kezdeményező eszköz.
- Híd (Bridge) – a különböző sebességű (H1 és HSE) FF hálózatok összekötését biztosító elem.

Az FF rendszerben a címek kiosztása az adatkapcsolati rétegen a következő:

- 0-15 belső funkciókra fenntartott cím
- 16-247 a rendszerben működő eszközök címtartománya
- 248-251 a hálózatra felkötött, de nem inicializált eszközök címe
- 252-255 átmeneti csatlakoztatásra fenntartott címtartomány

Az FF rendszerben a kommunikáció két formája használatos:

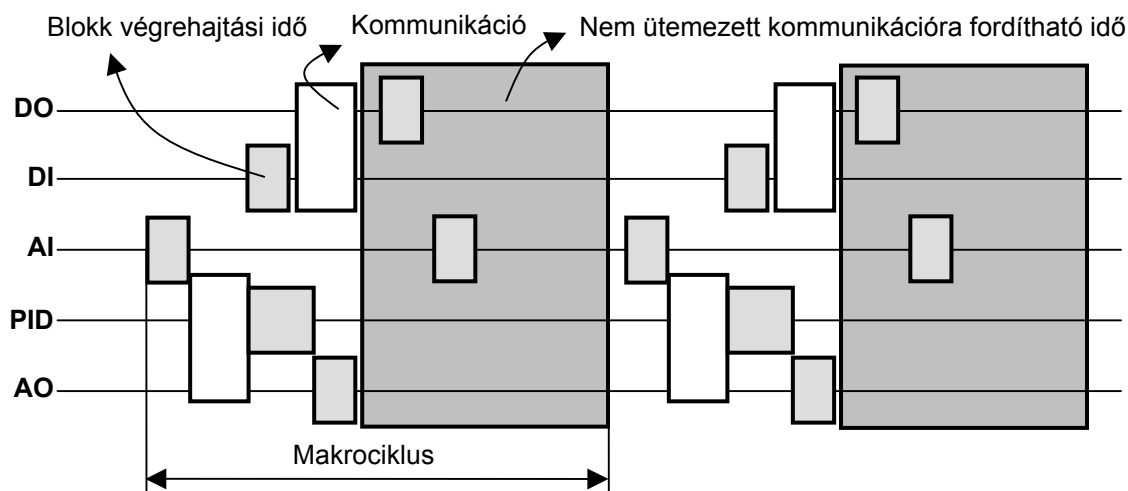
- Ütemezett (scheduled – foreground traffic) kommunikáció
A ciklikus adatcsere számára biztosított kommunikáció a nem ütemezett adatátvitel, mint például a funkció blokkok láncolása az elemek között. Ütemezett kommunikáció esetén a LAS egy kényszerítő adatot (Compel Data) ad ki, melyre az eszköz adatszórásos (broadcast) kommunikációval válaszol.

Az ütemezett kommunikációnak a legmagasabb a prioritása, vagyis minden esetben ezek az adatok kerülnek először kiadásra, és a következő periódus kezdetéig tartó maradék idő áll a nem ütemezett kommunikáció rendelkezésére (1.18. ábra).

Az azonosításra szolgáló ellenőrző üzenet (Probe Node – PN) periodikus kiadásával lehet az hálózatra kötött eszközöket detektálni, illetve új eszközt címezni (az eszköz válasza a Probe Response – PR üzenet). A LAS által kiadott ütemező jel (Time Distribution – TD) biztosítja a funkció blokkok végrehajtásának időzítését, és az eszközök szinkronizálását.

A LAS ütemezés, és a token passing technika együttes alkalmazásának köszönhető, hogy csak egyetlen eszköz kommunikálhat a hálózaton.

A teljes periódus időre bevezetett makrociklus fogalom a feladat végrehajtáshoz szükséges időt jelöli. Az irányítástechnikai feladatok elvégzésének hatékonysága szempontjából a makrociklus idejének „beosztása” a dolgozat egyik téziséhez kötődik, ezért ezzel a kérdéskörrel a 3. fejezet részletesen foglalkozik.



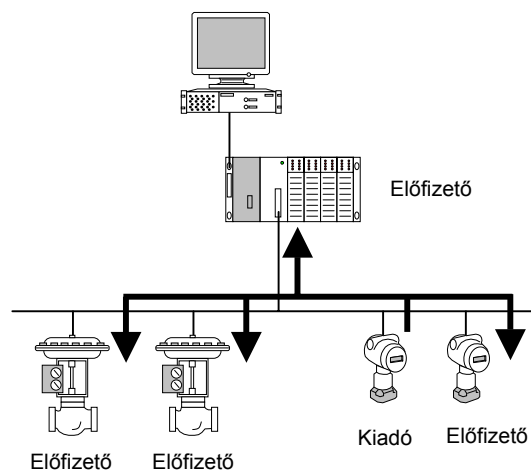
1.18. ábra Makrociklus az FF rendszerben (ütemezett és nem ütemezett kommunikáció)

- Nem ütemezett (unscheduled – background traffic) kommunikáció
A nem ciklikusan lefolytatott információcsere, mint például a központi vezérlő adatkérése egy távadóról, vagy egy adatkiírás a megadott eszközre, a nem ütemezett kommunikáció lényege. Nem ütemezett kommunikáció közé tartozik az egyes eszközök „bejelentkezésére” szolgáló kommunikációs kapcsolat is (Pass Token – PT adatcsere a Live List – LL részére).

1.5.3. Az FF alkalmazói réteg

Az alkalmazói réteg a 1.4.3. pontban megadottak szerint egyszerű adatokat és nagyon jól kidolgozott objektumokat definiál. Az alkalmazói réteg a 1.16. ábra szerint két alréteget tartalmaz, az üzenetek (FMS), és a hozzáférést biztosító (FAS) alréteget. A 1.17. ábra jól szemlélteti, hogy a felhasználói üzenetek hogyan kerülnek e rétegekre. Az FAS alrétegben a kapcsolatok egyszerűsítése céljából egy virtuális kommunikációs kapcsolatokat (Virtual Communication Relationships – VCR) tartalmazó táblát hoztak létre, amelyek az ütemezett és nem ütemezett kommunikációs szolgáltatásokat tartalmazzák, így ennek segítségével egyszerűsíthető az adatkapcsolati rétegre jutó információ. Az FF elemek és eszközök tipikusan a VCR három csoportját használják:

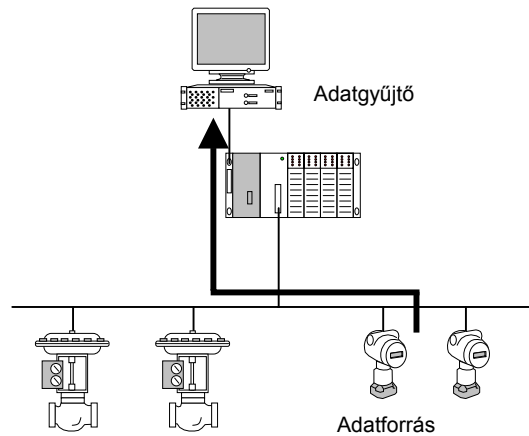
- Kiadói-Előfizetői (Publisher-Subscriber) VCR**
 Ez a kapcsolat tárolt (buffered) VCR szolgáltatás, vagyis mindaddig fennmarad a funkcióblokk tartalma, amíg az újraírásra nem kerül. Ez a szolgáltatás ütemezett, és egy adott egységtől több egységhez „szóló” szinkron üzenetet jelent. Mint az a 1.19. ábrán is látható, ez a kommunikáció nem igényli a központi egység használatát, vagyis tulajdonképpen ez egy pont-pont típusú kapcsolat. (Tipikus Kiadói-Előfizetői VCR üzenet a távadó által kiadott mért érték (Process Value – PV) a PID, vagy az operátori megjelenítő állomás részére).



1.19. ábra Kiadói-Előfizetői típusú VCR

- Riport szétosztó (Report Distribution) VCR**
 Ez a kapcsolat a nem ciklikus adatközlésre, úgymint vészjeleknek, riasztási jeleknek, trendeknek és esemény feljegyzéseknek a központi vezérlő egységhez történő továbbítására szolgál. (1. 20. ábra).

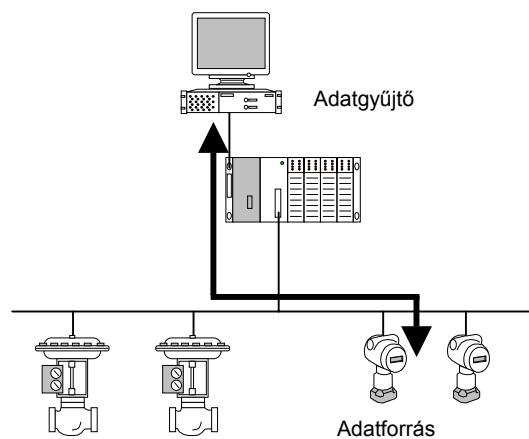
A riport szétosztó VCR sorba rendező típusú, vagyis nem írja át az előző üzenetet (legyen pl. vészjelzés), hanem az üzenet az előzőt követően „sorba rendeződik”.



1.20. ábra Riport típusú VCR

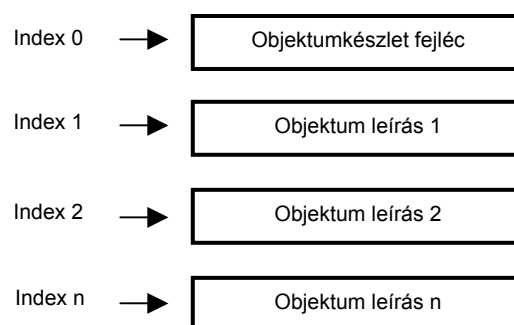
- Kliens-szerver VCR

Az eszközök paramétereinek nem ciklikus olvasására és írására, konfiguráció letöltésre, és egyéb aktiválási feladatok ellátására szolgáló kommunikáció. A kliens-szerver típusú VCR egy adott egységtől egy másik egységhez szóló üzenettovábbítást jelent, vagyis nem ütemezett kommunikációt egy meghatározott célcímre (1. 21. ábra).



1.21. ábra Kliens-szerver típusú VCR

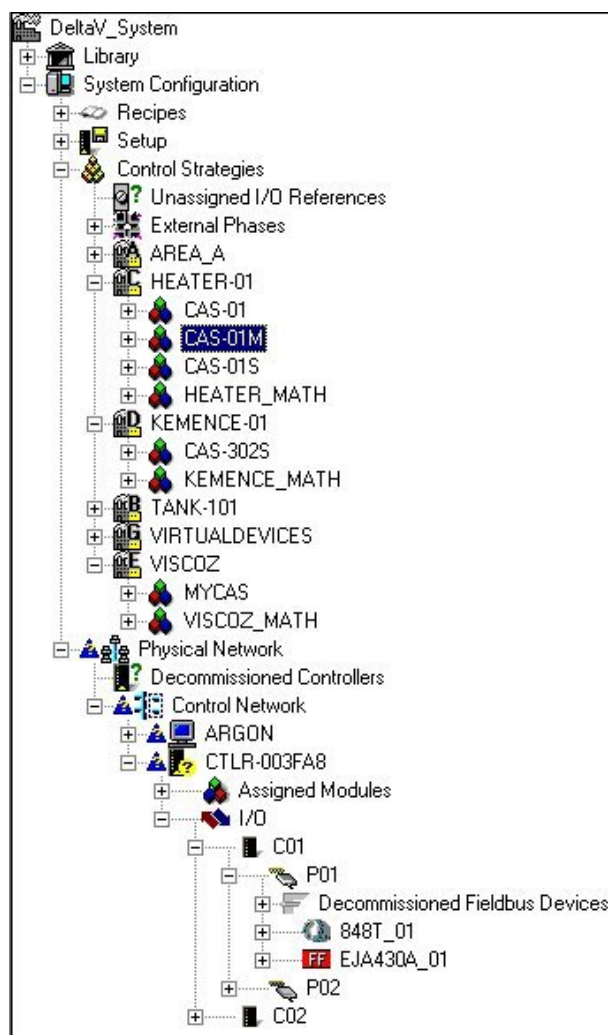
Egy adott eszközben az indexek (1.22. ábra) adják meg az FF alkalmazói rétegen „mozgó”, szabványos formátumú (Object Dictionary-OD) üzeneteknek a helyét.



1.22. ábra Objektumok az FF eszközben

Az indexek szabványos adatformátumokat definiáló objektumokra mutatnak, úgymint Boole függvények, lebegőpontos változók, adatsztringek. A funkció blokkoknak is, mint minden más paraméternek, saját indexük van. Az FF rendszert üzemeltető felhasználó nem látja az eszközök címét, mint ahogy nem látja az indexeket sem, csak az adott eszköz tervjelét, illetve az ehhez tartozó jellemzőket. A rendszer üzemeltetése szempontjából ez nem jelent semmi gondot, de a tervezés, és a mérési, valamint szabályozási feladatok hiánytalan végrehajtása szempontjából azonban nagyon lényeges ismeretek.

Az alkalmazói réteg sajátossága az ún. virtuális terepi eszköz, a Virtual Field Device – VFD, amely tulajdonképpen egy adott eszköznek az objektumait tartalmazza, amelyen keresztül az eszköz „távolról” elérhető. Minden eszköz legalább két VFD-vel rendelkezik, az egyik a rendszermenedzselési információkat (System Management – SM), míg a másik a hálózati menedzselési információkat (Network Management – NM) tartalmazza. Ez a második VFD, és más VFD-k biztosítják a Funkció Blokkok (Function Block Application Process) alkalmazásának lehetőségét ugyanúgy, mint a Távadó Blokk (Transducer Block), és a Gyártóműi Blokk (Resource Block) használatát (1.23. ábra).



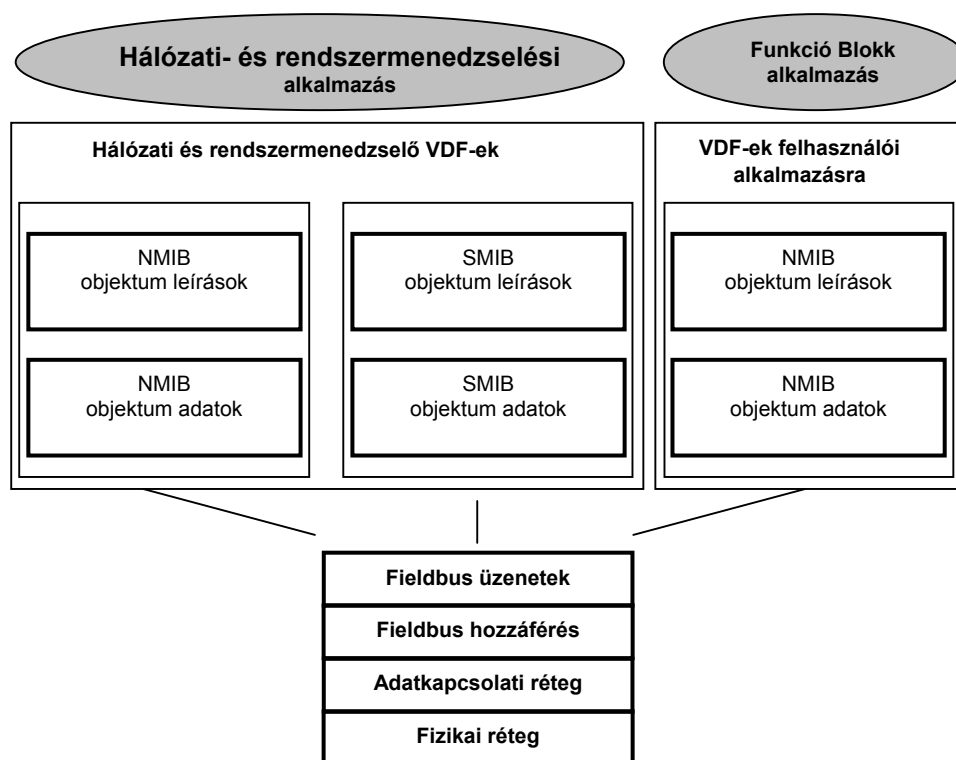
1.23. ábra Virtuális elemek egy valódi irányítási rendszerben

1.5.4. Az FF felhasználói alkalmazás

A nagyszámú szabványos kommunikációs szolgáltatás az objektumok leírásától a riport formátumáig definiálja a különböző feladatokat, melyek kiterjednek a funkció blokkok ütemezésétől az irányítástechnikai feladatmegoldáshoz kapcsolódó kérdésekig. A felhasználói alkalmazás kérdéseivel részletesen a 3. fejezet foglalkozik, vagyis ott kerül leírásra a dolgozat szempontjából fontos, az irányítástechnikai feladatokat meghatározó funkció blokkok alkalmazásának lehetősége.

1.5.5. Az FF rendszermenedzselés

Az FF rendszerhez tartozik a külön réteget nem képező, de a rétegekkel kapcsolatban álló, az 1.3.5. pontban leírt feladatokat ellátó menedzselő egység. Az ott leírt funkciók az FF rendszerben is érvényesek, hiszen a hálózati menedzselés része a hálózati és rendszer menedzselési alkalmazásnak (Network and System Management Application). A virtuális terepi elemek (Virtual Field Device – VFD) biztosítják a hálózati menedzselési információs bázishoz (Network Management Information Base – NMIB), és a rendszermenedzselési információs bázishoz (System Management Information Base – SMIB) való hozzáférést, és ezen keresztül az adatok lekérdezését, ahogy azt a 1.24. ábrán mutatja.



1.24. ábra Hálózati és rendszer menedzselési objektumok az FF rendszerben

1.6. Összefoglalás

Ebben a fejezetben röviden bemutattam a számítógépes folyamatirányítás fejlődését, kezdve az egyszerű számítógép alkalmazástól a DCS struktúrákig. A szokásos irodalmi feldolgozástól eltérően nem írtam le a folyamatirányító rendszerek fejlődését (PC, PLC, SCADA, DCS, terepi irányítás fejlődési folyamata), mert ez jól ismert. Az irányítási

rendszerekhez tartozó kommunikációs (üzemirányítási, folyamatirányítási, terepi irányítási) hálózatok hierarchikus felépítésének közelítése szempontjából a létrehozott folyamatirányítási struktúrák összehasonlíthatók, és így a digitális terepi folyamatirányítás jellemzői sokkal szemléletesebben mutathatók be.

A digitális kommunikáció alkalmazása rendkívül jelentős változást hozott az irányítástechnikában, legfőképpen a folyamatirányításban, hiszen ennek köszönhető, hogy megjelentek a terepen az intelligens, az adott irányítási (a mérés mellett a szabályozási, bonyolult aritmetikai, stb.) feladatokat autonóm módon végrehajtó eszközök. Kutatási módszerként a deduktív módszert alkalmaztam, vagyis először az általános (ipari kommunikáció), majd ezt követően az egyes (a Foundation Fieldbus kommunikáció) jellemzőket foglaltam össze. Az ISO-OSI rétegszemléletű modell alapján ismertettem a terepi kommunikáció általános felépítését, és az általános jellemzők alapján elemeztem a Foundation Fieldbus kommunikációt, különös tekintettel az eltérésekre, és azokra a jellegzetességekre (ütemezett és nem ütemezett kommunikáció, LAS működtetés, egyedi VCR jellemzők), amiknek köszönhető, hogy ez a kommunikációs protokoll ilyen sikeres pályát futott be. Azért került bemutatásra minden, FF kommunikációhoz tartozó fontos jellemző, mert így könnyebben értelmezhető a következő fejezetekben leírt elemzés.

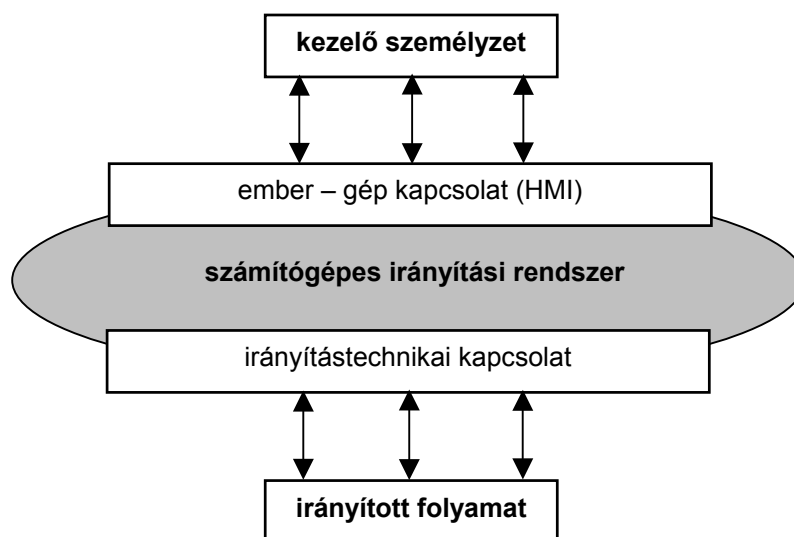
Ez a fejezet, a főleg irodalmi adatokra támaszkodó leírás nem tartalmazza a funkció blokkok elemzését, mert azt a kutatási tevékenységem jelentős részét tartalmazó 2., 3. és 4. fejezetekben részletesen ismertetem. Nem képezték vizsgálataim tárgyát a hálózati menedzselésnek a kérdései, ezért közlök erről a területről csak általános ismertetést.

Annak érdekében, hogy a terepi – Foundation Fieldbus – kommunikációra épülő folyamatirányítás hatékonysági kérdéseire megfelelő választ tudjak adni, el kellett készíteni a „hagyományos” folyamatirányító rendszerek minősítését, ugyanis csak így lehet biztosítani az azonos szintű összehasonlítást. A folyamatirányító rendszerek elemzésére kidolgozott módszert a következő, a 2. fejezetben részletezem.

2. A folyamatirányító rendszerek minősítése

2.1. A folyamatirányító rendszerek általános felépítése

Az analóg jeltovábbításon alapuló szabályozás- és irányítástechnika korszerűsítésének legfontosabb irányát a számítástechnikai eszközök használata határozta meg. A folyamat kezdetén a számítógépekre, a technológiai lehetőségek korlátai miatt csak az irányított folyamatot működésében nem befolyásoló feladatok elvégzését bízták (adatgyűjtés, megjelenítő felületek létrehozása, adattárolás és archiválás, objektív dokumentálás). Az elmúlt mintegy húsz évben a számítástechnikai elemek, eszközök és rendszerek egyre nagyobb mértékű elterjedésének köszönhetően azonban, az érzékelőktől a beavatkozó egységekig, szinte kivétel nélkül minden eszközben „beépítésre került” valamilyen számítástechnikai elem. Ezek az eszközök a fejlődési folyamat elején még csak egyedi feladatokat oldottak meg, de az eszközök hálózatba kapcsolásával új struktúrák alakultak ki, és ennek köszönhetően jelentek meg az integrált irányítástechnikai rendszerek. Az integrált folyamatirányítást jól jellemzi a számítógépes folyamatirányító rendszerre (Computer Controlled System – CCS) vonatkozó, 2.1. ábrán látható leegyszerűsített rajz [3]. Az első időkben még CCS-nek nevezett struktúra három alapelemét az irányított folyamat (technológiai objektum), a számítógépes irányítási rendszer, és a technológia felügyeletét ellátó személyzet számára (illetve a mérnöki feladatok – konfiguráció, programozás, stb. elvégzésre) rendelkezésre álló kezelői felület alkotja.



2.1. ábra Computer Controlled Systems – CCS felépítése

A 2.1. ábrán vázolt általános struktúra megjelenési formái nagyon sokfélék lehetnek. Az előző fejezetben leírt egyszerű folyamatirányítástól kezdve (egyszerű számítógépes irányítási rendszer – Computer Controlled System), az elosztott intelligenciájú számítógépes folyamatirányító rendszeren (Distributed Control System – DCS) keresztül a terepi alapú rendszerig (Field Control System – FCS) nagyon változatos architektúrák jelentek meg. Annak érdekében, hogy a kommunikációra épülő folyamatirányítási rendszer minősítését elvégezhessem, olyan módszert dolgoztam ki – és foglalkok össze ebben a fejezetben – amely általánosan érvényesíthető minden, jelenleg üzemelő folyamatirányító rendszerre.

A folyamatirányító rendszerek felépítésében az elmúlt évtizedek egyik legjelentősebb változása az elosztott intelligenciájú rendszerek megjelenése volt. Ezek a gyártók által a

technológiára szabott rendszerek alapvetően átalakították az ipari folyamatirányítást. A hagyományos központi műszerszobás felépítést - ahol még egyenkénti műszerezéssel lehetett egy-egy kört megvalósítani és azokat egy számítógéphez hozzákapcsolni - felváltotta az egységes irányítási rendszer.

A DCS kialakulását a legjelentősebben az alábbi tényezők határozták meg:

A technológia kezelőszemélyzetének igénye:

- minél többet látni egy képernyőn a HLOI-n (High Level Operator Interface) keresztül,
- esetleg úgy beavatkozni a folyamatokba, hogy ne kelljen elmozdulni a képernyő mellől.

A számítógépek teljesítőképességének növekedése:

- a központi számítógépek helyett egyre nagyobb mértékben terjedtek el az önmagukban is nagy teljesítményt produkáló gépek, amelyek hálózatba kötve még hatékonyabban tudnak együttműködni,
- a vizuális megjelenítésben a fokozottabb igény kielégítése sem jelentett már gondot (grafikus megjelenítés).

Az I/O rendszerek lekezelésének bonyolultsága:

- a nagyszámú analóg jelek rendezése egyre nagyobb problémát jelentett,
- a digitális kétállapotú jeleket már alig lehetett „tisztességesen” lekezelni.

Kommunikációs rendszerek elterjedése:

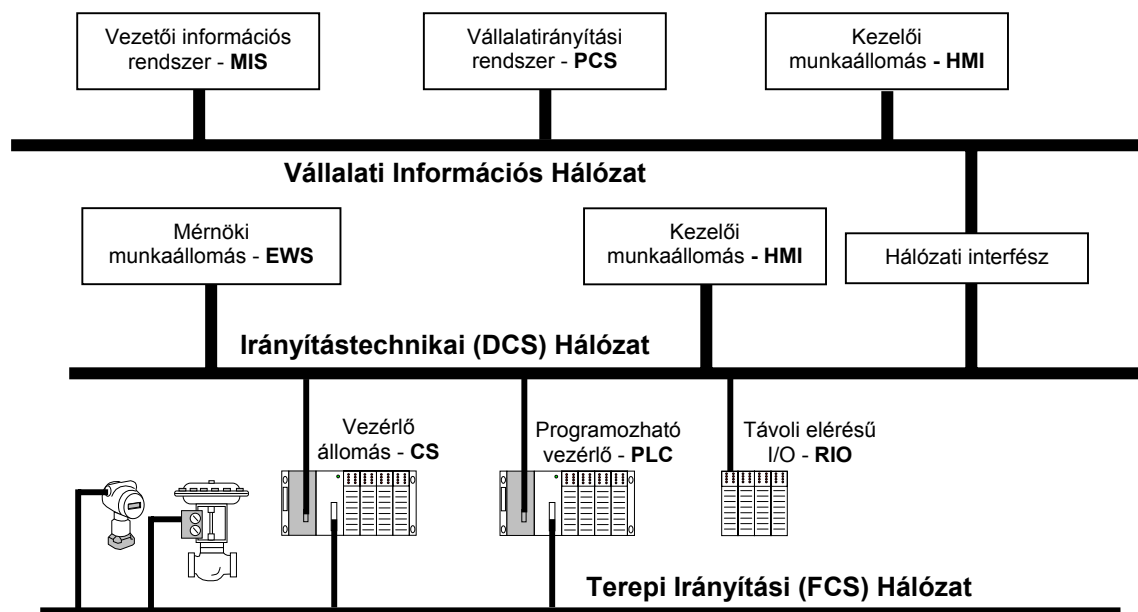
- nagy választékban álltak rendelkezésre a legkülönbözőbb hálózati hardver kommunikációs eszközök és elemek,
- a nyílt operációs rendszerek megjelenése és elterjedése nagy ugrást adott a DCS fejlődésének.

Adatok kezelése:

- az adatbázis kezelő programok széleskörű alkalmazása lehetővé tette, hogy nagy mennyiségű adatot sok felhasználó képes kezelni egy adott rendszeren belül a legváltozatosabb formájú megjelenítésben.

Az első számítógépes folyamatirányító rendszer (amelyik nem csak adatgyűjtést, hanem valóban folyamatirányítást is végzett) egy számítógépből és egy vezérlőegységből állt (jellemzői: távolság max. 300 m, analóg I/O száma 8-32 csatorna, digitális I/O száma max. 256, pont-pont kapcsolat). A bonyolultabb rendszer kialakításakor a helyi vezérlő egységek (Local Control Unit – LCU) csatlakoztatása csillag kapcsolattal valósult meg és ezt már kezdetleges DCS-nek lehetett nevezni (jellemzői: megjelenik a bonyolult szoftver, az adatgyűjtés természetessé válik, a programozható vezérlők jól beilleszthetők a rendszerbe, a digitális számítógépek teljesítményének jelentős növekedése miatt nagy rendszerek is kiépíthetők).

A fenti rendszerek kialakítását követően egyrészt az igények növekedése, másrészt a legkorszerűbb hardver és szoftver eszközök rendelkezésre állása miatt viszonylag gyorsan kialakultak a különböző gyártmányok. A különböző gyártók elosztott folyamatirányító rendszerei (DCS) sok hasonlóságot mutatnak, ezért egy általános szerkezeti rajz (2.2. ábra) mutatja be a legfontosabb elemeket és szerepüket.



2.2. ábra Distributed Control Systems – DCS felépítése

A hierarchikusan felépített digitális folyamatirányító rendszerekben a vezérlési, illetve szabályozási feladatok megoldása, a számítástechnikai alkalmazások igen széleskörű elterjedésének köszönhetően az 1.5. ábrán vázolt rendszer mindhárom szintjének bármelyikén elvégezhető. A legalsó szinten funkcionáló terepi kommunikációs rendszeren egyre nagyobb és nagyobb mértékben történik feladat végrehajtás, de a feladatok teljes mértékben nem realizálhatók ezen a szinten (adattárolás, üzemirányítás, stb.). A felső szinteken a teljesítőképesség és a magasabb intelligenciahiány miatt szinte minden, az iparban jelentkező feladat megoldható [117]. Ennek a megoldásnak azonban a legnagyobb hátránya az érzékelőtől a beavatkozóig terjedő nagymértékű időkéseleltetés. A különböző irányítási megoldások objektív elemzése céljából szükséges az irányítási rendszerekkel szemben támasztott követelmények, és az ennek alapján kidolgozott minősítési jellemzők pontos meghatározására.

2.2. A folyamatirányító rendszerek leírási módszerei

Az elosztott intelligenciájú folyamatirányító rendszerek jellemzésekor a legtöbb gyártó cég [96], de gyakran még a szakirodalom is [21] a marketing tevékenységhez közelálló paramétereket – teljesítőképesség, rendelkezésre állás, modularitás, konfigurálhatóság, bővíthetőség, sebesség, nyitottság, ár, stb. – közöl, amelyek bár üzleti szempontból nagyon fontosak, esetenként a rendszerek összehasonlításánál is figyelembe lehet venni ezeket a jellemzőket, de minősítésre nem alkalmasak.

A leggyakoribb állapot leírás a rendszerek hardver oldali közelítéséből indul ki. Ilyen rendszerleírást követ az Emerson Process Management cég [2] is a DCS struktúrákkal szemben támasztott követelmények megfogalmazásánál. Sajnálatosan ezek a közelítések egyrészt magukon hordozzák a termékek túlságos hardver „favorizálását”, másrészt rendkívül erősen érződik a gyártói befolyás.

Egy másik tipikus követelményrendszert dolgozott ki J. P. Thomesse [61], aki az un. „álmógép” jellemzőinek megfogalmazásának oldaláról közelíti az ideális megoldást. Ennek a megközelítési, leírási módszernek az a hátránya, hogy szinte kizárólagosan a szoftveres feladatokra koncentrált, emiatt gyakorlatilag csak a szoftveres feladatokat lehet elemezni.

Egy harmadik, a kommunikációs rendszerek oldaláról történő követelmény összefoglalásra, és minősítési módszerre a legtipikusabb példa a Hirschmann cég Distributed Communication Architecture [16] elnevezéssel ellátott megközelítése. Ez az egyik legelterjedtebb követelményrendszer leírás, mert a feladat megosztási kérdések (ennek a területnek a dinamikus fejlődése, és a kommunikációs rendszerek sebességének növekedése miatt) az igényelnél is nagyobb hangsúlyt kapnak.

A felsorolt három leíró rendszert az alábbiakban lehet összefoglalni:

1. A rendszerek felépítésének hardver oldali közelítése a számítástechnikai eszközök alapján.

Jellemzők

- Az irányítási rendszer hardver felépítésének meghatározása, a feladat kiszolgálására alkalmas rendszer összeállítása.
- A rendszerstruktúra követelményeinek megfogalmazása (hierarchia kialakítás), a hálózati felépítés kiválasztása.
- Funkcionális architektúra leírás, a szükséges eszközök és elemek csoportosítása alapján.
- Működtető szoftver kiválasztása.

2. Az irányítástechnikai rendszerek felépítésének csoportosítása a működtető szoftver alapján.

Jellemzők

- Támogató szoftver tervezése – operációs rendszer, hálózati működtető szoftver, feladat megosztás tervezése.
- Felhasználói szoftverek tervezése – működtető programok, megjelenítő programok kialakítása, adatbázisok, trendek tervezése, archiválási feladatok megfogalmazása.
- A szükséges hardver, és a hálózat kialakítása.

3. Az irányítási rendszerek felépítésének jellemzése az alkalmazott kommunikációs rendszerek alapján.

Jellemzők

- A kommunikációs rendszerek felépítésének tervezése, a hierarchia kialakítása.
- A feladatok csoportosítása a kommunikáció alapján.
- Hardver és szoftver megoldások választása a kommunikációs rendszerhez.

Az irányítástechnikai gyakorlatban a felsoroltaktól eltérő, de általánosan elterjedt követelményrendszer a célra orientált, gyakorlatilag a működtetést előtérbe helyező módszer lényege, hogy minden paramétert a felhasználó szemszögéből ítél meg. Ennek megfelelően az alábbi csoportosítási sor terjedt el a gyakorlatban:

- Mérési, szabályozási konfiguráció
- Grafikai tervezés

- Grafikai konfiguráció
- Adattárolás tervezése
- Alarm konfiguráció
- Esemény trendek meghatározása

Az irányítási rendszereknek az a fajta minősítése, amelyeknél a hardver az alap, és erre épül a működtető szoftver, illetve a kommunikáció, sok esetben a kiindulási paraméterek túlhangsúlyozását eredményezi. Áttekintve a meglévő struktúrákat, és részletesen tanulmányozva a megvalósított integrált irányítási megoldásokat, megállapítható, hogy az eddig alkalmazott vizsgálati módszerek nem adnak komplex választ az irányítástechnikai megoldás minősítésére [18].

Az általam kidolgozott minősítési rendszer a legutóbbi, egyik gyártó céghez sem köthető sorhoz közelít a leginkább. Nagyon fontos megkülönböztetni a specifikáció és a minősítés közti különbséget, mert míg az egyik folyamat a feladat kiszolgálására alkalmas struktúra kiválasztásához szolgáltat adatokat, a másik folyamat a rendszer, illetve összehasonlítás esetén a rendszerek teljesítőképességének megítélésére szolgál.

A számítógépes folyamatirányítás alapvetően program orientált, vagyis az egyes feladatok szoftver szubrutinokon keresztül valósulnak meg, mely feladat végrehajtó rutinokat a folyamatirányításban funkció blokknak nevezünk. A DCS struktúrájú folyamatirányítás alapját a funkció blokkok képezik, ezért a minősítést eköré csoportosítottam. A minősítési módszer a funkció blokkok általános ismertetését követően kerül leírásra.

2.3. A funkció blokkok ábrázolása az IEC 61499 szabvány szerint

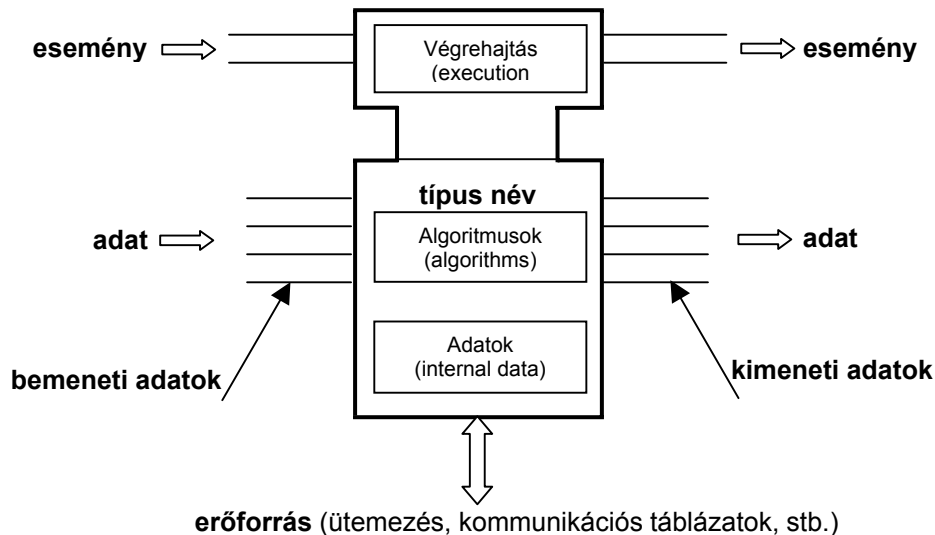
A funkció blokkok felhasználásának, az elosztott irányítási rendszerek tervezésének elengedhetetlen „tartozéka” az IEC 61499 szabvány, amelyet ebben a fejezetben csak nagyon röviden ismertetek, annak érdekében, hogy rávilágítsak arra, hogy a korszerű DCS tervezés milyen szabványt követ. A dolgozat célkitűzései szempontjából azonban nem követelmény a szabvány alkalmazása (a dolgozat témája nem a DCS tervezése), ezért tekintetem el ennek használatától.

A múlt század végén, a 90-es években az IEC Technical Committee 65 tanácsa, az IEC TC65 szabványosította az elosztott folyamatirányítási rendszerek (Industrial Process Measurement and Control System – IPMCS) részére készülő szoftver modulokat, vagyis a funkció blokkokat IEC 61499 számmal [25]. A folyamat természetes előzménye, hogy a PLC programozáshoz az egyik munkabizottság (Working Group – WG6) az IEC 61131-3 szabványt, a terepi kommunikációs buszrendszerekhez egy másik munkabizottság (WG7) az IEC 61158 jelű szabványt készítette, de a szabványhoz szorosan kötődik a funkció blokkok leírására szolgáló elektronikus formátumú elemleíró nyelvet – Electronic Device Description Language (EDDL) szabványosító IEC 61804 jelű szabvány is.

Amíg a PLC szabvány alapvetően a centralizált rendszerekhez, addig a DCS szabvány az elosztott rendszerekhez készült, így az újonnan létrehozott rendszer az egyikből a programozhatósághoz, a másikkól a megosztottsághoz tartozó sebességet „örökölte” [27]. Az alapvetően objektum orientált – OO típusú programozáshoz készült szabvány az UML – Unified Modelling Language leíró nyelvet alkalmazza. A szabványosítási törekvés elsődlegesen arra irányult, hogy a PLC-től a DCS-ig terjedő, a folyamatirányítást lefedő

rendszerek tervezésére alkalmas szoftvertervezést egységesítsék [24], és nem utolsó sorban gyors és hatékony fejlesztést biztosítsanak a különböző rendszerek együttműködéséhez.

Az IEC 61499 szerinti funkció blokk ábrázolása a 2.3. ábrán látható, ahol a funkció blokk által végrehajtott eseményvezérlés és az algoritmus végrehajtás külön blokkban jelenik meg.



2.3. ábra Funkció blokk általános rajza az IEC 61499 szabvány szerint

Az IEC 61499 szabvány három különböző funkció blokkot definiál:

- Alap funkció blokkok (Base Function Block Types)
- Összetett funkció blokkok (Composite Function Block Types)
- Szolgáltató funkció blokkok (Service Interface Function Block Types)

Az alap funkció blokkok a legegyszerűbb algoritmusokat, az összetett blokk az adatok és az események csatlakoztatásának megfelelően egy teljes feladat végrehajtó modult (pl. nyomástávadó mint analóg bemeneti modul, kiegészítve alarm, és szimulációs egységgel) definiálnak, a szolgáltató blokkok pedig a funkció blokkok közötti együttműködést segítik, mint például a kommunikáció, az időbélyeg szolgáltatás. A szabvány erősen támogatja a Foundation Fieldbus kommunikációs hálózatra épülő folyamatirányító rendszerek tervezését.

A korszerű folyamatirányító rendszerek tervezésénél elengedhetetlen követelmény az IEC 61499 szabvány alkalmazása, és ennek megfelelő tervező program használata, melyek közül ma a legismertebb az ISAGRAPH szoftver [26].

Mivel a dolgozat témája nem a DCS tervező rendszerek használata, ezért részletesen nem kerül leírásra az IEC 61499 szabvány,

2.4. Funkció blokkok DCS alkalmazásokban

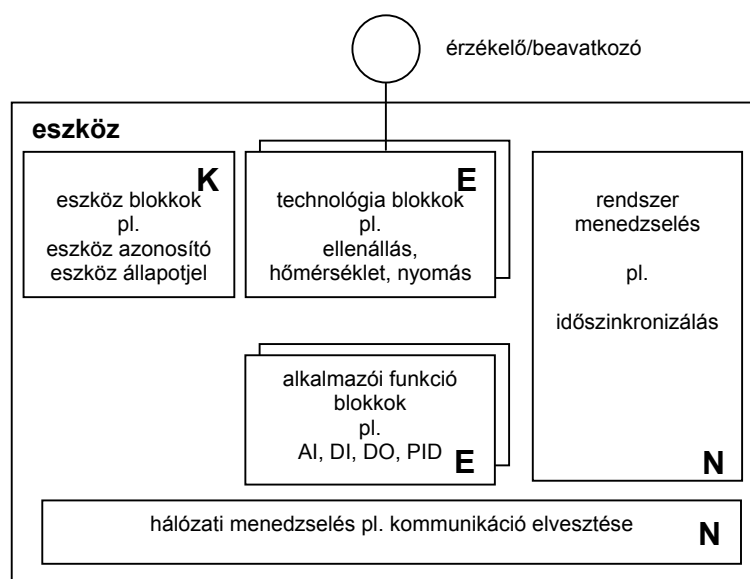
A funkció blokkokat először a PLC programozására készített IEC 61131-3 szabvány definiálta, és az ötféle programozási lehetőség (létradiagramos, funkcionális blokkdiagramos,

sorrendi függvény diagramos, a strukturált szöveges, és az utasítás lista alapú) már tartalmazta a funkció blokk alapú programozást.

A funkció blokkok a DCS struktúrákban, illetve ezt követően a terepi kommunikációs rendszerekben már alapvető szolgáltatásként jelentek meg, de ezek a funkció blokkok különböznek a PLC rendszerekben használatos blokkoktól. Amíg a PLC rendszerekben a funkció blokk diagramok (FBD – Function Block Diagram) alapvetően a matematikai, logikai feladatok ellátására szolgálnak, a DCS struktúrákban ezen felül a funkció blokkok egyrészt a terepi eszköz azonosítására (pl. AI és AO, stb.), másrészt sokkal komplexebb feladatok (PID, SPLIT, stb.) ellátására is alkalmasak.

A funkció blokkok kialakítása az eszköz gyártójától függően különböző lehet. Az alapfunkciók minden egységnél azonosak, de a szolgáltatások, a nagyon széleskörű lehetőség miatt egészen eltérőek is lehetnek. Ennek a különböző alkalmazási lehetőségeknek a kihasználása miatt került bevezetésre az elemleíró adatállomány (DD – device description) használata, így a különböző gyártmányú eszközök ugyanabban a rendszerben üzemeltethetők. Amint a 2.4. ábrán látható, az elemleírók önálló egységként működő, az általános funkciókhoz rendelt, egy adott irányítástechnikai eszköz (távadó, szelepvezérlő, stb.) sajátosságait leíró, szabványos formátumú adatállományok. Ezek a nyílt forráskódú nyelven írt (Data Description Language) adatállományok biztosítják, hogy az eszközök, különböző irányítási rendszerekben is képesek legyenek hibamentesen kommunikálni (ez a képesség a gyártófüggetlenség). A DD adatállományok CD ROM, vagy mágneslemez adathordozón, illetve egyre gyakrabban internetes szolgáltató gépen állnak rendelkezésre.

A terepi eszközök jellemző adatainak tárolására és használatára készültek az elektronikus adatleíró fájlok (Electronic Data Description – EDD). A gyártók által kiadott EDD legfontosabb jellemzője, hogy az operáció rendszertől független nyelven (EDD Language – EDDL) kerül megírásra. Az EDD tartalmazza a szabvány által megadott, minden eszközökre vonatkozó közös (K) jellemzőket, az eszköz specifikus egyedi (E) jellemzőket, és a nem kötelező (N) jellemzőket (2.4. ábra).



2.4. ábra Egy FF eszköz blokkjainak csoportjai

A funkció blokkok mindegyike rendelkezik (különböző) belső algoritmussal, melyek az irányítási (alapvetően mérési és szabályozási) feladatok széles választékát teljesítik. Mivel egyre több és több, különböző felépítésű irányítástechnikai elem (távadó, szabályozó, szeleppvezérlő, stb.) integrálódik a rendszerekbe, célszerű volt csoportosítani, és ennek megfelelően szabványosítani a feladatokat. Ennek a szabványosítási folyamatnak az eredménye, hogy a funkció blokkok (pl. analóg bemenet – AI, analóg kimenet – AO, szabályozó algoritmus – PID) felépítése bár alapvetően különböző, a belső struktúrájuk sok vonatkozásban azonos – pl. mérés, alarm, szimuláció [80], [81].

A funkció blokkok jellemzésére szolgálnak a blokk paraméterek, amelyek a blokk számára definiálják a bemeneti, kimeneti és a szabályozási jellemzőket. A tervjel nem tartozik ugyan a felsorolt jellemzőkhöz, de a funkció blokkok azonosítása miatt mindig szükséges az irányítási elemet saját irányítástechnikai tervjellel (Tag. Parameter) ellátni, így a funkció blokkoknak is mindig ez a tervjel lesz az azonosítója.

A funkció blokkok jellemzőit két – statikus és dinamikus – adatcsoportba lehet sorolni. Ezeken kívül az ún. nem felejtő adatok külön csoportba kerülnek, hiszen ezeket az adatokat veszi fel az eszköz a tápfeszültség megszűnését követő újbóli üzembe helyezéskor (a konfiguráláskor azonban ezek a jellemzők is megváltoztathatók). A statikus és dinamikus jellemzőket további alcsoportba lehet sorolni, úgymint a működéshez, illetve a nem a működtetéshez kapcsolódó csoportok. A szabályozási jellemzőket, belső paraméterként lehet kategorizálni, hiszen ezek a jellemzők nem köthetők más eszköz blokkjaihoz, ezeket csak az elemen belül lehet láncolni.

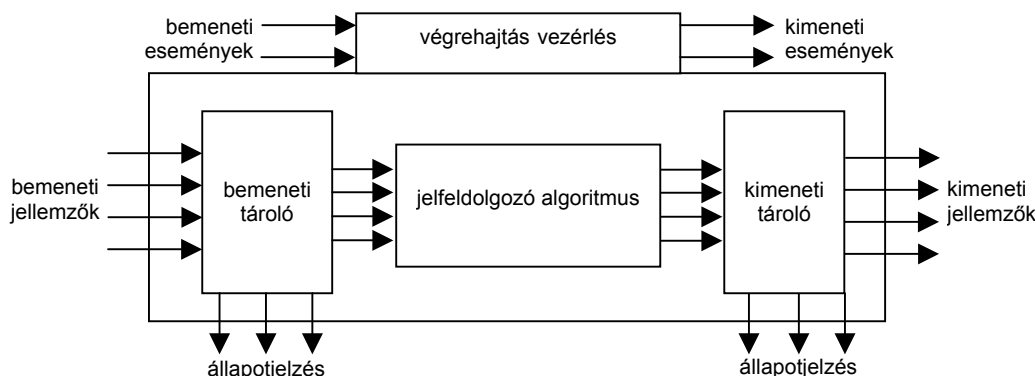
Az eszközöknek az a tulajdonsága, hogy bizonyos blokkok nem láncolhatók, az alkalmazások jelentős részében nem jelent nehézséget, de az utóbbi években egyre szélesebb körben használatos speciális szabályozási algoritmusok alkalmazása esetében – mint például a split range típusú szabályozás – komoly problémát jelent, hogy nem lehet a terepi eszközben lévő funkció blokkok belső paramétereit láncolni.

A funkció blokkok minden paraméteréhez két adat tartozik: a fizikai jellemző értéke (PV process value – mért érték, vagy SP – set point – alapjel), és az eszköz működésére vonatkozó állapotjel. A fizikai jellemző értéke vagy eredeti, vagy valamilyen átszámított formátumban jelenik meg (pl. PV_FTIME – meghatározott időállandójú szűrt érték).

A funkció blokkokban található az elem működési módjára vonatkozó jellemzők, vagyis az üzemmód paraméterek – az eszköz használaton kívül (OOS – out of service), kézi beállítás (MAN – manual), illetve az automata üzemmód (AUTO – automatic).

Minden funkció blokk rendelkezik belső, úgynevezett szimulációs (SIMULATE) lehetőséggel. Ezeknek a jellemzőknek (SIMULATE vagy SIMULATE_D – állapot jellemző) rendkívül fontos szerep jut, amikor az eszköz még nincs üzemben, de a felhasználó szeretné üzemszerűen tesztelni. A valódi érték és szimulációs paraméter kiválasztására az eszközön belüli „kapcsoló” szolgál, amelyet természetesen szoftver úton lehet megfelelő állapotba hozni.

A funkció blokkok általános felépítése a 2.5. ábrán látható.



2.5. ábra Funkció blokk általános felépítése

A blokkok bemenetére kerülnek azok a bemeneti paraméterek, amelyek például az eszköz érzékelőjéhez kapcsolódhatnak, vagy érkezhetnek más egységtől, és ezek a bemeneti tárolóhoz kapcsolódnak. A tároló biztosítja, hogy a blokk végrehajtásának ideje alatt a bemeneti jellemző értéke ne változzon meg. A blokkban lévő jelfeldolgozó algoritmus által generált kimeneti jel a kimeneti tárolón keresztül érhető el. Minden funkció blokk rendelkezik belső jelfeldolgozó algoritmussal, és ezek az eszköz feladatától függően egészen eltérőek is lehetnek. Egy távadóban lévő analóg bemeneti modul – AI egy hőmérséklet távadó, vagy egy nyomástávadó esetében egészen különböző lehet, de a szabályozási algoritmust végrehajtó PID funkció akár ugyanaz lehet a két eszközben [84].

A funkció blokkok az irányítási feladat ellátása szempontjából meghatározóak, ezért a feladat megvalósítás szintjén ezeknek a funkció blokkoknak a száma, programozhatósága, kezelhetősége, konfigurációs képessége, összefoglalóan a blokkok minősége határozza meg az adott eszköz irányítástechnikai teljesítőképességét.

2.5. A folyamatirányító rendszerek minősítésére kidolgozott módszer

A Foundation Fieldbus alapú terepi irányítás hatékonysági kérdéseinek meghatározása céljából a folyamatirányító rendszerekre vonatkozó általános érvényű módszert dolgoztam ki, mivel ezekre a rendszerekre sem irodalmi, sem gyakorlati megoldás nem állt rendelkezésre.

A folyamatirányító rendszerek minősítésére szinte kivétel nélkül az alkalmazott automatika rendszerek, PLC hálózatok, SCADA, DCS (hardver-, szoftver-, kommunikációs oldali) jellemzőnek leírása használatos. Az általam kidolgozott minősítési módszer az általánosan elterjedt – sok vonatkozásban feje tetejére állított – leírással szemben alapvetően feladatközpontú, vagyis nem a gyártmányt, hanem a megoldást preferálja.

A következőkben leírt, a követelményt középpontba állító módszer egységes alkalmazása azért is eredményes lehet, mert az egymásra épülő csoportok sorrendje sok esetben megegyezik a tervezés menetével is, így a javasolt módszer a tervezés alapjául is szolgálhat (ebben az esetben konvergálódik a minősítés a specifikációhoz).

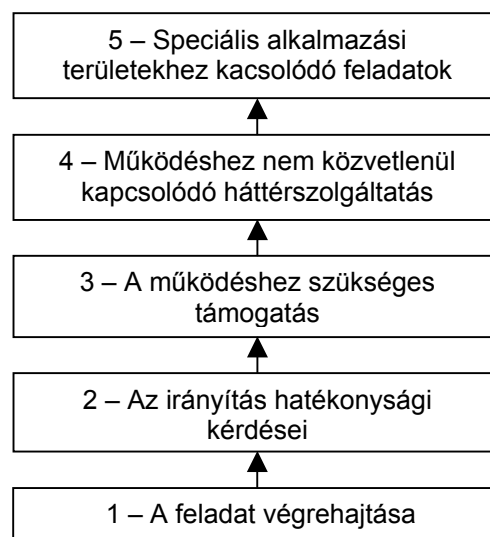
A PhD munkám során kidolgozott, és itt leírt követelményrendszer alapja az irányítási feladat megoldása, ezt követi a hatékonysági paraméterek megfogalmazása, majd a szolgáltatások csoportosítása. Ennek a leíró rendszernek az alkalmazásával az irányítási rendszer jól definiálható, és a megvalósítás nyomon követhető, az elemek egyenként is, és rendszerbe foglalva is minősíthetők. A kidolgozott követelményrendszert alkalmazom a terepi kommunikációra épülő irányítástechnika esetében is, ezért kerül sor mindent megelőzően a minősítési eljárás leírására.

Ebben a fejezetben a követelményeknek, és a különböző folyamatirányító rendszerek által adott válaszoknak csak az ismertetésére kerül sor, a következő fejezetekben a dolgozat fő témakörét érintő kommunikációs rendszerrel a szükséges részletek, eltérések, illetve a javasolt megoldások találhatók meg. Az irányításhoz közvetlenül nem kapcsolódó, de a folyamatirányítás szempontjából fontos adat- megjelenítéssel, adatarchiválással, adatbázis-kezeléssel és dokumentálással a dolgozat nem foglalkozik.

Az irányítási rendszerekkel szemben támasztott követelményeket a feladat megoldásától az alkalmazás minősítéséig terjedő területeken a következő csoportokba foglaltam:

1. A feladat végrehajtása.
2. Az irányítás hatékonysági kérdései.
3. A működéshez szükséges támogatás.
4. Az irányításhoz kapcsolódó, de a működést nem közvetlenül érintő háttérszolgáltatás.
5. Speciális alkalmazási területekhez kapcsolódó feladatok.

Egy adott rendszer minősítésekor a javasolt módszer alkalmazása nem biztos, hogy mindegyik (2.6. ábra szerinti) csoport minden részletét tartalmazza (pl. ha nincs robbanásveszélyes környezet, ez a részegység kimarad), de a teljesség miatt szükséges jellemezni mind az öt fő területet.



2.6. ábra Az irányítási rendszerekkel szemben támasztott követelmények

A fejezet következő részeiben az egyes csoportok rövid jellemzésére kerül sor, annak érdekében, hogy áttekinthető legyen az adott folyamatirányító rendszer minősítése.

2.5.1. A feladat végrehajtása

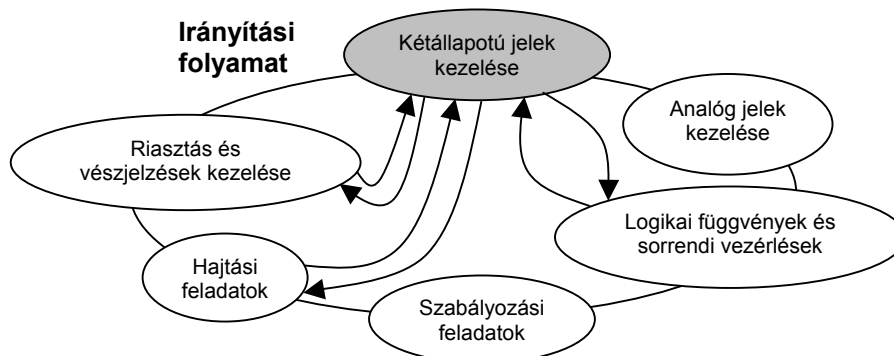
Az irányítási rendszerekkel szemben támasztott követelmények között minden kétséget kizáróan elsőséget kell biztosítani az irányítási feladat egzakt megfogalmazásának, a megoldási lehetőségek kiválasztásának. Mivel még a kisebb méretű irányítási rendszerek is szinte kivétel nélkül nagyszámú kétállapotú be-, kimeneti, analóg be-, kimeneti, számláló jellegű be-, kimeneti jelet kezelnek, emellett ellátnak vezérlési, szabályozási, és egyéb irányítási feladatot is, ezen a területen belül további alcsoportokat célszerű létrehozni. Ezek közé az alcsoportok közé kerülnek a technológiákhoz kapcsolódó további nagyon fontos jellemzők, úgymint a riasztási és vészjeleket kezelő megoldások kialakítása. Bár a felhasználó szempontjából nézve az irányítási feladat körébe tartozik a feladat végrehajtása során keletkezett aktuális, vagy időrendben tárolt adatok és eredmények megjelenítése, tárolása, és más, a technológiához nem szorosan kötődő irányítási vagy informatikai rendszerekkel való kapcsolattartás, az irányítási feladat oldaláról vizsgálva ezek nem meghatározó paraméterek (másképpen ezeknek a feladatoknak a színtere kizárólag a rendszerekhez kapcsolódó számítástechnikai háttér, ami viszont nem témája a dolgozatnak).

A feladatok megvalósítására az alábbi csoportokat célszerű létrehozni:

- Kétállapotú jelek kezelése
- Analóg jelek kezelése
- Logikai függvények és a sorrendi vezérlések
- Szabályozási feladatok – algoritmusok
- Hajtási feladatok megoldása
- Riasztási és vészjelzésekhez kapcsolódó feladatok

2.5.1.1. Kétállapotú jelek kezelése

Az irányítástechnikában a legegyszerűbb, és rendszerint a leggyakoribb feladatok közé tartozik a kétállapotú be- és kimeneti jelek kezelése. A legtöbbször a bemeneten különböző kapcsolók és kontaktus jelek (ebbe a kategóriába tartoznak a nem mért paraméterből képzett csoportba tartozó, vészjelzések kiadására szolgáló egységek is, pl. vészkapcsolók) lekezelése – DI jelek – és vizsgálata, míg a kimeneti oldalon – DO jelek – kiadása a feladat. Nem tipikus, de előfordul egyszerűbb szabályozási feladatok esetében a BE/KI típusú szabályozási „algoritmus” alkalmazása is, ami ebben a vonatkozásban kétállapotú jelkezelésnek minősül. Az 2.7. ábrán a kapcsolódásokat a nyilak jelölik, vagyis egy adott irányítási rendszerben a működtetés során ezek a függvény- kapcsolatokat fogják meghatározni a műveletek végrehajtásának sebességét [20].

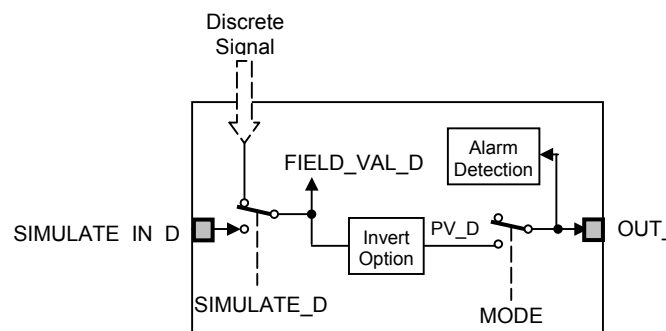


2.7. ábra Kétállapotú jelek kezelése és kapcsolódása az irányítási folyamatban

A kétállapotú jelek kezelésére jelenleg az alábbi általánosan elterjedt funkció blokkok állnak rendelkezésre:

- Bemenetek:
 1. Kétállapotú bemenet (DI)
 2. Multiplexelt kétállapotú bemenet (MDI)
 3. Impulzus bemenet (PI)
- Kimenetek
 1. Kétállapotú kimenet (DO)
 2. Multiplexelt kétállapotú kimenet (MDO)

A kétállapotú bemeneti funkció blokkok mindegyike (az előzőekben leírtaknak megfelelően) tartalmaz olyan egységet, amelyek segítségével a kétállapotú jel megjeleníthető, invertálható, szimulálható, és a vészértékek beállíthatók (alarmjelzések), mint ahogy az a 2.8. ábrán látható DI funkció blokkban is megtalálható.



2.8. ábra DI funkció blokk belső felépítése

Nem csak a példában bemutatott modul, hanem valamennyi kétállapotú jel kezelésére alkalmas funkció blokk működhet kézi (MAN), illetve automata (AUTO) üzemmódban, és a kimenetekre a ténylegesen érzékelt állapotot (PV_D), vagy a szimulált állapotnak megfelelő (SIMULATE_D) jelet lehet kapcsolni. A funkció blokk ezeken a paramétereken kívül tartalmazhat még további jeleket (hiba – BLOCK_ERR, csatornaszám – CHANNEL, üzemmód – MODE, stb.). A kétállapotú jelek kezelésére alkalmas eszközök jelentős része ma még nem rendelkezik terepi kommunikációs kapcsolati lehetőséggel, ezért ezek többsége még a hagyományos módon kapcsolódik a folyamatirányító rendszerhez, rendszerint távoli elérésű be-, kimeneti egységként (remote I/O).

2.5.1.2. Analóg jelek kezelése

Folyamatirányítás esetében a feladatok elvégzésének kulcsa a megfelelő színvonalú mérés, hiszen nagyon sok esetben a mérés jellemzői határozzák meg a „termék” (gyártmány, energia, szolgáltatás, stb.) minőségét. Ugyanilyen fontosságú a működtetés számára szolgáltatott analóg jel minősége. Egyéb irányítástechnikai megoldásoknál is igen kevés azoknak a rendszereknek a száma, amelyeknél nincs analóg jelfeldolgozási igény. Némely esetben a felhasználónak nincs is tudomása arról, hogy a kétállapotú bemeneti jel valójában egy alacsony követelményszintet biztosító, de a feladat végrehajtása szempontjából kielégítő mértékű mérési eredményből származtatott érték, és ehhez hasonló a kimeneti jel szolgáltatásának kérdése is.

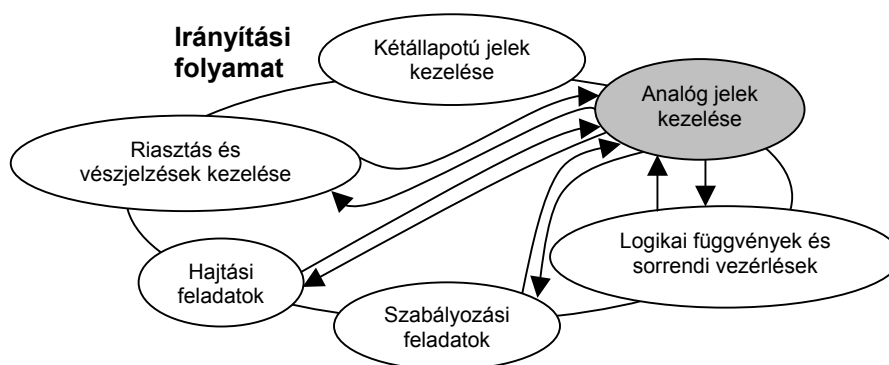
Az analóg jelfeldolgozási feladatok kategóriájába kell besorolni az analóg és digitális méréseket, amelyek vagy analóg, vagy digitális, vagy együttesen analóg és digitális villamos jelet szolgáltatnak a kimenetükön. Az intelligens távadók megjelenésével az alapvető mérési szolgáltatáson kívül számtalan, a méréshez kötődő tulajdonság figyelésére, esetenként megváltoztatására nyílt lehetőség. A távadók jellemzőinek beállítása mellett a mért paraméterek korrigálását is el lehet végezni az eszközön belül, és ennek a lehetőségnek köszönhető, hogy az irányítástechnikai feladat megosztható az eszköz, az irányítási rendszer, vagy a felső szintű informatikai rendszer között. [94].

Az analóg bemeneti jelfeldolgozási feladatok végrehajtására jelenleg az alábbi általánosan elterjedt funkció blokkok állnak rendelkezésre:

- Bemenetek
 1. Analóg bemenet (AI)
 2. Multiplexelt analóg bemenet (MAI)

Az analóg jelfeldolgozáshoz szorosan kapcsolható, vagyis ebbe a kategóriába kell sorolni a kimeneti jeleket is, amelyek tipikusan a beavatkozó szervek működtetésére szolgálnak. Ezek közül a leggyakrabban használatosak az alábbiak:

- Kimenetek
 1. Analóg kimenet (AO)
 2. Multiplexelt analóg kimenet (MAO)

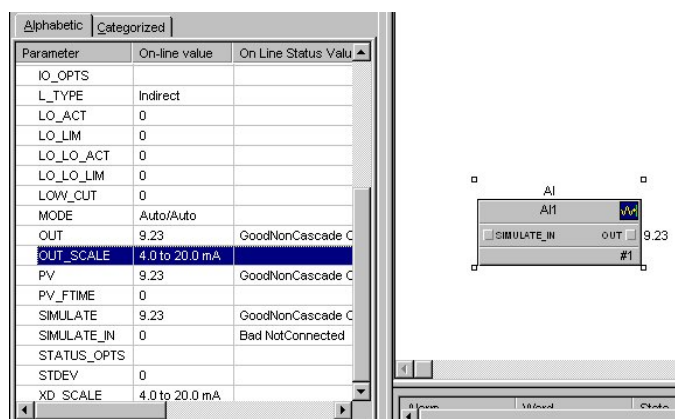


2.9. ábra Analóg jelfeldolgozási feladatok

A folyamatirányító rendszerek alkalmazásának jelentős részében a mérések szoros kapcsolatban állnak a rendszer egyéb feladataival (2.9. ábra), de meghatározott technológiai követelmények esetében (pl. olaj, vagy gáz csővezetékben mennyiség, hőmérséklet, nyomás, stb. mérése) a mérési feladatok megoldását követően nem szükséges mindig vezérlési, illetve szabályozási műveletet végezni. Ilyen, tipikusan monitoring jellegű felhasználás esetében, elenyészően kevés kivételtől eltekintve, a mért paraméterek feldolgozására azonban szükség lehet.

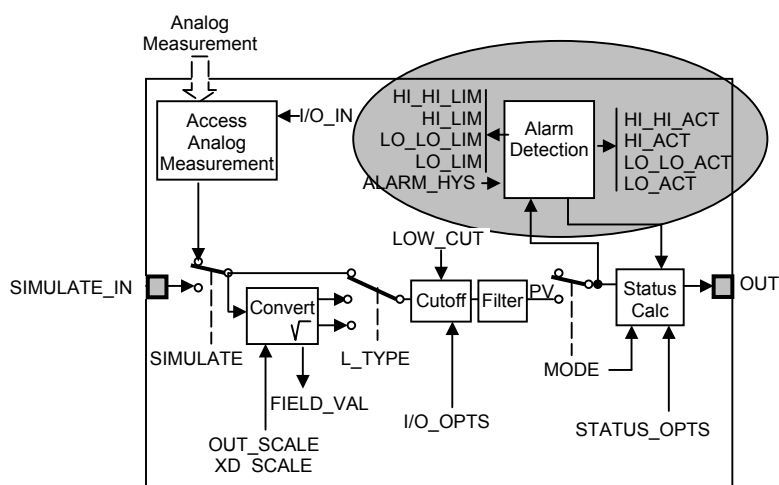
A beavatkozással kapcsolatos időzítési kérdések, amelyek különösen jelentősek szabályozó szelep esetében, nem képezik a dolgozat témáját, mert ennek mértéke ugyanolyan hatással veendő figyelembe úgy a DCS, mint az FCS esetében.

Egy analóg távadó DCS-beli leképezésére szolgáló funkció blokk látható a 2.10. ábrán.



2.10. ábra 4-20mA kimenetű távadó fizikai paramétereinek a beállítása

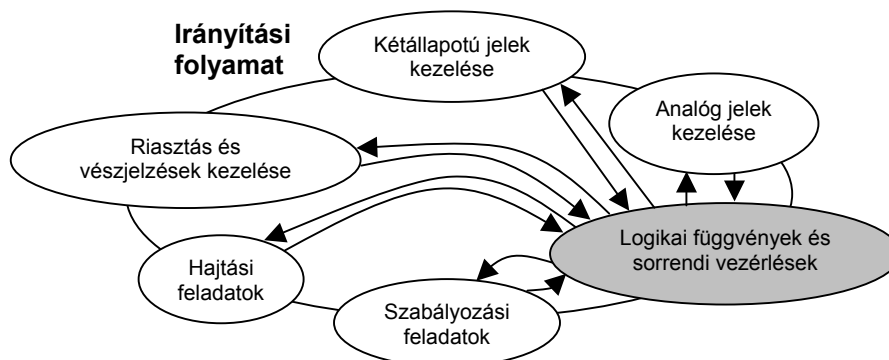
Az analóg bemenetként kezelt 4-20 mA áramjellel működő távadó ugyan egyetlen kimenetet szolgáltat, de mint az ábrán is látható nagyszámú paraméter rendelhető hozzá, melyek mindegyike származtatott értéként jelenik meg. Irányítástechnikai szempontból is fontos, de az üzemfenntartás szempontjából ezek közül a leglényegesebb jellemzők a vészértékek, illetve a riasztási szintet megjelenítő paraméterek, amelyek mindig a fizikai értéket, a lekérdezéshez tartozó időbélyeget, a nyugtázási állapotot, az alarm állapotot, és igény szerint még az alarm eredetére utaló kódokat is tartalmazzák, mint az egy, a 2.11. ábrán bemutatott példán látható.



2.11. ábra Vészjelzés megjelenése egy AI egységben

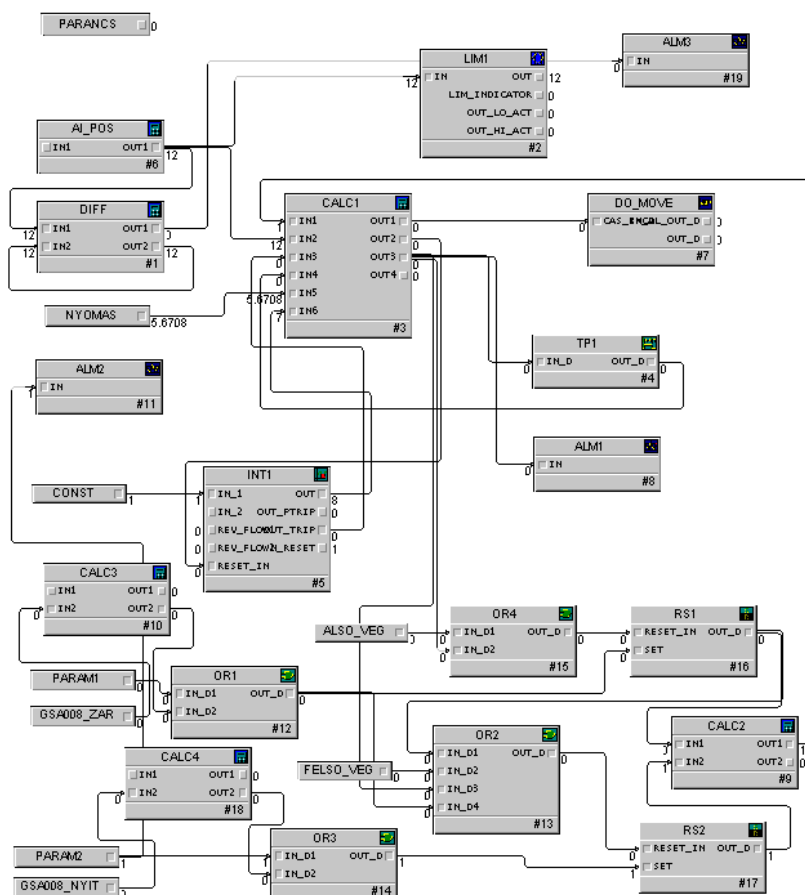
2.5.1.3. Logikai függvények és a sorrendi vezérlések

A vezérlési feladatok körébe tartozik a sorrendi vezérlés, a reteszelési feladat, vagy a technológián egy adott vezérlési függvény megvalósítása (2.12. ábra). Az előző pontokban vázolt feladatoktól eltérően vezérlési feladatot csak nagyon szűkkörűen lehet az eszközökben elvégezni. Erre lehet példa, hogy egyes multifunkciós távadókban adódik lehetőség egyszerű vezérlési művelet elvégzésére, vagy intelligens távadókban matematikai algoritmusok elvégzését követően reteszfüggvény szolgáltatására [1].



2.12. ábra Logikai függvények és sorrendi vezérlések

A vezérlési feladatok elvégzésének színtere jelenleg és a közeljövőben is (az előzőekben leírt láncolási lehetőségek korlátja miatt) az érzékelő és beavatkozó egységek felett elhelyezkedő irányítási rendszer, melyek között megtalálhatók a PC, PLC, SCADA és DCS struktúrák. A sorrendi vezérlésre egy reteszelő logikát is tartalmazó, jelenleg is működő rendszer példája látható a 2.13. ábrán. A MOL Rt. KTD Algyői Atmoszférikus PB tároló technológián, az FF kommunikációval működő (Rotork típusú) tolózárak sorrendi vezérlése (a be- és kitárolási műveleteinek irányítására szolgáló függvénykapcsolatok megvalósítása) a vezérlőben meglévő modulokkal kialakított „kapcsoláson” látható [101], [121]. A feladat végrehajtó modulok szinte kivétel nélkül logikai és számítási feladatokat látnak el, így ezeket csak a vezérlőben lehet konfigurálni.



2.13. ábra Sorrendi vezérlés megvalósítása tolózárak működtetésére

A vegyipari és olajipari folyamatok irányításánál alkalmazott sorrendi vezérlések, a viszonylag nagyszámú adagolási és reteszelési feladatok miatt, tipikusan sok számítási feladatot igényelnek, amelyekhez szükséges funkció blokkok jelentős részét nem célszerű a terepi eszközökbe beépíteni, ezért úgy vélem, hogy a jövőben is a DCS vezérlő állomások lesznek a sorrendi vezérlések jövőbeli színterei is. Az elmúlt évek egyik jelentős fejlesztésének köszönhető, hogy megjelentek a flexibilis funkció blokkok (FFB-k, a felhasználó által készíthető, egy adott feladat ellátására alkalmas szubrutinok), melyek segítségével bizonyos sorrendi vezérlések a terepen is megoldhatók.

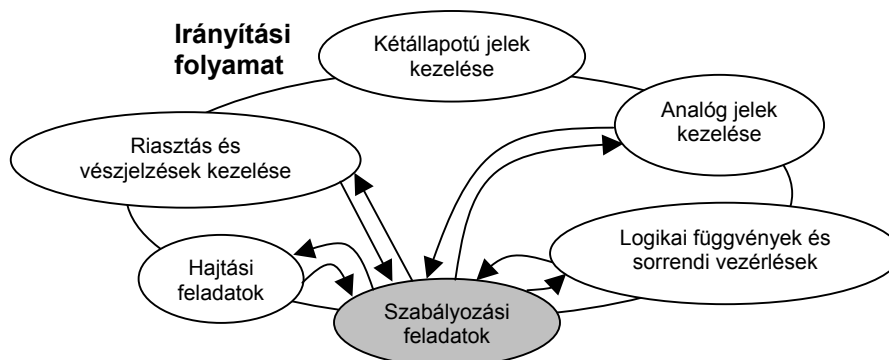
2.5.1.4. Szabályozási feladatok – algoritmusok

Az elmúlt években, a folyamatirányításban a legnagyobb változások ezen a területen figyelhetők meg. Az egyszerű szabályozási algoritmusok digitális implementálásától a bonyolult, többparaméteres, modellalapú digitális szabályozásig szinte minden megtalálható, beleértve a kutatásban elért legújabb eredmények hasznosítását is. Hosszú éveken keresztül a szabályozási feladatot szinte kizárólag az erre a megoldásra készített eszköz, a szabályozó oldotta meg. Alapvetően a számítógépes folyamatirányítás megjelenésével változott meg a helyzet, hiszen a számítógép alkalmazásával lehetőség nyílt digitális algoritmusok használatára. [40]

A DCS struktúrákban alkalmazott, kifejezetten a szabályozási feladat ellátására szolgáló egységek (terepi szabályozó állomás – bizonyos gyártóknál Field Control Station – FCS, vagy Control File – CF) mikroprocesszoros háttérüknek köszönhetően bonyolult, esetenként magas szintű digitális algoritmusok (advanced control) realizálására is képesek.

Kommunikációra épülő, vagyis hálózati alapú irányítás esetén a szabályozási feladatok megoldásának helye kibővül, hiszen a hálózaton lévő eszközök majdnem mindegyikében biztosított a megoldási lehetőség, így akár a távadóban, vagy a végrehajtó szervben, illetve a hierarchiában felette álló irányítási eszközökben, vagy akár az üzemirányítás szintjén is megoldható az adott feladat.

Terepi folyamatirányítás esetén a távadóban, illetve a beavatkozó egységben elhelyezett PID modulok felhasználásával oldhatók meg szabályozási feladatok, beleértve az egyszerű PID algoritmustól a kaszkádszabályozáson keresztül az összetett bonyolult feladat elvégzéséig [38]. Ez tette lehetővé, hogy alapfeladatokat – igénytől függően ezen a szinten célszerű elvégezni. A kapcsolódásokat a 2.14. ábra szemlélteti.



2.14. ábra A szabályozási feladatok kapcsolódása

Az ipari folyamatirányítás területén a különböző szabályozási megoldások (PID, fuzzy, adaptív, neurális, és modellalapú szabályozások széles választéka) széles körben elterjedtek, és egyre jobban használhatók. Az ipari folyamatirányításban használatos DCS struktúrák szabályozási stratégiaként szinte kivétel nélkül a visszacsatolást alkalmazó PID algoritmust használják. Komplex szabályozási feladatok ellátására a modellalapú szabályozások terjedtek el [39], melyek közül a DCS struktúrákban a leggyakrabban használt az általános prediktív szabályozási (Generalized Predictive Control – GPC), vagy a dinamikus mátrix alapú szabályozási (Dynamic Matrix Control – DMC) algoritmus [41].

Az alábbiakban a DCS funkció blokkokban általánosan használt PID algoritmusok közül mutatom be a legjellegzetesebbeket, összehasonlítva egy gyártónál alkalmazott funkció blokkal. A különböző DCS struktúrák vezérlő egységei tipikusan a szakirodalomból jól ismert, szabványosított párhuzamos PID algoritmust használják, melynek Laplace transzformált változata az alábbi:

$$u(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{\tau_i s} + \tau_d s \right) e(s) \quad (2.1)$$

ahol

$u(s)$ a szabályozó kimenete
 $e(s)$ az alapjeltől és az ellenőrző jeltől képzett különbségi jel
 K_p az erősítés
 τ_i az integrálási idő
 τ_d a differenciálási idő

A (2.1) egyenletet a T_s mintavételezési idő felhasználásával digitalizálva a következő egyenlet adódik:

$$u(k) = K_p \left[e(k) + \frac{T_s}{\tau_i} \sum_{i=0}^k e(i) + \frac{\tau_d}{T_s} (e(k) - e(k-1)) \right] \quad (2.2)$$

Bár a különböző DCS gyártók a (2.2) egyenlet különböző változatát implementálják, az ipari gyakorlatban általánosan ennek az egyenletnek megfelelő algoritmust alkalmaznak. Egy, a DCS vezérlő egységében futtatható, tipikusan használt sebességi PID algoritmust mutat a (2.3) formula:

$$\Delta u(k) = \left(K_p + \frac{K_p T_s}{\tau_i} + \frac{K_p \tau_d}{T_s} \right) e(k) - \left(K_p + 2 \frac{K_p \tau_d}{T_s} \right) e(k-1) + \frac{K_p \tau_d}{T_s} e(k-2) \quad (2.3)$$

Egy másik, általánosan használt formula (2.4) az ún. setpoint on integral – SP-on-I PID algoritmus, amelyiket általános prediktív szabályozási algoritmusnak (GPC) nevezünk:

$$\Delta u(k) = \frac{K_p \tau_d}{\tau_i} w(k) - \left(K_p + \frac{K_p T_s}{\tau_i} + \frac{K_p \tau_d}{T_s} \right) y(k) + \left(K_p + 2 \frac{K_p \tau_d}{T_s} \right) y(k-1) - \frac{K_p \tau_d}{T_s} y(k-2) \quad (2.4)$$

A modellalapú szabályozási technikák közül az LRPC (Long Range Predictive Control) az egyik leggyakrabban használt algoritmus mind a vegyipari, mind az olajipari folyamatirányítási rendszerekben [40]. Az első, már valóban DCS-nek nevezett, a Honeywell cég által gyártott TDC2000 jelű folyamatirányító rendszerben is a lineáris modell alapú prediktív szabályozó algoritmust (Model Algorithmic Control – MAC) használták, melynek a későbbiekben általánosan elterjedt változata (2.5) az ARIMAX modell struktúra [41]:

$$A(q^{-1})y(k) = B(q^{-1})u(k-1) + C(q^{-1})\frac{\xi(k)}{\Delta} \quad (2.5)$$

ahol

A, B és C a q^{-1} operátor visszafejtett polinomjai

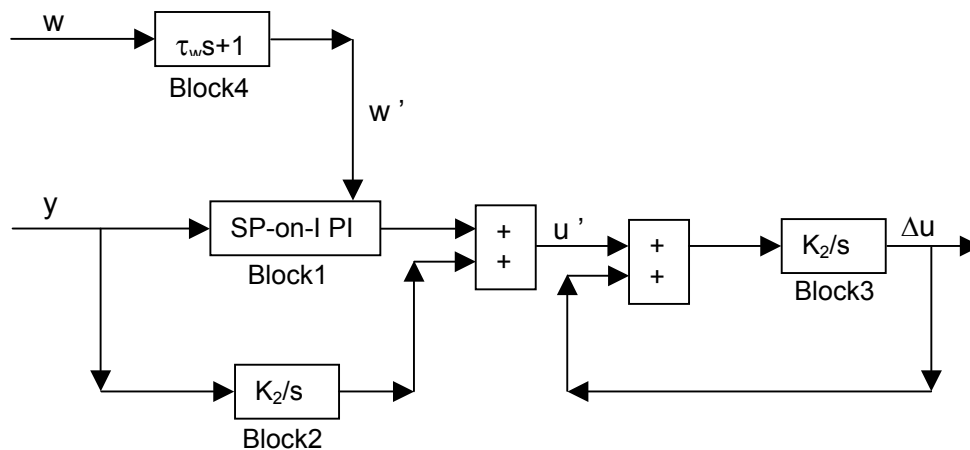
y és u a be és kimeneti jelek

ξ a fehér zaj szekvencia

Δ a $(1-q^{-1})$ értéke

Az egyenlet használata során felvetődött problémákra (időkésleltetés, különböző rendű szabályozások, holtidő számítása, stb.) különböző megoldások, válaszok [39] születtek, melyek részletezésére a 4. fejezetben térek ki. A PID algoritmusokhoz kötődő matematikai módszerek közül kiemelkedő érdemeket szereztek R. M. Miller és K. E. Kwak szerzők, akik jelentősen szerepet vállaltak a DCS struktúrákban használható algoritmusokat kifejlesztésében.

A 2.15. ábrán egy általánosan használt növelt hatásfokú modell alapú PID szabályozási algoritmus végrehajtásának blokkvázlata látható



2.15. ábra K. E. Kwak által DCS részére kidolgozott PID szabályozási blokk

Az ábrán látható elsőrendű folyamatmodell diszkrét algoritmus az alábbi:

$$\Delta u(k) = r_0 w(k) + r_1 w(k-1) - s_0 y(k) + s_1 y(k-1) - t_1 \Delta u(k-1) \quad (2.6)$$

A 2.15. ábrán látható blokkvázlat tulajdonképpen az (2.1) egyenletet képezi le, ahol a Block 1 az SP-on-I típusú PI szabályozási algoritmust, a Block2 egy általános konstans adatot tartalmaz, és így képződik a köztes u' jel.

$$u'(k) = \frac{K_p T_s}{\tau_i} w'(k) - \left(K_p + \frac{K_p T_s}{\tau_i} - K_1 \right) y(k) + K_p y(k-1) \quad (2.7)$$

A Block3 jelű egység egy tisztán integráló kapcsolatot valósít meg az u' és a Δu között, melynek diszkrét alakját a (2.8) egyenlet mutatja:

$$\Delta u(k) = \frac{K_2 T_s}{1 - K_2 T_s} u' + \frac{1}{1 - K_2 T_s} \Delta u(k-1) \quad (2.8)$$

A Block4 jelű egység tulajdonképpen egy PD blokk, vagyis differenciálást hajt végre, aminek eredménye a w' jelben látható:

$$w'(k) = \left(\frac{\tau_w}{T_s} + 1 \right) w(k) - \frac{\tau_w}{T_s} w(k-1) \quad (2.9)$$

A (2.7) egyenletből kivonva a (2.8) és (2.9) egyenleteket, adódik a (2.10) formula:

$$\begin{aligned} \Delta u(k) = & \frac{K_2 T_s}{1 - K_2 T_s} \left\{ \frac{K_p T_s}{\tau_i} \left[\left(\frac{\tau_w}{T_s} + 1 \right) w(k) - \frac{\tau_w}{T_s} w(k-1) \right] \right\} \\ & - \frac{K_2 T_s}{1 - K_2 T_s} \left\{ \left(K_p + \frac{K_p T_s}{\tau_i} - K_1 \right) y(k) - K_p y(k-1) \right\} + \frac{1}{1 - K_2 T_s} \Delta u(k-1) \end{aligned} \quad (2.10)$$

amelyik az (2.4) egyenlet struktúrájának felel meg. A (2.10) egyenlet együtthatói (K_p , K_1 , K_2 , τ_i és τ_w) az alábbi képletekből számíthatók:

$$\frac{K_2 T_s}{1 - K_2 T_s} \left\{ \frac{K_p T_s}{\tau_i} \right\} \left(\frac{\tau_w}{T_s} + 1 \right) = r_0 \quad (2.11)$$

$$\frac{K_2 T_s}{1 - K_2 T_s} \left\{ \frac{K_p T_s}{\tau_i} \right\} \left(-\frac{\tau_w}{T_s} \right) = r_1$$

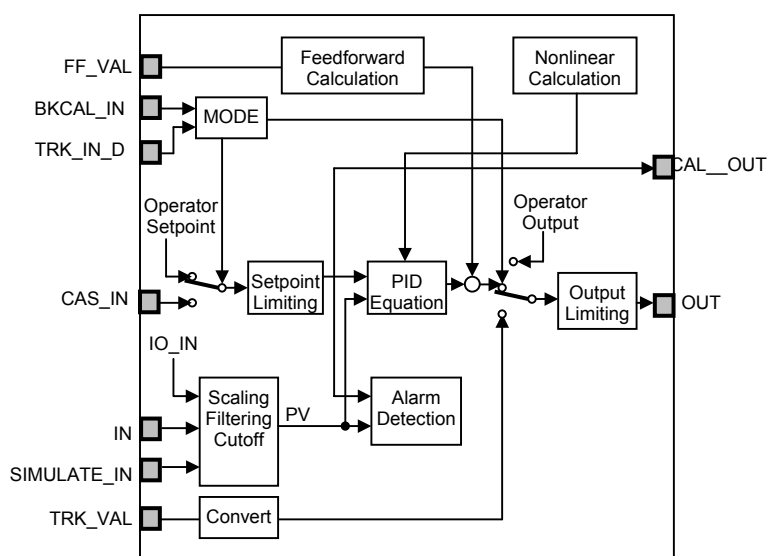
$$\frac{K_2 T_s}{1 - K_2 T_s} \left\{ K_p + \frac{K_p T_s}{\tau_i} - K_1 \right\} = s_0$$

$$\left(\frac{K_2 T_s}{1 - K_2 T_s} \right) (-K_p) = s_1$$

$$\frac{1}{1 - K_2 T_s} = t_1$$

A közölt modell alapú prediktív szabályozási algoritmus egy, a DCS struktúrákban általánosan használt PID algoritmusok közül, elterjedése azonban általános. A közvetkező fejezetben bemutatott Foundation Fieldbus szabályozási algoritmus is ennek a formulának valamelyik változatát használja.

Egy tipikus, akár a DCS-ben, akár a terepi eszközben végrehajtható PID algoritmus funkció blokkjának általános felépítése látható a 2.16. ábrán.



2.16. ábra Egy általános PID funkció blokk

Az előzőekben leírt üzemmódok – MAN és AUTO – természetesen a szabályozási funkció blokkok esetében is működnek. Erre a leggyakrabban a szabályozási szakasszal történő manipulálás (beállítás, hangolás, mérés) esetén van a szükség.

A szabályozási paraméterek száma tipikusan 10-50 közötti, de egyes eszközökben meghaladja ezt az értéket. A PID algoritmusok mindegyike rendelkezik kaszkádszabályozási lehetőséggel, vagyis a funkció blokkok bemenete biztosítja, hogy egy másik szabályozó kimenetéről kapcsoljuk a megfelelő jelet a PID funkció blokk CAS_IN bemenetére.

Bár a legtipikusabbak az egyszerű PID szabályozó algoritmusok, egyre nagyobb számban jelennek meg a speciális feladat végrehajtást biztosító különlegesen jó minőséget biztosító algoritmusok – Enhanced PID (EPID), vagy Advanced PID (APID) [75]. Az APID funkció blokkok például PI mintavételes szabályozást, adaptív erősítést, és kifinomultabb hibakezelést képesek megvalósítani. A funkció blokkokon belül a paraméterlistát természetesen úgy állították össze, hogy az EPID és az APID paraméterlista követi az alapfunkciókat biztosító paramétereket, így lehet biztosítani az eszközök csereszabátosságát.

Mivel a dolgozat egyik fő témaköre a szabályozási feladatok végrehajtásának az elemzése, ez a terület a 3. fejezetben kerül részletesen leírásra.

2.5.1.5. Hajtási feladatok

A villamos hajtási feladatok elválasztása az egyéb irányítási feladatoktól hosszú idő óta szinte hagyományosnak tekinthető a folyamatirányításban ugyanúgy, mint a gyártásautomatizálás területén. Ennek oka döntően a területek jellegéből fakadó különbözőség, ami annak ellenére, hogy villamos jelfeldolgozásra kerül sor mindkét esetben, egyrészt a több nagyságrendű teljesítményigényt, másrészt a beavatkozást tekintve hasonlóan nagy eltérést mutató időkülönbséget jelent. A korszerű irányítási rendszerek megjelenésének egyik eredménye, hogy a folyamatirányítási feladat megoldására alkalmazott eszközök képesek a hajtási feladatokkal szemben támasztott követelmények szinte maradéktalan elvégzésére is [45].

Minősítés szempontjából továbbra sem tartom célszerűnek a folyamatirányításban a villamos hajtásnak, mint feladatnak a paraméterek mérésével, szabályozásával azonos módon történő kezelését, de az integrált feladatkezelés szempontjából ezen feladatok számbavételét, és a megoldásra adott válaszokat nem lehet különálló módon sem tervezni, sem megvalósítani. Ezért kell a minősítési körbe a villamos hajtást bevonni.

2.5.1.6. Riasztási és vészjelzésekhez kapcsolódó feladatok

A riasztási feladatok megoldása nem csak kármentési, vagy a technológiai igény (szükség szerinti beavatkozás) szempontjából bírnak különös jelentőséggel, hanem sok esetben életvédelmi feladatot is ellátnak. Ezen okok miatt kell egyre nagyobb figyelmet fordítani erre a területre mind a gyártóknak, mind felhasználóknak [122].

A riasztási- és a vészjelhez kapcsolódó feladatok körébe tartoznak az érzékeléstől a beavatkozás különböző szintjéig használatos jelkezelés – jelzés, retészelés, leállítás, kapcsolódó műveletek elindítása. Ebbe a kategóriába sorolhatók a biztonsági PLC által feldolgozott és szolgáltatott jelzések és beavatkozások ugyanúgy, mint a folyamatirányító rendszerek felügyeletére és üzembiztonságára szolgáló eszközök jeleinek kezelése.

2.5.2. Az irányítás hatékonysági kérdései

Az irányítási rendszerrel szemben támasztott követelmények között első helyen szereplő feladatmegoldásnak a minőségi jellemzőit az irányítás hatékonyságának halmaza foglalja magába. Ebbe a körbe tartoznak a megbízhatósági mutatók, a különböző redundancia megoldások, az időzítési értékek, az esetleges meghibásodáskor belépő funkciók eredményessége, kommunikációs hálózatra épülő folyamatirányítás esetében pedig a topológiai kérdések.

2.5.2.1. Redundancia kialakítása

A hagyományos analóg jeltovábbításon alapuló irányítási rendszerekben a szabályozó, az irányítási algoritmusnak megfelelően – a távadókból érkező jel függvényében – szolgáltatva a kimenő jelet a beavatkozó egységre. A megbízható működés érdekében a különböző egységek, és kiegészítők (pl. kábelezés) kettőzítésével, esetleg megháromszorozásával nagymértékben lehetett növelni a működés biztonságát, ami az irányítás hatékonyságát nagymértékben növelte [100]. Digitális irányítási rendszerekben a redundancia már nem csak a hardver elemek többszörözését jelenti, hanem lehetőség nyílik egy egészen más típusú redundancia biztosítására is. Ezek közé sorolható a helyileg elkülönülő, de a meghibásodott egység feladatának átvállalására képes egységek alkalmazása. Új szemléletet tükröz a szoftver

redundancia megjelenése, és a kommunikációs rendszerekben biztosítható, a rendszer alapját képező ütemező egységek redundanciájának biztosítása.

2.5.2.2. Időzítési kérdések

A folyamatirányítás területén a legtöbb esetben kritikus paraméter a szabályozás sebessége. Energiaipari, vegyipari, olajipari, papíripari, de még számtalan technológián jelentkeznek olyan feladatok, amelyeknél a sebesség meghatározó jellemző, ezért különösen fontos a szabályozási algoritmus végrehajtási idejének pontos ismerete, illetve ennek a lehető legkisebb értéken való tartása.

Az egyszerű digitális szabályozástól a DCS struktúrákon keresztül a terepi alapú folyamatirányításig rendkívül változatos megoldások születtek és születnek. Az időzítési kérdések vizsgálatánál viszont szinte minden esetben az alábbi négy területen fellépő „késleltetési” folyamatokat kell figyelembe venni [43]:

- érzékeléshez tartozó időzítési értékek,
- algoritmus végrehajtásához tartozó időigény,
- jeltovábbításnál fellépő késleltetések,
- beavatkozó egységhez tartozó időzítési értékek.

Természetes, hogy az egyre nagyobb sebességgel működő digitális irányítási rendszerek hatékonyabban képesek végrehajtani az adott szabályozási feladatot, de mivel a vezérelt adatátvitel szükségszerű velejárója a késleltetés, ezért fontos elemezni az adott irányítási megoldást időigény tekintetében [32]. A SCADA és DCS megoldások bár sok vonatkozásban hasonlóak a terepi irányítási rendszerekhez, nagyon sok területen mutatnak jelentős eltérést. Ezért szükséges külön vizsgálati körbe vonni a különböző struktúrájú rendszereket.

Annak érdekében, hogy a késleltetés mértéke a lehető legkevesebb legyen, az alábbi jellemzőkkel célszerű a hálózatot kialakítani [35]:

- hibamentes hálózati adatátvitel biztosítása,
- azonos hosszúságú keretek és csomagok továbbítása a hálózaton,
- az érzékelő és a szabályozó mintavételezési idejének állandó értéken tartása,
- a számításhoz tartozó időkésleltetés értéke állandó, és jóval kisebb, mint a mintavételezési idő,
- a hálózati forgalom nem lehet a teljesítőképesség határán.

A hálózati kommunikációra (NCS) épülő irányítástechnikai rendszerekben fellépő késleltetések hatásának vizsgálatára elterjedt leggyakrabban alkalmazott matematikai, illetve becslési módszerek az alábbiak [18].

- Diszkrét idő modell (Augmented deterministic discrete-time model methodology)
- Sorbaállási módszer (Queuing methodology)
- Optimális sztohasztikus szabályozási módszer (Optimal stochastic control methodology)
- Perturbációs módszer (Perturbation methodology)
- Idő mintavételezési módszer (Sampling time scheduling methodology)
- Robosztus szabályozási módszer (Robust control methodology)
- Fuzzy modulációs módszer (Fuzzy logic modulation methodology)

- Eseményalapú módszer (Event-based methodology)
- Végfelhasználói szabályozást alkalmazó módszer (End-user control adaptation methodology)

A vizsgált Foundation Fieldbus kommunikációs rendszerben az időzítés alapvetően eltér a többi rendszerétől, mert ebben a determinisztikus, rendszerben az időzítési feladatokat alapvetően a LAS végzi (ennek igazolása részletesen a 3. és 4 fejezetben látható), ezért választottam a mérésekre alapuló időzítés meghatározási módszert.

2.5.2.3. Megbízhatóság, hibatűrés

A különböző vegyipari, olajipari, gyógyszeripari és egyéb technológiákat működtető folyamatirányításnak az egyik nagyon fontos jellemzője, hogy bizonyos nem várt események, vagyis meghibásodások esetén is képesek legyenek megszakítás nélkül működni. Egyrészt az irányítási rendszer elemeit, másrészt magát a rendszert úgy kell kialakítani, hogy ilyen meghibásodások ne okozzanak olyan mértékű károsodást a technológián, amely vissza nem fordítható, vagy az esetleges leállásból adódó termelés kiesés rendkívüli költséget jelent. Az ilyen rendszerek kialakítása nyilvánvalóan költségtöbblettel jár, de a kiesésből eredő kár mértéke esetenként nagyságrendekkel nagyobb mértékű lenne, ezért kerül sor ebben az esetben a nagy-megbízhatóságú rendszerek alkalmazására.

A jelenleg üzemelő és beüzemelésre kerülő folyamatirányító rendszereknél a jelenlegi gyakorlat a különálló egységként működő, kifejezetten erre a célra létrehozott irányító egység (biztonsági PLC, stb.) alkalmazása.

Az egyes elemek és eszközök esetében a hibajelzés, vagy az előzőekben taglalt automatikus redundancia kezelés esetenként megoldja a jelentkező hiba gyors felismerését, vagy kiküszöbölését. Az elosztott folyamatirányítású rendszerekben is a legtöbb gondot okozó kommunikációs hiba miatt célszerű biztosítani a duplikált kommunikációs hálózatot, amely sok esetben egyszerűen (igaz nagyobb költséggel) kielégíti a hibatűrés követelményeket.

Fokozottabb követelmények esetében speciális megoldások alkalmazására van szükség [56]. Ebbe a körbe tartoznak a bonyolultabb szabályozási megoldások (pl. split range control, vagy advanced control), amelyeknek a működtetési, megbízhatósági és hibatűrés tulajdonságait összetettebb megoldásokkal lehet biztosítani.

2.5.2.4. Az irányítási struktúra topológiai kérdései

Az analóg jeltovábbításon alapuló folyamatirányítás esetében, mivel minden egyes elem és eszköz külön vezetékekkel kapcsolódik a rendszerhez, hálózati topológiával nem kell foglalkozni. A biztonságos üzemmenet fenntartása érdekében azonban ehhez az irányításhoz is biztosítani kell a megfelelő topológiát. Ebben a struktúrában azonban a redundanciát és a monitorozást biztosító feladat ellátása miatt van szükség a megfelelő eszközök összekapcsolására.

A hálózaton alapuló folyamatirányító rendszerek esetében rendkívül fontos jellemzőként szerepel a hálózati elrendezés, vagyis a topológia kérdése. A legegyszerűbb, hierarchikus felépítésű folyamatirányítási struktúra esetében is döntő befolyással bír az irányítás minőségére a megfelelő topológia kiválasztása, alkalmazása. A SCADA és DCS

struktúrákban ezek, rendszerint a feladat által jól definiált hierarchikus megoldások biztosítják a biztonságos és hibamentes működtetést. Az egységek, rendszerint intelligens illesztőkkel megoldott elválasztása miatt a feladatok hatékonyan megoldhatók. A megfelelő topológia kiválasztása különösen fontos meghibásodás bekövetkezésekor, amikor is egy adott funkcionális egység feladatát egy másik egység veszi át üzemszerűen, a technológia leállása nélkül. A folyamatirányítás területén megtalálhatók a különböző hálózati topológiák, így nem feltűnő, hogy például a műszerszobai hálózatoknál a legegyszerűbb buszrendszerű topológia kialakítás mellett egyre nagyobb szerepet kap a csillag elrendezésű hálózat alkalmazása. Az irányítás hatékonyságát alapvetően befolyásolja a hálózatokban fenntartható adattovábbítás sebessége, ezért a nagysebességű rendszerek, és az ehhez tartozó topológiák alkalmazása döntően befolyásolja az irányítás hatékonyságát.

2.5.3. A működéshez szükséges támogatás

A folyamatirányító rendszer zavartalan működése, mint az üzemmenet szempontjából legfontosabb követelmény mellett egy adott struktúra használatának jóságát a működés fenntartásához, a jellemzők beállításához, és a rendszer kialakításához tartozó megoldások minősége határozza meg.

A működéshez szükséges támogatás csoportjába az alábbi tevékenységek sorolhatók:

- Konfigurálhatóság
- Öndiagnosztika
- Alkalmazásfejlesztési háttér
- Elemek gyártó-független alkalmazása
- Internet hozzáférés
- Beüzemelési támogatás

2.5.3.1. Konfigurálhatóság

A „hagyományos” irányítási rendszerekben is alapvető követelmény az érzékelők, a beavatkozó és szabályozó egységek működési jellemzőinek beállítási lehetősége. Az egyszerű PLC felépítéstől kezdve a SCADA rendszereken keresztül a DCS irányítási rendszerekig az alábbi három területre terjed ki a konfigurálási igény:

- eszköz,
- hálózat,
- szabályozási stratégia.

Az eszközök között távadó estében a méréshatár, a mértékegység, a nullapont érték, az erősítésérték, és még számtalan jellemző állítására lehet igény a működtetés során. De a távadókhoz hasonlóan nagyon sok jellemzőt szükséges megváltoztatni egy szelep, vagy egy szabályozó esetében is (munkaponti adat, működési sebesség, PID paraméterek, stb.). Az irányítási elemeken kívül a hálózati rendszerek megváltoztatására is szükség lehet. Egy adott irányítási rendszerben a kritikus szabályozási feladatok elvégzéséről nyert információ sok esetben lényegesen fontosabb, mint egy monitoring funkciót ellátó egység felügyeletéről kapott jellemző lekezelése. Ilyen esetben a digitális kommunikációs kapcsolatot biztosító hálózati jellemzők konfigurálására is szükség lehet. Folyamatirányítási rendszerek esetében a szabályozási stratégia megváltoztatására felmerülő igényt is ki kell elégíteni – pl. egyszerű szabályozás helyett kaszkád szabályozás alkalmazása.

A jellemzők, felhasználó általi beállításának (amely feladatot még beépítés előtt, a laboratóriumi, vagy műhely környezetben is el lehet végezni) igénye mellett legalább ilyen fontos a jellemzők megváltoztatási lehetőségének biztosítása. Ezért a konfigurálhatóság helyett célszerűbb az újraállíthatósági, vagyis a rekonfigurálási lehetőség biztosítása, célszerűen on-line üzemmódban [78].

2.5.3.2. Öndiagnosztika

Az intelligens távadók és beavatkozó egységek jelentős része rendelkezik a működést felügyelő egységgel. Az öndiagnosztikai képességek egyre szélesebb tárháza jelenik meg a fejlesztések eredményeként. Az eszközökben lévő mikroprocesszoroknak köszönhetően a működés felügyelete sok esetben összekapcsolódik menedzselési és archiválási feladatok elvégzésével is. A diagnosztikai rendszerek közül több szabványos program terjedt el, melyek közül az AMS – Asset Management System (üzemfenntartási programcsomag) az egyik leggyakrabban alkalmazott szoftvereszköz.

Az AMS programmal már a HART eszközök is „kompatibilis” eszközöknek minősültek, de a mai, legkorszerűbb elemek már nagyon sok diagnosztikai jellemző figyelésére, tárolására, sok esetben már elemzésére is alkalmasak. Az eszközök működésének elemzése az a képesség, ami alapján beszélhetünk öndiagnosztikáról, ezért az egyszerű hibakódot szolgáltatató távadót, vagy szelepet nem minősíthetjük úgy, mintha öndiagnosztikai képességgel rendelkezne.

Az eszközök és elemek öndiagnosztikai képessége csak akkor érvényesíthető, ha megfelelő kezelő program segíti a felhasználót ezeknek a jellemzőknek a gyors, és lehetőleg hibamentes vizsgálatára. Ekkor lehet beszélni öndiagnosztikai rendszerről.

2.5.3.3. Alkalmazásfejlesztési háttér

Egy adott irányítási rendszer zavartalan működésének biztosítása érdekében egyrészt a rendszer létrehozásakor, másrészt a különböző módosítások, változtatások érvényesítésekor döntő jelentőséggel bír a felhasznált alkalmazásfejlesztési háttér. Ebbe a körbe tartozik a szoftver funkcióknak, a tulajdonságoknak, az elemeknek, és különösen a kommunikációra épülő irányítástechnikai rendszerekben a feladatok elosztásának a specifikálása. Ezeket a jellemzőket lehet úgy tekinteni, mint bemeneti jellemzők, míg a fejlesztő rendszer kimenetén a próbafuttatási eredmény, a teljesítőképességi adat, a generált kód és a felügyeletet biztosító menedzselő rendszer jelenik meg [69].

2.5.3.3.1 Bemeneti jellemzők

A szoftver funkcióinak leírása tulajdonképpen az alkalmazási feladat pontos megfogalmazását jelenti, melynek szerves része a modellezési folyamat is. A különböző programnyelvek (C++, Java), és a modellezési eszközök (pl. Petri net) sorolhatók ebbe a kategóriába.

A tulajdonságok specifikálása körébe tartozik a megoldási lehetőségek elemzése, az időkorlátok meghatározása, a holtidők pontosítása, és nem utolsósorban a modellezési folyamat jellemző sajátosságainak a leírása.

A szabályozáshoz tartozó elemek – érzékelők, beavatkozók, szabályozók, de ide tartoznak a megjelenítő felületek, és a hálózati elemek – jellemzőinek a pontos megadásával a működtető programhoz tartozó memóriaterület, a CPU sebességi igénye jól meghatározható. Az ütemezési folyamat, az üzenettovábbítási megoldások kiválasztása, a protokoll formátum, és nem utolsósorban a megfelelő operációs rendszer kiválasztása is ebbe a körbe tartozik.

Úgy a DCS struktúrákban, mint a hálózatra épülő folyamatirányításban, de legfőképpen a terepi kommunikációval üzemelő irányítási rendszerekben az irányítási funkciók elhelyezésére számtalan lehetőség kínálkozik. A leggyakrabban használt PID algoritmus végrehajtható az egyes eszközökben (távadó vagy beavatkozó), de végrehajtható a felsőszintű irányítórendszerben. Ide sorolható például az összetett, vagy kaszkádszabályozási feladat egyes, vagy összes részeinek elosztása is, vagyis ez a feladatok elosztásának specifikálása.

2.5.3.3.2 Kimeneti jellemzők

A kimeneti jellemzők között különös jelentőséggel bír a megoldások visszaigazolása, vagyis a szoftverek esetében a próba-futtatás. Ezt a feladatot célszerű az alkalmazási folyamat modelljének a használatával végrehajtani.

Az elkészített program teljesítőképességének értékelése rendkívül komplex feladat, mely nem nélkülözheti a már előzőleg kidolgozott modellen végrehajtott tesztek eredményeinek elemzését. Eredményes értékelést a valódi rendszeren elvégzett tesztek, és a modellen elvégzett vizsgálati eredmények összehasonlításával és értékelésével lehet elérni.

Programok készítésének eredménye a generált kód. A formális leíró nyelvek használata (UML és XML) egyre gyakoribb, ezért ezek alkalmazása nem csak javasolt, hanem a követelmény kialakítás szempontjából meghatározó jelentőséggel bír.

Az adatbázis kezelés, az előzőekben említett konfigurálhatóság, a felügyeleti rendszer, az üzemfenntartási feladatok ellátása alkotják a menedzselő rendszert. Ezen a területen az integrált rendszerek tömeges elterjedése a jellemző.

2.5.3.4. Elemek gyártó-független alkalmazása

Az analóg be- és kimeneti jellel működő irányítási elemek és eszközök egy adott paramétercsoporton belül (mérés-határ, pontossági osztály, tápfeszültség, lezáró ellenállás, környezeti feltételek – hőmérséklet, nedvesség, robbanásvédelmi besorolás) szinte korlátlanul cserélhetők egy adott technológián. Ez az elv, vagyis a csereszabotosság elve gyakorlatilag érvényesül az eszközök beépítésétől kezdve a technológia működésének befejezéséig [29].

Az intelligens eszközök megjelenése, vagyis az előzőekben leírt szabadon konfigurálható megoldás szükségszerű velejárója az eszközök szoftverfüggetlensége. A programozható folyamatirányítási eszközök alkalmazhatóságának egyik nagyon fontos eleme a gyártó-független kezelhetőség, vagyis az a tulajdonság, amely alapján egy adott irányítási struktúrában az egyik gyártó eszközei helyettesíthetők más gyártó eszközeivel. Ebbe a körbe tartozik egy adott rendszeren belül a különböző gyártók által készített, vagyis a különböző szoftverrel működő, de azonos kommunikációs felületen a szabványosságot kielégítő szolgáltatást nyújtó eszközök használata is. Az operációs rendszerek új és újabb kiadásainak köszönhetően az adott folyamatirányítási struktúrában hibátlanul üzemelő eszköz

alkalmazhatóságának feltétele sok esetben a legújabb változat feltöltését igényli. Ezeknek az ún. upgrade-lési feladatoknak az elhagyása esetén fordulhat elő hibás működés, sok esetben az eszközök „használatlanná” válása. [48]

A gyártók ugyan folyamatosan törekednek arra, hogy kielégítsék a gyártó-függetlenség követelményét, az újonnan megjelenő folyamatirányítási megoldások esetében szinte kivétel nélkül szembetalálkozunk a leírt jelenséggel [42]. Az eszközök és rendszerek egyik meghatározó minőségi jellemzője a más gyártó által készített eszközökkel és rendszerekkel történő együttműködési készség, amelyre jelenleg is, de a jövőben még hangsúlyozottabban fel kell készülni, a folyamatirányítási struktúrát fel kell készíteni [99].

2.5.3.5. Internet hozzáférés

A folyamatirányítási gyakorlatban röviden web-alapú szolgáltatásnak nevezett lehetőség, az Internet elérése egyre hangsúlyozottabbá vált az irányítási rendszerrel szemben támasztott követelmények közül. Az Internet kapcsolaton keresztül biztosítható a folyamatirányító rendszer és a „távolban” lévő számítógépes feldolgozást vagy támogatást nyújtó, rendszerint szolgáltató gép közötti kapcsolat. A működéshez szükséges háttérszolgáltatás körébe tartozik a távkapcsolás, a távfelügyelet és a távkonfigurálási lehetőség [68]. A folyamatirányító rendszereken létrehozott távoli elérés a működés és működtetés szempontjából alapvetően

- egy adott folyamat elindítását vagy leállítását,
- a konfiguráció megváltoztatását,
- esetenként a távdiagnosztika biztosítását jelenti.

Az Interneten keresztül történő kommunikáció ezeken a feladatokon kívül még sokféle feladat ellátásának segítésére szolgál, amelyek közé tartozik a technológia felügyeletéért közvetlenül nem felelős személyek részére biztosított adatszolgáltatás is, de ez nem a működéshez tartozó háttérszolgáltatás. Kétségtelen, hogy a leírtak közül a legnagyobb körültekintést követelő feladat a távkonfigurálhatóság, amelynek a hibája esetén üzemleállítás, vagy más hasonlóan komoly, nem üzemszerű folyamat játszódhat le, aminek az elkerülése alapvető üzemeltetői követelmény. Ennek ellenére bizonyos technológiák esetében (pl. olaj- vagy gázgyűjtő technológiák) biztosítani kell a távdiagnosztika mellett a távkonfigurálási lehetőséget is.

2.5.3.6. Beüzemelési támogatás

A folyamatirányítás megvalósításának egyik fontos jellemzője, hogy az adott rendszert, az elkészítést és a tesztelést követően mennyi idő alatt lehet beüzemelni. A hardver és a szoftver elemek, eszközök bevizsgálására szolgáló gyártóműi tesztek (FAT – Factory Acceptance Test) a legfontosabb feladatok ellenőrzésére szolgálnak, de a végső beüzemelés nem nélkülözi az adott irányítási technológia teljes vizsgálatát. Ennek a feladatnak a gyors és hatékony elvégzésére szolgáló, egyre szélesebb körben használt, rendszerint a technológiai feladat szimulációját is felhasználó programok a folyamatirányító rendszer beüzemelésekor jelentős támogatást tudnak nyújtani.

A kommunikációra épülő folyamatirányításnak (NCS – Networked Control System) a „hagyományos” elosztott irányító rendszertől való eltérése miatt új beüzemelési segítő módszerekre és vizsgálatokra van szüksége. Ezek a lehetőségek, és a javasolt módszer a kommunikációs rendszereknél kerül leírásra.

2.5.4. Az irányításhoz kapcsolódó, de nem működtetési háttérszolgáltatás

Az előzőekben leírt, a működtetéshez kapcsolódó szolgáltatás mellett számos, az irányításhoz közvetlenül nem kapcsolódó, de az üzemeltetést segítő folyamatokhoz, a későbbi elemzéshez elengedhetetlenül szükséges, illetve a jövőbeli feladatokhoz kötődő szolgáltatások körébe sorolhatók az alábbi jellemzők, illetve feladatok:

- OPC képesség
- Adattárolás, archiválás
- Adatmegjelenítés
- Rendszer továbbfejlesztése (migráció)

A dolgozatban ezeknek a jellemzőknek, feladatoknak a leírására csak olyan mértékben (nagyon röviden) kerül sor, amennyire az eredeti feladathoz – kommunikációs rendszerek alkalmazhatóságának lehetőségei és korlátai – kötődik, vagyis főként a kapcsolódás szempontjából.

2.5.4.1. OPC képesség

A folyamatirányító rendszerek adataira nem csak a technológiát közvetlenül irányító kezelőknek van szükségük, hanem egyrészt más technológiák is igényelhetik az adatokat, másrészt az üzem, vállalat több döntéshozó vezetőjének is szüksége lehet ezekre az adatokra. Egy adott üzemben belül a termelésirányítók, technológusok, energetikusok, karbantartók, minőségügyi vezetők, vállalatvezetők, és még többen az üzemből származó korrekt, aktuális és historikus adatokból tudják meghozni a napi döntéseket. Ezek a vezetők esetenként a folyamatirányító rendszerektől távol, többszáz méterre, de előfordulhat, hogy több ezer kilométerre dolgoznak.

A legelterjedtebb kommunikáció kapcsolat az OPC (OLE – Objekt Linking and Embedding – for Process Control), a különböző gyártóktól származó eszközök és rendszerek összekapcsolásának egyik fontos szabványosított protokolljává vált az elmúlt években [68]. Éppen ezért az OPC támogatás fontos követelmény a folyamatirányító és felügyelő rendszerek esetén. A folyamatirányításban használt rendszereknek képesnek kell lennie OPC szerverként viselkedni bármely szabványos OPC kliens, valamint OPC ügyfélként viselkedni bármely OPC szerver felé.[88]

2.5.4.2. Adattárolás, archiválás

A technológiáról beérkező valamennyi információ az irányítás és a későbbi adatelemzés végett rendszerint adatbázisba (Microsoft SQL Server, Microsoft Access, Oracle, Sybase, Informix, IBM DB2) kerül. Az adatok jelentős része az adatbázis szervereken található. A kliensek a szükséges információt a speciális kiszolgáló alkalmazás segítségével ebből az adatbázisból olvassák.

Az adatbázisban különös figyelmet kell fordítani a riasztási és vészhelyzet jelek tárolására, nyugtázására és kezelésére, az egyedi, csoportos és kategóriánkénti engedélyezésre, illetve tiltásra.

Az adatbáziskezelő programok gyors és színvonalas működése, „felhasználóbarát” jellege ugyan nincs hatással az irányítás minőségére, de a kezelő gyors tájékoztatását, és ezáltal a különleges események megelőzését szolgálják.

2.5.4.3. Adatmegjelenítés

A technológiai folyamat felügyelete, és az irányítási feladat elvégzésének ellenőrzése nem nélkülözheti az áttekinthető, szemléletes, a gyors döntésekhez segítséget nyújtó adatmegjelenítést. A korszerű megjelenítők (HMI – Human Maschine Interface) önálló feladatmegoldásra alkalmas szoftverrendszerek. A technológiai folyamatok, és a legfontosabb mért és számított paraméterek szemléletes ábrázolása mellett a trendek, grafikonok, táblázatok és üzemnaplók elkészítése és megjelenítése ehhez a területhez tartozik.

A trend adatok rendszerint az operátor számára is hozzáférhetők. A megjelenítés jellemzői közé tartozik a tetszőlegesen változtatható nagyítás, kicsinyítés, időintervallum meghatározás, görbe exportálási lehetőség, eseményvezérelt adatgyűjtés, felvillantható mini-grafikon. A valósidejű és az adattárból származó görbék a kezelő számára egységesek. A mintavételi idő és a tárolási időköz is változtatható, a trendgörbékről az adott időponthoz tartozó pontos értékek leolvashatók.

A naplók elkészítéséhez valamennyi pillanatérték, tárolt adat, valamint esetlegesen más adatforrásokból, más adatbázisokból származó adatok felhasználhatók. Az elkészített napló nyomtatási képe a képernyőn megtekinthető, a napló készülhet a nyomtatóra, a diszkre, vagy lehet tárolni az adatbázisban. A napló végrehajtás történhet adott időpontban, adott eseményre hatására, vagy ütemezett módon (periódikusan).

2.5.4.4. Rendszer továbbfejlesztés (migráció)

Az irányítási rendszereknek a fejlődését szemléltető, a bevezetőben ismertetett trend (4. ábra) szerint folyamatosan kerül sor a meglévő elemek és eszközök lecserélésére a különböző technológiákon. A nagy hardver és szoftver háttérű DCS struktúrák cseréje a technológus és az irányítás-technikus oldaláról különböző kérdéseket és válaszokat generál. Amíg a technológus a gyors, és a végeredményként hasonló „megjelenést” felmutató irányítási rendszert preferál, addig az irányítástechnikai szakember a hatékonyabb feladatmegoldást és háttértámogatást nyújtó rendszert helyezi előtérbe.

Egységes kommunikációs rendszer hiányában a mai migrációs megoldások jelentős része integráltan kezelt hardver és szoftver cserét takar, ami a harmadik szempontot, az egyre nagyobb szerepet játszó, a környezeti terheléscsökkentést előtérbe helyező újrahasznosítási szempontokat szinte egyáltalán nem veszi figyelembe.

Hálózati alapú irányítási rendszerek (NCS) esetében a migrációs követelményeknek a kielégítése a struktúra jellegéből fakadóan eredményesebb.

2.5.5. Speciális alkalmazási területekhez kapcsolódó feladatok

A folyamatirányítás minősítéséhez tartozik a különböző rendszerek speciális, főként a vegyiparban, az olajiparban, de még számos más területen meglévő sajátos követelmények kielégítésére szolgáló megoldások elemzése. A robbanásveszélyes övezetben alkalmazható technikai megoldások, a különlegesen mostoha körülmények között működő rendszerek, és nem utolsósorban a nagyon nagy megbízhatóságú és élettartamú elemek, eszközök és módszerek sorolhatók ebbe a csoportba.

2.5.5.1. Alkalmazás robbanásveszélyes övezetben

A hagyományos, analóg jeltovábbításon alapuló irányítási rendszereknek a robbanásveszélyes területen történő alkalmazása viszonylag egyszerű, és a hosszú évek alatt kifinomult technikát biztosító megoldásokkal valósult meg. Az analóg bemeneti és kimeneti jelek robbanásbiztos kivitelezésére, vagy gyújtószikra-mentes alkalmazás esetében a leválasztására, az eszközök táplálására sokféle, szabványos megoldás született [70].

Kommunikációra épülő, sok esetben, a terepi eszközben szabályozási feladatot végrehajtó rendszer alkalmazása, az esetenként kimunkálatlan megoldások vagy a szűkös műszaki lehetőségek hiányában, nem nélkülözheti a gondos előkészületet. A hálózati alapú irányítás robbanásveszélyes környezetben történő alkalmazásának elemzése a kommunikációs fejezetben kerül taglalásra.

2.5.5.2. Alkalmazás különlegesen mostoha körülmények között

Az egyre magasabb követelményeket támaztó technológiák, úgymint:

- nagynyomású technológiák,
- magas hőmérsékleten üzemelő technológiák,
- különleges környezeti feltételek mellett üzemelő technológiák (olaj- és gáztermelő technológia különlegesen magas sótartalmú levegőben – tengeri platformokon, sivatagi olaj- és gáztermelés, sarkvidéki olaj- és gáztermelés, stb.),
- sugárveszélyes övezetben működő technológiák,
- agresszív anyagokkal dolgozó technológiák.

Ezek a körülmények sajátos alkalmazási feltételeket támasztanak a tervezővel, kivitelezővel szemben. A leírt körülményeknek a figyelembevételével kialakított irányítási rendszerek a magas rendelkezésre állás mellett speciális igényeket is képesek kielégíteni.

2.5.5.3. Nagyon nagy megbízhatósági igény

A speciális területekhez tartozik, a különlegesen mostoha körülmények mellett a nagyon nagy megbízhatósági követelményeket támaztó technológia is, amelyek az alábbi esetekre vonatkoznak.

- A kezelőszemélyzet és a lakosság védelme a technológiai ártalmaktól.
A nem üzemszerű működésből fakadó, vagyis a meghibásodáskor fellépő, az emberi szervezetben kárt okozó események megelőzése (pl toxikus vagy karcinogén anyag „kiszabadulása”).
- A környezet védelme a technológiai ártalmaktól.
Az előzőhöz hasonló, de a környezetet súlyosan károsító anyagoknak a technológiából történő kikerülésének megakadályozására irányuló védelem.
- Termék árvesztésének kiküszöbölése.
A technológián bekövetkező nem üzemszerű eseményből fakadó, a termék minőség leromlásának, és az ebből következő árvesztéségnak a megelőzése.

- Technológia elemek és berendezések károsodásának megakadályozása.
Az irányított rendszer meghibásodásából eredő termelő eszközök, csatlakozó szerelvények, és kiegészítő elemek károsodásának megakadályozására irányuló megoldások.

A különlegesen nagy megbízhatósági igény kielégítésének hiánya a felsorolt esetek miatt a költségek mellett jelentős erkölcsi károkat is okozhat, amit végső soron konvertálni lehet pénzügyi mutatókká.

2.6. A minősítésre szolgáló UML modell bemutatása

A modellezőnyelvek közül 1997-ben jelent meg az UML (Unified Modeling Language) leíró nyelv, amelynek segítségével a fejlesztési modellek – tervezés, specifikáció, dokumentálás – jól szemléltethetők ábrák, diagramok, táblázatok segítségével. Ezeknek az a felhasználásával a hagyományosnak tekinthető leírások helyett „műszaki nyelven” megfogalmazható formátumokkal lehet dolgozni, és ennek e módszernek a legnagyobb előnye, hogy ezek a leíró modellek programot generálnak, amit a szoftverfejlesztők a későbbi felhasználás során közvetlenül tudnak hasznosítani.

A legtöbb szoftver cég viszonylag korán felismerte az UML használatának lehetőségeit, ezért a folyamatirányítás területén ma már egyre több területen lehet találkozni UML eszközök felhasználásával készült modellel. Ennek az egyik legszemléletesebb példája a funkció blokkok leírására alkalmas, a 2.3. pontban bemutatott IEC 61499 szabvány, amelyet a DCS struktúrák tervezésénél lehet használni [25].

Az UML öt nézete – használói eset (use case), implementációk (component), folyamat (process), működési (deployment), és tervezési (design), nézet – mellett a diagramok két csoportját különbözteti meg, úgymint statikus és dinamikus diagramok. A statikus diagramok – osztály diagram (class diagram), objektum-diagram (object diagram), komponens-diagram (component diagram), telepítési-működési diagram (deployment diagram), használati eset (use case) diagram – közül a DCS minősítésre az osztálydiagramot is fel lehet használni. Az osztálydiagram egyes elemeit képezi a minősítésbe bevont öt fő terület, és azon belül, a leírt alegységek. Az UML leíró nyelv alkalmas az egyes területekhez tartozó összefüggéseknek a kifejezésére, az előzőekben leírt kapcsolódások bemutatásával.

A leírt minősítés objektív és szemléletes ábrázolása érdekében elkészítettem a legfontosabb területre, a „Feladat végrehajtáshoz” kapcsolódó használati eset diagramot, így a különböző rendszereknek az összehasonlítása a feladatok alapján elvégezhető, és szabványos nyelven dokumentálható. Egy adott DCS folyamatirányítási rendszerben az adott funkció blokkok kapcsolódásaira, az előzőekben leírtak alapján elkészített osztálydiagram példa, és a hozzátartozó generált dokumentáció az M4-Mellékletben látható.

2.7. Összefoglalás

1. Tézis

Az integrált folyamatirányító rendszerek minősítésére vonatkozó jellemzőket rendszerbe foglaltam, amelynek alapján az objektív minősítés elvégezhető, a rendszerek teljesítőképessége általánosan használt leíró nyelv, UML segítségével dokumentálható.

A folyamatirányító rendszerek minősítésére objektív módszert dolgoztam ki. A terepi folyamatirányításhoz vezető utak fejlesztési eredményeinek bemutatásával egzakt módon írom le azokat a folyamatokat és eredményeket (1. fejezet), amelyek alapját képezik az új rendszerstruktúra kialakításának. A 2. fejezetben bemutatom a minősítési paramétereket, amelyek alapján az ismert terület jellemezhető és szabványos leíró nyelven dokumentálható, és ezért ezt a módszert javaslom használni az irodalomban található, és a gyakorlatban alkalmazott minősítési módszerek helyett.

Összefoglalásként, a következő csoportokat és alcsoportokat hoztam létre:

A feladat végrehajtása

Kétállapotú jelek kezelése

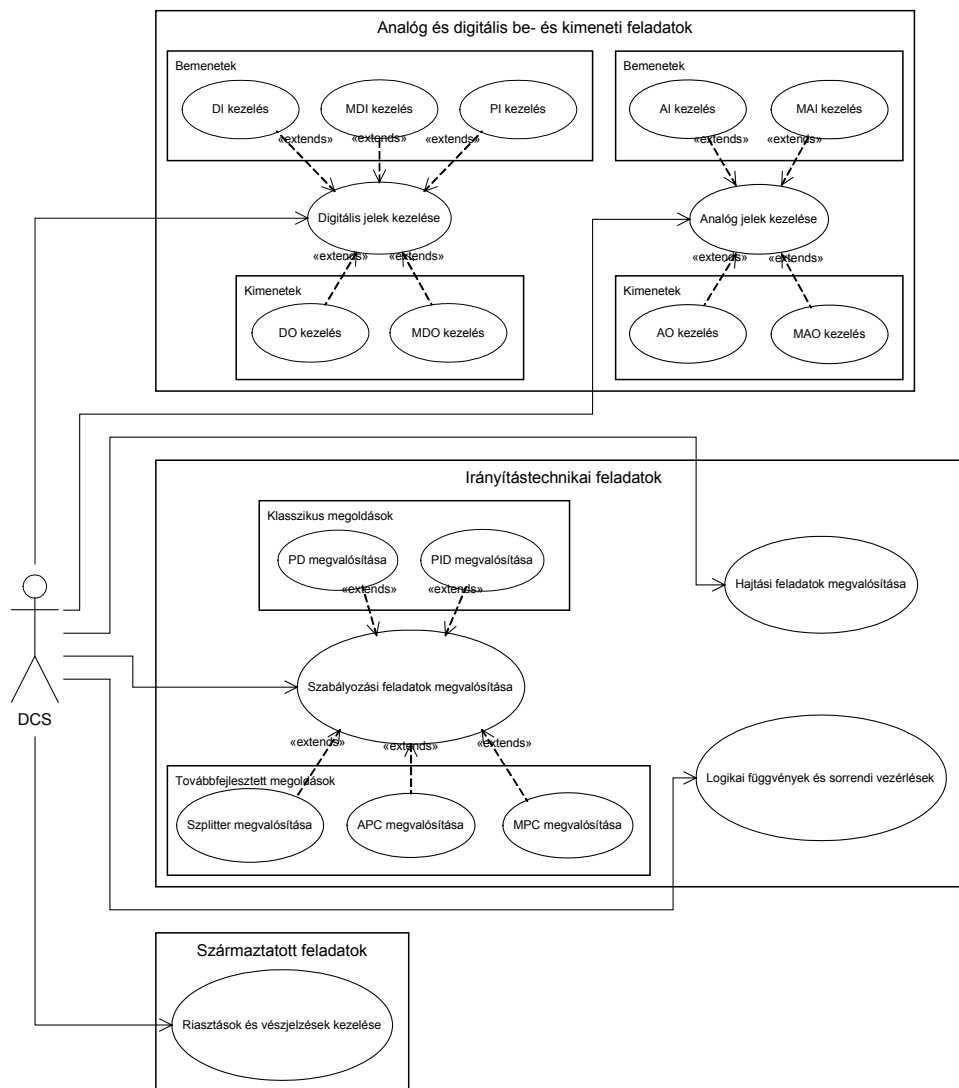
Analóg jelek kezelése

Logikai függvények és a sorrendi vezérlések

Szabályozási feladatok – algoritmusok

Hajtási feladatok megoldása

Riasztási és vészjelzésekhez kapcsolódó feladatok



2.17. ábra Feladat végrehajtás használati eset (use case) diagramja

Az irányítás hatékonysági kérdései*Redundancia kialakítása**Időzírtési kérdések**Megbízhatóság, hibatűrés**Az irányítási struktúra topológiai kérdései***A működéshez szükséges támogatás***Konfigurálhatóság**Öndiagnosztika**Alkalmazásfejlesztési háttér**Bemeneti jellemzők**Kimeneti jellemzők**Elemek gyártó-független alkalmazása**Internet hozzáférés**Beüzemelési segítség***Az irányításhoz kapcsolódó, de a működést nem közvetlenül érintő háttérszolgáltatás***OPC képesség**Adattárolás, archiválás**Adatmegjelenítés**Rendszer továbbfejlesztése (migráció)***Speciális alkalmazási területekhez kapcsolódó feladatok***Alkalmazás robbanásveszélyes övezetben**Alkalmazás különlegesen mostoha körülmények között**Nagyon nagy megbízhatósági igény*

A közvetkező fejezetekben elemzem a Foundation Fieldbus kommunikáción alapuló folyamatirányítási struktúra hatékonysági jellemzőit a bemutatott, a DCS folyamatirányítási rendszerek minősítésére kidolgozott módszer alapján.

3. A Foundation Fieldbus irányítástechnikai alkalmazásának vizsgálata

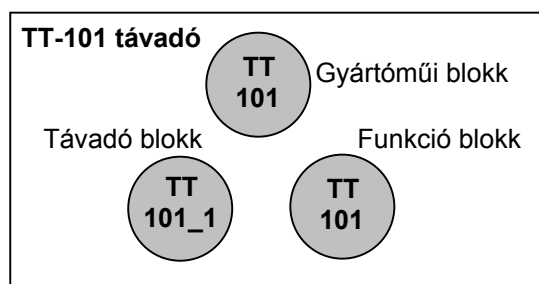
A folyamatirányító rendszerek alapját képező funkció blokkok felépítését és működését, de főként a teljesítőképességet meghatározó jellemzőket az előző fejezetben ismertettem. A Foundation Fieldbus kommunikációs rendszer megjelenésének és alkalmazásának egyik legnagyobb újdonsága a funkció blokkoknak a terepi eszközökbe történő letöltése, vagyis ez által a folyamatirányítás területén is megvalósult a feladatok és az erőforrások teljes elosztottsága.

Ebben a fejezetben a dolgozat fő témakörét érintő, a terepen megvalósítható, illetve a megszorításokkal végrehajtható folyamatirányítási feladatokat elemzem annak érdekében, hogy az FF kommunikáció hatékonyságát tudjam jellemezni. Mivel az előző fejezetben a funkció blokkokat csoportosítottam a kidolgozott módszer alapján, ebben a fejezetben is ezt az utat követem, vagyis a Foundation Fieldbus kommunikáció funkció blokkjainak jellemzésével egyidejűleg mutatom be az FF irányítástechnikai lehetőségeit és korlátait, ezáltal a hatékonyságát. A szükséges méréseket többféle DCS-en végeztem, de a dolgozatban a DeltaV folyamatirányító rendszeren konfigurált összeállításokat és méréseket mutatom be, és ezek alapján határozom meg a különböző megoldások jellemzőit. Ebben a fejezetben nem minden mérés került leírásra, de a mérési összeállítások és a mérési eredmények az M5-Mellékletben megtalálhatók.

3.1. A Foundation Fieldbus kommunikációs rendszer blokkjai

A funkció blokkok alkalmazása a terepi eszközökben alapvetően megváltoztatta az irányítási filozófiát, hiszen az intelligens terepi eszközökben olyan feladatok megoldására nyílt lehetőség, amelyek eddig csak a PLC-ben, a SCADA rendszerekben vagy a DCS irányítási egységeiben (Control File, Control Station, stb.) lehetett megvalósítani. A terepi eszközökben elhelyezhető funkció blokkok száma, és a láncolási lehetőségek korlátozottak, és ez meghatározza a terepi irányítás minőségét, ezért vizsgáltam ezeket a kapcsolatokat.

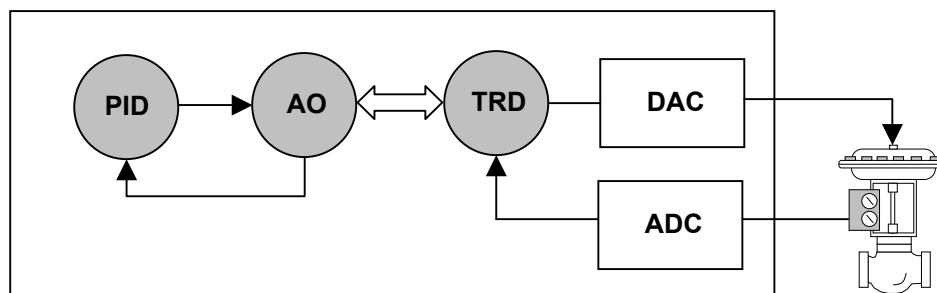
A terepi kommunikáció folyamatirányítási alkalmazása esetén a tervezőnek a felhasználói rétegen nyílik lehetősége a paraméterek beállítására, és ez az „eljárás” érvényes az FF rendszer alkalmazása esetén is. Mind a H1, mind a HSE rendszerben a következő három blokk: gyártóműi (resource), távadó (transducer) és funkció (function) blokk megtalálható, és ezeken az elemeken keresztül lehet megvalósítani a tényleges alkalmazást [67]. A funkció blokkok általános érvényűek, de a gyártóműi és a távadó blokkok az adott eszközre jellemző, vagyis műszer specifikus blokkok. A 3.1. ábrán látható a TT-101 tervjelű hőmérséklet távadó mindhárom blokkja, ahol a blokkok ugyanazzal a tervjellel kerülnek beszámozásra (a távadó blokknál azért használunk „alszámot”, mert az eszköz több távadó blokkot is tartalmazhat).



3.1. ábra Foundation Fieldbus blokkstruktúra

A gyártóműi blokk (resource block), melyből minden eszközben csak egyetlen található, az eszköz hardver felépítésének jellemzőit tartalmazza, így a diagnosztikai programok használatát ezen a blokken keresztül lehet biztosítani. Ebben a blokkban található a gyártó cég azonosítója, a szoftver verzió, távadó esetében az érzékelő típusa, és egyéb, a felhasználó által nem módosítható paraméterek.

A távadó blokk (transducer block) a virtuális funkció blokkokat köti össze a valódi rendszerrel, vagyis ezen, illetve ezeken keresztül biztosítható az egységnek a kommunikációs rendszerre történő csatlakoztatása. Ezek a blokkok „olvassák” be a távadó fizikai jelét, illetve „írják” a szelep pozicionáló hardverébe a megfelelő információt.



3.2. ábra Távadó blokkok kapcsolata a fizikai elemmel

A 3.2. ábrán egy szabályozó szelep funkció blokkjai, és a fizikai elemmel, a szeleppel, illetve a pozicionálóval kapcsolatot tartó távadó blokkok láthatók (PID – algoritmus blokk, AO – analóg kimeneti blokk, TRD – távadó blokk, ADC – analóg digitális jelátalakító, DAC – digitális analóg jelátalakító). A szelep esetében is több funkció blokk található az eszközben (pl. a pozicionáló hőmérsékletének mérésére szolgáló távadó), de ehhez hasonlóan más távadókban is igen nagyszámú funkció blokk található.

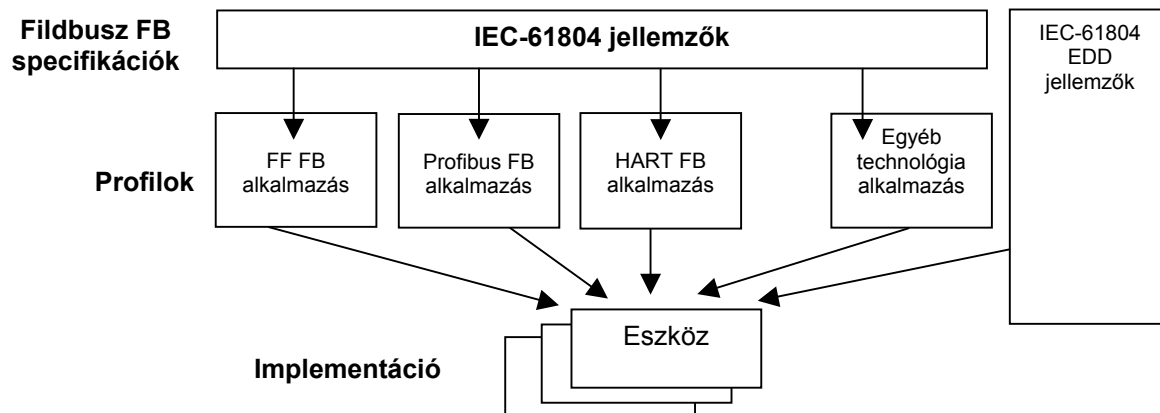
Alapvetően a funkció blokkok helye, teljesítőképessége, és azok végrehajtási ideje dönti el az FF hálózatra épülő irányítási rendszer alkalmazhatóságát, ezért ezeknek a jellemzőknek a vizsgálata képezte a kutatási tevékenységemnek azt a részét, amely alapot ad a Foundation Fieldbus kommunikációs rendszer hatékonyságának meghatározására..

3.2. Funkció blokkok a Foundation Fieldbus H1 rendszerben

Mind a gyártásautomatizálás, mind folyamatirányítás területén az irányítási feladatok általában jól körülhatárolhatóak, legyenek azok a technológiára vonatkoztatva bemeneti, kimeneti, vagy akár szabályozási feladatok. Az elosztott folyamatirányítási rendszerekben a nagyszámú automatizálási feladatok a funkció blokkok segítségével képezhetők le. Az 1.4. fejezetben bemutatásra került a funkció blokkok elhelyezése az ISO-OSI rendszerben, de a funkció blokkok csoportosítására, és az előző fejezetben javasolt módszerrel történő minősítésére ebben a fejezetben kerül sor.

Az FF rendszerekben irányítási célokra alkalmazható funkció blokkokat az IEC 61804 szabvány írja le [85]. A funkció blokkok három egységből állnak, úgymint az eszköz paramétereit, a kommunikációt, és a megjelenítést tartalmazó blokkokat. Ezeknek a blokkoknak egy része elemfüggő, más adatai az adatátviteli technológiához (Foundation Fieldbus, Profibus PA, HART) kötődnek. A szabvány pontosan meghatározza a terepi

eszközök leírására alkalmazható funkció blokkokat. A különböző adatátviteli technológiákhoz kapcsolódó egyedi jellemzők, a profilok ugyan különbözők, de ezeknek a struktúrája adott, hiszen ugyanarra a szabványra épülnek (3. 3. ábra).



3.3. ábra Az IEC-61804 szabvány alkalmazása a különböző profilokra

Az IEC-61804 szabvány előírásai szerint kialakítandó funkció blokkokat az IEC-61804-1 (Function Block (FB) for Process Control Part 1: Overview of system aspects) fejezet 2003-ban foglalta össze. A folyamatirányításhoz szükséges minimális funkció blokk készletet a szabvány másik része tartalmazza – IEC-61804-2.

A terepi eszközökben, a fentieknek megfelelően az eszköz minden jellemzője megadható (konstrukciós jellemzők – érzékelő elem típusa, súly, stb., működéshez kapcsolódó funkciók – linearizálás, diagnosztika, stb., üzleti paraméterek – ár, termék kiadási idő, stb.), így ezek a jellemzők a gyártó módosítását követően az eszközbe újra betölthetők.

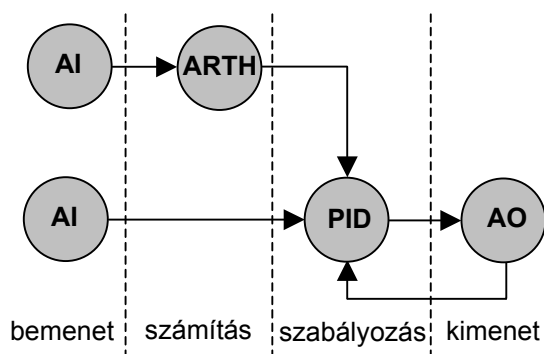
Az IEC-61804-2 szabvány a funkció blokkok két csoportját írta le, melyeken belül az alábbi blokkok álltak rendelkezésre a szabvány megjelenésekor [81], [82], [83], [84]:

- Alkalmazói blokkok – 6 típus:
 1. Mérő (bemeneti) FB
 2. Analóg beavatkozó (kimeneti) FB
 3. Digitális bemeneti FB
 4. ON/OFF beavatkozó (kimeneti) FB
 5. Számítást végző FB
 6. Szabályozó FB
- Technológiai blokkok – 4 típus:
 1. Hőmérséklet technológiai blokk (TB)
 2. Nyomás TB
 3. ON/OFF TB
 4. Beavatkozó TB

A felsoroltakon kívül ma már lényegesen nagyobb számú funkció blokk áll rendelkezésre, melyek közül az eszköz feladatát ellátó blokknak az eszközökben mindenképpen rendelkezésre kell állnia, hiszen csak ezek alapján biztosítható, hogy meghibásodás esetén az eszközt cserélni lehessen (gyártófüggetlen alkalmazás).

Természetesen ezeken kívül minden eszköz rendelkezhet még más, egyedi funkció blokkal is, aminek segítségével a feladatok esetenként sokkal hatékonyabban oldhatók meg.

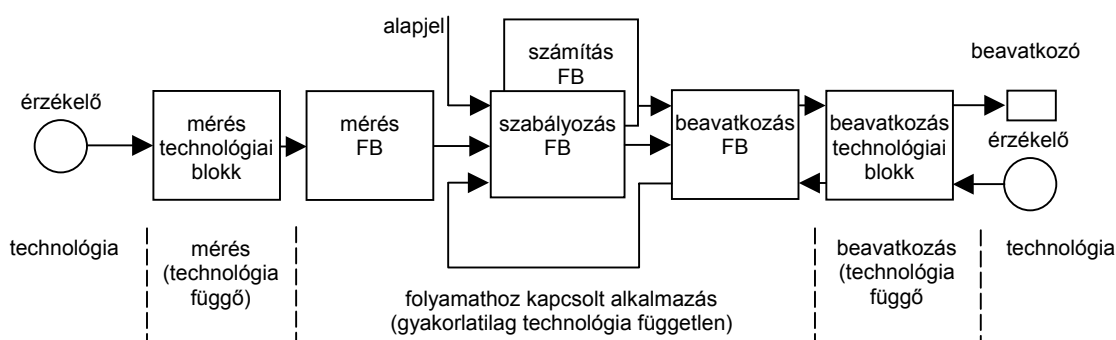
A funkció blokkok másik csoportosítását az irodalom a feladat végrehajtása szerint végzi el, vagyis az irányítási feladatok alapján bemeneti, számítási, szabályozási és kimeneti osztályokat különböztethetünk meg. Egy arányszabályozási példa elemei láthatók a 3.4. ábrán [1].



3.4. ábra Foundation Fieldbus funkciók osztályozása

A funkció blokkoknak az irányítási feladatok szerinti csoportosítása megfelel a 2. fejezetben, a folyamatirányító rendszerek minősítésére kidolgozott eljárásnak, amely egyrészt különbözik az irodalmi megoldásoktól [74], [75], másrészt a struktúrája miatt – kétállapotú jelek kezelése, mérési feladatok, logikai függvények megvalósítása, szabályozási feladatok, hajtási feladatok, és a riasztási feladatok elvégzése szerinti osztályozás – lényegesen logikusabb.

Egy tipikus folyamatirányítási feladatnak, a szabályozás végrehajtásának funkció blokkokkal történő realizálását mutatja be a 3.5. ábra.

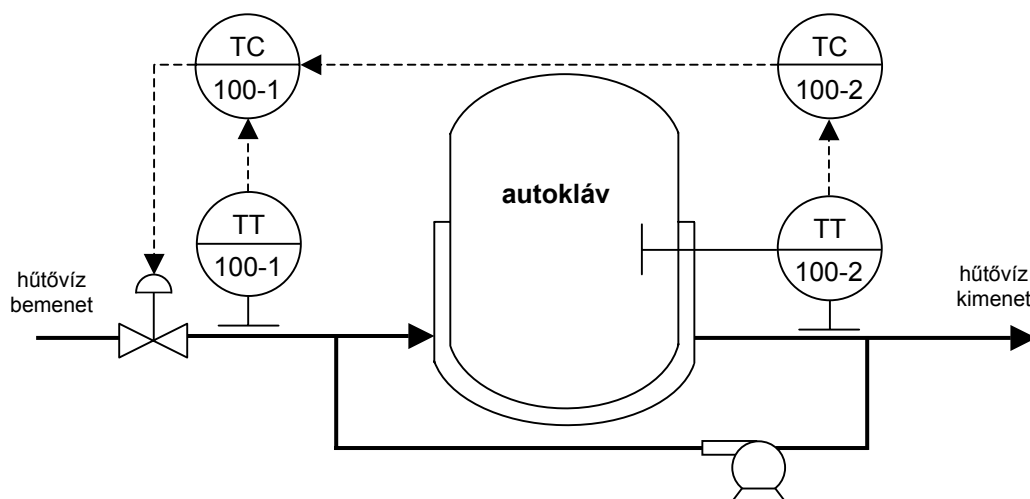


3.5. ábra Irányítástechnikai feladat végrehajtás blokkjai

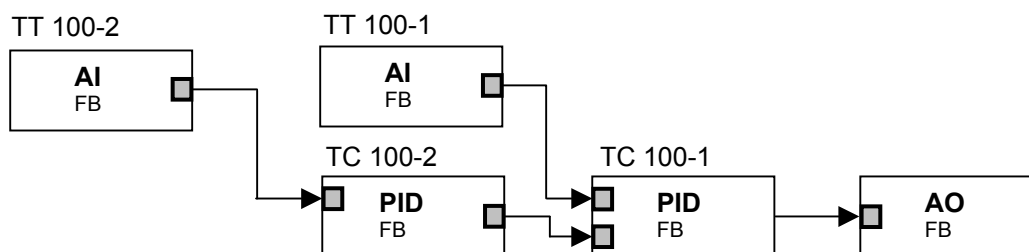
Amint az ábrán látható, a funkció blokkokkal kialakított struktúra szinte teljes egészében követi a klasszikus szabályozástechnika blokkvázlatos felépítését, az érzékelőtől a

beavatkozó egységig. A folyamatirányításnak ez klasszikus ábrázolása képezi le a legjobban a valódi feladat végrehajtást, így az FF rendszerben biztosított megoldások csoportosításával és értékelésével igazolható az általam javasolt (2. fejezetben részletezett) módszer használhatósága.

Az FF alapú feladatmegoldások alapján tekintsünk egy egyszerű technológiai folyamatot. Az irányítástechnikai gyakorlatban elterjedt, a technológiai folyamatot és a műszerezést együttesen megjelenítő műszerezési rajzot (P&ID – Process and Instrumentation Devices) mutat be a 3.6. ábra, és a technológiának megfelelő, az FF rendszerben használt, funkció blokkokkal kialakított kapcsolás látható a 3.7. ábrán.



3.6. ábra Autokláv hőmérséklet kaszkád típusú szabályozásának P&ID rajza



3.7. ábra Autokláv kaszkád típusú hőmérséklet szabályozásának megvalósítása

A P&ID alapján a műszerezés még lehetne „hagyományos” kaszkádszabályozás is, ebben az esetben a PID algoritmus a DCS-ben futna, de a Foundation Fieldbus eszközök alkalmazásával a végrehajtás alapvetően változik meg. Amíg a „hagyományos” rendszerekben (PLC, SCADA vagy DCS) az analóg (esetleg intelligens, de nem FF) távadók a jelet a központi egységnek szolgáltatják, amely a szabályozási algoritmus alapján vezérli a beavatkozó egységet (a szelepet), a 3.7. ábrán bemutatott funkció blokkok a terepen valósítják meg a teljes szabályozási feladatot.

Az egyre nagyobb számban megjelenő funkció blokkokat a fieldbus szervezet (Fieldbus Foundation) csoportokba sorolta, így az elsőként megjelenő (FF-891 – Function Block Application Process) szabványban a legfontosabb funkció blokkokat definiálták. Ezt követően több új szabvány jelent meg (FF-892, FF-893 és FF-894 – M2-Melléklet), amelyben

megtalálhatók a legújabban szabványosított blokkok [80], [81], [82], [83], [84]. Különösen fontosak ezek a szabványok abból a szempontból, hogy a már bevezetett, de a jövőben egyre jobban elterjedő HSE rendszerekben a felhasználók ugyanezeket a funkció blokkokat alkalmazhatják.

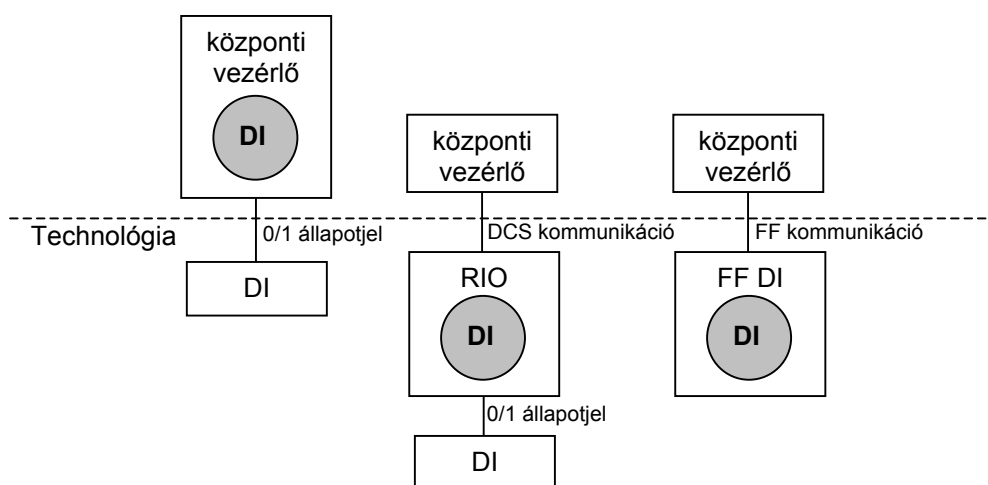
Az FF kommunikációra épülő folyamatirányítás alkalmazhatóságát a feladat végrehajtás, mint a legfontosabb jellemző, oldaláról vizsgáltam. Ennek a vizsgálatnak az eredményeként javasolt egyes megoldások már működő technológiákon üzemelnek, és bizonyítják a használhatóságot.

A következő fejezetrészekben, a 2. fejezetben ismertetett minősítési eljárást követve mutatom be a Foundation Fieldbus kommunikáción alapuló terepi irányítás hatékonyságát, teljesítőképességét. A feladatok végrehajtásának, a különböző lehetséges megoldásoknak a bemutatását követően ismertetem az elemzést, és a következtetést. A bemutatott módszer a MOL Rt. KTD Algyői atmoszférikus propán-bután gáztároló – MOL Rt. Algyő ATM [97], [98], a MOL Rt. Dunai Finomító Gázolaj Kénmentesítő – MOL Rt. DUFI GOK-3 [111], és a Benzin Kénmentesítő – BEK-5 [110] technológiákon már üzemelő Foundation Fieldbus rendszerre épülő irányítástechnikai rendszerben alkalmazásra került.

3.3. Kétállapotú jelek kezelése

Irányítástechnikai szempontból általában a kétállapotú (diszkrét) be-, kimeneti jelek feldolgozása a legegyszerűbb, ezért sok esetben a technológián történik a jelkezelés, de gyakran szükséges ezeknek a jeleknek az állapotáról információt biztosítani a felhasználó részére is (pl. vészjelzés), vagy a vezérlőből kimeneti jelet szolgáltatni (pl. riasztási jel).

A „hagyományos” DCS struktúrákban a digitális be-, kimeneti jeleket leggyakrabban vagy a központi műszerszobában elhelyezett vezérlő, vagy a terepen elhelyezett távoli elérésű (Remote I/O – RIO) egység kezeli. Az első esetben a funkció blokk szoftver a DCS-en fut, míg a másik esetben a terepi RIO egységben. Foundation Fieldbus kommunikációjú távadó esetében a funkció blokk az eszközben hajtódik végre (3.8. ábra). A vázolt három megoldás között a végrehajtás hatékonysága (végrehajtási idő, kezelhetőség, stb.) szempontjából gyakorlatilag nincs különbség, de ennek ellenére a RIO alkalmazása jelenleg a leggyakoribb, melynek végrehajtási jellemzőit az adott DCS jellemzők határozzák meg.

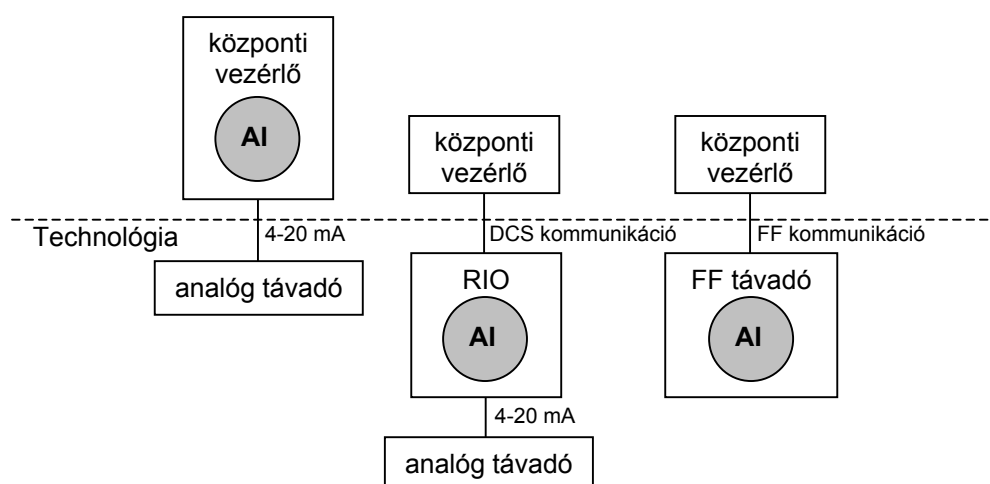


3.8. ábra A DI blokk elhelyezésének lehetőségei

3.4. Analóg jelek kezelése

A technológiai folyamatokhoz kötődő mérés az irányítási rendszer meghatározó eleme mind a folyamatirányításban, mind a gyártásautomatizálás területén. A folyamatirányító rendszerekben a mérésadatgyűjtéstől a PLC-től a SCADA rendszereken keresztül a DCS struktúrákig számtalan fejlesztés született, de a mérés, és a mért érték távadása szinte alig változott. A kétvezetékes, 4-20 mA jelszinttel dolgozó analóg jeltovábbítást követő HART kommunikáció hozta a legjelentősebb minőségi változást a mérési eredmény feldolgozásában (kétirányú adattovábbítás, és többparaméteres jelérzékelés), de még a DCS-t alkalmazó rendszerek esetében is szinte minden mérésfeldolgozás a központi műszerszobában, illetve a terepen elhelyezett, intelligens vezérlő egységekben – (Control File, vagy Control Station, vagy Field Control System, stb.) zajlott.

Az eszközben rendelkezésre álló, és egyre nagyobb szerepet játszó számítógépes háttér, és a kapcsolódó terepi kommunikáció lehetővé tette, hogy a feladatok túlnyomó része már nem feltétlenül a fent említett vezérlőkben, hanem az eszközökben hajtsák végre (3.9. ábra).



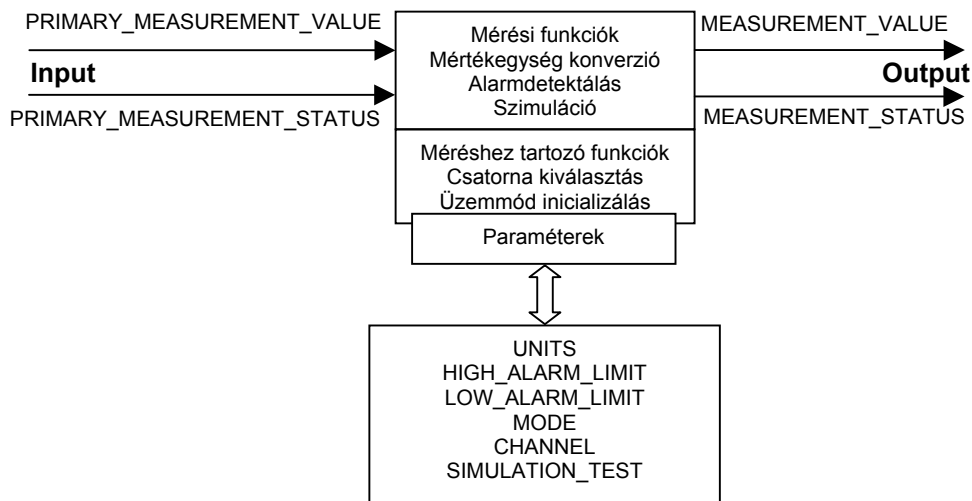
3.9. ábra Az AI blokk elhelyezésének lehetőségei

A mérések így ma már nem csak az érzékelők „tartozékai”, hanem a végrehajtó egységekben (lásd 3.2. ábra) is, ezért kell besorolni a mérési feladatok közé a végrehajtó egységben meglévő mérést (pl. szelep esetében pozicionáló helyzetérzékelése). A méréshez használt funkció blokkok jelentős (majdnem teljes) része a távadókban kerül alkalmazásra, hiszen a mérési feladatot a valóságban ezek az egységek végzik el. A távadók esetében a legfontosabb funkciók szinte minden egységbe beépülnek (konvertálás, szűrőtagok, vészjelek), és természetesen a szimulációt is lehet használni ezekben az egységekben. Az üzemmódok kiválasztására lehetőség nyílik minden mérési feladatot ellátó funkció blokk esetében.

A mérési feladatok végrehajtására jelenleg az alábbi általánosan elterjedt funkció blokkok állnak rendelkezésre:

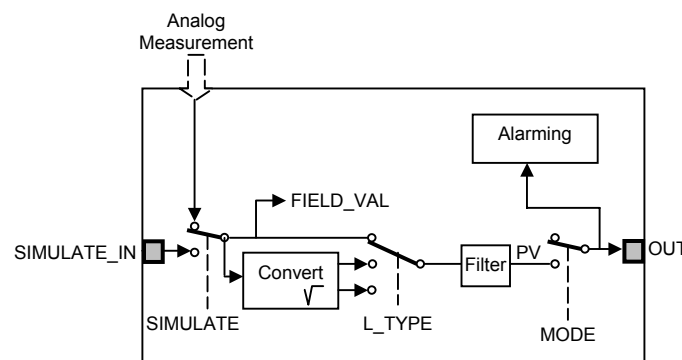
- Bemenetek
 1. Analóg bemenet (AI)
 2. Multiplexelt analóg bemenet (MAI)

Az IEC 61804 szerinti mérésfeldolgozás folyamatát mutatja be a 3.10. ábra, amelyen a fő funkciók mellett az egyéb jelzések és kiválasztási paraméterek is láthatók (alarmjelzés, csatorna kiválasztás, üzemmód, stb.).



3.10. ábra DI funkció kezelése DeltaV rendszerben

Egy tipikus, a DeltaV irányítási rendszerben alkalmazott AI funkció blokk általános felépítése látható a 3.11. ábrán.



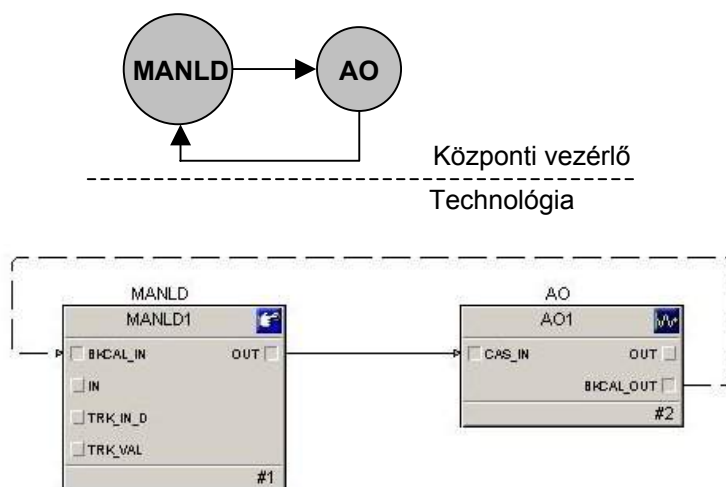
3.11. ábra AI funkció kezelése DeltaV rendszerben

Nem a mérési feladatokhoz tartozik szorosan, de az analóg jelkezelés szempontból mégis ebbe a kategóriába kell sorolni az analóg kimeneti jeleket, amelyek közül a leggyakrabban használatosak az alábbiak:

- Kimenetek
 1. Analóg kimenet (AO)
 2. Multiplexelt analóg kimenet (MAO)

Az analóg kimeneti funkció blokkok (az AO és MAO) általában nem önállóan használt blokkok, hiszen a szabályozástechnikában tipikusan a szeleppozicionálóban használjuk ezeket a blokkokat. A számítógépes folyamatirányítás esetében is biztosítani kellett az esetleges meghibásodások esetén alkalmazható kézi beavatkozást, amelyet a DCS

rendszerek esetében a Manual Loader – MANLD nevű funkció blokk hajt végre (*MANLD funkció blokk értelemszerűen csak a vezérlőben kerülhet futtatásra*). A 3.12. ábrán látható egy DCS központi vezérlő egységbe konfigurált kézi beavatkozás, ahol a szelep analóg, 4-20 mA áramjellel vezérelt.

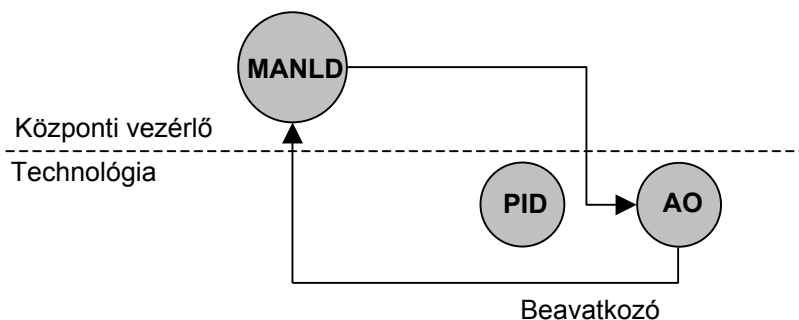


Makrociklus idő: 100 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	MANLD, AO

3.12. ábra Kézi (MANUAL) szabályozás megvalósítása DCS vezérlőben

Az ábrán látható funkció blokkokból konfigurált kézi szabályozás végrehajtási idejét a DCS határozza meg, amelyeknek a legkisebb választható végrehajtási ideje tipikusan 100 ms. Abban az esetben, ha FF kommunikációval rendelkező DFC-501 szelepet használunk, a makrociklus fogja meghatározni a végrehajtási időt, amely összeállításra a 120 ms időzítés adódik.



Makrociklus idő: 120 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	AO
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	MANLD

3.13. ábra Kézi (MANUAL) szabályozás megvalósítása FF kommunikációjú szeleppel

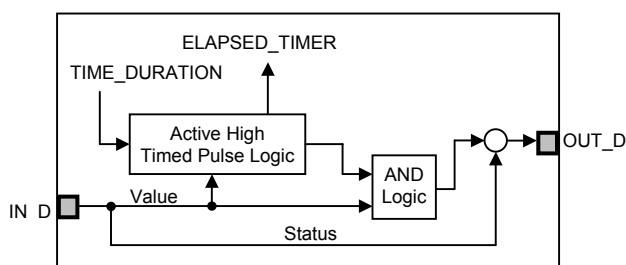
Egyedi alkalmazás esetében az AO blokkot külön is lehet használni (3.13. ábra), de ilyen alkalmazási példa a jelenlegi gyakorlatban általában hajtások esetében található [102].

3.5. Logikai függvények és sorrendi vezérlések

A digitális folyamatirányító rendszerekben (például PLC-ben, DCS-ben) a sorrendi vezérlés megvalósítása, vagy a logikai függvények realizálása a szabványos módszerek (folyamatábra, létradiagram, leíró nyelv használata, stb.) valamelyikével történik, melyek jelentős része, az FF rendszerekben csak jelentős megkötésekkel használható [119]. A logikai feladatok ellátására a funkció blokkok közül az alábbiakat sorolom ebbe a kategóriába:

- Időzítés és kombinációs logikai függvény (Timer)
- Konstans (Constant)
- Tároló, vezérlés (Flip-flop, edge trigger)
- Bemeneti választó (Input selector)

A felsorolt funkció blokkok a gyártók könyvtárában a legváltozatosabb néven állnak rendelkezésre, de a feladat végrehajtása szempontjából a megadott kategóriákba szinte kivétel nélkül minden funkció blokk besorolható. Egy tipikus, a DeltaV irányítási rendszerben alkalmazott időzítő egység (impulzus szélesség előállítására alkalmas) funkció blokkjának általános felépítése látható a 3.14. ábrán.



3.14. ábra Időzítő (Timer) kezelése DeltaV rendszerben

A logikai függvények és sorrendi vezérlések megvalósítását biztosító blokkok körébe tartoznak a nagyszámú logikai függvényt tartalmazó, szabadon programozható funkció blokkok (Flexible Function Block – FFB) is, amelyek közül a terepi eszközökben most még csak elenyészően kevés található.

A terepi FF eszközökkel a logikai feladatok, és a sorrendi vezérlések végrehajtása a rendelkezésre álló funkció blokkok összekötésével biztosítható. Mivel a terepi eszközök jelentős részében nem állnak rendelkezésre a fent felsorolt funkció blokkok, a sorrendi vezérlést, illetve az esetenként nagyon fontos logikai függvényt csak a vezérlő egységben lehet végrehajtani. Ez a „kényszerű megoldás” nem lassítja le az irányítási folyamatot, hiszen ezekben az esetekben a feladatok jelentős része a vezérlőben fut (lásd 2.13. ábra, és a teljes kép az M3-Mellékletben).

3.6. Szabályozási feladatok

A Foundation Fieldbus digitális kommunikáció, és a hozzákapcsolódó irányítási rendszer alapvetően az irányítási stratégia megvalósítását biztosító funkció blokkok miatt különbözik más digitális ipari kommunikációs rendszerektől. A szabályozási feladatok objektum formájában történő realizálásának köszönhető, hogy a folyamatirányítás területén ez a rendszer terjedt el oly nagymértékben.

A kutatási feladataim között a szabályozás megvalósításával részletesen foglalkoztam, de nem elemeztem a különböző szabályozások, egy adott feladat megvalósítása szempontjából egészen eltérő megoldásait kínáló, korszerű elméleti módszereket (ez nem volt célkitűzés, így nem is része a dolgozatnak).

Egy adott szabályozási feladat végrehajtása szempontjából döntő jelentőségű:

- a szabályozási algoritmus „szolgáltatásának” minősége (egyszerű PID, kaszkád, stb.),
- a szabályozási algoritmus végrehajtásának helye (az adott eszközök közül a távadóban, vagy a szelepleben, a központi irányító rendszerben, vagy a terepi szabályozó egységben – Control Station),
- a szabályozási algoritmusok láncolhatósága, kapcsolata a különböző eszközökben rendelkezésre álló funkció blokkok között,
- a szabályozás végrehajtásának ideje,
- a szabályozási redundancia kérdései.

A terepi kommunikációs rendszerek működésének szempontjából fontos, a fentebb leírt jellemzők vizsgálatához tartozó kutatási eredményeket az alábbiakban foglalom össze.

3.6.1. Szabályozási algoritmusok

A különböző szabályozási megoldások (fuzzy, adaptív és modellalapúak széles választéka, neurális, stb.) bár kétségtelenül egyre jobban használhatók, az ipari folyamatirányítás területén ma még továbbra is a legelterjedtebbek a modell alapú prediktív PID algoritmusok alkalmazása.

A leggyakoribban használt funkció blokkok, gyártó cégtől függetlenül az előző, 2.5.1.4. fejezetben leírt algoritmusokat használják. Ezek az algoritmusok szinte kivétel nélkül a (2.1) képletben közölt alapösszefüggés digitalizált változatai, melyek közül a két legismertebb a SMAR és az Emerson Process Management cég által használtak az alábbiak.

SMAR cég által használt átviteli függvény:

$$Out = GAIN * \left[e + \frac{\tau_d s}{1 + \alpha \tau_d s} pv + \frac{e}{\tau_r s} \right] + BIAS_A / M + F \quad (3.1)$$

Emerson Process Management cég által átviteli függvények:

$$StOut = GAIN * e * \left(1 + \frac{\tau_d s}{1 + \alpha \tau_d s} + \frac{1}{1 + \tau_r s} \right) + F \quad (3.2)$$

$$SrOut = GAIN * e * \left[\left(1 + \frac{1}{\tau_r s} \right) + \left(\frac{1 + \tau_d s}{1 + \alpha \tau_d s} \right) \right] + F \quad (3.3)$$

ahol

Out a szabályozó kimenete

StOut a szabványos (standard) szabályozó kimenet

SrOut a soros (serial) szabályozó kimenet
e az alapjelből (*w*) és az ellenőrző jelből (*y*) képzett különbségi jel
GAIN az erősítés
 τ_r az integrálási idő (reset time)
 τ_d a differenciálási idő (rate time)
 α kalkulált konstans (SMAR $\alpha=0,13$, Emerson $\alpha=0,1$)
F Feedforward értéke

A PID funkció blokk az algoritmus végrehajtásához szükséges arányos, integráló és differenciáló paramétereket és függvényeket tartalmazza. A funkció blokk a szabályozási üzemmódban különböző típusú szabályozást (feedforward, backward, lead-leg, stb.), a jelek skálázását és korlátozását (scaling, limiting), a vészjelek érzékelését (alarm detection), matematikai műveleteket (pl. gyökvonás) és egyéb műveleteket (pl. jelterjedést képes) kezelni.

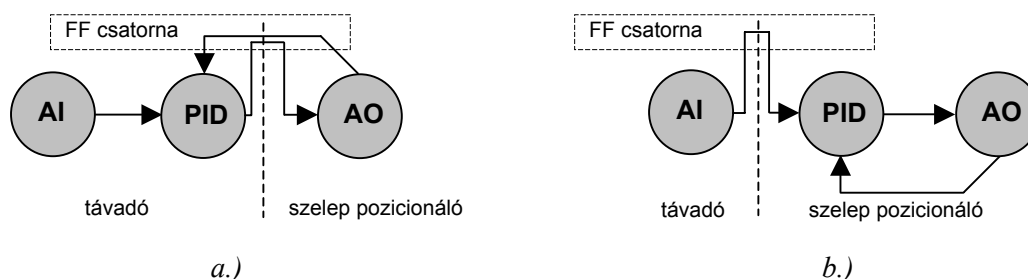
Az előzőekben leírt üzemmódok – MAN és AUTO – természetesen a szabályozási funkció blokkok esetében is működnek. Erre a leggyakrabban a szabályozási szakasszal történő manipulálás (beállítás, hangolás, mérés) esetén van a szükség. A szabályozási paraméterek száma tipikusan 10-50 közötti, de egyes eszközökben meghaladja ezeket az értékeket. A PID algoritmusok mindegyike rendelkezik kaszkádszabályozási lehetőséggel, vagyis a funkció blokkok bemenete biztosítja, hogy egy másik szabályozó kimenetéről kapcsoljuk a megfelelő jelet a PID funkció blokk CAS_IN bemenetére. A Foundation Fieldbus rendszerekben használt PID algoritmus funkció blokkjának általános felépítése teljesen megegyezik a DCS-ben használt funkció blokkokéval (a 2.16. ábrán látható PID blokkal).

Az elmúlt években az egyszerű PID szabályozó algoritmusok mellett egyre nagyobb számban jelennek meg az újonnan kifejlesztett, esetenként speciális feladat végrehajtását biztosító szabályozó algoritmusok – Enhanced PID (EPID), vagy Advanced PID (APID). Ezeknek az algoritmusoknak a segítségével adaptív szabályozást is meg lehet valósítani. Jelenleg még nem áll rendelkezésre APC (Advanced Process Control) végrehajtásra alkalmas, eszközbe konfigurálható szabályozási blokk.

3.6.2. Szabályozások megvalósítása

A funkció blokkokkal, az ipari folyamatirányítás igényeinek megfelelően, változatos szabályozási feladatok hajthatók végre. A legegyszerűbb szabályozási feladat végrehajtásához is szükség van az alapjelre, a mért értéket szolgáltató távadó jelére, és nem utolsónként valamilyen PID algoritmus használatára. Az előzőekben leírtak alapján könnyű belátni, hogy a PID algoritmus tipikusan nem eszközhöz kötött, vagyis valójában univerzálisan alkalmazható funkció blokk [77].

Az előzőekben, a funkció blokkok csoportosításánál nem került külön hangsúlyozásra az egyes blokkok „univerzalitása”, vagyis az a tulajdonság, amelyik alapján egyes blokkok akár távadóban, akár szelepből is „elhelyezhetők” (3.15. ábra).

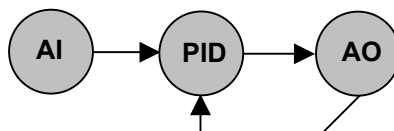


3.15. ábra PID funkció blokk használata távadóban, illetve szelep pozicionálóban

A PID algoritmusnak, mint szoftver „szubrutinnak” az univerzális alkalmazása biztosítja, hogy a tervezés során a felhasználó több szabadsággal rendelkezzen. A 3.15. ábra azonban jól szemlélteti, hogy egy egyszerű szabályozás esetében a távadóban lévő PID algoritmus funkció blokk alkalmazásával (a. ábra) a kommunikáció időigénye kétszeres a pozicionálóban lévő PID algoritmus alkalmazásához képest. Mégis egyes esetekben sor kerülhet arra, hogy a nagyobb végrehajtási időt igénylő távadóban elhelyezett PID blokkot vagyunk kénytelenek használni (amikor a szelep pozicionáló PID funkció blokkja már foglalt egy másik szabályozás céljára [106].

3.6.2.1. Egyhurkos PID szabályozás

A legegyszerűbb szabályozás esetén a távadó AI funkció blokkja kapcsolható a szelep PID funkció blokkjához, majd ennek kimenete a pozicionálóhoz, ahonnan a visszacsatoló jel is érkezik. Az ipari folyamatirányításban ez az egyszerű szabályozási igény (3.16. ábra), mint alapeset merül fel a leggyakrabban.



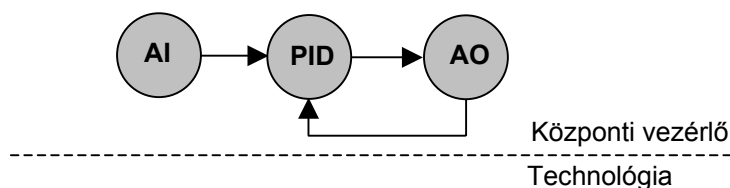
3.16. ábra PID funkció blokkal felépített egyszerű szabályozás

A jobb áttekinthetőség érdekében az egyhurkos szabályozási köröket

- hagyományos,
- vegyes, illetve
- terepi

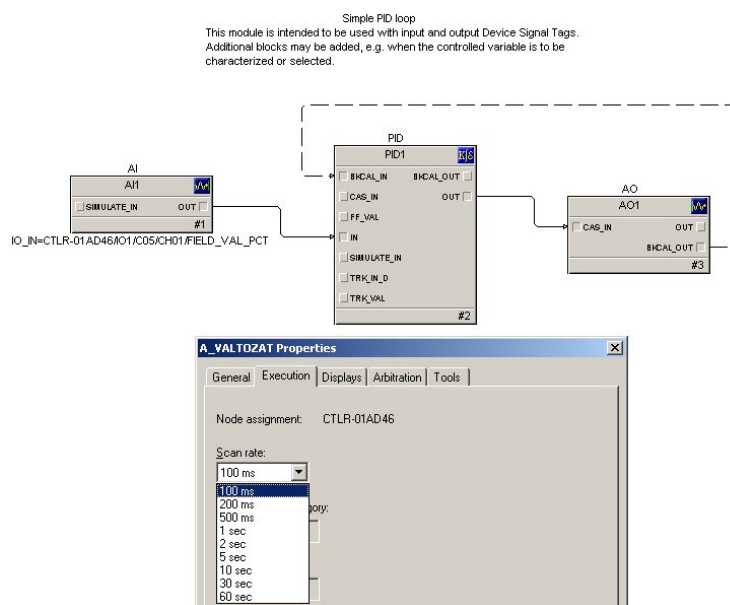
kategóriákba soroltam.

Amennyiben a rendszer minden eleme hagyományos – áramjellel (4-20 mA) működő egységekből áll (ezek a távadók, és szelepek is rendelkeznek ma már HART kommunikációval), a bemeneti egység – AI, a szabályozási algoritmus – PID, és a kimeneti egység – AO funkciók szoftveres végrehajtása egyaránt a vezérlőben történik (3.17. ábra). Ez a kapcsolás felel meg egyébként a klasszikus DCS szabályozásnak, a mérést csupán az összehasonlítás érdekében közlöm ebben a fejezetben.



3.17. ábra DCS, vagyis „hagyományos” elrendezésű szabályozás

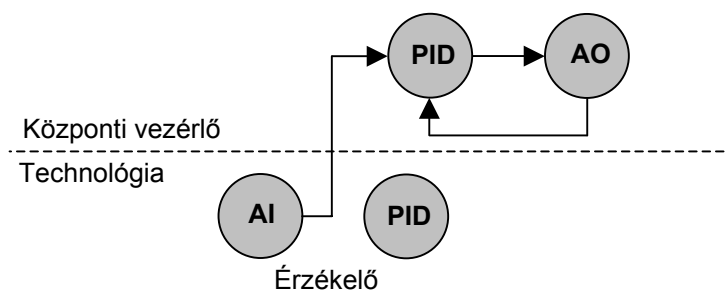
DCS alapú szabályozás esetén értelemszerűen nem a makrociklus határozza meg a végrehajtási időt, hanem az adott DCS végrehajtási ideje (scan time), amelynek a legkisebb választható értéke DeltaV folyamatirányító rendszer esetében a 3.18. ábra szerint 100 ms.



3.18. ábra DCS scan time kiválasztása PID algoritmus végrehatáshoz

Az előzőekben vázolt lehetőségek közül előfordulhatnak olyan alkalmazások, amikor vagy a távadó, vagy a beavatkozó egység nem rendelkezik FF kommunikációval, vagy a speciális technológia miatt szükséges hagyományos, analóg eszköz használata. Azok, a különleges körülmények között (pl. robbanásveszélyes övezetben) üzemelő távadók, illetve szabályozó szelepek, amelyek csak a 4-20 mA áramjel kommunikálására képesek, vagyis csak így tudnak a vezérlőhöz kapcsolódni, szabályozási körbe csak a vezérlőben elhelyezett PID algoritmus segítségével köthetők. Ilyen megoldást célszerű alkalmazni a különlegesen nagy megbízhatóságú, vagy a nagybonyolultságú matematikai algoritmust használó szabályozások esetében (pl. advanced control).

A 3.19. ábra FF távadót, és analóg jellel vezérelt szelepet tartalmazó szabályozási kört mutat be, ahol a PID algoritmus, és a szelep vezérléséhez tartozó számítási műveletek a DCS vezérlőben hajtódnak végre. A mérést két különböző összeállításban végeztem el, ennek megfelelően adódott a hőmérséklet szabályozás esetére a 90 ms makrociklus idő, míg a nyomásszabályozás ciklusideje 100 ms-ra adódott.

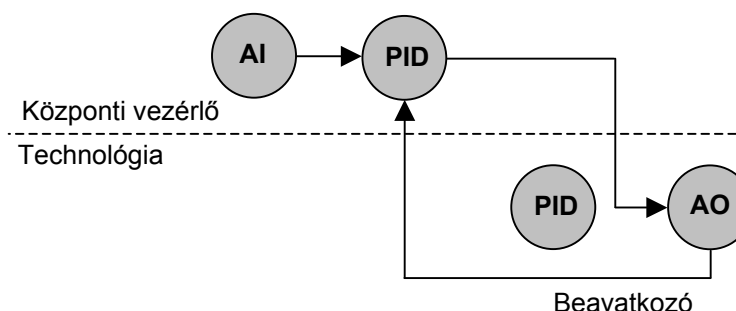


Makrociklus idő: 90 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	AI
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	PID, AO

3.19. ábra „Vegyes” elrendezésű szabályozókör FF távadóval

Abban az esetben, amikor HART kommunikációs analóg távadó, és FF szelep áll rendelkezésre, de a PID szabályozási algoritmus valamilyen más paraméterhez kötődik, és láncolási nehézségek lépnek fel (nem áll rendelkezésre a szükséges funkció blokk, vagy kiegészítő blokkra van szükség), a 3.20. ábrán látható vegyes összeállítást javaslom alkalmazni.

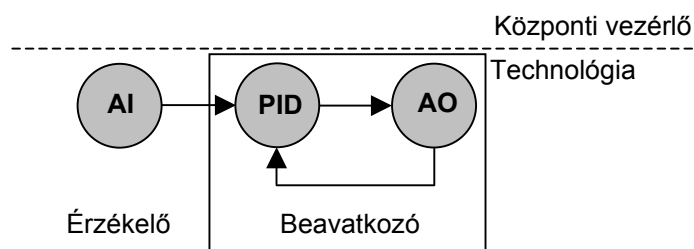


Makrociklus idő: 120 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	AI
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	PID, AO

3.20. ábra „Vegyes” elrendezésű szabályozás FF szeleppel

Azoknál az alkalmazásoknál, ahol a távadó és a szelep is FF eszköz, és egyszerű szabályozási feladatot kell ellátni, a terepen elhelyezett eszközök lehetnek a szabályozó algoritmus végrehajtási helyei, melyek közül az előzőekben megfogalmazottak (3.15. ábra) alapján a szelepen lévő PID algoritmust célszerű használni (3.21. ábra). Terepi kommunikációs rendszerek esetében ezt az összeállítást tekinthetjük „alapkapcsolásnak”. Mint látható, a makrociklus idő jelentősen megnőtt, de az első fejezetben leírtak szerinti idő elosztás, és a következő fejezetben bemutatott mérések szerint több szabályozás esetében az idő szükséglet nem nő meg jelentősen.

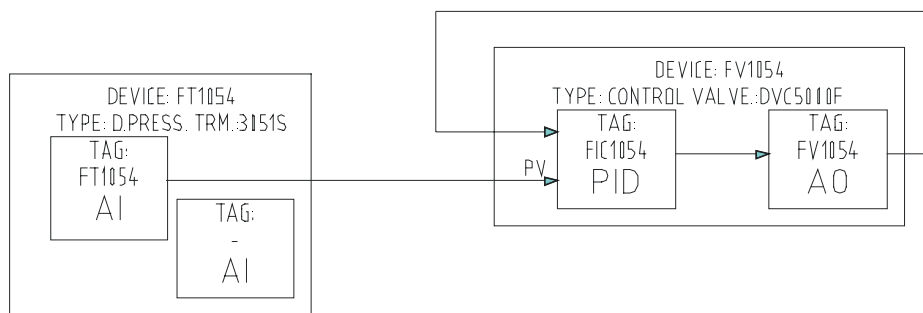


Makrociklus idő: 270 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	AI
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	PID, AO
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	-

3.21. ábra Terepi eszközökkel, terepen megvalósított szabályozás

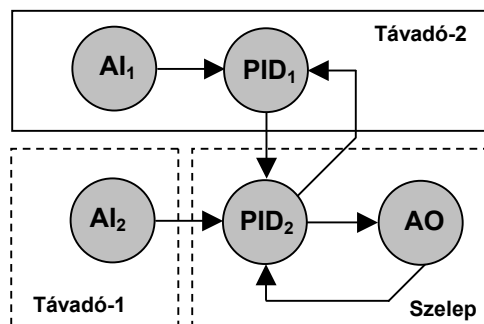
A bemutatott szabályozásra egy tipikus, már működő rendszerből vett példa látható a 3.22. ábrán, ahol a GOK-3 technológia egyik áramlás szabályozó körének megvalósítása egy nyomáskülönbség távadó és egy szelep használatával került megvalósításra (az ábra az eredeti folyamatirányító modulból kivett rajzot tartalmazza).



3.22. ábra GOK-3 technológián megvalósított terepi áramlásszabályozás

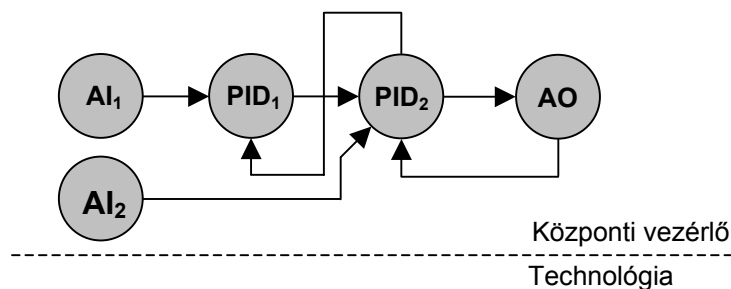
3.6.2.2. Kaszkádszabályozás

Petrolkémiai és vegyipari folyamatok irányítástechnikai megoldásainál az egyik leggyakrabban alkalmazott szabályozási megoldás a kaszkádszabályozás. A különböző reaktorok, autoklávok hőmérséklet szabályozásánál szinte elengedhetetlen a kaszkád körök alkalmazása. Mivel gyakorlatilag mindegyik funkció blokk rendelkezik a kaszkádszabályozáshoz szükséges paraméterekkel, a PID szabályozók felhasználásával viszonylag egyszerűen össze lehet huzalozni a kaszkádszabályozáshoz szükséges kört. A 3.23. ábrán bemutatott kapcsolásban az egyik PID algoritmust a szelep, míg a másik PID algoritmust (PID1) a két távadó egyike szolgáltatja.



3.23. ábra PID funkció blokkokkal felépített kaszkádszabályozás

Abban az esetben amikor a központi vezérlőben hajtjuk végre a kaszkád szabályozást, minden funkció blokk – AI1, AI2, PID1, PID2, AO – itt hajtódik végre, ezért erre az összeállításra is érvényes az előzőekben leírtak szerint a 100 ms végrehajtási idő (3.24. ábra).

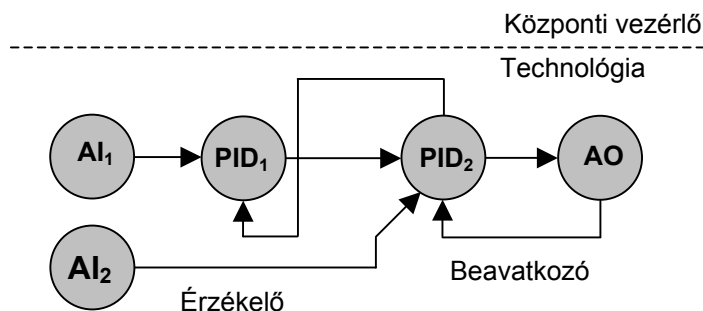


Végrehajtási idő: 100 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	-
PT-201	Nyomástávadó	R-3251	-
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	AI, AI12, PID1, PID2, AO

3.24. ábra DCS központi vezérlőben kialakított kaszkádszabályozás

A teljes mértékben terepi eszközökben megvalósított kaszkádszabályozás esetén nem kerülhető el a távadó PID blokkjának felhasználása. A terepen megvalósított legegyszerűbb kaszkádkör a 3.25. ábrán látható alap-összeállításban egy távadó és egy szelep pozicionáló funkció blokkjának felhasználásával kerül kialakításra. A közölt mérési adatokból látható, hogy a makrociklus idő közel négyszeresére nőtt az előző – a DCS-be konfigurált funkció blokkok végrehajtási – idejéhez képest.

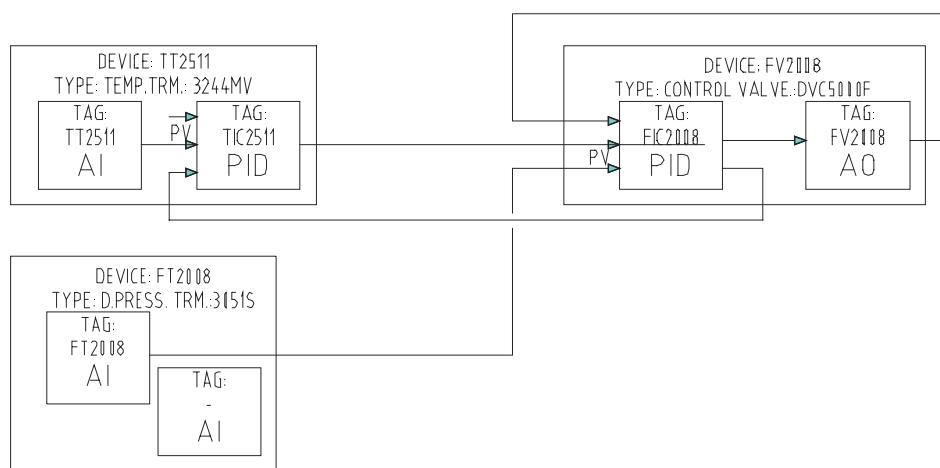


Makrociklus idő: 390 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	AI1, PID1
PT-201	Nyomástávadó	R-3251	AI2
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	PID2, AO
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	-

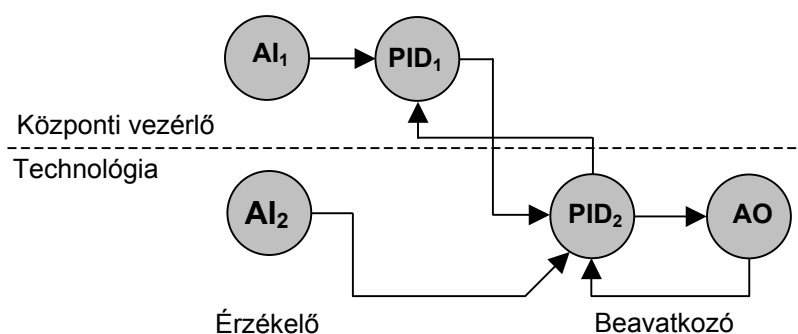
3.25. ábra Terepi eszközökben végrehajtott kaszkádszabályozás

A sémának megfelelő, egy hőmérséklet kompenzált áramlásszabályozó körnek a GOK-3 technológián megvalósított kaszkádszabályozását mutatja be a 3.26. ábra (az ábra az eredeti folyamatirányító modulból kivett rajzot tartalmazza).



3.26. ábra Terepi műszerekben kialakított kaszkádszabályozás

Azokban az esetekben, amikor a kaszkád szabályozókörkben FF kommunikációval nem rendelkező eszközt is használunk – vegyes összeállításban (3.27. ábra) – a szabályozás időszükséglete elég jelentősen megváltozik (a következő fejezetben ezek, a mért ciklusidők alapján kerülnek összehasonlításra).



Makrociklus idő: 290 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	-
PT-201	Nyomástávadó	R-3251	AI2
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	PID2, AO
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	AI1, PID1

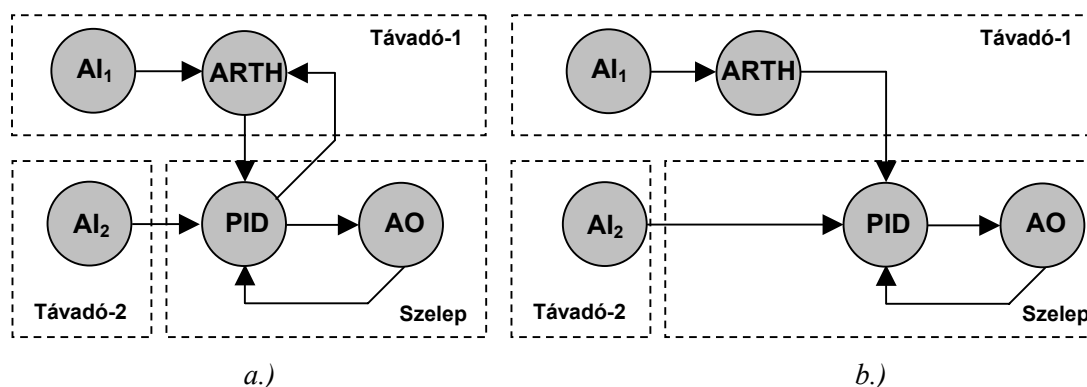
3.27. ábra „Vegyes” összeállítású kaszkádszabályozás megvalósítása

Bonyolultabb esetekben a kaszkádszabályozásban a távadónak több paraméterét is használhatjuk, ezekben az esetekben további összeállítási kombinációk is lehetségesek, amelyek az M5-Mellékletben találhatók.

3.6.2.3. Arányszabályozás

Petrolkémiai, vegyipari, élelmiszeripari és gyógyszeripari területen is nagyon gyakori igényként merül fel a különböző termékek keverése, a keverési arány széles tartományban történő állítási lehetőségének fenntartásával (pl. propán-bután gázkeverék előállítása kozmetikai, háztartási, energiaipari, stb. felhasználásra). A termék komponensek összetételi arányának pontos beállításával az értékesítés gazdaságossága nagymértékben megváltozhat, emiatt nagyon fontos az arányszabályozás paramétereinek betartása.

Tipikusan kétfajta arányszabályozás terjedt el az ipari gyakorlatban. Az egyik esetben aritmetikai funkció blokk alkalmazásával biztosítjuk a megfelelő arányú termékösszetételt (3.28.a. ábra), míg a másik tipikus arányszabályozás esetében az egyik terméket konstans mennyiségben adagoljuk, és csak a másik komponens adagolását szabályozzuk. (3.28.b. ábra).

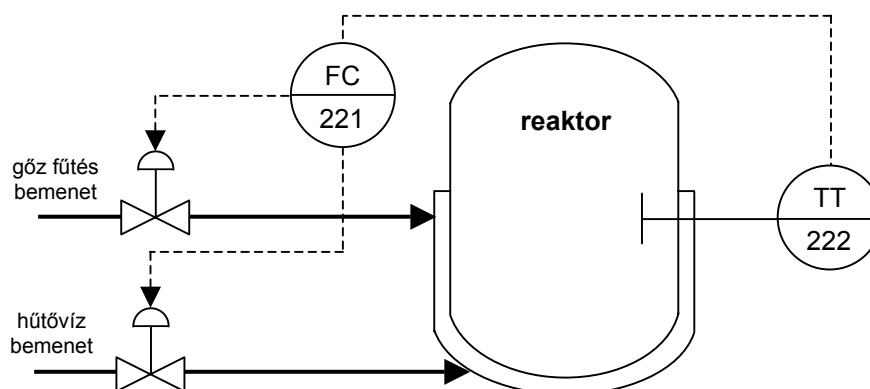


3.28. ábra PID funkció blokkal felépített arányszabályozások

Az arányszabályozást megvalósító funkció blokkok végrehajtási (illetve makrociklus) ideje megegyezik a kaszkádszabályozási összeállításával, ezért ennek a mérését nem végeztem el, mert nem ad új információt.

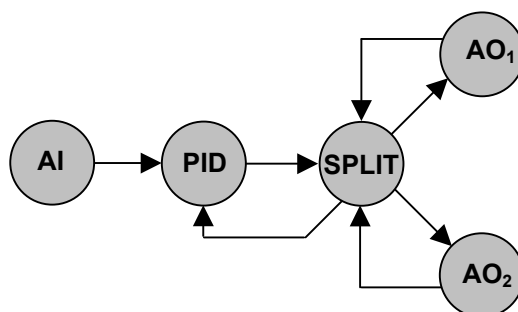
3.6.2.4. Szplitter típusú szabályozás (Split range)

Olajfinomítói technológiákon gyakran használt szabályozási megoldás a szétválasztott típusú, vagyis a szplitter szabályozás. Folyamatos technológiával működő reaktorok esetében gyakran van szükség a be és kimeneten is egy-egy szelep beiktatásával különböző jelleggörbe szerinti szabályozásra. A PID szabályozót ebben az esetben egy olyan aritmetikai feladatokat ellátó, rendszerint két kimenettel rendelkező egység követi, amely két szelep pozicionálóját képes működtetni. Egy tipikus szplitter szabályozás P&ID rajza a 3.29. ábrán látható.



3.29. ábra Szplitter szabályozás P&ID rajza

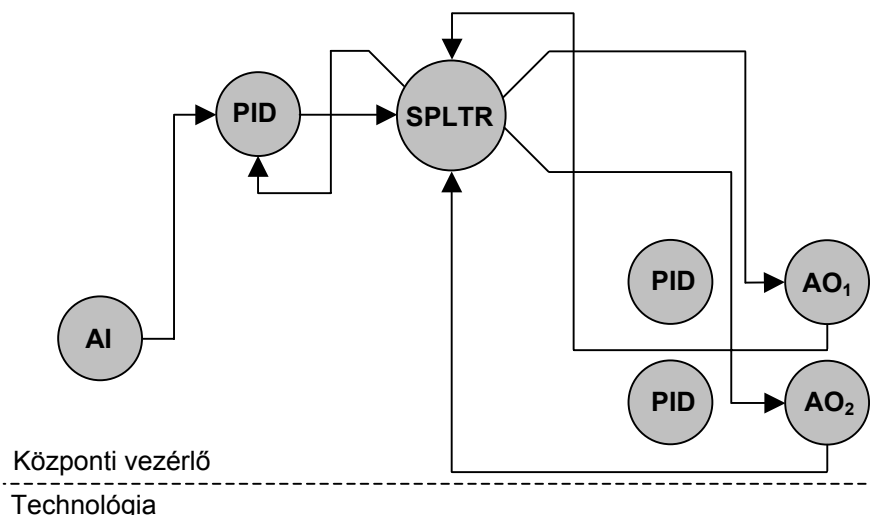
A rajzon látható, a technológiai folyamat függvényében fűtést, vagy hűtést igénylő reaktor hőmérsékletének beállítására egyrészt a fűtést biztosító gőz, másrészt a hűtésre szolgáló víz mennyiségének adagolását kell biztosítani, a megadott jelleggörbe szerint. A P&ID diagram szerint a szabályozáshoz a reaktor hőmérsékletének mérésére szolgáló távadóra, szabályozóra, és két szelepre van szükség. A 3.29. ábrán látható szplitter szabályozás funkció blokkos rajza a 3.30. ábrán látható.



3.30. ábra Szplitter szabályozás funkció blokkokkal

A rajzon láthatóan a szplitter kör alapvetően egy analóg bemeneti funkció blokkból (AI), a megosztási műveletet végző szplitter egységből (SPLTR), a szabályozási algoritmust végző PID funkció blokkból, illetve két analóg kimeneti blokkból (AO₁ és AO₂) áll.

A DCS vezérlőjében futtatott funkció blokkok még egy viszonylag bonyolultabb kapcsolás esetében is elfogadható időzítéssel valósíthatók meg, mint ahogy az a 3.31. ábrán látható.



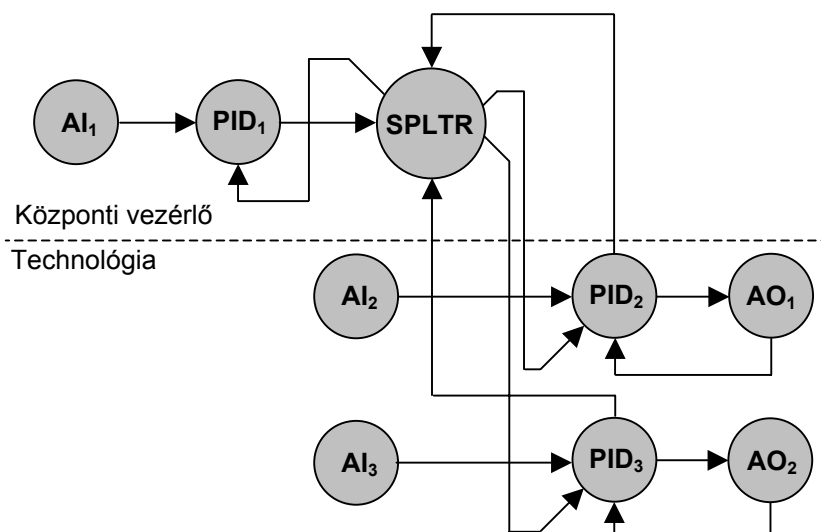
Végrehajtási idő: 100 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	-
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	AI1, AI2, AI3, PID1, SPLTR, PID2, PID3, AO1, AO2

3.31. ábra Szplitter szabályozás funkció blokkokkal

A kereskedelmi forgalomban jelenleg kapható eszközökben a szplitter szabályozást biztosító funkció blokk általában nem található meg (kivétel – SMAR pozicionáló) [74], illetve napjainkban jelennek meg a SPLIT műveletet végrehajtó eszközök. Amennyiben az eszközben a SPLIT funkció hiányzik, a teljes terepi szabályozás nem valósítható meg, ezért ebben az esetben a SPLIT feladatot csak a központi vezérlőben lehet megoldani. Erre az összeállításra javaslom a 3.32. ábrán látható megoldást, ahol az FF terepi eszközök kapcsolódnak a központi vezérlő egység funkció blokkjaihoz. Mint a mérési eredményből látható, a szabályozás időszükséglete jelentősen megnőtt, több mint négyszerese a DCS vezérlőben futtatott szubrutinnak.

Az előző kapcsolásokból jól látható, hogy DCS esetében az erőforrás nagysága (központi vezérlőben nagyobb teljesítményű mikroprocesszor helyezhető el, mint a terepen működő eszközökbe) miatt a 100 ms végrehajtási időben gyakorlatilag nagy számú funkció blokk együttes végrehajtási ideje belefér.

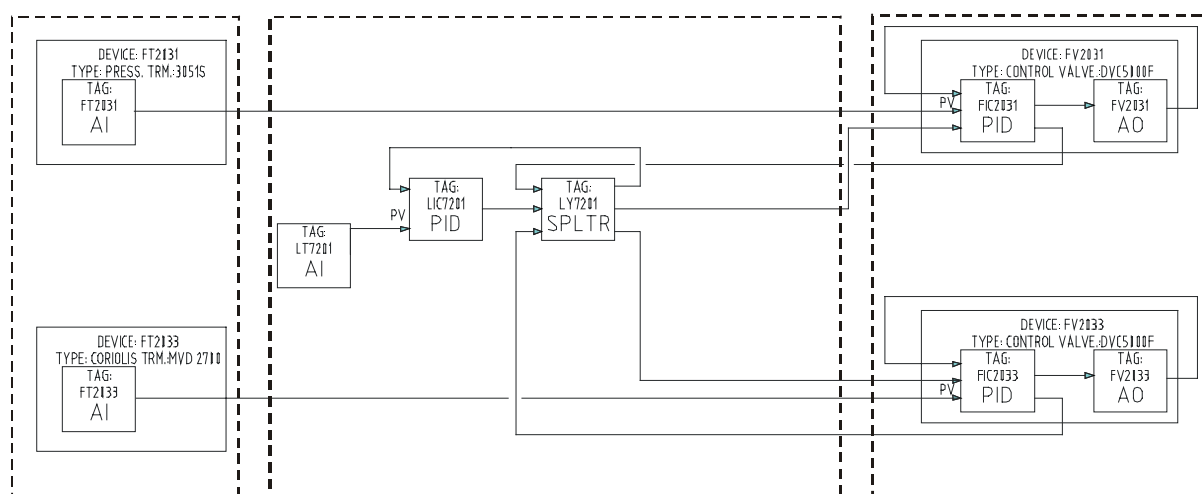


Makrociklus idő: 420 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
PT-201	Nyomástávadó	R-3251	-
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	AI2,
TT-102	Hőmérséklet távadó	R-3244	AI3,
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	PID2, AO1
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	PID3, AO2
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	AI1, PID1, SPLTR

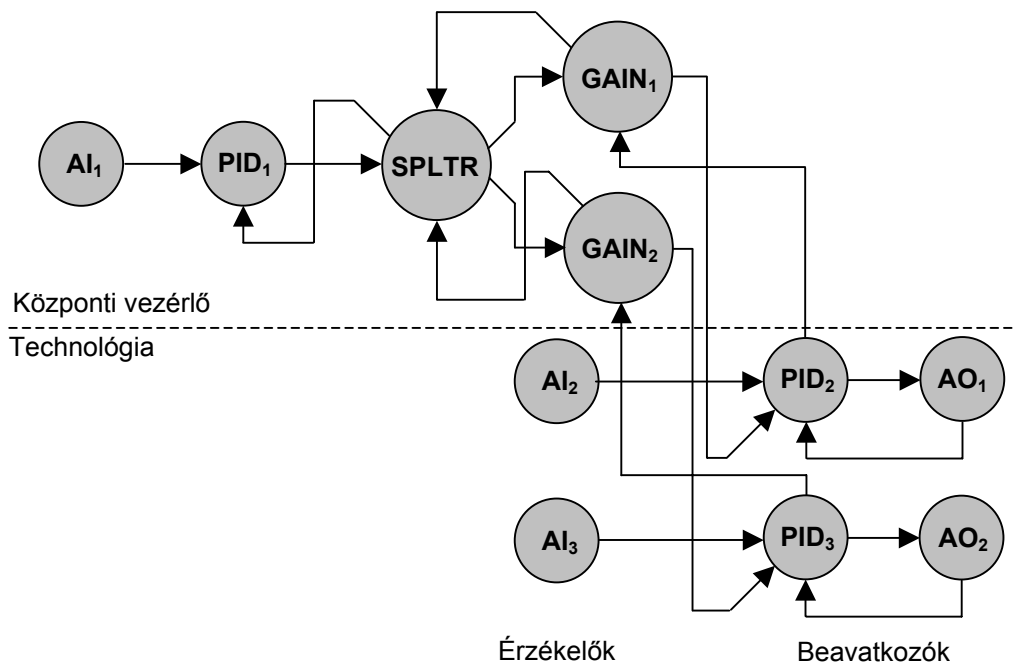
3.32. ábra Szplitter szabályozás megvalósítása GOK-3 technológián

Az elmúlt évben elkészült GOK-3 technológián, az üzembehelyezési időszakban, az eszközökben még nem állt rendelkezésre SPLIT funkció blokk, így a 3.32. ábrán látható szabályozást a DeltaV központi egység felhasználásával lehetett csak megoldani. A technológián megvalósított példát mutat a 3.33. ábra, amelyben a távadók és a szelepek FF eszközök, de a SPLIT funkciót a vezérlő oldja meg (az ábrán a középső modul). A tömegárammérők által szolgáltatott jelek, egy a DeltaV vezérlőben lévő SPLIT funkció modul felhasználásával vezérlik a szelepeket.



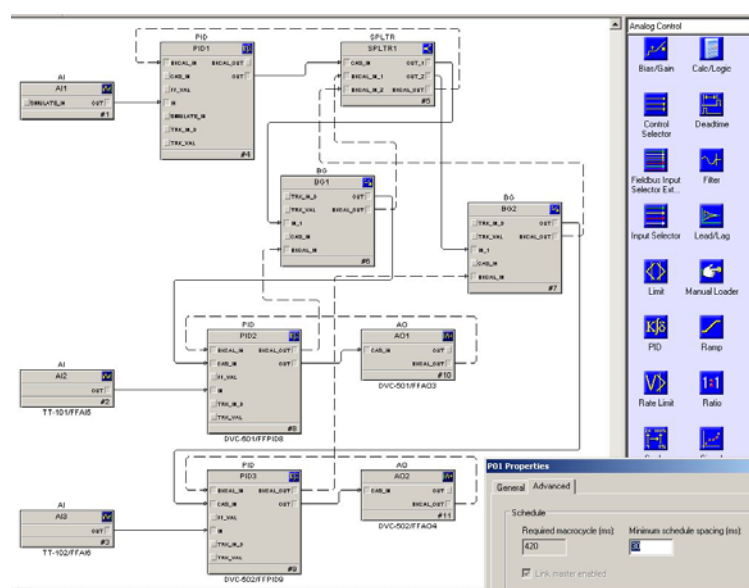
3.33. ábra Szplitter szabályozás megvalósítása GOK-3 technológián

A 3.34. ábrán bemutatott összeállítás az előzőtől annyiban tér el, hogy a PID algoritmusok egy programozható erősítőn keresztül kapcsolódnak a SPLTR funkciót végrehajtó egységhez. Mint a mérési eredményből látható, nem változik meg a végrehajtás időszükséglete.



Makrociklus idő: 420 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
PT-201	Nyomástávadó	R-3251	-
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	AI2,
TT-102	Hőmérséklet távadó	R-3244	AI3,
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	PID2, AO1
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	PID3, AO2
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	AI1, PID1, SPLTR, GAIN1, GAIN2



3.34. ábra Szpliter szabályozás programozható erősítővel

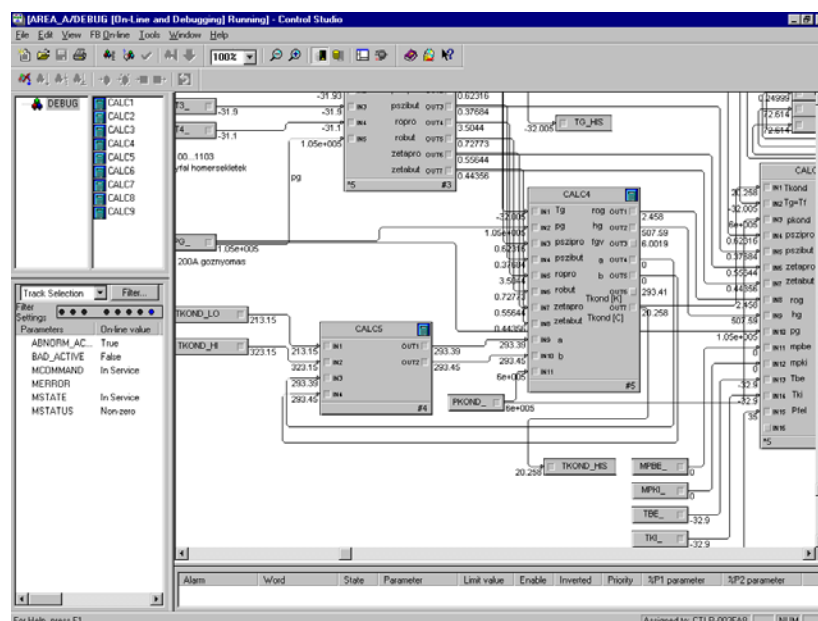
3.7. Kiegészítő funkció blokkok

Az alapvető irányítástechnikai feladatok végrehajtásához az előzőekben leírt funkció blokkok mellett kiegészítő blokkok használatára is nyílik lehetőség. A kiegészítő funkció blokkok a központi vezérlő egységekben (DCS gyártmányokban kivétel nélkül) megtalálhatók [75], a terepi eszközöknél azonban csak kiegészítő blokkokról lehet szó, vagyis nem minden eszközben található meg. Ezek, a nem alapvető feladat ellátáshoz szükséges blokkokat célszerűen három csoportba soroltam, melyek közül a legfontosabbakat ismertetem (itt jegyzem meg, hogy a logikai műveletek és sorrendi vezérlések fejezetéhez is kapcsolódnak ezek a blokkok, de csak itt kerülnek ismertetésre):

- Irányításhoz szükséges kiegészítő blokkok
 - Számítási műveletvégzést biztosító blokk
Ebbe a csoportba lehet sorolni a logikai műveletek elvégzésére alkalmas funkció blokkokat, amelyek az egyszerűbb műveleteket, illetve egyre gyakrabban már összetettebb műveleteket is képesek elvégezni. Ide sorolhatók az univerzális felhasználású, Flexibilis Funkció Blokkok (Flexible Function Block – FFB) is, amelyek képesek AND, OR, XOR és NOT funkciók realizálására ugyanúgy, mint időzítési, impulzusszámlálási, vagy tárolói (RS tároló) feladatok ellátására.
 - Függvény blokk
Ezek a blokkok (gyártótól függetlenül) mindegyike két analóg bemenettel rendelkezik, melyek egymástól függetlenül manipulálhatók, és a két kimeneten a felhasználó által programozott paraméterek szimultán módon jelennek meg.
 - Matematikai funkció blokk
A különböző gyártmányokhoz kapcsolódóan a matematikai funkció blokkok széles választéka áll rendelkezésre, melyek közül a leggyakrabban használatosak az aritmetikai, az integrátor és a szplitter funkciók.
 - Aritmetikai funkció blokk
A funkció blokk segítségével a távadóktól érkező jelekkel aritmetikai műveletek hajthatók végre. Az alapvető műveleteken (összeadás, kivonás, szorzás, osztás) kívül négyzetgyökvonás (mérőperemes áramlás távadó esetén szükséges), és matematikai egyenlet is megoldható ennek a blokknak a segítségével.
 - Integrátor funkció blokk
Az integrátor funkció blokk a bemeneti jelet integrálja a felhasználó által beállított paramétereknek megfelelően (meredekség, irány, kezdő érték, végérték, stb.).
 - Szplitter funkció blokk
Az előző fejezet részben ismertetett szplitter típusú szabályozás végrehajtásához szükséges funkció blokk, amely terepi eszközök közül csak kevésben található. Az egy bemenetből két vagy több kimenetet képező (két vagy több szelep pozicionálóját vezérlő) funkció blokk a szplitter típusú szabályozáshoz használatos. Ebben a blokkban a

beavatkozáshoz szükséges jelek szétválasztási értéke, meredeksége, kezdő- és végpontja, és még számos paraméter állítható.

A kiegészítő funkció blokkok alkalmazására mutatom be a MOL Rt. Algyői Üzemben 1999 óta működő 30.000 m³-es, atmoszférikus pb gáztározó tartály hőtechnikai szimulációs modelljének példáját, a funkció blokkokkal kialakított számító modul részletét, ahol a modell a mért értékekből és a számított paraméterekből képződik (3.35. ábra) [122]. Az előzőekben ismertetett (3.5. pont) láncolási nehézségek miatt nyilvánvaló, hogy a kiegészítő funkció blokkokkal teljes feladatmegoldás nem végezhető el a terepen.



3.35. ábra Kiegészítő (számító – Calc) blokkok használata pb gáztározó technológián

3.8. Hajtási feladatok

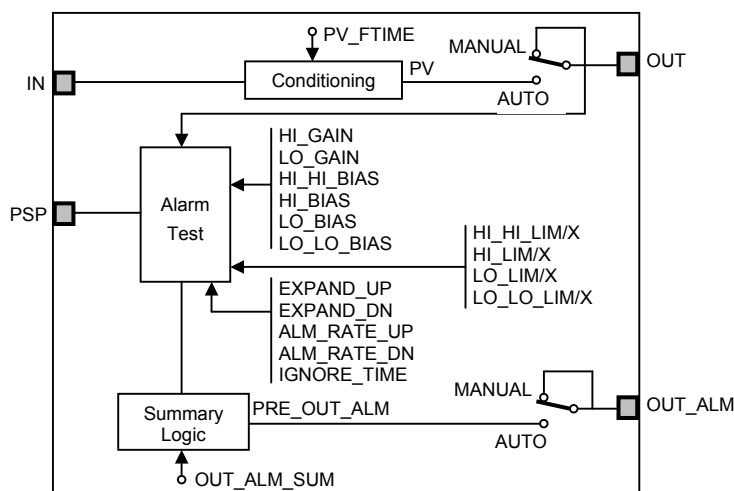
A 2.5.1.5. fejezetben az irányítási rendszerhez kapcsolódó hajtási feladatok irányítástechnikai szempontból eltérő jellegét foglalmaztam meg. A villamos hajtások jelentős része nem eszköz, hanem berendezés specifikus, ezért ezeket a berendezéseket nem lehet kötni a hagyományos irányítási rendszerhez eszközként. Amennyiben a hajtási feladatok elvégzésére kifejlesztett berendezések FF kommunikációval rendelkeznek, a rendszerbe integrálás nem jelent semmi nehézséget, mert egységes kialakítás biztosítható. Ettől eltérő esetekben az 1. fejezetben leírt kommunikációs rendszerek valamelyikével hagyományos buszillesztéssel lehet a hajtást az irányítási rendszerbe csatolni.

3.9. Riasztási és vészjelzési feladatok

Egy adott technológián az 2.5.1.6. fejezetben megfogalmazott riasztási és vészjelzési feladatok a figyelemkeltéstől a súlyos környezeti katasztrófa megakadályozásáig (éltvédelem, technológia védelme, kármentés) terjednek.

A gyártók által kifejlesztett „alapfeladatú” funkció blokkokban megtalálható az alarm figyelésre szolgáló egység, de igény szerint még külön blokkot is lehet kapcsolni az analóg méréseket végző eszközök blokkjaihoz. Ezekre mutat példát a 3.36. ábrán bemutatott Analóg

Alarm – AALM funkció blokk, amelyben az analóg mért értékhez nagyszámú riasztási és vészjel kapcsolható:



3.36. ábra AALM funkció blokk belső felépítése

A riasztási és vészjelzésekhez köthető beavatkozási műveletekkel (pl. OUT láncolása beavatkozó szervhez) a felhasználó biztosíthatja, hogy a tervezett, illetve megvalósított rendszer meghibásodása esetén a szükséges beavatkozás megtörténjen. A riasztási jelek

3.10. Összefoglalás

2. Tézis

Kidolgoztam a Foundation Fieldbus kommunikációra épülő, terepen végrehajtható folyamatirányítási lehetőségeket, és a kidolgozott módszert a gyakorlatban alkalmaztam.

A Foundation Fieldbus kommunikáció megjelenésével a folyamatirányítási feladatok elvégzésének helye alapvetően megváltozott. A technológiai paraméterek mérésére és távadására szolgáló távadók az érzékelésen, a jelkondicionáláson, a digitalizáláson túl sok olyan feladatot is képesek elvégezni, amelyekre a régebbi gyakorlatban csak a központi műszerszobában elhelyezett egységek voltak képesek – pl. parametrizálás, aritmetikai művelet, szabályozási algoritmus.

A folyamatirányítási feladatok számítógépes elvégzésére szolgáló szubrutinoknak, vagyis a funkció blokkoknak a végrehajtása történhet a központi vezérlőegységben vagy a terepi eszközben, illetve vegyes megoldások is létrehozhatók. A terepi kommunikációra épülő folyamatirányítási megoldások vizsgálatával, és a feladat megvalósítási helyének elemzésével meghatároztam, hogy melyek azok a feladatok, amelyek csak a vezérlőben, csak a terepen, illetve vegyes kapcsolatban végezhetők el.

A funkció blokkokkal kialakított és vizsgált kapcsolások a következő táblázatban összefoglalóan láthatóak, részletesen az M4-Mellékletben találhatóak.

PID algoritmus végrehajtása

<i>Jelölés</i>	<i>Összeállítás</i>	<i>[ms]</i>
PID-1	AI, PID és AO a központi vezérlőben	100!
PID-21	AI a TT-101-ben, PID és AO a kontrollerben	90
PID-22	AI a PT-201-ben, PID és AO a kontrollerben	100
PID-3	PID a kontrollerben, AO a szelepben	120
PID-41	TT-101 + DVC5000F, PID a szelepben	270
PID-42	PT-201 + DVC5000F, PID a szelepben	230
PID-51	TT-101 + DVC5000F, PID a hőmérséklet távadóban	270
PID-52	PT-201 + DVC5000F, PID a nyomástávadóban	215

Kaskád szabályozás végrehajtása

<i>Jelölés</i>	<i>Összeállítás</i>	<i>[ms]</i>
KPID-1	Kaskád minden eleme a központi vezérlőben	100!
KPID-2	Kaskád, 1 hőmérő, 1 nyomásmérő	290
KPID-3	Kaskád tracking alapértékkel	290
KPID-41	Kaskád, AI1 és PID1 a hőmérséklet távadóban, AI2 a nyomás távadóban	390
KPID-42	Kaskád, AI1 és PID1 a nyomás távadóban, AI2 a hőmérséklet távadóban	330

Manuális szabályozás végrehajtása

<i>Jelölés</i>	<i>Összeállítás</i>	<i>[ms]</i>
MAN-1	Man loader és AO a kontrollerben	100
MAN-2	Man loader a kontrollerben, AO a szelepben	120

Szplitter szabályozás végrehajtása

<i>Jelölés</i>	<i>Összeállítás</i>	<i>[ms]</i>
SPID-1	Szplitter minden eleme a központi vezérlőben	100!
SPID-2	Szplitter, és a PID1 és PID2 minden eleme a központi vezérlőben	100!
SPID-3	AI a terepen, PID, SPLTR, AO1 és AO2 a kontrollerben	290
SPID-4	AI a terepen, PID és SPLTR a kontrollerben, AO1 és AO2 a szelepekben	260
SPID-5	AI1, PID1, SPLTR a kontrollerben, AI2, AI3, terepen, PID2, PID3, AO1 és AO2 a szelepekben	420
SPID-1	AI1, PID1, SPLTR, GAIN1 és GAIN2 a kontrollerben, AI2, AI3, terepen, PID2, PID3, AO1 és AO2 a szelepekben	420

! a központi vezérlőben végrehajtott művelet idejét jelöli, a többi érték a makrociklus idő

A különböző megoldások számbavételével az alábbi legfontosabb következtetések vonhatók le:

1. A kétállapotú jelek esetében a hagyományos megoldások előnyösebbek, mert egyrészt a digitális be- és kimenetek a kis mennyiségű adat miatt feleslegesen terhelnék a buszt, másrészt a DI és DO jelek RIO egységbe történő bekötése a vezetékszám szempontjából is előnyösebb.
2. Az analóg jelek terepi buszra kötése kifejezetten előnyös, mert ezzel viszont a központi egységet lehet tehermentesíteni, így az egyéb feladatok (advanced control, AMS, stb.) elvégzése hatékonyabban oldható meg.
3. A logikai függvények, és a sorrendi vezérlések területén a terepi megoldások csak vegyes összeállításban jöhetnek számításba, mert a láncolási korlátok miatt a nagyszámú függvény funkció blokkokat nem célszerű a terepi eszközbe letölteni.
4. A szabályozási feladatoknál, az egyszerű PID algoritmusok esetében a terepen végrehajtott szabályozás időszükséglete megegyezik a hagyományos DCS típusú megoldással. Kaszkád és szplitter típusú szabályozás esetében a terepi megoldások hatékonysága jelentősen eltér a hagyományosétól.
5. Alarm feladatok ellátására a terepi eszközök kiválóan alkalmasak (alarm jelek konfigurálásával a végrehajtási idő nem változik), ezért ezek „terepen történő” használata, a forrástól érkezett adat prioritása miatt igen előnyös.

A bemutatott példák alapján kidolgozott kapcsolások egy valóságos ipari létesítményben, a MOL Rt. Dunai Finomító GOK-3 technológián kerültek alkalmazásra.

A következő fejezetben bemutatom a Foundation Fieldbus kommunikációs rendszerre kidolgozott redundancia megoldásokat, és a különböző egyszerű és összetett szabályozási körök végrehajtási idejének meghatározására szolgáló elméleti megoldásokat, illetve azokat a kapcsolásokat, amelyeket modellberendezésen vizsgáltam.

4. Az irányítás hatékonysági kérdései FF rendszerben

Az irányítás hatékonyságának elemzésére és minősítésére a hagyományos folyamatirányító rendszereknél alkalmazott módszert, az előzőekben leírtak szerint a terepi kommunikációs rendszerek esetében is lehet alkalmazni, ezért ebben a fejezetben azt a három alapvető kérdést:

- redundanciát,
- időzítési kérdéseket,
- és a megbízhatóságot és hibatűrést

vizsgálom, illetve a mérési eredmények alapján elemzem [105], amelyek a működés szempontjából meghatározók. Az előző fejezetben közölt mérések az alapkapcsolásra vonatkoznak, míg ebben a fejezetben a különböző gyakorlati összeállításokhoz szükséges, Foundation Fieldbus szegmensben tipikusan létrehozható kapcsolásokat mutatom be.

4.1. Redundancia kialakítás

Az ipari folyamatirányító rendszerekkel szemben támasztott megbízhatósági követelmények szakszerű megfogalmazása (a rendszerek 24 órás, folyamatos üzemű működése miatt) az egyik legfontosabb feladat az üzemeltetés szempontjából, mert meghibásodás esetén dönteni kell az üzemelés közbeni javítás, vagy a leállás mellett, ami jelentős mértékű költségkülönbséget jelent. A nagyfokú biztonság elérése érdekében általában hibátűrő rendszerek alkalmazására van szükség. A hibatűrés rendszerint nem azt jelenti, hogy egy adott rendszer a meghibásodást követően ugyanolyan paraméterekkel (hatásfok, megbízhatóság, biztonság, stb.) üzemel, hanem azt, hogy esetleg nem mindegyik feladatot képes ellátni, teljesítménye lecsökken, de a legfontosabb feladatokat képes végrehajtani [28].

A hibátűrő rendszerek minősítésével nagyszámú publikáció jelent meg az elmúlt években, egyrészt az elméleti oldalt részletesen taglaló matematikai, valószínűség számítási, másrészt a különböző megvalósításhoz kapcsolódó tudományterületeken (riszka analízis, megbízhatósági elemzés, élettartam vizsgálat, stb.). [9] [46]

A megbízható rendszerek működését alapvetően meghatározó és befolyásoló, előre tervezett redundancia viszont döntő hatással szerepel az üzem hibamentes működésére. Az irányítástechnikában a redundancia az alkalmazott hardvertől a szoftverig terjed, ezért foglalom össze az FF szempontjából fontos jellemzőket [108].

Írányítástechnikai szempontból redundánsnak azt a rendszert nevezzük, amelyben az elemek száma (hardver, szoftver) több a minimálisan szükségesnél. Ennek oka, hogy pl. ha az egyik elem rossz, a másik még rendszerint működik. Abban az esetben, amikor az egyik elem nem teljesen hibás (pl. a távadó nem ad helyes értéket), akkor nem lehet eldönteni, hogy melyik elem által kiadott érték a helyes, ilyen esetben szükség van egy harmadik elemre is a döntéshez. Ezt a megoldást nevezzük szavazó rendszernek.

Hardver-redundancia

A hibatűrés biztosítása miatt az irányítástechnikai rendszerekben kiegészítő hardver elemeket alkalmaznak, különböző funkciókkal. Ezek a funkciók egyrészt a működéshez kapcsolódó tesztelést (beépített öntesztelést), másrészt pedig egyes elemek (tartalékként) ismétlését jelentik általában [34].

Szoftver-redundancia

A hibatűrés biztosítása miatt az irányítástechnikai rendszerekben kiegészítő szoftver elemeket, ill. szoftverrel megvalósított módszereket alkalmaznak. Ezek a módszerek rendszerint az öntesztelés megvalósítását, valamint az ismétlődő funkciók ellátását jelentik [47].

Információs redundancia

A hibatűrés biztosítása miatt sok esetben többlet információt célszerű használni az irányítástechnikához kapcsolódó informatikai és kommunikációs rendszerekben (paritásbit, hibajavító kódok alkalmazása, ellenőrző összeg stb.) [19].

Idő-redundancia

Az idő redundancia a feladat végrehajtásához szükséges feldolgozási idő megnövelését jelenti. A legelterjedtebb megoldás a feldolgozás, a számítások ismételt lefolytatása, az eredmények összehasonlításával egybekötve. A megvalósítás egyaránt történhet hardverrel és szoftverrel is [64].

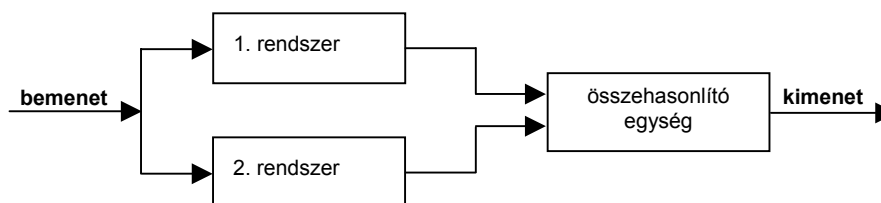
Egy adott rendszerben a redundancia rendszerint az alábbi három megoldást jelenti:

- párhuzamos duplikálás,
- tartalékelemes működtetés,
- hárommodulos redundancia.

Párhuzamos duplikálás

A legrégebben alkalmazott struktúra, ahol a hardver egységek megkettőzve és párhuzamosan működnek. Ezt a rendszert teljes struktúrában és a rendszer egyes, legfontosabb elemeinek megkettőzésével (tápegység, vezérlő egységek, I/O egységek, stb.) lehet kialakítani. Mindegyik egység önállóan képes elvégezni a feladatot és egyforma eredményt kell produkálni helyes működés esetén. Egy külön egység felügyeli a két modul eredményének egyezését, és eltérés esetén csak az egyik egység jelei kerülnek további feldolgozásra (4.1. ábra).

Ennek a rendszernek a hátránya, hogy a hibát ugyan érzékeli, de hatékonyan nem avatkozik be.



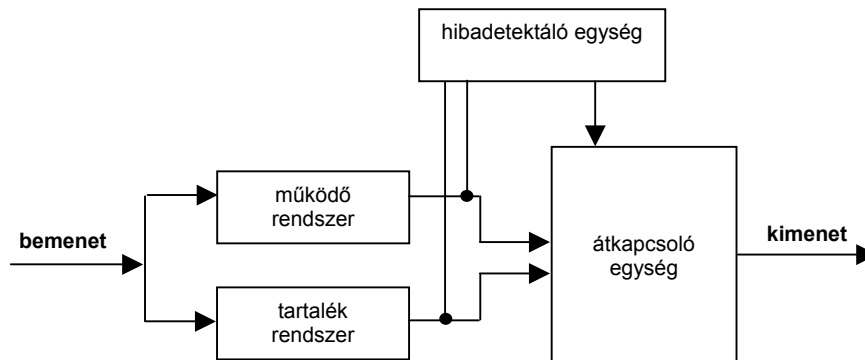
4.1. ábra Párhuzamos duplikálás

Tartalékegységes működtetés

A struktúra hasonlít az előző elrendezéshez annyiban, hogy itt is két egység működik üzemszerűen, de ebben a struktúrában az egyik egység a kijelölt működő, a másik a tartalék egység. A kimenetre jutó jelet az átkapcsoló vezérli, a hibadetektor paramétere alapján. Ebben az összeállításban a hibadetektor meg

tudja állapítani, hogy melyik egység hibásodott meg. Mindkét egység meghibásodása esetén a működés leáll (4.2. ábra).

A rendszerben a tartalékmodul általában „meleg” tartalékként üzemel, vagyis állandóan bekapcsolt állapotban van. Hidegtartalék üzemmód is lehetséges, de ez kevésbé használatos.

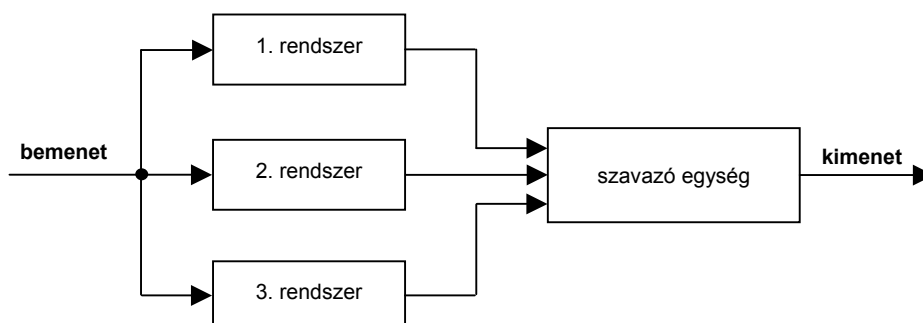


4.2. ábra Működtetés tartalékegységgel

Hárommodulos redundancia

Az előző rendszerek kialakításánál látható, hogy nagy hibatűrés esetére nem felel meg a két egység használata, ilyen esetekben legalább három egységet célszerű használni. Ez az elrendezés az ún. TMR (Triple Modular Redundancy) struktúra, amelynek használatakor természetes, hogy egy új egységre, a szavazó egységre van szükség. Ez az egység vizsgálja meg, hogy melyik két egység szolgáltat azonos jeleket, így a meghibásodott egység kiszűrhető. Abban az esetben, amikor két vagy három modul hibásodik meg, valószínűleg három különböző jel jut a szavazóra, amely ilyenkor megállapítja a hibás működést. Ennek következménye, hogy egy biztonságra törekvő leállítás lép életbe, vagy tartalékegység lép be.

A három egység egyidejű meghibásodásának valószínűsége rendkívül kicsi. Az is belátható, hogy a vázolt elrendezés az egyik egységnek a meghibásodása esetén ad „megnyugtató” megoldást, vagyis még nagyobb hibatűrés esetére több egység használata szükséges. Ennek ellenére a TMR rendszer terjedt el, melynek rajza a 4.3. ábrán látható.



4.3. ábra TMR rendszer struktúra

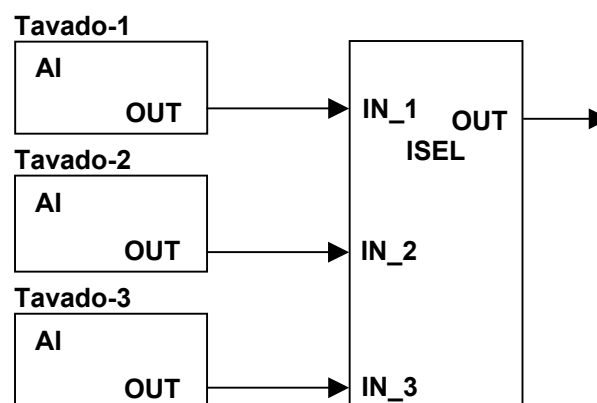
A terepi alapú irányítási rendszerekben általában érvényesülnek az előzőekben leírt redundancia elvek, de a soros kommunikációs rendszer struktúrája miatt célszerű a jellemzők megfelelő csoportosítása, és az értékelés korrekt megfogalmazása.

A Foundation Fieldbus technológiát használó rendszerben a redundancia nyilvánvalóan nem kizárólag a vezetékek megduplázását jelenti, ezért ezekben a rendszerekben a következő redundanciákat célszerű megkülönböztetni:

- Távadó redundancia,
- Kontroller redundancia,
- Szelep redundancia,
- Tápfeszültség redundancia,
- LAS redundancia,
- Kaszkád hurok redundancia,
- Vezeték redundancia.

4.1.1. Távadó redundancia

A legegyszerűbb, de a költségek szempontjából a legdrágább megoldást szolgáltató, az előzőekben leírtakban megfogalmazott struktúrájú redundancia. A több-távadós struktúra konfigurációs felépítése FF rendszerben a 4.4. ábrán látható. A rajzon követhető, hogy a távadó blokkok kimenete egy, a rendszer konfigurálása során beállított kiválasztó elemre jut (ISEL - Input Selector), melynek programozása során lehet érvényesíteni a kívánatos duplikált, vagy TMR rendszerű struktúrát.



4.4. ábra Távadó redundancia megvalósítása FF rendszerben

A különböző redundáns konfigurációkat a tervezett rendszerek hibátűrési szintjének megfelelően különböző számú távadókkal lehet kialakítani, ahol a tolerancia és redundancia-fokhoz tartozó jelölés:

$$MooN = M \text{ out of } N$$

ahol $M - 1$ = a toleranciafok

és $N - 1$ = a redundancia-fok

A leggyakoribb érzékelő konfigurációk az alábbiak:

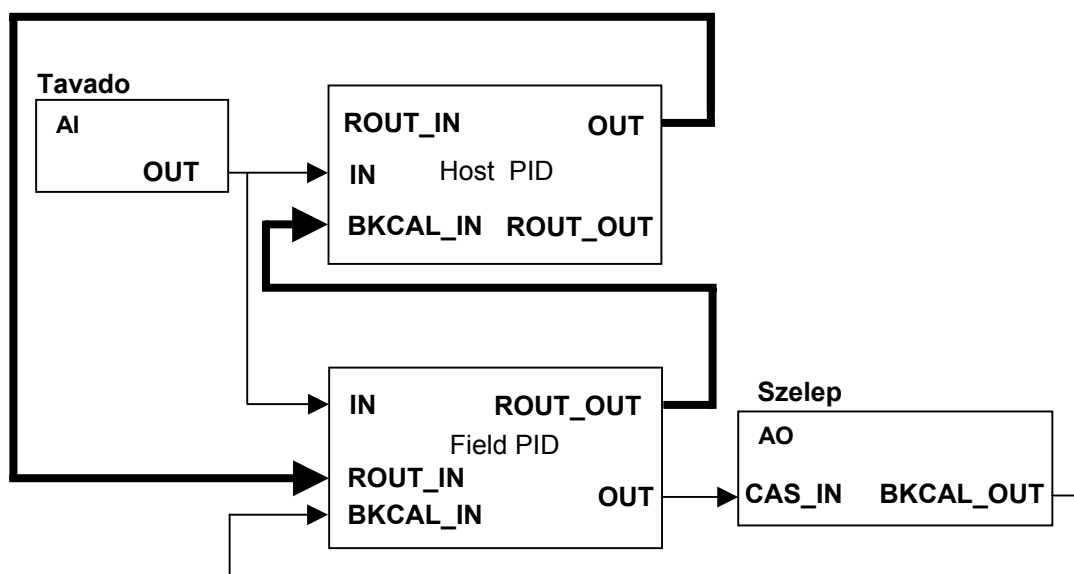
1001: Egy érzékelő alkalmazása (0 hibátűrés; 0 redundancia)

- 1002: Két érzékelő alkalmazása, amelyek közül az egyik már elegendő a beavatkozáshoz (fokozottan biztonságos; 0 hibátűrés; 1 redundancia)
 2002: Két érzékelő alkalmazása, mindkettő együttes jelzése szükséges a beavatkozáshoz (1 hibátűrés; 1 redundancia)
 2003: Három érzékelő alkalmazása, melyek közül legalább kettő együttes jelzése szükséges a beavatkozáshoz (1 hibátűrés; 2 redundancia)
 2004: Négy érzékelő alkalmazása, melyek közül legalább kettő együttes jelzése szükséges a beavatkozáshoz (1 hibátűrés; 3 redundancia)

4.1.2. Szabályozó redundancia

A Foundation Fieldbus rendszerek rendelkeznek a terepi szabályozáshoz szükséges PID algoritmussal. Ezzel a megoldással az elosztott rendszer megvalósítható, vagyis a hagyományosan centralizált DCS illetve PLC szabályozás kiváltható, azaz a DCS/PLC PID szabályozók tartalékként lehet a PID funkcióblokkot konfigurálni.

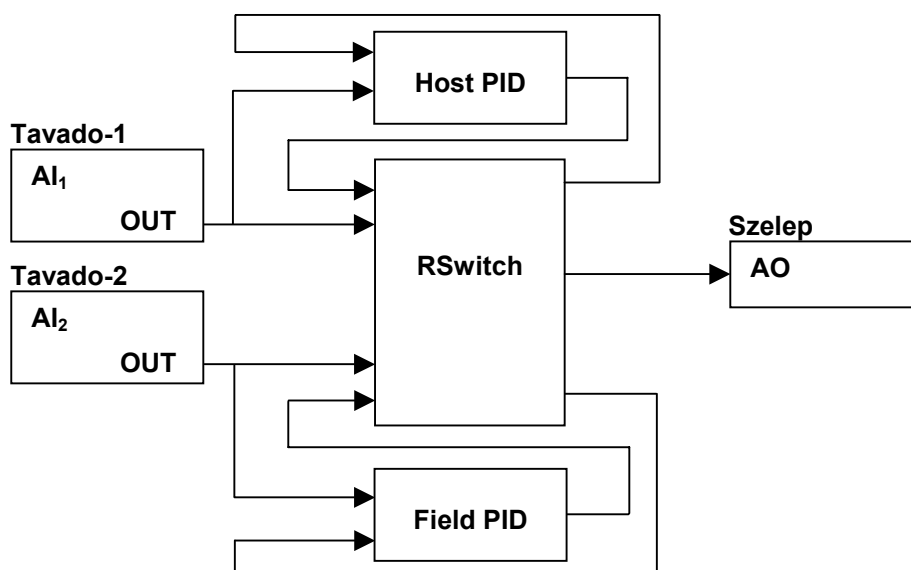
A felsőszintű irányítórendszerben történő meghibásodás esetén a szabályozási feladatokat a terepi PID szabályozó látja el. A rendszerben az átkapcsolást úgy kell biztosítani, hogy közben ne álljon le a működtetés. Természetes, hogy szabályozók duplikálásával is lehet biztosítani a redundanciát, ahogy az a 4.5. ábrán látható.



4.5. ábra Szabályozó redundancia megvalósítása FF rendszerben

Abban az esetben, amikor a megbízhatósággal szemben támasztott követelmények még nagyobbak, az iparban oly fontos rendelkezésre állás miatt, a távadó és a szabályozó redundanciát együtt kell alkalmazni. Ilyen struktúra látható a 4.6. ábrán, ahol a szabályozás a központi vezérlőegységben (host) van megvalósítva, és a tartalék PID a terepi eszközben van elhelyezve. Ehhez a PID szabályozóhoz kapcsolódik a tartalék távadó is. Nyilvánvaló, hogy ilyen alkalmazáshoz szükséges egy kapcsoló egység, amely automatikusan végzi az átkapcsolást a központi vezérlőegység és a terepi eszköz között [57].

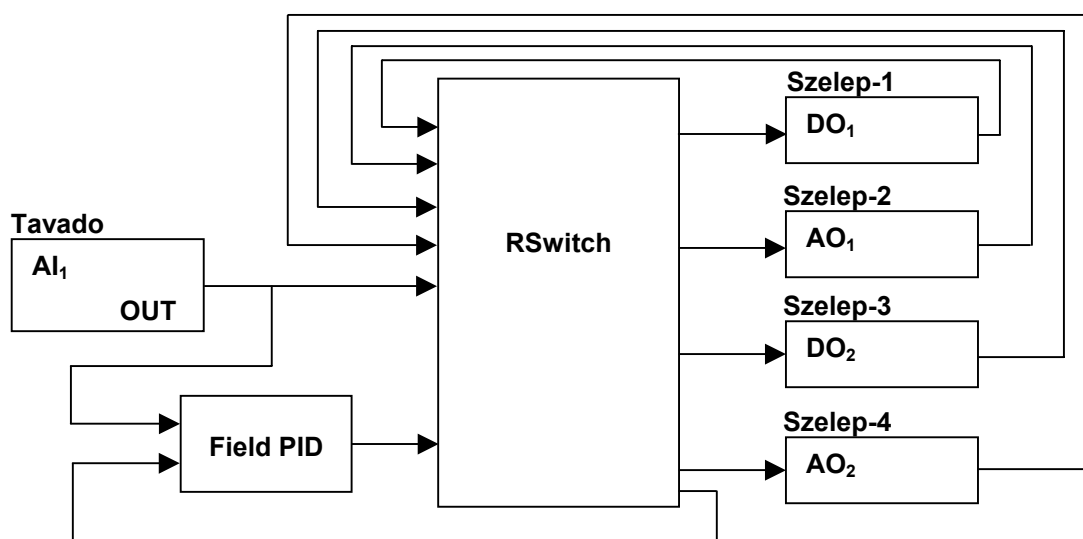
Normál üzemmenet alatt a host egység végzi a szabályozást, míg meghibásodás esetén a terepi eszköz veszi át ezt a funkciót.



4.6. ábra Kontroller redundancia megvalósítása átkapcsolóval

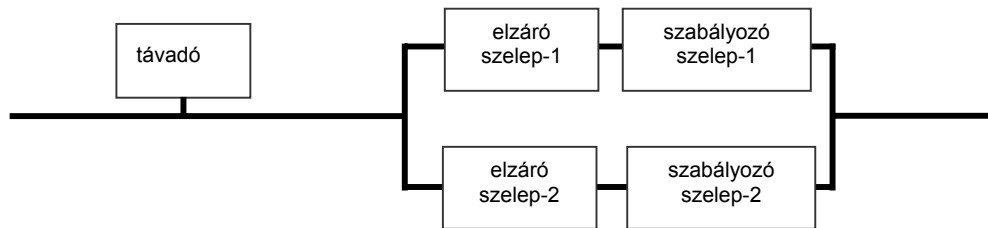
4.1.3. Szelep redundancia

A szabályozási kör teljes redundanciájához hozzátartozik a beavatkozó egység redundanciája is, melyet a szelepek duplikálásával (kritikusabb esetekben többszörözésével) lehet biztosítani. Ebben az esetben a működtető szelep végzi el a feladatot – hasonlóan az előzőekben vázolt megoldásokhoz – és a tartalék csak ennek meghibásodása esetén lép be. Ebben az alkalmazásban a szabályozószelepek elé elzárószelep beiktatása szükséges, mert ezzel biztosítani lehet a meghibásodott szabályozószelep kikapcsolását a rendszerből. A 4.7. ábrán látható, hogy az átkapcsoló modul mindkét analóg kimeneti blokk (AO₁ és AO₂) számára biztosítja a jelet. A normál működtetés idején a DO₁ elzáró szelep nyitva, míg a DO₂ szelep zárt állapotban van, így az AO₁ szelep működik. Meghibásodás esetén az RSwitch átkapcsolóhoz tartozó BKCAL_IN bemenetekre jutó hibajel alapján az átkapcsoló működésbe lép és először zárja a DO₁-et, majd a DO₂ nyitása után működteti az AO₁ blokkot.



4.7. ábra Szelep redundancia kialakítás funkció blokkokkal

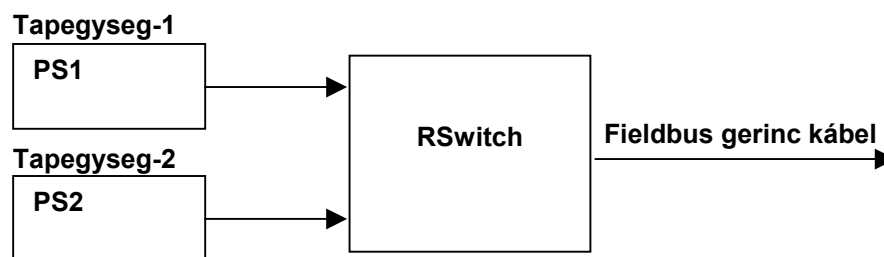
A szelepeknek és a távadóknak a fizikai elhelyezését a 4.8. ábra mutatja:



4.8. ábra Szelep redundancia fizikai megvalósítása

4.1.4. Tápegység redundancia

A szabályozási rendszerekben talán a rendszer egyik eleme sem annyira kritikus, mint a táplálás (a feszültség és a levegőellátás) folyamatos biztosítása. A villamos táplálás hibamentes biztosítása különösen fontos a soros kommunikációra épülő Foundation Fieldbus rendszerekben. A tápfeszültség kimaradása, illetve újbóli megjelenése esetén fellépő címzési hibák jelentős károkat képesek okozni, ezért kell különleges gondossággal eljárni a tápegység redundancia megvalósításában.



4.9. ábra Tápegység redundancia megvalósítása

Az egyik legegyszerűbb megoldás egy, a meglévő tápegység mellé telepített tartalék tápegység beiktatása (4.9. ábra). Természetesen ebben az esetben gondoskodni kell a tápegység és a tartalékegység szünetmentes átkapcsolásáról. Foundation Fieldbus rendszerekben a tápegység egy megfelelő gyártóműi (Resource) blokkal rendelkezik, ami alarm jelet generál meghibásodás esetén.

Másik megoldás lehet a tartalék tápegység teljesen szeparált helyre telepítése, és ennek feladata figyelni a tápfeszültség meglétét, illetve csökkenését a rendszerben. Meghibásodás esetén az átkapcsolás az előzőhöz hasonló módon történik. Ennek a megoldásnak az előnye, hogy a teljesen eltérő helyre telepített tartalék tápegység és a fő tápegység egyszerre történő károsodásának kicsi a valószínűsége.

A leírt megoldások a Foundation Fieldbus szegmens tápfeszültség ellátását biztosítják, de ez nem jelenti a szabályozók, jelismétlők, leválasztók tápellátásának redundanciáját, amit természetesen az adott egységeknél kell megoldani.

4.1.5. Link Master és LAS redundancia

A Foundation Fieldbus rendszerben a kommunikáció felügyelete a rendszer biztonságos működése szempontjából alapvetően fontos. A Link Master vezérli az eszközök Fieldbus elérését, végrehajtja a link ütemezését (LAS - Link Active Scheduler), amely művelet szinkronizálja a kommunikációt a funkcióblokkok végrehajtásával. A kommunikáció ütemezését a Foundation Fieldbus rendszerben a LAS végzi. Természetes, hogy ennek az egységnek a kiesése az egész Foundation Fieldbus szegmens kommunikációjának leállítását eredményezi, emiatt szükséges megfelelő tartalék egység biztosítása. Azok a Foundation Fieldbus eszközök, amelyek rendelkeznek a Link Master képességgel, alkalmasak arra, hogy a Primary Link Master kiesése esetén magukhoz ragadják a LAS szerepet. A leírtak szerint az átkapcsolást automatikussá kell tenni az elsődleges és a tartalék Link Master között. Backup Link Master felállítását az operátori konzolról lehet kezdeményezni. A rendszerben egy elsődleges (Primary) és több tartalék (Backup) Link Mastert lehet beállítani.

4.1.6. Kaszkád hurok redundancia

A kaszkádszabályozási körben elhelyezett redundáns távadók és szelepek, és a hozzájuk tartozó redundancia átkapcsolók segítségével lehet biztosítani a rendszer hibatűrő működését.

4.1.7. Vezeték redundancia

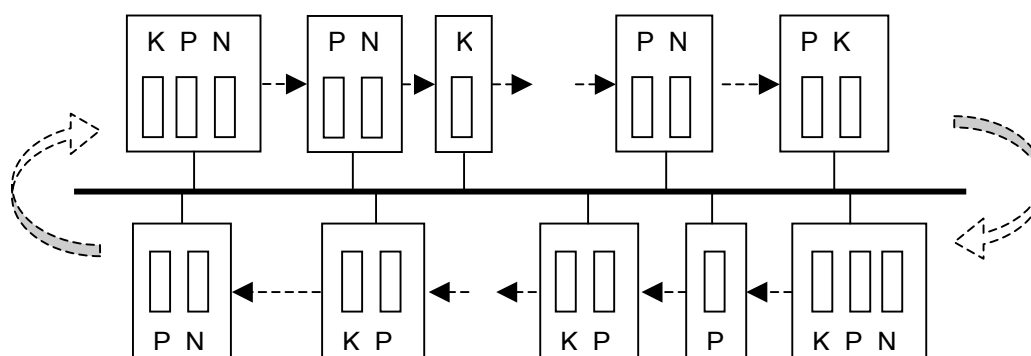
Az érzékelő és beavatkozó egységek összekötését biztosító kábelek lehetnek redundánsak, melyeket a meghibásodás előfordulása miatt különböző helyeken kell elvezetni.

4.2. Időzítési kérdések

Egy adott irányítási hálózatban az érzékeléshez tartozó, az algoritmus végrehajtásához kötött, a javításhoz szükséges, és a beavatkozó egységnél fellépő időszükséglet, illetve késleltetés összegződik, ezért a hálózati kommunikációra épülő irányítástechnikai rendszer legkritikusabb jellemzője az irányítási feladatok végrehajtásának ideje, a hálózati felépítésből adódó késleltetések hatásának kiküszöbölése [35]. Számos elméleti számítási megoldás született ezeknek a késleltetéseknek a kiküszöbölésére, de sajnos ezek a számítások a szoftverek egyre nagyobb, és a felhasználó kényelmét szolgáló szolgáltatások egyre terjedelmesebb mérete miatt nehezen, sok esetben alig használhatók. A már jelenleg is üzemelő, megvalósított rendszereknél elvégzett mérési eredményekről nagyon kevés információ áll rendelkezésre. A gyártók által adott mérések sokszor magukon hordozzák az értékesítést segítő jellemzőket, ezért sok esetben ezeket az adatokat is fenntartással kell kezelni. Az elmúlt években elvégzett, a kutatási területhez kapcsolódó mérések eredményeinek és következtetéseinek felhasználásával készült el a hazai FF felhasználások közül több technológia [90], [91].

4.2.1. Késleltetések az FF rendszerben

A gyártásautomatizálási és a folyamatirányítási rendszerekben a terepi eszközök, időzítés szempontjából háromféle adatot kezelnek, úgymint időkritikus, periodikus és időhöz nem köthető adatokat vesznek és adnak a kommunikációs csatornán (4.10. ábra).



4.10. ábra Adatcsomagok a terepi buszon

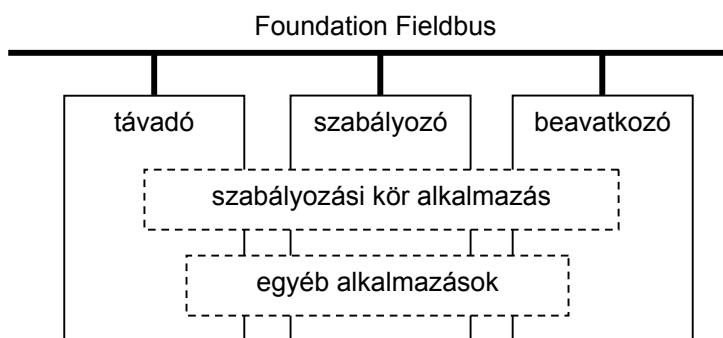
A periodikus adatok (P) jelentős része a szabályozási hurkok visszacsatolásairól érkező információkból tevődik össze. A hálózatban keletkező késleltetések miatt szükséges a különböző eljárások alkalmazása [57] a szabályozási kör minőségi jellemzőinek javítása érdekében. A periodikus adatok kezelése jelenti a „legkisebb” problémát, hiszen bármilyen mértékű – bár rendszerint ezek rövid üzenetek – késleltetés keletkezik, az ütemezett rendszerben ennek mértéke kompenzálható [64].

Az időkritikus adatok (K), mint például a riasztási jelek, vészjelek, szinte azonnal továbbítást igényelnek. Ezek, a teljesen véletlen időközökben jelentkező adatok rendelkeznek a legmagasabb prioritással az adott irányítási rendszerben.

A számítógépek részére küldött adatfájlok, a grafikus fájlok és az adatbázis menedzselésre szolgáló üzenetek továbbítására nincs kritikus időkorlát (N), ezért ezek – zömében nagyméretű adatok – átadása esetén fellépő késleltetések nincsenek hatással az irányítás minőségére.

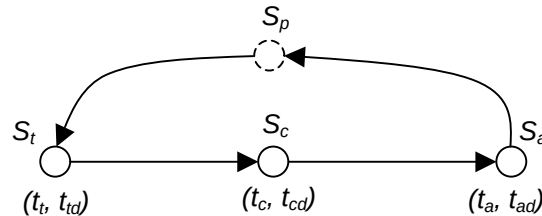
Az adatátvitelre vonatkozó matematikai eljárások peremfeltételeit alapvetően az adatátviteli sebesség, a csomagok, és a kommunikációban résztvevő szereplők száma határozza meg. Az adatátvitelre vonatkozó paraméterek számításal történő meghatározására készült szimulációs modellek gyakorlatilag nem használhatók a Foundation Fieldbus kommunikációs rendszer esetében, ezért kellett elvégezni az ellenőrző méréseket.

A terepi szabályozási architektúra szerint a 4.11. ábrán látható blokkok vesznek részt a szabályozási folyamatban, vagyis a kommunikációs vezetéken nem csak a szabályozási algoritmus, hanem az egyéb feladatok (mérés, vezérlés, alarm, stb.) is végrehajtásra kerülnek.



4.11. ábra Szabályozáshoz szükséges blokkok

A funkció blokkok, mint szoftver modulok végrehajtásához szükséges idő, és az időkéseleltetés miatt a szabályozási hurok végrehajtási idejének meghatározására az irodalom a 2.5.2.2. fejezetben leírt módszereket javasolja, és ezek a hagyományos DCS megoldásokra érvényesek. A Foundation Fieldbus kommunikáció esetében a periodikus feladatok a 4.12. ábra szerinti időzítésekkel hajtódhatnak végre.



4.12. ábra Feladatok és időzítések a Foundation Fieldbus szabályozási körben

Az ábrán látható S_t a távadó (transmitter) feladatainak (subtask) elvégzését jelöli.

Ide tartozik a mérés, a jelfeldolgozás, a számítási algoritmus, és a feldolgozás számára (a buszon) az adatküldés.

Az S_c a szabályozó (controller) feladatainak elvégzését jelöli.

Ez az egység veszi az adatokat a távadótól, végrehajtja a szabályozási algoritmust, és adatot küld (a buszon) a beavatkozó egység részére.

Az S_a a beavatkozó egység (actuator) feladatainak elvégzését jelöli.

A beavatkozó egység a fieldbuson keresztül veszi az adatokat a szabályozótól, és végrehajtja a beavatkozást.

Az időzítések a végrehajtási időt (pl. t_t – távadó), illetve késleltetési időt (pl. t_{td} – távadó) jelölik. Az S_p jelű feladat az időkéseleltetés nélküli (technológiai adatok dinamikus megváltozása) virtuális feladatot jelent.

A terepen végrehajtott szabályozási kör (T_L – loop time) ciklikus adatáramlásához szükséges időzítésre a (4.1) egyenlet érvényes:

$$T_L = T_{st} + T_{sc} + T_{sa} \quad (4.1)$$

Egy komplett feladat végrehajtáshoz szükséges időt másképpen is ki lehet fejezni, úgymint az adatbemenethez szükséges idő (T_{ix} – input), a feldolgozási idő (T_{px} – process), és az adat kimenethez szükséges idő (T_{ox} – output), amelyekkel a feladat végrehajtási idejére adódik:

$$T_{sx} = T_{ix} + T_{px} + T_{ox} \quad (4.2)$$

Az adat bemenethez tartozó, a távadó felépítéséből származó (tipikusan konstans értékű) T_{ix} idő a mérés elvégzésének, az A/D konverzióknak, a parametrizálásnak, és egyéb algoritmus végrehajtásának (pl. gyökvonás) az ideje. A feldolgozáshoz tartozó T_{px} időt az alkalmazott mikroprocesszor struktúrája (hardver), és az algoritmusok végrehajtási sebessége (szoftver) határozza meg. A adat kimenethez tartozó T_{ox} idő a kimeneti, vagyis beavatkozó

egység feldolgozási ideje, amit az egységben lévő D/A konverter, és az igényelt algoritmus végrehajtásának ideje határoz meg.

Az adat kommunikációhoz szükséges időt a hálózatban együttműködő egységek közti adatátviteli idő alapján lehet meghatározni a következő összefüggés szerint:

$$T_{dcxy} = T_{pre} + T_{wait} + T_{txy} + T_{post} \quad (4.3)$$

Ahol a T_{pre} idő az előfeldolgozási (a protokoll végrehajtásához szükséges) időt, a T_{pre} idő a várakozási (sorban állás a buszon, illetve a blokk végrehajtási) időt, a T_{txy} az egységek közötti átviteli időt, és a T_{post} az utólagos feldolgozáshoz szükséges időt jelöli. A fieldbuszon együttműködő két „szereplő” (x és y) közti adatátvitelhez szükséges idő a szakirodalomban ismert, Leon-Garcia és Widjaja [23] szerint a következő

$$T_{xy} = 8N_{mxy}/V_f + L_{xy}/C_f \quad (4.4)$$

ahol N_{mxy} az x és y egység közti adatátviteli bájtok száma, V_f az adatátviteli sebesség a terepi kommunikációs buszon (bit/s), L_{xy} az x és y egység közti távolság (m), és C_f a jel terjedésének sebessége m/s értékben.

A terepi kommunikációs rendszerek időzítési vizsgálatára két megoldási lehetőség kínálkozik, a matematikai modell elkészítése, illetve a fizikai modell elkészítésével a méréseken alapuló időzítés meghatározás. Foundation Fieldbus kommunikációs rendszerekben a feladatok végrehajtásának ütemezését a LAS végzi (lásd I. fejezet), így ebben az esetben az egy szegmensben összeállított kapcsolások mérése alapján adekvát választ lehet adni a szükséges időzítések mértékére. A dolgozat elkészítése során az időzítések meghatározására a mérési módszert választottam, melynek alapján meghatároztam a különböző kapcsolások végrehajtásához szükséges időt.

4.2.2. Ellenőrző mérések Foundation Fieldbus rendszerben

A dolgozatban, a különböző struktúrákban fellépő késleltetések közül kizárólag a Foundation Fieldbus rendszerben fellépő késleltetések elemzésével foglalkoztam (nem tárgya a dolgozatnak a DCS és SCADA rendszerekben fellépő hatások elemzése), és a vizsgálatokat az előző fejezetben említett gázolaj kéntelenítő (GOK-3) technológiát, és a benzin kéntelenítő (BEK-5) technológiát kiszolgáló, 1:1 skálájú FF modellrendszereken végeztem el [110].

Digitális kommunikációra épülő irányítási technológia tervezése és kivitelezése a technikai lehetőségek korlátai miatt jelenleg úttörő tevékenység. Ezért hosszú ideig csak résztechnológiákra telepítettek ilyen irányítási rendszereket. Az elmúlt években több Foundation Fieldbus terepi buszra épülő folyamatirányító rendszert helyeztek üzembe, és ezeknek, a már működő rendszereknek a tapasztalatai alapján lehet az új alkalmazásokat tervezni. A MOL Rt. Dunai Finomítójában a két kéntelenítő technológiára javasolt terepi kommunikációra épülő irányítási rendszer Magyarországon, és a régióban is a legnagyobb Foundation Fieldbus alkalmazás. A tervezések megkezdése előtt a különböző kialakítási lehetőségekhez tartozó próbarendszer került összeállításra, és ezeken a rendszereken végeztem el a méréseket. A rendszer univerzális felépítése miatt a terepi szegmenseken lévő eszközöket és köröket a várható technológiai igényeknek megfelelően változtattam. Az üzemi követelményeknek megfelelően a gyújtószikramentes szegmenseket vizsgáltam, amelyek

összeállítási rajzai az M8-Mellékletben találhatók. A berendezés (a vezérlő rendszer, és a terepi szimulációra szolgáló szegmensek) fényképei 4.13. ábrán láthatók.



4.13. ábra Vizsgáló rendszer GOK-3 technológiára

A kutatási feladatban széleskörű vizsgálatot végeztem el, melyek közül ebben a fejezetben az időzítéshez kapcsolódó, a 6. fejezetben a gyújtószikramentes megoldások elemzéséhez kapcsolódó méréseket ismertetem [111].

4.2.3. Ciklusidő vizsgálat FF rendszerben

A ciklusidő vizsgálatához a rendszerben rendelkezésre álló eszközökből 11 db modul került összeállításra, ebből 8 monitoring, 3 pedig a szeleppozícionálók, valamint egy-egy 3244MV típusú hőmérséklet távadóból és 3051 típusú nyomástávadóból összeállított FF PID LOOP az alábbiakban ismertetésre kerülő konfiguráció szerint.

A rendszer paraméterek figyelésére további 1 db diagnosztikai modult hoztam létre, amely FF eszközre való hivatkozást nem tartalmazott.

A 4.14., 4.15. és 4.16. ábrákon szereplő tervjelek az alábbiak:

TRC	Hőmérséklet-szabályozó modul
TT	Egycsatornás hőmérséklet távadó Emerson Process Management – EPM 3244 MV
DVC	Digitális pozicionálóval felszerelt szelep – EPM FVUE 5010f
PT	Nyomástávadó EPM 3051
PRC	Nyomásszabályozó modul
848 T	Nyolccsatornás hőmérséklet távadó EPM 848
FRQ	Coriolis elven mérő tömegárammérő Micromotion MVD2000

Az összeállított modulok végrehajtási idejét a 4.14., 4.15. és 4.16. ábra tartalmazza.

Szabályozás

Tervjel	A modul leírása	Végrehajtási idő
TRC-01	TT-01 (3244MV) és DVC-01 (FVUE-5010f) elemekkel kialakított szabályozókör. Az ellenőrző jelet szolgáltató eszköz és a beavatkozó szerv eltérő alszegmensen van!	200 ms
TRC-02	TT-02 (3244MV) és DVC-02 (FVUE-5010f) elemekkel kialakított szabályozókör. Az ellenőrző jelet szolgáltató eszköz és a beavatkozó szerv ugyanazon az alszegmensen van.	200 ms
PRC-01	PT-02S (3051S) és DVC-03 (FVUE-5010f) elemekkel kialakított szabályozókör. Az ellenőrző jelet szolgáltató eszköz és a beavatkozó szerv ugyanazon az alszegmensen van.	200 ms

4.14. ábra Szabályozások végrehajtási ideje

Mérés

Tervjel	A modul leírása	Végrehajtási idő
PT-01CD PT-02S	Nyomásmérések	500 ms
FRQ-01V FRQ-02M	Folyadék mennyiség mérések	500 ms
TT-03 TT-04 848T-01 848T-02	Hőmérsékletmérések (Egycsatornás hőmérséklet távadók – TT-03 és TT-04, 8 csatornás hőmérséklet távadók – 848 T-01 és T-02)	1 s

4.15. ábra Mérések végrehajtási ideje

Diagnosztika

Tervjel	A modul leírása	Végrehajtási idő
Diag1	Port 1 Overall Integritás és egyéb kommunikációs paraméterek figyelése	1 s

4.16. ábra Diagnosztika végrehajtási ideje

Esetenként nagyon kritikus lehet a ciklusidő, ezért célszerű megvizsgálni, hogy a működő rendszer esetén az eszközök (mérőkörök és modulok) számának növekedésével hogyan alakul a szegmens ciklusideje alarmok nélkül, majd alarmok felkonfigurálásával. Az aktív modulokat kimentve a merevlemezre, ezután az alarmokat törölve a template modulokból kialakított mérőkörökből, végül a modulokat újratöltve megvizsgáltam a rendszer által kiszámított ciklusidőket, alarmok nélkül, különböző aktív körszámok esetén. A 4.17. ábrán jól látható, hogy a makrociklus értékek mennyire eltérőek ebben az esetben, vagyis az eszközben a végrehajtási idő jelentősen lecsökken (a ciklusidő mérésének felbontása 10 ms).

Ciklusidő (Required macrocycle) érték a terepi eszközben

Letöltött modulok száma	A modulok leírása	Szükséges ciklusidő
1 db	TRC-01 szabályozókör	290 ms
1 db	PRC-01 szabályozókör	270 ms
1 db	TRC-02 szabályozókör	290 ms
2 db	TRC-01 és TRC-02 szabályozókörök	350 ms
3 db	TRC-01, TRC-02 és PRC-01 szabályozókörök	410 ms
4 db	TRC-01, TRC-02, PRC-01 szabályozókörök, TT-03 mérőkör	410 ms
1 db	TT-03 mérőkör	150 ms
1 db	PT-01CD mérőkör	60 ms
4 db	PT-01CD, PT-02S, TT-03, TT-04 mérőkörök	150 ms
8 db	PT-01CD, PT-02S, TT-03, TT-04, 848T-01, 848T-02, FRQ-01V, FRQ-02M mérőkörök (az összes monitoring kör)	240 ms
11 db	3 db szabályozókör + 8 db monitoring modul	410 ms
1 db	DIAG1 diagnosztikai modul	0 ms

4.17. ábra Ciklusidő értékek a terepi eszközökben

Ezután elvégeztem a vizsgálatot úgy, hogy a kimentett eredeti modulokat importáltam és felkonfiguráltam a szükséges alarmokkal. A vizsgálatok alatt minden modul a kontrollerhez volt hozzárendelve, a PID blokkokat pedig a FVUE 5010f szelepek a pozícionálójában futtattam.

Ciklusidő (Required macrocycle) érték a vezérlőben

Modulok száma	A modulok leírása	Szükséges ciklusidő
11 db	Kiindulási helyzet (lásd az előző tábla utolsó előtti sorát): 3 db szabályozókör + 8 db monitoring modul, a PID blokkok a DVC-kben futtatva	410 ms
11 db	a PRC-01 szabályozókör PID modulja a kontrollerben futtatva	530 ms
11 db	a TRC-01 szabályozókör PID modulja a kontrollerben futtatva	580 ms
11 db	a TRC-01 és a TCR-02 szabályozókörök PID modulja a kontrollerben futtatva	780 ms
11 db	a PRC-01 és a TCR-02 szabályozókörök PID modulja a kontrollerben futtatva	700 ms
11 db	a TRC-01, TCR-02 és PRC-01 szabályozókörök PID modulja a kontrollerben futtatva	930 ms
11 db	az összes PID újra a terepi eszközbe töltve	350 ms !

4.18. ábra Ciklusidő a DeltaV vezérlőben

Az eredmények az alarmok beiktatása után nem változtak! Ez a mérési eredmény igazolja, hogy a vészjeleknek és a riasztási jeleknek a beiktatása csak abban az esetben okoz időkéstetést, ha az külön modulban kerül végrehajtásra (ez egyébként logikus is, mert a végrehajtó szoftver akkor is kezeli az alarmot, ha az nincs aktiválva).

A következő lépésben a PID blokkok végrehajtására már nem az eszközben került sor, hanem egyenként inicializáltam a DeltaV vezérlőben. Ezt úgy lehet realizálni, hogy a szabályozókör modulját törölni kell, majd a *Template*-ből egy újat elővenni és csak az ellenőrző műszert az FF blokkhoz rendelni. Ezeket a mérési eredményeket a 4.18. ábra tartalmazza.

4.2.4. A mérés ellenőrzése Fieldbus Configurator -ral

A National Instrument cég – NI által készített FF konfigurátor segítségével az egyes eszközök végrehajtási idejét lehet meghatározni, ezért a makrociklusról és az ütemezett blokkok futásáról a NI FBUS Configurator (NI FBUS C) segítségével részletesebb kép kapható. A mérés folyamán az NI FBUS C programot egy számítógépre telepítve, PCMCIA csatlakozáson keresztül Primary Link Master-ként használtam. A DeltaV H1 kártya csatlakozását megszakítva, a gerincvezetékét a PCMCIA csatlakozón keresztül kapcsoltam az NI FBUS C rendszerhez.

Összeállítva a fentiekben említett, különböző elrendezésű PID-hurkokat néhány kaszkád kört is megvizsgáltam. Az NI FBUS C pontosan megmutatta az egyes eszközök AI, AO, PID, ... stb. blokkjainak végrehajtási idejét, valamint a buszon történő kommunikáció idejét (bus time, 4.19. ábra).

FF eszközök funkcióblokkjainak végrehajtásához szükséges idő

Eszköz	Blokk	Végrehajtási idő
Micromotion MVD 2000	AI	50 ms
3244MV hőmérséklet távadó	AI	50 ms
3051S nyomástávadó	AI	30 ms
848T hőmérséklet távadó	AI	30 ms
Vortex 8800 áramlásmérő	AI	15 ms
FVUE 5010f szeleppozicionáló	PID	120 ms
	AO	60 ms

4.19. ábra Funkció blokkok végrehajtási ideje

Az NI FBUS C-vel való mérésakor a hangsúlyt a szabályozókörök szükséges ciklusidejének vizsgálatára kellett helyezni, ezért kellett mérni a szükséges makrociklus időket, amely méréseket a 4.20. ábra tartalmazza.

Szabályozókörök szükséges makrociklus ideje (Required Macrocycle)

Tervjel	A modul leírása	Szükséges ciklusidő
FIC-02M	FRQ-02M (MVD Series 2000) és DVC-01 (FVUE-5010f) elemekkel kialakított PID szabályozókör	270 ms
TRC-01	TT-01 (3244MV) és DVC-01 (FVUE-5010f) elemekkel kialakított PID szabályozókör	270 ms
PRC-03	PT-03T (3051T) és DVC-03 (FVUE-5010f) elemekkel kialakított szabályozókör	250 ms
TIC-01	848T-01 (848T) és DVC-01 (FVUE-5010f) elemekkel kialakított PID szabályozókör	250 ms
FIC-01V	FRQ-01V (Vortex 8800C) és DVC-01 (FVUE-5010f) elemekkel kialakított PID szabályozókör	215 ms
FIC-02M-C	TT-01 (3244MV) FRQ-02M (MVD Series 2000) és DVC-01 (FVUE-5010f) elemekkel kialakított KASZKÁD szabályozókör. 1. PID a 3244MV-ben, 2. PID a DVC-ben	405 ms
FIC-02M-C	TT-01 (3244MV) FRQ-02M (MVD Series 2000) és DVC-01 (FVUE-5010f) elemekkel kialakított KASZKÁD szabályozókör. Mindkét PID a 3244MV-ben	385 ms

4.20. ábra Szabályozókörök makrociklus ideje

A táblázatban jól látható, hogy a mért értékek nagyságrendileg megegyeznek az előzőekben mért eredményekkel, eltérés csak a kaszkád típusú szabályozás esetében tapasztalható, de ennek eltérő mértéke a két PID algoritmus idejéből származik.

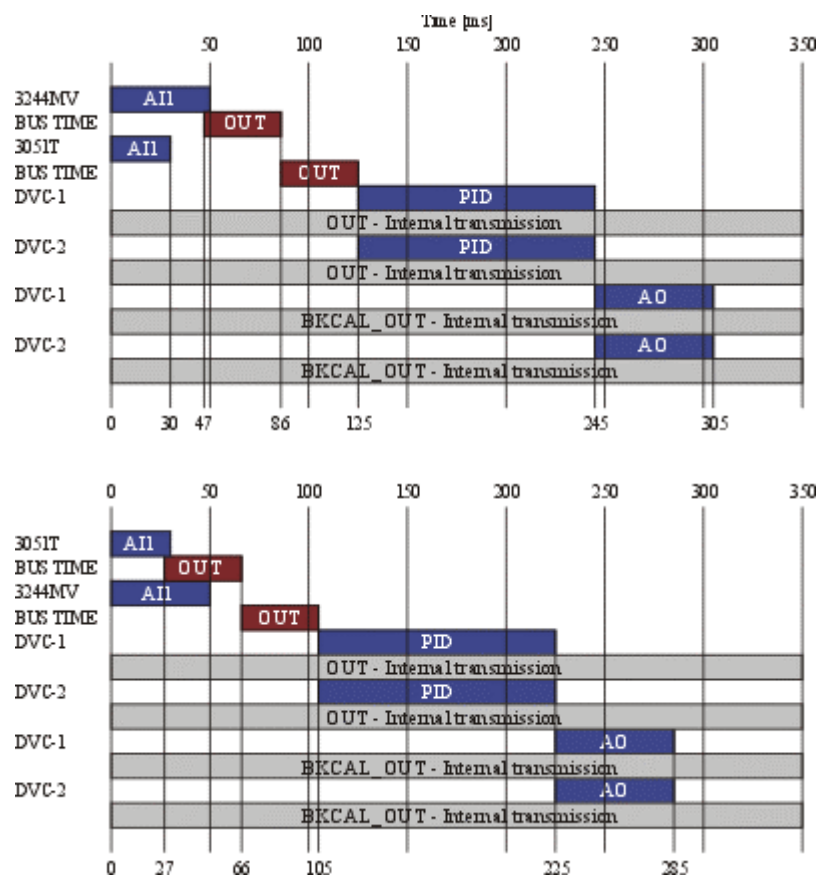
Célszerű volt megvizsgálni egy adott szegmensben egyszerre több szabályozókör futtatását, melynek eredménye a 4.21. ábrán látható.

Szükséges ciklusidő értékek a szabályozókörök kombinálásakor

Modulok száma	A modulok leírása	Szükséges ciklusidő
2	3244MV és FVUE-5010f elemekkel kialakított 2 db PID szabályozókör	305 ms
3	3244MV és FVUE-5010f elemekkel kialakított 3 db PID szabályozókör	345 ms
2	3244MV és FVUE-5010f elemekkel kialakított PID szabályozókör, a kör kialakítása után másodikként egy 3051T és FVUE-5010f -ből álló PID kör került konfigurálásra	305 ms
2	3051T és FVUE-5010f elemekkel kialakított PID szabályozókör, a kör kialakítása után másodikként egy 3244MV és FVUE-5010f -ből álló PID kör került konfigurálásra	285 ms

4.21. ábra Szabályozókörök makrociklus ideje a mért szegmensben, különböző kombinációkban

Vizsgálataim szerint jelentős különbség adódott a konfiguráció sorrendjének függvényében. A 4.22. ábrán 2 db PID szabályozókört tartalmazó rendszer ütemdiagramjának 1 makrociklus hosszúsága látható. A kommunikáció az AI₁ analóg inputok beolvasásával kezdődik. Ez a 3244MV és a 3051T analóg inputjainak beolvasását jelenti. A beolvasás után 2x39 ms időtartamú busz kommunikáció következik, amikor az outputok értékei a buszra kerülnek (OUT). Mivel a PID blokkok és az analóg output blokkok (AO) a szelepvezérlőkben vannak elhelyezve, így a továbbiakban csak belső kommunikáció folyik.



4.22. ábra Különböző sorrendben felkonfigurált PID szabályozókörök ütemdiagramjai

A 4.22. ábra ugyanannak a két szabályozókörnek két ütemdiagramját tartalmazza. A felső ábra a szükséges makrociklus elrendeződését mutatja abban az esetben, ha először a lassabb, 3244MV hőmérséklet távadóval felépített szabályozókört konfiguráltam a rendszerben, majd ezután alakítottam ki a gyorsabb (rövidebb AI₁ végrehajtási idővel rendelkező) 3051T nyomásszabályozó kört. A makrociklus értéke ebben az esetben 305 ms időre adódott.

Az alsó ábra a felcserélt sorrendben konfigurált szabályozókörök makrociklusának elrendezését mutatja. Látható, hogy a rövidebb AI₁ blokk beolvasása után azonnal megkezdődik a kommunikáció a buszon, miközben a második AI₁ blokk beolvasása még tart. Ezzel a módszerrel a két AI₁ blokk végrehajtási ideje közötti eltérés „nyereségként” használható ki a makrociklus gyorsítására (az idő rövidítésére). Ez a jelenség magyarázattal szolgálhat arra, hogy miért rövidült le 350 ms időre az eredetileg 410 ms értékű makrociklus,

az eredeti konfiguráció visszatöltésekor (lásd a 4.18. ábrát). Ezt a felismerést a gyakorlatban a GOK-3 konfigurálása során már hasznosították.

4.3. Megbízhatóság, hibatűrés

Megvalósított FF rendszereken megbízhatósági méréseket csak gyújtószikramentes szegmenseken végeztem az elmúlt években. A hosszúidejű teszteket különböző diagnosztikai „eszközökkel” végeztem el, melyek eredménye az 5. fejezetben kerül leírásra.

4.4. Az irányítási struktúra topológiai kérdései

Az FF rendszerekben az alkalmazásra kerülő topológia, mint minden hálózaton alapuló folyamatirányító rendszerek esetében rendkívül fontos jellemző. A rendelkezésre álló lehetőségek közül a felhasználó a számtalan publikációban leírtak szerint választhat topológiát [4], [15], [72], ezért itt külön nem kerül leírásra a gerinc és leágazó vezetékek számítása és elrendezése.

A gyújtószikramentes követelmények, és a technológia zavartalan ellátása miatt a megfelelő topológia kiválasztása különösen fontos meghibásodás bekövetkezésekor, amikor is egy adott funkcionális egység feladatát egy másik egység veszi át üzemszerűen, a technológia leállása nélkül. Ezért került sor a szegmens típusú kialakításokra a gyújtószikramentes alkalmazásokban (lásd 6. fejezet), ahol az alszegmens típusú topológia miatt az esetleges meghibásodások nem vezetnek a teljes technológia kieséséhez.

4.5. Összefoglalás

3. Tézis

A Foundation Fieldbus kommunikációs rendszer feladat végrehajtási sebessége, és a helyi szabályozási feladatok közötti összefüggést a modellezési adatok alapján definiáltam.

A kutatások során kidolgozott megoldásokat (redundancia és időzítési kérdések FF rendszerben) modellberendezésen vizsgáltam és az elméleti megfontolások, valamint a mérési eredmények alapján elemeztem azokat a folyamatokat, amelyek alapján, a minősítési követelményeknek megfelelően, a terepi rendszerek alkalmazhatóságának jellemzői megfogalmazhatók. Az előző fejezetben leírt alapkapsolások felhasználásával, egy több FF szegmensből összeállított modellberendezés segítségével lehetőség nyílt összetett megoldások – mérések, szabályozások különböző elrendezésben – FF szegmensben történő vizsgálatára.

Az elvégzett kutatások és vizsgálatok az alábbiakban foglalhatók össze.

- Kidolgoztam az FF rendszerben alkalmazható redundáns megvalósítási lehetőségeket, és megoldásokat adtam a redundancia megvalósításokra.
- Az elméletileg számítható időzítéssel szemben mérésekkel vizsgáltam a különböző irányítástechnikai összeállítások időszükségletét.
- A különböző mérési és szabályozási feladatoknál ciklusidő vizsgálatokat végeztem.
- Az egyszerű FF alkalmazástól (távadók, szelepek, egyéb eszközök) kezdve a bonyolult (szplitter szabályozási) feladatokig, különböző elrendezéseket vizsgálva határoztam meg a terepen végrehajtott műveletek teljesítőképességi határait.

A vizsgálatok alapján az alábbi következtetések vonhatók le:

1. Foundation Fieldbus kommunikáció esetén a matematikai számítások nem adnak egzakt eredményt, a konfigurálás sorrendjének felcseréléséből adódó eltérések miatt.
2. A ciklusidő alarmok konfigurálása nélkül és alarmokkal együtt ugyanazt az értéket veszi fel, mert az alarmjelzések továbbítása a nem ütemezett kommunikáció időtartama alatt zajlik.
3. A szükséges ciklusidő mértékét mindig a vezérlő egység (a vizsgálatoknál a DeltaV moduláris DCS) határozza meg, vagyis számítja ki.
4. Egyszerű szabályozás esetében a vezérlőben futtatott program (minden funkció blokk a vezérlőben) időszükséglete nem különbözik jelentősen a terepi eszközben végrehajtott program idejétől (lásd 3. fejezet – 90 illetve 100-120 ms időszükségletek esete).
5. A terepen végrehajtott szabályozás időszükséglete mindig jelentősen meghaladja a központi vezérlőben végrehajtott PID algoritmus végrehajtási idejét (pl. 3.17. ábra és 3.21. ábra összeállításainál 270 ms, illetve 100 ms).
6. Az FF szegmensben egyetlen szabályozókör elhelyezése (konfigurálása) is elegendő lehet ahhoz, hogy egy valóságos, ipari igényt jelentő 250 ms-os makrociklus-idő ne legyen tartható.
7. Egyértelmű összefüggés van a távadók sebessége és a ciklusidő hossza között. A nagyobb kommunikációs sebességgel rendelkező távadókkal épített szabályozókörök ciklusideje kisebb, mint a hosszabb idejű eszközökkel készítetté.
8. Egyedi kaszkád és szplitter szabályozások esetében a terepi végrehajtás ideje (pl. 420 ms) jelentősen eltér a központi vezérlőben végrehajtott szabályozás (pl. 100 ms) idejétől. Összetett szabályozások esetében nincs ilyen egyértelmű összefüggés.
9. A ciklusidő az eszközök számának növekedésével nő, a növekedés az eszközök számával nem lineáris. A szabályozókörök megduplázása egyrészt nem jelenti a szükséges makrociklus értékének megduplázódását, másrészt a 3 db szabályozókör önmagában kimerítette a maximálisan szükséges ciklusidőt, a mérési feladatot ellátó (monitoring) körök konfigurálása ebben nem játszott szerepet.
10. A megadott elrendezésben a PID hurkokat a vezérlőbe felhozva a szükséges ciklusidő több mint a duplájára növekedett.
11. Nem illeszkedik az eszközök számának növelésével való ciklusidő növekedés folyamatba az a tény, hogy a PID hurkok terepi eszközökbe való visszatöltésekor az eredeti konfigurációhoz képest a szükséges ciklusidő 410 ms-ról 350 ms-ra csökkent.

A következő fejezetben bemutatom és elemzem a Foundation Fieldbus kommunikációs rendszer működtetéséhez rendelkezésre álló támogatást.

5. A Foundation Fieldbus működtetéséhez szükséges támogatás

Az FF kommunikációra épülő folyamatirányító rendszer zavartalan működését, hasonlóan bármely más hálózati irányítástechnikai struktúrához, az adott elrendezéshez rendelkezésre álló támogatás minőségi jellemzői jelentősen befolyásolják.. A minőségi jellemzőkhöz tartoznak az eszközök beállításához, és a rendszer teljes kialakításához tartozó megoldások is. Ezért fontos az FF rendszerek esetében is a működéshez szükséges támogatás vizsgálata, az egyes tevékenységek megfogalmazása.

A működéshez szükséges támogatás csoportjába (a 2. fejezetben leírtak szerint) az alábbi tevékenységek sorolhatók:

- Konfigurálhatóság
- Öndiagnosztika
- Alkalmazásfejlesztési háttér
- Elemek gyártó-független alkalmazása
- Internet hozzáférés
- Beüzemelési támogatás

A konfigurálhatóság kérdésével ebben a dolgozatban a legalapvetőbb ismeretek [89] mellett a szabályozás megvalósításának szintjén foglalkozom, ami magába foglalja a különböző lehetőségek ismertetését. Az elemek gyártó-független alkalmazásával külön nem foglalkozom, erről a 2.5.3.4. pontban rövid leírás található. Az alkalmazásfejlesztési háttér elemzése sem tartozik szorosan a dolgozat témájához, emiatt nem végeztem el ennek elemzését.

5.1. Konfigurálhatóság

A hagyományos SCADA és DCS rendszerekben az eszközök analóg csatlakoztatása miatt a konfiguráció egyik sarkalatos kérdése a különböző eszközök fizikai helyéhez tartozó címek meghatározása, röviden a hálózat konfigurálása. Az FF struktúrákban, mivel minden eszköz ugyanarra a digitális kommunikációs vezetékre kapcsolódik, a hálózati konfigurálás lényegesen leegyszerűsödik. A H1 hálózaton az eszközök működhetnek, mint alapeszköz (Basic), link master (LM), s abban az esetben, ha különböző sebességű hálózatokat kötünk össze, akkor hálózati híd (bridge) szerepet betöltő eszközt kell elhelyezni a két rendszer közé.

A két másik konfigurációs lépés végrehajtása azonban itt is szükséges, vagyis:

- az eszköz konfigurációt, és a
- szabályozási stratégia konfigurálását

az FF rendszer is természetesen igényli. A konfigurációhoz szükséges információkat az eszközök adatlapjai tartalmazzák

5.1.1. Eszköz konfiguráció

Az eszköz konfiguráció alapvetően a funkció blokkok jellemzőinek beállítását jelenti, vagyis a bemeneti, kimeneti, és számítási paraméterek konfigurálását.

A funkció blokkok mindegyike csatlakozik valamilyen más funkció blokkhoz, ezért a saját névvel rendelkező blokkok láncolása határozza meg a konfiguráció minőségét. Az eszközök jellemzőinek beállításával kapcsolatos kérdéseket a 3. fejezet tárgyalja.

5.1.2. Szabályozási stratégia konfigurálása

A 3. fejezetben vázolt szabályozási lehetőségek mellett szükséges a teljes szabályozási stratégia konfigurálása. Erre azért van szükség, mert jelenleg egyrészt még nem minden eszköz rendelkezik FF kommunikációs lehetőséggel, másrészt nem minden feladat ellátására áll rendelkezésre funkció blokk.

A szabályozások, attól függően, hogy a távadó(k) és szelep(ek) analóg, vagy FF eszközök, és a szabályozó funkció blokkok az eszközökben, vagy a vezérlőben helyezkednek el, többféle kombinációban működhetnek. Az összes lehetséges megoldást az M5-Melléklet mutatja be, és ezek közül az alábbiakban láthatók a GOK-3 technológián használatos szabályozások, (a teljes összeállítás az M6-Mellékletben található):

:

- analóg távadó, PID a vezérlőben, analóg szelep
- FF távadó, PID a szelepből, FF szelep
- analóg távadó, PID a vezérlőben, FF szelep
- FF távadó, PID a vezérlőben, analóg szelep
- analóg távadó, és FF távadó, PID1 a vezérlőben, és PID2 a szelepből, FF szelep
- analóg távadók, és FF távadó, PID1 a vezérlőben, és PID2 a szelepből, FF szelep
- kézi letöltés a vezérlőből, FF szelep
- kézi letöltés a vezérlőből, analóg szelep
- FF távadók, PID1 a távadóban, és PID2 a szelepből, analóg szelep
- analóg távadók, PID1 és PID2 a vezérlőben, FF szelep
- FF távadó, PID a vezérlőben, és SPLIT a vezérlőben, FF szelepek
- FF távadó, PID a vezérlőben, és SPLIT a vezérlőben, analóg szelepek
- FF távadók, és analóg távadó, PID1 a vezérlőben, és SPLIT a vezérlőben, PID2 az egyik szelepből, és PID3 a másik szelepből, FF szelepek
- FF távadók, és analóg távadó, PID1 a vezérlőben, és SPLIT a vezérlőben, G1 és G2 erősítés a vezérlőben, PID2 a szelepből, és PID3 a szelepből, FF szelepek
- analóg távadók, PID1 és PID2 a vezérlőben, SPLIT a vezérlőben, analóg szelepek
- FF távadók, és analóg távadó, PID1, PID2 és PID3 a vezérlőben, SPLIT a vezérlőben, FF szelep, és analóg szelep
- FF távadó, és analóg távadók, PID1 és PID2 a vezérlőben, PID3 a szelepből, FF szelep
- analóg távadók, PID1, PID2 és PID3 a vezérlőben, SPLIT a vezérlőben, analóg szelepek
- FF távadók, PID1 a távadóban, PID2 a szelepből
- FF távadók, PID a vezérlőben, CALC a vezérlőben, FF szelep
- FF távadók, PID1 és PID2 a vezérlőben, CALC a vezérlőben, FF szelep
- analóg távadók, PID1, PID2, PID3, PID4 és PID5 a vezérlőben, CALC a vezérlőben, SPLIT a vezérlőben, analóg szelepek

5.2. Öndiagnosztika

Az FF rendszerekhez tartozó öndiagnosztikai képesség rendkívül kifinomult szoftver háttérrel takar, ennek ellenére szükséges a rendszerintegráció során a diagnosztikát elvégezni, mert a különböző eszközök együttműködése esetén előfordulhatnak anomáliák.

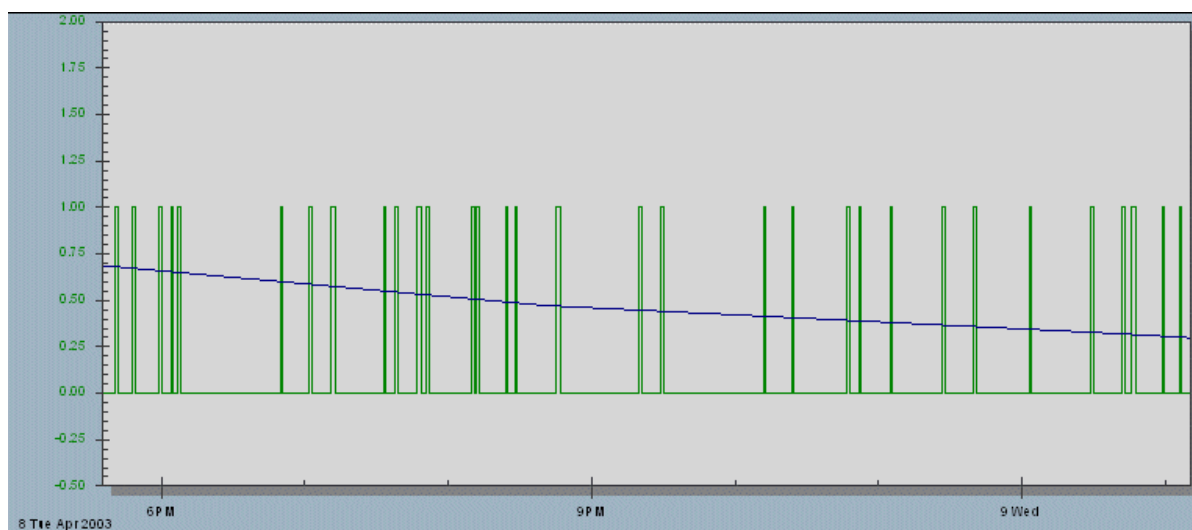
A GOK-3 tesztelés során a vizsgált irányítástechnikai rendszert két különböző diagnosztikai rendszerrel elemeztem:

- Vezérlő egység öndiagnosztikai moduljával
- Külső diagnosztikai egységgel

A különböző gyújtószikramentes összeállítások esetén az Emerson Process Management által készített *FieldBus Technician* [71] mérőkártyát használtam egy hordozható gépbe csatolva, és a gyári szoftvercsomag ezen az egységen futott. A terepi védőgát (Fieldbarrier) használata esetén azt tapasztaltam, hogy a DeltaV munkaállomáson és a noteszgépen elindított diagnosztika nem ugyanazt az eredményt adta, a FieldBus Technician jóval több hibás csomagot jelzett, mint a DeltaV, de hibátlan kommunikáció esetén mindkét diagnosztikai rendszer egyformán jelezte a helyes működést.

A hosszú idejű teszt folyamán 9 db letöltött modult futtattam a vezérlőben, 3 db szabályozókörrrel. A magára hagyott rendszer az élesztésnél ismertetett instabil kommunikációt mutatva, a 48 órás teszt alatt átlagosan 20-30 percenként néhány másodpercre mutatott hibajelzést a kommunikációban.

A szegmens megszakításával (áramfelvétel mérés) ez a stabil állapot megszűnt, és az eszközök folyamatos üzemmód váltása volt megfigyelhető, a működő és a készenléti (standby) állapot között. Egyes eszközök tartósan készenléti állapotban maradtak, kézzel átkapcsolva, és az állapotuk letöltve sem stabilizálódott, az üzemmód váltások ismét megjelentek és folytatódtak. Az 5.1. ábrán az egyik, még hibás rendszeren elvégzett tesztek eredménye látható, ahol a DeltaV öndiagnosztikai modulja egy-egy (logikai „1” szintnek megfelelő) függőleges vonalat húz a kommunikáció megszakadása esetén.



5.1. ábra Kommunikációs hiba diagnosztikai ábrája DeltaV rendszeren

A teljes kommunikációra vonatkozó statisztikai adatokat a FieldBus Technician eszközről (5.2. ábra) kinyerve látható, hogy az érvénytelen kommunikációs csomagok száma jelentős, emiatt volt szükséges az újbóli konfigurálás és beállítás.

Total Request Sent	344359
Total Valid Responses	233651
Total Invalid Response	110577
Total Indications	322
Total Stack Rejected Request	0
Total Local Stack Errors	131
Total Request TimeOut	0
Total Publish Errors	0
Total Subscribe Errors	0
Total DII Pcus Transmitted	549020
Total DII Good Pcus Received	17402688
Total DII Fragments Received	0
Total DII Fcs Failures	24
Total DII Time Disc Changes	0
Total DII Retries	400
Total DII Receive Q Full	0

5.2. ábra Kommunikációs hiba diagnosztikai a FieldBus Technician eszközön

5.3. Internet hozzáférés

Az FF rendszerek természetes velejárója az Internet hozzáférés, hiszen az aktuális, és újabb változatú DD adatállományok letöltésére, vagy a távoli elérésű „karbantartásra” ez a legkézenfekvőbb megoldás. Az Internet hozzáférés minősítése és elemzése nem volt a dolgozat témája.

Mind a GOK-3, mind a BEK-5 rendszerekkel végzett (az egyik esetben DeltaV vezérlő, a másikon C-200 vezérlőegység) vizsgálatok azt igazolták, hogy az ipari technológiákon a biztonsági követelmények miatt az Internet elérhetőséget a lehető legszükségesebb mértékűre kell korlátozni.

5.4. Beüzemelési segítség

A beüzemelési segítség közül a gyártóműi ellenőrzésre dolgoztam ki módszert, melyek közül az FF rendszerre vonatkozó javaslatok kerülnek ebben a fejezet részben leírásra.

A gyártóműi ellenőrzés (Factory Acceptance Test – FAT) eljárás tárgya a P&ID ismeretében megtervezett és kivitelezett irányítástechnikai rendszer (hardver és szoftver) együttese, célja a működő rendszerek és alrendszerek egyes funkcióinak komplex vizsgálata.

A FAT eljárás folyamán nem szükséges megvizsgálni az összes terepi eszköz (távadók és beavatkozó szervek) működőképességét, hanem a vizsgálatok egy, az egész rendszert jól reprezentáló modell előre definiált funkcióinak a lehető, illetve a szükséges legteljesebb körű vizsgálatára terjednek ki. A teljes rendszer összes további egységének működése és

viselkedése meg kell, hogy egyezzen a tesztelt platformnak, mint a rendszert egységenként képviselő modellnek a viselkedésével.

A FAT célja annak ellenőrzése és bizonyítása, hogy a beszállító által felépített rendszer funkcionalitása megegyezik-e a felhasználó által támasztott követelményeknek.

A FAT egymást logikus sorrendben követő lépések sorozatából építhető fel, melyben az egyes lépcsők önálló teszteknek tekinthetők. Ennek megfelelően a FAT procedúrát (az irányítástechnikai műszerezés és az alrendszerek struktúrájának ismeretében és annak megfelelően) célszerűen összeállított területekre (részfeladatokra) kell bontani, majd meghatározni az alrendszerek tesztelésének sorrendjét, valamint azt, hogy az egyes modulok tesztelésénél mely szakembereknek kell részt venni. Az egyes alrendszerek tesztjeit tekintve az eljárás folyamán felléphetnek átfedések (pl. az alarm-ok vizsgálata az FF eszközök tesztelésénél, illetve az operátori képek ellenőrzése közben.)

A FAT a teljes ellenőrzést lefedi, de ebben a fejezetben csak az FF rendszerhez tartozó lépések kerülnek ismertetésre.

A DCS rendszer és a FF ellenőrzése átfedéseket tartalmaz. A megfelelő vizsgálatokat mégsem tartom szerencsésnek egy egységen belül tárgyalni, ezért a DCS rendszer, az FF és az I/O teszteket az átláthatóság kedvéért javasolom szétválasztani.

Ha logikai sorrendben haladunk a rendszer ellenőrzésével, akkor a hardver tesztet követő lépés az FF alrendszer hardver és szoftveres moduljainak tesztje. Szoftveres teszt alatt itt most a rendszerszoftvert kell érteni, az alkalmazói modulok funkcionalitását külön eljárás keretén belül kell ellenőrizni.

A Foundation Fieldbus alrendszer vizsgálatánál az alábbi funkciók vizsgálata feltétlenül szükséges:

- FF szegmens fizikai ellenőrzése (passzív és aktív jellemzők - Segment Checkout Form)
Kapacitás- és ellenállás mérése. Tápfeszültség mérése az egyes terepi eszközökön.
- Rendszer funkcionalitási teszt
Az eszközök csatlakoztatása, DCS-en való megjelenésének ellenőrzése.
Távadó és funkció blokkok felolvasása. Device alarmok konfigurálása és engedélyezése.
- Konfigurálhatóság (szenzortípus beállítása hőmérőnél, range, kalibrálhatóság).
Letöltési funkció gördülékenysége.
Távadók üzemmódjának átkapcsolása (SPARE, OFFLINE, STANDBY, COMMISSIONED).
Beavatkozó szervek üzemmódjának átkapcsolása (AUTO, MANUAL, CASCADE).
- Redundancia teszt.
Az intelligens kettőzött eszközök (kontroller, FF kártyák) szoftverből való átkapcsolhatóságának vizsgálata. A rendszer viselkedésének megfigyelése az átkapcsolás alatt.
- Makrociklus ellenőrzése
A kialakított kontroll stratégiák installálása után a minimális makrociklus

időnek kisebbnek kell lenni, mint az aktuálisan konfiguráltnak. Szükség esetén módosítani kell. A módosíthatóság vizsgálata.

- Eseménynaplózás

Naplóbejegyzés generálása és visszakeresése, pl. operátor által kezdeményezett alapjel átállítással. Az eseménynaplózás nem foglalja magába az alarmok vizsgálatát, azt az operátori képeknél és a szoftveres modulok tesztjénél később is elvégezhető.

5.5. Összefoglalás

Ebben a fejezetben a minősítési eljárásnak megfelelően az FF kommunikációs rendszerre épülő folyamatirányítás működtetéséhez szükséges támogatást (konfigurálhatóság, öndiagnosztika, alkalmazásfejlesztési háttér, elemek gyártó-független alkalmazása, internet hozzáférés, és a beüzemelési segítség) témaköréhez tartozó jellemzőket foglaltam össze. A terepi buszrendszerek gyártóműi tesztelésére kidolgozott FAT módszer, a vonatkozó irodalom és segédanyag hiányában is itt került leírásra.

A következő, utolsó fejezetben a speciális alkalmazási területekhez kapcsolódóan, a kutatás egyik szegmense, a robbanásveszélyes alkalmazásokra kidolgozott módszer kerül bemutatásra.

6. Terepi irányítási rendszer megvalósítása robbanásveszélyes területen

6.1. FF eszközök használata robbanásveszélyes övezetben

A különböző gyártók, az általuk készített gyártmányok veszélyes övezetben történő használatát az IEC illetve CENELEC előírásainak megfelelően minősítik, és a kijelölt intézetek adják ki az eszközökről a hivatalos minősítést. Az egyes országokban meglévő hivatalok az adott ország területére érvényes előírásoknak megfelelően adnak engedélyt az eszköz használatára (Magyarországon a BKI). Hasonló eljárás alá esett a Foundation Fieldbus eszközök használata is.

A terepi kommunikációs rendszer sajátosságainak (soros kommunikáció, ugyanazon a vezetéken a tápfeszültség és a jelátvitel, elemleíró fájlok használata, interoperabilitás, stb.) megfelelően, az egyes eszközök használatával kapcsolatos előírásokat rendszerint a kommunikációs rendszerek működését összefogó alapítványok (Profibus illetve Fieldbus Foundation) fogják össze. A Fieldbus Foundation segíti egyrészt a gyártókat, másrészt a felhasználókat, hogy eredményesen tudják alkalmazni a piacon megjelenő eszközöket és módszereket. A robbanásveszélyes övezetben történő alkalmazást is támogatja az alapítvány, az IEC/CENELEC előírások szigorú betartásával.

Az IEC/ISA Fieldbus rendszerekben alkalmazott fizikai réteg szabványaiban (Physical Layer Standard – IEC 1158-2; ISA – S50.2) Clause 11-ben leírt és Clause 2-ben vázolt nyolc profil tartozik a terepi eszközök különböző típusaihoz. Ezek közül a profilok közül négy ajánlott az I.S. rendszerek alkalmazására veszélyes övezetben. Ezek a profilok:

- Type 111 – szabványos tápfeszültség a biztonságos övezetben kapcsolódik a buszra,
- Type 112 – a szabványos tápfeszültség a veszélyes övezetben kapcsolódik a kommunikációs buszra,
- Type 121 – alacsony szintű tápfeszültség a biztonságos övezetben kerül a buszra,
- Type 122 – alacsony szintű tápfeszültség a veszélyes övezetben kapcsolódik a kommunikációs buszra,

Az FF rendszerek gyújtószikramentes (Intrinsically Safe – IS) alkalmazásának lehetőségeiről rendelkezésre álló publikációk, és gyári adatlapok rendkívül hiányosak, ezért volt szükség a nagy elemszámú rendszerek esetének tesztelésére, amelyek az Emerson Process Management és a Honeywell cégek eszközein és a rendszerein valósultak meg. A gyújtószikramentes alkalmazáshoz kidolgozott vizsgálati módszer a gyakorlatban került ellenőrzésre. A vizsgálatoknak nem volt tárgya a robbanásvédelem, EEx(d) eszközök vizsgálata. A következő részben a különböző kialakítási lehetőségek rövid ismertetését a vizsgálati követelmények leírása követi.

6.1.1. Hagyományos I.S. rendszer alkalmazása FF eszközökre

Hagyományos I.S. rendszer alkalmazásánál, a robbanásveszélyes térben nem csak az FF eszközöknél érvényes paraméterek alapján működtetett eszközökben, és azokat összefogó vezetékeken az energiaszint olyan mértékű, hogy a robbanásveszélyes övezetben a biztonságos üzemmenet megvalósítható [66]. Az eszközökre vonatkozó legfontosabb jellemzőket a 6.1. ábra mutatja.

A leírtaknak megfelelően a Fieldbus Foundation specifikálta a standard tápfeszültség és az alacsony szintű tápfeszültség használatának feltételeit, illetve a kombinatív rendszerek alkalmazását (6.1. ábra). Ez további lehetőségekkel bővül, hiszen nem csak a veszélyes

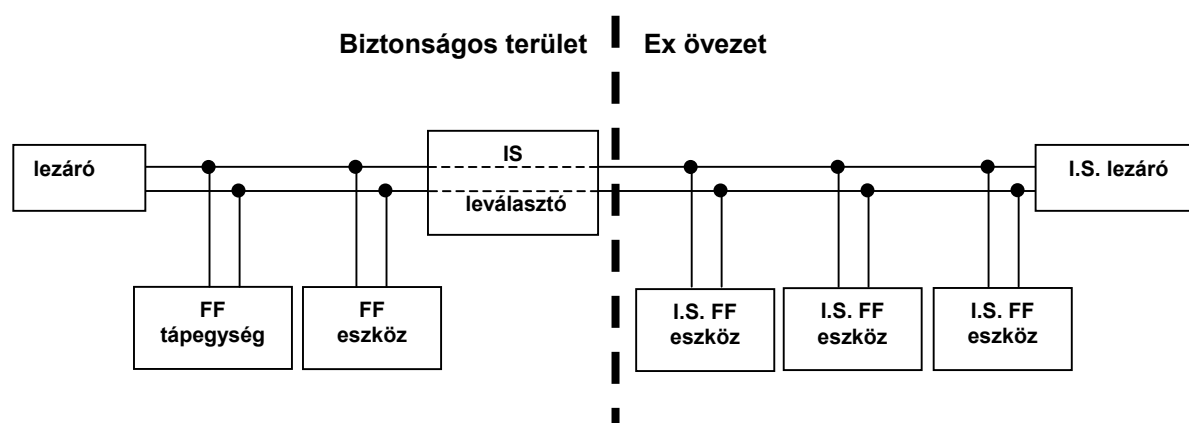
övezetben történő alkalmazások, hanem a különböző rendszerek (nem robbanásveszélyes és robbanásveszélyes övezetek) együttműködése is gyakoriak. (Az analóg jelfeldolgozás is jelen van a terepi kommunikációs rendszerrel együtt.)

Paraméter	Ajánlott érték
Eszközre jutó megengedett feszültség	24 V min.
Eszközre jutó megengedett áram	250 mA min.
Eszköz bemeneti teljesítmény	1,2 W min.
Eszköz maradék kapacitása	< 5 nF
Eszköz maradék induktivitása	< 20 mH
I.S. osztályozás	Ex ia, IIC, (A és B gázcsoport, T4)

6.1. ábra. FF eszközökre vonatkozó I.S. paraméterek

6.1.1.1. Buszon megtáplált eszközök

A legelterjedtebb terepi kommunikációs rendszer, ide tartozik a H1 Foundation Fieldbus rendszer is, ahol a tápfeszültség a biztonságos területen kapcsolódik a kommunikációs vezetékre, így a tápfeszültség és a „kommunikációs jel” egy I.S. leválasztón (6.2. ábra) kerül a veszélyes övezetbe.

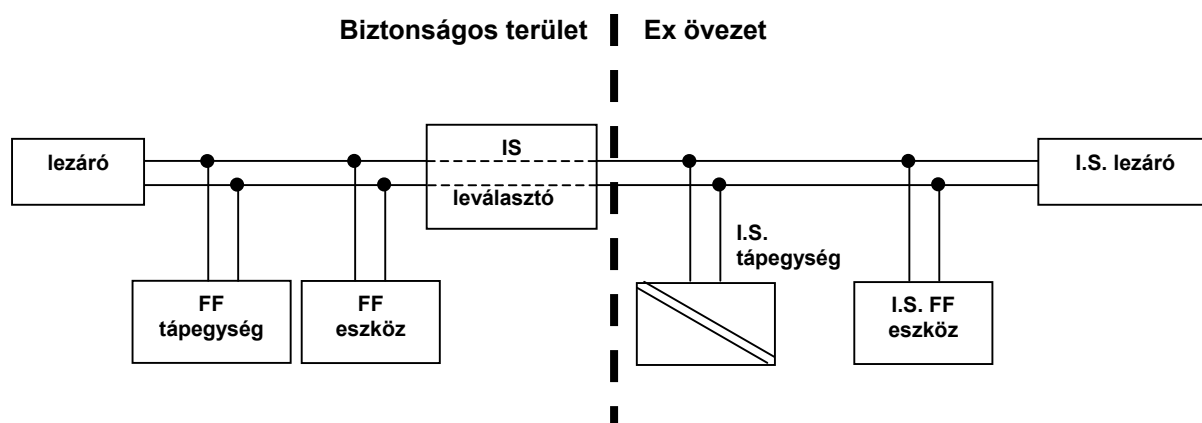


6.2. ábra Eszköz megtáplálás Type 111 és Type 121 szerint

6.1.1.2. Elválasztott megtáplálású eszközök

A terepen elhelyezett I.S. eszköz megtáplálását úgy is meg lehet oldani, hogy a terepen elhelyezett, szintén I.S. minősítésű tápegység szolgáltatja az eszköz számára az energiát.

A veszélyes övezetben elhelyezett tápegység (esetenként ez lehet elemes táplálás is) nem gyakran előforduló technikai megoldás (bár ezek száma jelentősen fog nőni a rádiós kommunikációs rendszerek elterjedésével. Ez a struktúra (6.3. ábra) főleg olyan helyen kerül alkalmazásra, ahol a veszélyes övezet és a biztonságos terület között nem lehet biztosítani a megfelelő kommunikációt.



6.3. ábra Eszköz megáplálás Type 121 és Type 122 szerint

6.1.1.3. Vezeték lezárás veszélyes övezetben

A veszélyes övezetben alkalmazott RC elemekre is a szabvány előírások vonatkoznak, így csak ilyen bizonylattal ellátott lezárók használhatók ebben a környezetben [4], [86].

Paraméter	Ajánlott érték
Övezet	Zone 0 (USA-ban Div.1)
Gázcsoport	IIC (USA-ban Group A és B)
Bemeneti feszültség	24 V min.
Bemeneti áram	250 mA min.
Bemeneti teljesítmény	1,2 W min.

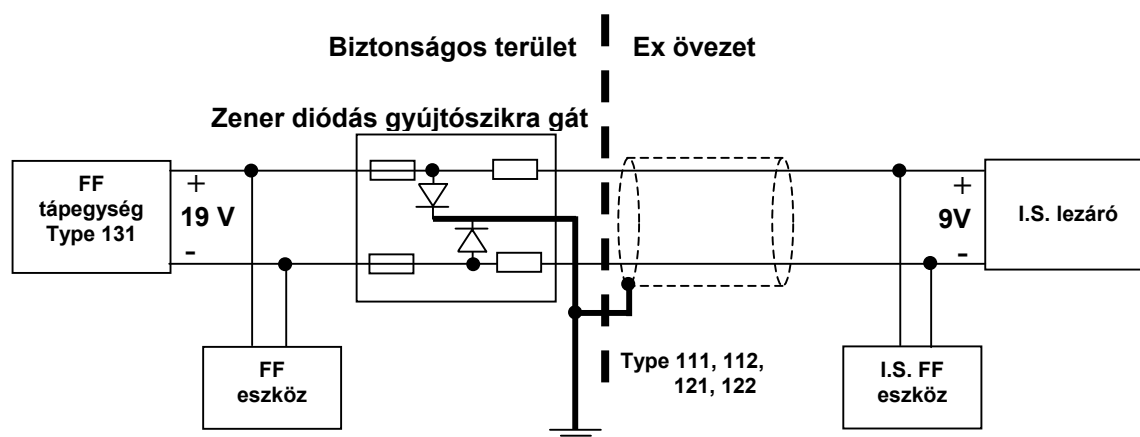
6.4. ábra I.S. lezáró tag jellemzői

6.1.1.4. Tápfeszültség biztosítása veszélyes övezetben

Az előzőekben leírtak alapján a tápfeszültséggel szemben támasztott követelményeket a 6.4. ábrán látható adatok írják le, természetesen a feszültség, áram és teljesítményérték ebben az esetben maximális értéknek számít (max. 24V, max. 250 mA, max. 1,2 W). Ennek megfelelően a maximális vezeték hossz értéke 1900 m-re adódik. („A” típusú vezeték használva – 24 Ω /km.) A minimális működtető feszültség értéke 9 V. A feszültség és áramadatokból, az alkalmazott buszvezeték hosszából számíthatók az eszközökre jutó adatok. Ezeket az értékeket a különböző tápfeszültség adathoz tartozó áram függvényében szokás ábrázolni. Ugyanígy meghatározható a különböző buszhosszhoz tartozó alkalmazott eszközök száma is.

6.1.1.5. Gyűjtőszikramentes védőgát alkalmazása

A veszélyes övezetben alkalmazott eszközök táplálására szolgáló egységek kimenetére csatlakoztatott védőgátak (I.S. Barrier) legegyszerűbb kialakítását Zener diódát használó elektronikus egységgel (6.5. ábra) lehet megvalósítani.



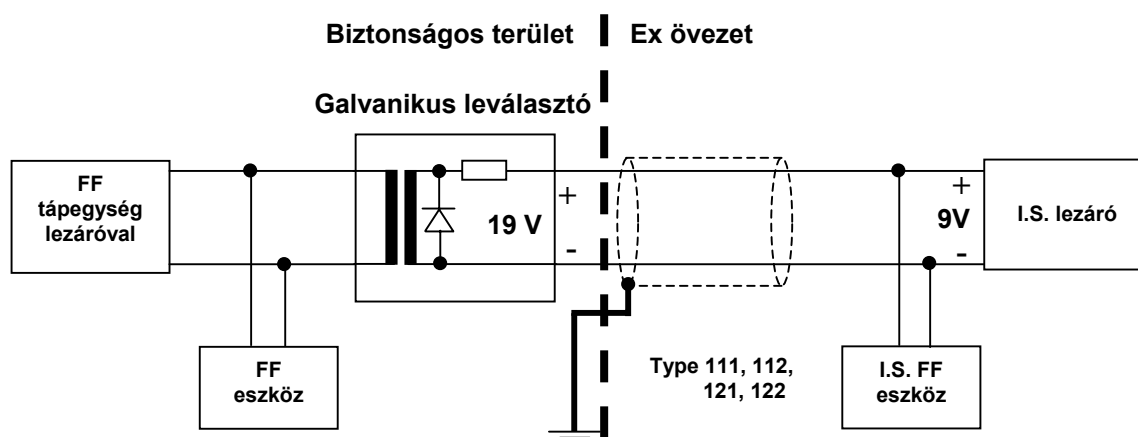
6.5. ábra Gyűjtőszikramentes gát alkalmazása

Az 6.5. ábrán látható megoldásnál a kiegyenlített kapcsolás a pozitív és a negatív vezetéken egyidejűleg biztosítja a Zener diódás védelmet. Ebben az alkalmazásban a Fieldbus Foundation ajánlásban szereplő Type 131 tápegységet is lehet alkalmazni. A működtető feszültség értéke kisebb, mint a megengedett (safety voltage) feszültség.

Az IEC/ISA szabvány szerint (Clausus 11.7.5 és 22.7.5. – M1-Melléklet) lezáró ellenállásokat kell használni a trónk mindkét végén. Az IEC/ISA szabvány azt is előírja, hogy a maximális kábelhossz 100 m lehet az I.S. gát és a legközelebbi lezáró ellenállás között. A kábelhossz mellett természetesen a leágazások hossza is szabvány által rögzített. Több gyártó úgy készíti a gyűjtőszikramentes gátat, hogy abban a lezáró ellenállást (integrated terminator) be lehet iktatni.

6.1.1.6. Galvanikus elválasztás alkalmazása

A Fieldbus Foundation Physical Layer Profile Specification (Section 12.3. – M1-Melléklet) szerint gyűjtőszikramentes alkalmazásra galvanikus leválasztót is lehet alkalmazni. Ez a megoldás (6.6. ábra) nem I.S. gátat, hanem galvanikus leválasztót használ, amely esetben a túlfeszültség védelem biztosított. Ezekben az áramkörökben tipikusan transzformátoros és optoelektronikus leválasztás használatos.



6.6. ábra Galvanikus leválasztó alkalmazása

6.1.2. FISCO rendszerek

Az ipari gyakorlatban „hagyományosan” alkalmazott megoldás, ami az FF H1 fizikai rétegre is kidolgozásra került, az „Entity” modell az IEC 61158 FF szabványra épül, melynek lényege a passzív elemekkel kialakított energia korlátozás a gyújtószikramentes övezetben. A Fieldbus Foundation a 2001. évi Interkama kiállításon mutatta be az új terepi rendszerekre kialakított koncepciót Field Intrinsically Safe Concept – FISCO néven [66].

Alternatív megoldást már előbb is kidolgoztak (1999-ben a PTB cég – Braunschweig; Dr. Ulrich Johannsmeyer). A CENELEC és IEC-61158-2 szabványoknak megfelelő kialakítás szerint a terepen az Ex Zone 1 övezetben ugyanahhoz a védőgáthoz nagyobb számú eszköz tartozhat. Ennek oka, hogy a tápfeszültséget un. aktív elektronika korlátozza. Európai környezetben az EEx (i) tápfeszültség korlátozás felel meg a követelményeknek.

A FISCO előírások az alábbi paramétereket határozzák meg:

- tápfeszültség és teljesítménykorlát,
- a szegmensre csatlakoztatott elemek jellemzői,
- az alkalmazható kábel,
- a vezetékek lezárása,
- a robbanásveszélyes környezet besorolása,
- a rendszer megtervezésének korlátjai.

6.1.2.1. Tápfeszültség jellemzői

A tápfeszültséggel szemben támasztott legfontosabb követelmény, hogy egy szegmensen csak egyetlen 14-24 VDC nagyságú feszültségforrást szabad elhelyezni. Az összes többi, a kábelben a szegmensre csatlakozó elem csak passzív lehet.

- Jelleggörbe: trapéz, vagy téglalap
- Feszültség tart.: $U_0 = 14 \dots 24 \text{ V}$
- Áram tartomány: $I_0 = -39 \dots 215 \text{ mA}$ ($U_0 = 15 \text{ V}$ – nál mérve; IIC-nek megfelelő szint)
- L_0 és C_0 értéke: a szabvány nem specifikálja

6.1.2.2. Csatlakozó passzív elemek jellemzői

Az elemek száma Eex ia és Eex ib IIC esetén maximum 10 lehet. A passzív elemek nem adnak táplálást a busz lezárásához, kivéve a 50 μA szivárgási áramot.

A terepen elhelyezett eszközöknek biztosítani kell a galvanikus leválasztást úgy, hogy a terepi busz passzív maradjon.

A maximális maradék kapacitás értéke – $C_i \leq 5 \text{ nF}$, és az induktivitás értéke – $L_i \leq 10 \text{ mH}$ lehet minden egységnél, illetve a lezáró tagnál.

6.1.2.3. Kábeljellemzők

Megengedett a különböző kábelek használata.

Minden kábelnek az alábbi jellemzőkkel kell rendelkeznie:

- Hurok ellenállás: $R' = 15 \dots 150 \Omega/\text{km}$
- Induktivitás: $L' = 0,4 \dots 1 \text{ mH}/\text{km}$

- Kapacitás: $C' = 80 \dots 200 \text{ nF/km}$ (30 m-nél nagyobb csirkeláb leágazás esetén eltérő és a trönk max. hossza: 1 km)

6.1.2.4. Lezárás jellemzői

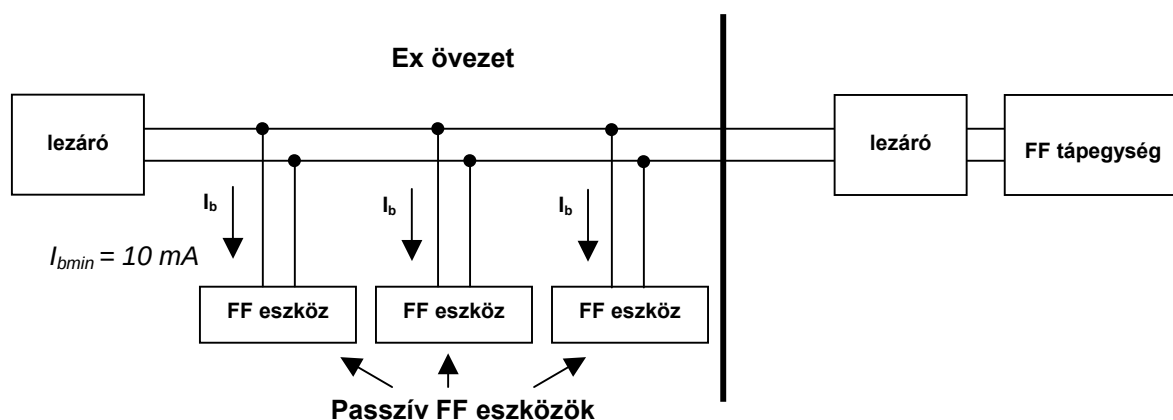
A trönk kábelt lezáró RC tag jellemzői:

- $R = 90 \dots 100 \Omega$
- $C = 0 \dots 2,2 \mu\text{F}$

Az ellenállásoknak az EN 50020 szabványnak megfelelő megbízhatósággal kell rendelkeznie és megengedett az eszközben integrált RC tag használata is.

6.1.2.5. Rendszer tervezése

A buszra csatlakozó passzív elemek számát az I.S. előírások nem korlátozzák. A fentebb leírt szabályok betartásával (kapacitás, induktivitás, kábelhossz) kell a rendszert kialakítani (fontos megjegyezni, hogy egyéb, nem FISCO típusú gyújtószikramentes övezetben maximum 4 eszközt célszerű használni egy alszegmensen).



6.7. ábra FISCO eszközök alap áramfelvétele

A FISCO eszközök Exia és Exib övezetben történő alkalmazására az 6.8. ábrán látható jellemző adatok szolgáltatnak útmutatást.

Jellemzők	EEx ia IIC	EEx ib IIC/IIB
U ₀ (EN 50020 szerint)	14...24 V trapéz	14...24 V téglalap
I ₀ (EN 50020 szerint)	215 mA (U ₀ = 15 V)	128 mA U ₀ = 15 V, IIC 280 mA U ₀ = 15 V, IIB
Hurokellenállás R'	15...150 Ohm/km	15...150 Ohm/km
Induktivitás L'	0,4...1 mH	0,4...1 mH
Kapacitás C'	80...200 nF/km	80...200 nF/km
Leágazás hossza	≤ 30 m	≤ 30 m
Trönk kábel hossza	≤ 1000 m	≤ 5000 m

6.8. ábra FISCO eszközök jellemző adatai

A FISCO rendszer legfontosabb jellemzőinek összehasonlítása a hagyományos rendszerrel az 6.9. ábrán látható.

	FISCO	FF I.S.
Kábel hossz	1000m	1900m
Maximális leágazás	30m	120m
Elemszám maximuma	10	4

6.9. ábra A „hagyományos” és a FISCO eszközök jellemzői

6.1.3. Multibarrier rendszerek

Mind a GOK-3, mind a BEK-5 beruházáshoz kapcsolódó kutatási feladatok során vizsgáltam a terepen elhelyezhető védőgátat [110], [111] (Pepperl+Fuchs gym. FieldBarrier), amely védőgát felépítése megegyezik a hagyományos IS. rendszerekben használt védőgáttal, azzal a jelentős eltéréssel, hogy ezeknek az alkalmazása – a kialakításnak köszönhetően – EEx övezetben is lehetséges. Nyilvánvalóan ez a magvalósítás csak úgy lehetséges, hogy a leágazásokon korlátozott energiaszintet biztosítanak olyan módon, hogy ez a szint véletlen meghibásodás esetében sem haladhatja meg a szabvány által előírt korlátot.

6.2. A vizsgált rendszer

A tesztek során a GOK-3 kéntelenítő megvalósítására alkalmas, háromféle elrendezést vizsgáltam meg. Ez a három elrendezés a következő:

- „A” változat: RP-302 jelismétlőkkel és MTL5053 gyújtószikra leválasztó egységekkel kialakított hagyományos rendszer, négy alszegmenssel, 14 db eszközzel.
- „B” változat: MTL9121 FISCO rendszerű tápegység és jelismétlővel felépített hagyományos elrendezésű, négy alszegmensre osztott busszal, 14 db nem FISCO rendszerű eszközzel.
- „C” változat: Pepperl+Fuchs FieldBarrier eszközökkel épített felfűzött rendszer 12 db eszközzel.

A különböző mérőköri rajzok az M8-Mellékletben találhatók.

6.2.1. Hardver vizsgálat

A hardver vizsgálatok területéhez tartozik a rendszerben lévő eszközök megtáplálását szolgáló vezetékek polaritásának, árnyékolásának és a földelésnek a vizsgálata. Az FF alszegmenseket, az adott rendszer kiépítés után, üzembe helyezés (fieldbus táp bekapcsolás) előtt a FF egyes alszegmenseit egyenáramú szempontból egyenként kell ellenőrizni. Ez az ellenőrzés az alábbi vizsgálatokat tartalmazza:

- lezáró impedanciákat el kell helyezni a rendszerben,
- a lezáró ellenállások kapcsolóit (terminator switch) pozíciókat megfelelő állásba hozni aszerint, hogy az egyes elrendezésben alkalmazott aktív elemek, jelismétlők, stb. ezt hogyan igénylik,
- az alszegmens kábel, és a FF tápegység csatlakozását meg kell szakítani, majd az összes eszközt csatlakoztatni kell,

- ellenállást kell mérni a terepről beérkező H1 alszegmensek érpárjain, a tápegység oldalán,
- kapacitást kell mérni a H1 alszegmensek érpárosai között.

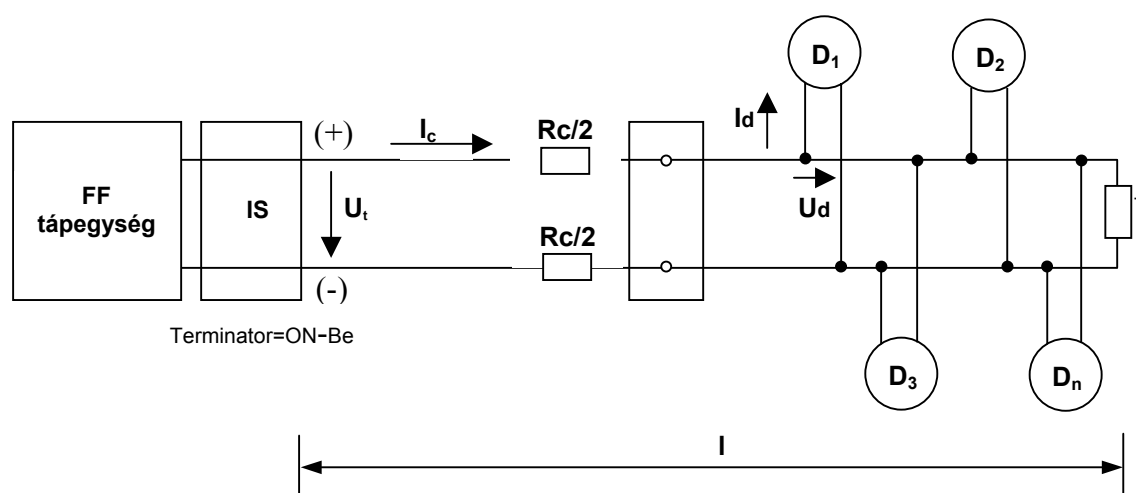
A hardver vizsgálatokhoz tartozik a tápegység csatlakoztatás utáni feszültségmérések elvégzése:

- DC feszültségmérés a szegmensen (digitális multiméterrel),
- AC feszültségmérés (hullámforma ellenőrzés oszcilloszkóppal) a tápegység kapcsain.

A fenti feladatokat azért kell elvégezni, mert az FF specifikációja szerint a terepi eszközök számára a buszon 9 és 32 V egyenfeszültség közötti tápfeszültséget kell biztosítani a helyes működéshez. (A gyakorlatban, nem I.S. kialakítás esetén ez az érték az eszközökön általában 19-20 V nagyságú.) A szegmensek topológiájának kialakítása, mérete és egyéb tényezők korlátozhatják a szegmenseken elhelyezhető kétvezetékes eszközök számát. A busz táplálású szegmenseken az alábbi tényezők játszanak korlátozó szerepet a szegmensen elhelyezhető kétvezetékes eszközök számának alakulásában:

- a fildbusz tápegység (FFPS) névleges kimeneti feszültségének értéke,
- a tápegység helye a szegmensen (feszültségesések miatt),
- az egyes eszközök minimális tápfeszültség igénye (9 V)
- az egyes FF eszközök által felvett áram (átlagosan 20 mA),
- az egyes eszközök helye a szegmensen (feszültségesés),
- az egyes szegmensszakaszok átviteli közegeinek ellenállása (kábel típus).

A feszültségmérésekről készített táblázatok közül egy tipikus mérőlap az M7-Mellékletben található, az alszegmens kialakítására vonatkozó rajz a 6.10. ábrán látható ($D_1 \dots D_n$ az FF eszközöket jelöli).



6.10. ábra Méretezés – ellenőrzés tápfeszültségre

Adatok:

$$U_t = 12\text{V DC}$$

$$I_{c\max} = 115\text{ mA}$$

$$l = 340\text{ m}$$

$$\rho = 24.6 \, \Omega/\text{km}$$

$$U_{\text{dmin}} = 9 \, \text{V}$$

A kábelben veszteségként megengedett maximális feszültségesés:

$$U_{\text{cmax}} = U_t - U_{\text{dmin}} = 12\text{V} - 9\text{V} = 3\text{V}$$

A kábelezés maximálisan megengedhető ellenállása a 115 mA-es megkívánt maximális áram esetén:

$$R_{\text{cmax}} = U_{\text{cmax}}/I_{\text{cmax}} = 3\text{V}/0,115\text{A} = 26 \, \Omega$$

Egy alszegmens kábelezésének számított ellenállása a megadott hossz esetén:

$$R_c = 2 \cdot \rho \cdot l = 2 \cdot 24,6 \, \Omega/\text{km} \cdot 0,340 \, \text{km} = 16,73 \, \Omega$$

A teljes alszegmens ellenállása ennél nagyobb, ha figyelembe vesszük a csatlakozásoknak a kábelezési ellenállással sorosan kapcsolódó átmeneti ellenállásait. Az így figyelembe vett eredő ellenállásérték lehet 26 Ω !

Az alszegmensen elhelyezett négy eszköz eredő fogyasztása:

$$I_{\text{fel}} = I_{d1} + I_{d2} + I_{d3} + I_{d4} = 26 + 26 + 20 + 20 = 92 \, \text{mA}$$

Látszik, hogy 115mA-92mA=23mA nagyságú kommunikációs tartalék áll rendelkezésre. Amennyiben 10mA kommunikációs tartalékot tételezünk fel, a buszon 102 mA áramnak kell folynia. A kábelezés feszültségvesztése:

$$U_c = I_{\text{fel}} \cdot R_c = 102 \, \text{mA} \cdot 16,73 \, \Omega = 1,706 \, \text{V}$$

Az eszközökre pedig az alábbi:

$$U_d = U_t - U_c = 12\text{V} - 1,706\text{V} = 10,29 \, \text{V}$$

feszültség jut. Látható, hogy a FISCO jelismétlőkkel megvalósított táplálás elméletileg képes meghajtani 2 db szelepvezérlőt és 2 egyéb átlagos 20mA-es távadót egy alszegmensen!

A modellezés során a fenti alszegmenst egy hosszú gerincvezeték (trönk), és az ahhoz kapcsolódó rövid leágazások (spur) alkották. A gyakorlati megvalósítás folyamán a rendszerben a ténylegesen megvalósuló vezetékhozzák miatt az elméleti értékektől eltérő, aszimmetrikus ellenállás- és tápfeszültség viszonyok alakultak ki, amelyeket mérésrel lehetett meghatározni.

A hardver vizsgálatokhoz tartozik a szegmensen a csillapítás ellenőrzése és a rövidzár hatásának vizsgálata is, amit egyrészt számítással, másrészt mérésrel végeztem el.

6.2.2. Elektromágneses zavarás hatásainak vizsgálata

Az elektromágneses zavarás szempontjából a teljes alszegmensen elhelyezkedő minden kétvezetékes eszköz, amely ki van téve a zavarás hatásának, zavarvevőnek minősül. A zavarjeleknek a zavarvevőkbe való bejutása nemcsak az egyes zavarvevők, de az egész rendszer működését is leállíthatja, a kommunikáció megszakadását idézheti elő. A zavarforrások természetes, vagy mesterséges eredetűek lehetnek. Természetes eredetűek a villámlás és egyéb légköri jelenségekből származó zavarok, mesterséges eredetűek valamilyen elektromágneses elven működő készülék, nagyfeszültségű energetikai hálózat, nagyáramú kapcsolók, motorok, egyenirányítók, keltette zavarok.

A vizsgálatok során egy egyszerű, a MOL Rt. követelmény rendszerének megfelelő vizsgálatot végeztem, ami a gerinc és leágazó vezetékekre generált zaj hatását jelenti, 1 m távolságban történő 2 kW-os motornak, 30 másodpercenkénti be- és kikapcsolása esetén. A vizsgálat során sem a gerincvezetéken, sem a leágazásokon nem mértem a működést befolyásoló mértékű zajt, 1 órás tesztelés alatt.

6.2.3. Kommunikációs vizsgálatok

Az FF rendszer vizsgálatát a 4. fejezet részletesen taglalja, ezért az alszegmensek beüzemelésekor az alábbi lépéseket szükséges az ott leírtaknak megfelelően követni:

1. lépés: eszközeleíró állományok (DD, fhx, .sym) ellenőrzése és installálása
2. lépés: eszközök csatlakoztatása a buszra
3. lépés: eszközök automatikus felismerése
4. lépés: eszközök azonosítása és működtetése

A vezérlő eszközökben rendelkezésre álló program modul használatával lehet ellenőrizni az egyes terepi eszközök azonosítóját (Device ID), állapotát (Status), és címét (Address), amelyek segítségével a rendszer integrálható.

6.3. Alkalmazás különlegesen mostoha körülmények között

A 2. fejezetben leírt különlegesen mostoha körülmények, úgymint:

- nagynyomású technológiák,
- magas hőmérsékleten üzemelő technológiák,
- különleges környezeti feltételek mellett üzemelő technológiák (olaj- és gáztermelő technológia különlegesen magas sótartalmú levegőben – tengeri platformokon, sivatagi olaj- és gáztermelés, sarkvidéki olaj- és gáztermelés, stb.),
- sugárveszélyes övezetben működő technológiák,
- agresszív anyagokkal dolgozó technológiák

sajátos alkalmazásai melletti feltételekkel nem vizsgáltam rendszereket. A jelenleg üzemelő GOK-3 és a közeljövőben beüzemelésre kerülő BEK-5 technológiák azonban a sugárveszélyt leszámítva ebbe a kategóriába tartoznak, ezért ezeknek a technológiáknak az üzemelésével szerzett tapasztalatokat csak mintegy 2-4 év múlva lehet majd elemezni, és ennek megfelelően a következtetéseket levonni.

6.3.1. Nagyon nagy megbízhatósági igény

Az 1. fejezetben leírt nagyon nagy megbízhatósági igényeknek megfelelő paraméterek az alábbiak:

- a kezelőszemélyzet és a lakosság védelme a technológiai ártalmaktól,
- a környezet védelme a technológiai ártalmaktól,
- termék árvesztésének kiküszöbölése,
- technológia elemek és berendezések károsodásának megakadályozása

kérdéseit csak az FF technológia hosszúidejű működését követően lehet majd elemezni, ezért a dolgozatban jelenleg nem lehet adekvát választ adni erre a kérdésre.

6.4. Összefoglalás

4. Tézis

javaslatot adtam az újonnan kialakításra kerülő terepi irányítási rendszerek (FCS – Field Control System) vizsgálatára, gyújtószikramentes övezetbeli alkalmazása esetén.

A speciális alkalmazási területek témakörből az FF kommunikációra épülő folyamatirányítás robbanásveszélyes területen történő alkalmazási lehetőségeit vizsgáltam, különös tekintettel a gyújtószikramentes megoldásokra.

Szakirodalmi publikációk, és gyakorlati útmutatók hiánya miatt kidolgoztam egy, a gyújtószikramentes övezetben alkalmazásra kerülő kommunikációs rendszerek vizsgálatára alkalmas módszert, a hagyományos folyamatirányítási megoldásoknál alkalmazott védelmi módszerek felhasználásával. A kidolgozott eljárást 1:1 arányú modellberendezésen ellenőriztem, és az ipari alkalmazásokra javaslatot tettem. Meghatároztam azokat a korlátokat, amelyek figyelembevételével lehet a különböző megoldásokat alkalmazni.

A tézishoz kapcsolódnak az alábbi elvégzett feladatok és következtetések:

1. A hagyományos (analóg jelfeldolgozáson alapuló) folyamatirányításnál kidolgozott megoldásokra alapozva összefoglaltam a Foundation Fieldbus kommunikációra épülő megoldásokat gyújtószikramentes övezetre.
2. Kidolgoztam a gyújtószikramentes övezetben használható vizsgálati eljárást, amely a hardver egységek vizsgálatán (FF tápegység feszültség szintje, elhelyezése, eszközök áramfelvétele, kábelek alkalmazható hossza, vezeték lezárás jellege), és a kommunikációs vizsgálaton (eszközleíró állományok tesztje, eszközök csatlakoztatásának jellege, eszközök automatikus felismerése, eszközök azonosítása) alapszik.
3. Meghatároztam, és gyakorlatban alkalmazva bizonyítottam azoknak a hardver és kommunikációs vizsgálatoknak az alkalmazhatóságát, amelyeknek az elvégzésével a különböző (hagyományos gyújtószikramentes – Entity, korlátozott tápfeszültségű – FISCO, és terepi védőgátas – Multibarrier) megoldások ellenőrizhetőek.
4. Az irodalomban közölt, a számítások alapján javasolt 16 eszköz egy FF szegmensben a gyakorlatban egyetlen esetben sem használható biztonságosan a jelenleg rendelkezésre álló eszközökkel (a túlságosan nagy áramfelvétel miatt). A vizsgálatok alapján biztonsággal maximálisan 12 eszköz működtethető ugyanazon a Foundation Fieldbus szegmensben.

7. Irodalomjegyzék

Könyv, disszertáció

1. Fieldbuses for Process Control - Engineering, Operation and Maintenance
Author: Jonas Berge
Publisher: The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA)
ISBN 1-55617-760-7
2. Fieldbus Technical Overview Understanding Fieldbus Technology – Fisher Rosemount
3. Yokogawa TI 38K02A01-01E Fieldbus Book – A Tutorial
4. FOUNDATION FIELDBUS Wiring Design & Installation Guidelines
Author – Relcom, Inc.
ISBN – Download @ <http://www.relcominc.com/download/fbguide.pdf>
5. Industrial Ethernet Planning and Installation Guide
Sponsoring Organization: IAONA e.V
Download @ <http://www.iaona-eu-com>
6. Supporting Real-Time Communications with Standard Factory-Floor Networks
Author: Eduardo Manuel de Médicis Tovar
Publisher: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores (PhD. Thesis)

Ethernet Book on line

7. A. Somogyi: A Flexible Future for Industrial Automation
The online Industrial Ethernet Book Issue 1 (http://ethernet.industrial-networking.com/articles/i01_rockwell_flex.asp)
8. G. Thomas: Looking Deeper Into Ethernet
The online Industrial Ethernet Book Issue 1 (http://ethernet.industrial-networking.com/articles/i01_gthomas.asp)
9. Dr. G. Turnbull: Is Ethernet the Answer to the Fieldbus dilemma?
The online Industrial Ethernet Book Issue 1 (http://ethernet.industrial-networking.com/articles/i01_george1.asp)
10. T. Kinsella, R. Hirschmann: Ethernet in Industrial Automation – Today and Tomorrow
The online Industrial Ethernet Book Issue 2 (http://ethernet.industrial-networking.com/articles/i02_tonykinsella.asp)
11. C. LeBlanc: The Future of Industrial Networking and Connectivity
The online Industrial Ethernet Book Issue 2 (http://ethernet.industrial-networking.com/articles/i02_chrisleblanc.asp)
12. B. Plagemann: Decentralised Controlling – Centralised Programming
The online Industrial Ethernet Book Issue 2 (http://ethernet.industrial-networking.com/articles/i02_beckipc.asp)

13. J. Berge: Ethernet in Process Control
The online Industrial Ethernet Book Issue 3 (http://ethernet.industrial-networking.com/articles/i03_processcontrol.asp)
14. P. I. Taylor: Determinist: The Full Story
The online Industrial Ethernet Book Issue 7 (<http://ethernet.industrial-networking.com/articles/i07determinism.asp>)
15. G. Thomas: Introduction to Fast Ethernet
The online Industrial Ethernet Book Issue 9 (<http://ethernet.industrial-networking.com/articles/i09fastethernet.asp>)

Cikk

16. Distributed Communication Architecture – Industrial Networking Solutions with a Future
Hirschmann Rheinmetall Elektronik – gyári kiadvány p.1-31.
17. Dr. J. L. Murray, R. Kosar: Industry Needs Survey Results for Process Control Technicians
LEE COLLEGE REPORT, March 2002 p. 1-19.
18. Y. Tipsuwan and M. Y. Chow: Control methodologies in networked control systems
CONTROL ENGINEERING PRACTICE Volume 11, Issue 10 , October 2003, Pages 1099-1111
19. M. Valz: Modbus-TCP: The quiet success story
CONTROL ENGINEERING EUROPE 1 JUN 2003
20. T. Polischuk New field I/O answers need for modular, smart, open solutions
CONTROL SOLUTIONS DEC 1999
21. T. Wallace, M. Peluso: Distributed Intelligence
HYDROCARBON ENGINEERING JULY, 2002
22. G. Bucci, C. Landi: A distributed measurement architecture for industrial applications
IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT 52 (1): 165-174 FEB 2003
23. A. Leon-Garcia, I. Widjaja: Communication Networks: Fundamental Concepts and Key Architectures
McGraw-Hill, New York, U.S.A. p. 102 (1999)
24. C. Tranoris, K. Thramboulidis: From Requirements to Function Block Diagrams: A new Approach for The Design of Industrial Control Applications
Proceedings of the 10th Mediterranean Conference on Control and Automation - MED2002 Lisbon, Portugal, July 9-12, 2002
25. K. Thramboulidis, C. Tranoris: An Architecture for the Development of Function Block Oriented Engineering Support Systems
IEEE Inter. Conference on Computational Intelligence in Robotics and Automation, (CIRA'01), Canada August 2001

26. J. Fischer, T. O. Boucher: Workbook for Designing Distributed Control Applications using Rockwell Automation's HOLOBLOC
Prototyping Software J Working Paper No. 05-017
27. T. Hussain, G Frey: Migration of a PLC Controller to an IEC 61499 Compliant Distributed Control System: Hands-on Experiences
Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation ICRA '05. Barcelona Spain pp 3995-4000 April 2005
28. D. Hebert: Centralized vs. Distributed: Is Bigger Better? Advances in technology are strengthening the advantages of field-based control, but are they enough to convince you?
CONTROL FOR THE PROCESS INDUSTRIES APRIL 16, 2003
29. R. Merritt: Cover Story: Smart and Smarter
CONTROL FOR THE PROCESS INDUSTRIES SEPTEMBER 27, 2002
30. L. Cauffriez, J. Ciccotelli, B. Conrard, M. Bayart: Design of intelligent distributed control systems: a dependability point of view
RELIABILITY ENGINEERING & SYSTEM SAFETY, VOLUME 84, ISSUE 1, APRIL 2004, PAGES 19-32
31. N.G.P.C. Mahalik, S.K. Lee: Design and development of system level software tool for DCS simulation
ADVANCES IN ENGINEERING SOFTWARE 34 (2003) 451–465
32. V. Casanova, J. Salt: Multirate control implementation for an integrated communication and control system
CONTROL ENGINEERING PRACTICE 11 (2003) 1335–1348
33. L. Hadellis, S. Koubias, V. Makios: An integrated approach for an interoperable industrial networking architecture consisting of heterogeneous fieldbuses
COMPUTERS IN INDUSTRY 49 (2002) 283–298
34. R. Dssouli, K. Saleh, E. Aboulhamid, A. En-Nouaary, C. Bourhfir: Test development for communication protocols: towards automation
COMPUTER NETWORKS 31 1999 1835–1872
35. L. Almeida, R. Pasadas, J.A. Fonseca: Using a planning scheduler to improve the flexibility of real-time fieldbus networks
CONTROL ENGINEERING PRACTICE 7 (1999) 101–108
36. J.M. Fuertes, J. Herrera, J.P. Arboleda, F. Heit, C. Casas, J. Company: Communication system for a distributed intelligent controller
Microprocessors and Microsystems 23 (1999) 89–93
37. J.S. Bayne: A Distributed Programming Model for Real-time Industrial Control
Control Eng. Practice, Vol. 3, No. 8, pp. 1133-1138, 1995

38. D. Lee, J. Allan, H. A. Thompson, S. Bennett: PID control for a distributed system with a smart actuator
Control Engineering Practice 9 (2001) 1235–1244
39. Y. Pang, H. Nishitani: Timing Analysis and Modified PID Control Algorithm of the Fieldbus Control System
Journal of Chemical Engineering of Japan, Vol. 37, No. 9. pp. 1105-1116, 2004
40. R. M. Miller, S. L. Shah, R. K. Wood, E. K. Kwok: Predictive PID
ISA Transactions 38 (1999) 11-23
41. K. E. Kwok, M. C. Ping, P. Li: A model-based augmented PID algorithm
Journal of Process Control 10 (2000) 9-18

Fildbusz cikk

42. J. P. Thomesse: Fieldbuses and interoperability
Control Engineering Practice 7 (1999) 81–94
43. Hong SH, Kim YC: Implementation of a bandwidth allocation scheme in a token-passing fieldbus network
IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT 51 (2): 246-251 APR 2002
44. L. O' Brien, D. Caro: Fieldbus Succes Stories and Strategies
ARC STRATEGIES JULY, 2001
45. Lee S, Lee KC, Han MC, Yoon JS: On-line fuzzy performance management of Profibus networks
COMPUTERS IN INDUSTRY 46 (2): 123-137 SEP 2001
46. I. Verhappen: Foundation Fieldbus Economics Comparison
ISA Transactions 39 (2000) 281-285
47. G. Y. Tian: Design and Implementation of Distributed Measurement Systems Using Fieldbus-Based Intelligent Sensors
IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT 50 (5): 1197-1202 OCT 2001
48. Foundation Fieldbus Open, Integrated Fieldbus Architecture for Plant Optimization
<http://www.knowthebus.org/fieldbustech/foundation.asp>
49. Fieldbus Technologies Profibus
<http://www.knowthebus.org/fieldbustech/profibus.asp>
50. Staff: New Ethernet-based I/O System scans 1000 points in 30 microseconds
Control Engineering Europe 1 JUN 2003
51. E. Byres: Ethernet to Link Automation
InTech Magazine, June 1999, p. 44-48.

52. H. Kolbert: Ethernet for Control – Part 1b: Not exactly a „no-brainer”
CONTROL SOLUTIONS JAN, 2001
53. S. Vitturi: On the use of Ethernet at low level of factory communication systems
COMPUTER STANDARDS & INTERFACES 23 (4): 267-277 SEP 2001
54. K. C. Lee and S. Lee: Performance evaluation of switched Ethernet for real-time industrial communications
COMPUTER STANDARDS & INTERFACES, Volume 24, Issue 5 , November 2002, Pages 411-423
55. H. Kleines, K. Zvoll, M. Drochner, J. Sarkadi: Integration of Industrial Automation Equipment in Experiment Control Systems via PROFIBUS - Developments and Experiences at Forschungszentrum Jülich
IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE 47 (2): 229-235 Part 1 APR 2000
56. S. Cavalieri, O. Mirabella, S. Monforte: Enhancing reliability in IEC/ISA FieldBus
COMPUTER STANDARDS & INTERFACES 21 (3): 217-240 AUG 1 1999
57. Sheung Ho Hong: Bandwidth Allocation Scheme for Cyclic-Service Fieldbus Networks
IEEE-ASME TRANSACTIONS ON MECHATRONICS 6 (2): 197-204 JUN 2001
58. S. Vitturi: DP-Ethernet: the Profibus DP protocol implemented on Ethernet
COMPUTER COMMUNICATIONS 26 (10): 1095-1104 JUN 20 2003
59. J. D. Smart: Fieldbus Improves Control and Asset Management
HIDROCARBON PROCESSING, January 2002, p. 55-57.
60. D. Marsh: Surviving the Fieldbus Wars
EDN Europe, April 1999, p. 34-46.
61. J. P. Thomesse: Open Issues in Fieldbus Based Systems
IFAC 2002 p. 1-5.
62. J. A. Rehg, W. H. Swain, B. P. Yangula, S. Wheatman: Fieldbus in the Process Control Laboratory – Its Time Has Come
29TH ASEE/IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, 13b4 p. 12-17.
63. T. Blevins, W. Wojsznis: Fieldbus support for process analysis
ISA Transactions 35 (1996) 177-183
64. C. Cardeira, Z. Mammeri: Using Task Scheduling Algorithms for Fieldbus Traffic Scheduling
Instituto Superior Técnico, 1096 Lisboa Codex
65. L. Durante, A. Valenzano: On the performance of the IEC 61158 Fieldbus
Computer Standards & Interfaces 21 1999 241–250

66. G. Kegel, M. Kessler, G. Rogoll: FISCO-Model Versus Conventional intrinsic Safety Evaluation in Fieldbus Technology
Foundation Fieldbus End User Council Australia Inc. kiadvány
67. D. A. Glanzer, C. A. Cianfrani: Interoperable fieldbus devices: a technical overview
ISA Transactions 35 (1996) 147-151
68. T. Sauter, C. Schwaiger Achievement of secure Internet access to fieldbus systems
Microprocessors and Microsystems 26 (2002) 331–339
69. J. P. Thomesse: A Review of the Fieldbuses
Annual Reviews in Control 22 (1998) 35-45

Gyári adatlap, kiadvány

70. Emerson Process Management: Intrinsically Safe Fieldbus Applications
Gyári kiadvány April 2003
71. Emerson Process Management: Installing Multiple Intrinsically Safe Fieldbus Devices with the DeltaV System – White Paper Installing Multiple I.S. Fieldbus Devices with the DeltaV System,
Gyári kiadvány January 2002
72. FOUNDATION™ Fieldbus Application Guide: 31.25 kbit/s Intrinsically Safe Systems AG-163 Revision 1.0
Fieldbus Foundation kiadvány 1996
73. Pepperl+Fuchs: Pre-engineering document for Emerson DeltaV – Foundation Fieldbus Components
Gyári kiadvány: 2003
74. Smar: Function Blocks Instruction Manual
Gyári kiadvány January 2003
75. Emerson Process Management: Foundation Fieldbus Blocks
Gyári kiadvány January 2000
76. FOUNDATION™ Fieldbus Application Guide: Function Block Capabilities in Hybrid/Batch Applications AG-170
Fieldbus Foundation kiadvány 2002
77. SHELL: FOUNDATION™ Fieldbus System Engineering Guidelines Rev.2.
Gyári kiadvány 2002
78. FOUNDATION™ Fieldbus System Engineering Guidelines AG-181 Rev 0.
Fieldbus Foundation kiadvány 2003
79. FOUNDATION™ Fieldbus Application Guide: 31.25 kbit/s Wiring and Installation AG-140 Rev 1.0.
Fieldbus Foundation kiadvány 1996

80. FF-890 – FOUNDATION™ Specification Function Block Application Process Part 1
Fieldbus Foundation kiadvány 2001
81. FF-891 – FOUNDATION™ Specification Function Block Application Process Part 2
Fieldbus Foundation kiadvány 2001
82. FF-892 – FOUNDATION™ Specification Function Block Application Process Part 3
Fieldbus Foundation kiadvány 2001
83. FF-893 – FOUNDATION™ Specification Function Block Application Process Part 4
Fieldbus Foundation kiadvány 2001
84. FF-894 – FOUNDATION™ Specification Function Block Application Process Part 5
Fieldbus Foundation kiadvány 2001
85. IEC-65/314A/NP Device profile guideline
IEC kiadvány 2003
86. RELCOM Inc.: Fieldbus Wiring Design and Installation Guide
Gyári kiadvány 2000
87. J. Berge: Fieldbus Foundation's open, integrated architecture for information integration
Fieldbus Foundation End User Council kiadvány 2004
88. OPC Complex Data Specification Version 1.00
OPC Foundation kiadvány 2003

Saját publikáció

89. Jónap, K.: Körutazás DCS buszokon
DCS konferencia, Miskolc-Tapolca,
Abstr., p. 4-10 (1995)
90. Jónap, K.; Lövei, J.: Digitális kommunikációs rendszer használata földalatti gáztárolóknál
MICROCAD-96 International Computer Science Conference, Miskolc,
Abstr., p. 91-94 (1996)
91. Jónap, K.; Papp Z.; Tornyai L.: Technológiai információs rendszer kialakítása
MICROCAD-97 International Computer Science Conference, Miskolc,
Abstr., p. 77-82 (1997)
92. Jónap, K.: Az elosztott intelligenciájú, egységes felépítésű folyamatirányító rendszerek
struktúrája
DCS Folyamatirányítási Rendszerek III. Találkozó, Miskolc,
Abstr., p. 28-33 (1997)
93. Jónap, K.: Multiprotocol Communication in Industry
MICROCAD-98 International Computer Science Conference, Miskolc,
Abstr., p. 53-56 (1998)

94. Jónap, K.: Foundation Fieldbus Using in the Monitoring System
MICROCAD-99 International Computer Science Conference, Miskolc,
(1999)
95. Jónap, K.: Foundation Fieldbus rendszer fejlesztési tapasztalatai
Foundation Fieldbus Találkozó, Budapest,
(1999)
96. Bábeczki, S.; Jónap, K.: Irányítástechnikai koncepció megvalósítása a MOL Rt. bányászati üzemeiben
24th International Petroleum Conference and Exhibition, Tihany,
(1999)
97. Jónap, K.; Subert, J.: Monitoring rendszer kialakítása Foundation Fieldbus elemekkel
DCS Folyamatirányítási Rendszerek V. Találkozó, Miskolc-Lillafüred,
CD ROM kiadvány (1999)
98. Jónap, K.: Folyamatirányítás a terepen
Fisher-Rosemount konferencia, Eger
(2000)
99. Jónap, K.: Foundation Fieldbus rendszer használata
Honeywell konferencia, Tihany
(2000)
100. Jónap, K.: Terepi buszrendszerekre épülő folyamatirányítás
DCS Folyamatirányítási Rendszerek VII. Találkozó, Miskolc-Lillafüred
CD ROM Kiadvány (2001)
101. Jónap, K.; Subert J.; Feith R.: Monitoring és elszámolási rendszer megvalósítása PB tárolón
25th International Petroleum Conference and Exhibition, Balatonfüred
CD ROM Kiadvány (2002)
102. Jónap, K.; Arany L.; Salz P.: Terepi folyamatirányító rendszer
DCS Folyamatirányítási Rendszerek VIII. Találkozó, Miskolc-Lillafüred
CD ROM Kiadvány (2002)
103. Jónap, K.; Subert J.; Varga S.: FF eszközök vizsgálata gyújtószikramentes környezetben
DCS Folyamatirányítási Rendszerek IX. Találkozó, Miskolc-Lillafüred
CD ROM Kiadvány (2003)
104. Jónap K.: Terepi kommunikációra épülő integrált folyamatirányítás
Doktoranduszok Fóruma, 2003. november 6., Miskolc
Miskolci Egyetem Kiadvány (2003)
105. Jónap K., Subert J.: Test Methodologies in Field Control System
MicroCAD-2004 International Scientific Conference, Miskolc
Abstr., p. 61-65 (2004)

106. Jónap K.: Terepi busz alkalmazási tapasztalatok
PlantWeb Találkozó, 2004. május 11-12., Keszthely
107. Jónap K.: Terepi kommunikációra épülő folyamatirányítás
Kihívások az Irányítástechnikában Szimpózium 2004. május 20. Budapest
CD ROM kiadvány
108. Jónap K.: Test Methodologies in Field Control System
Emerson Global User Exchange Symposium, 2004. October 25-29. Dallas
CD ROM

Kutatási jelentés

109. EOR (Enhanced Oil Recovery) modellberendezés tervezése és gyártása
ME AKKI MŰFIO jelentés 2005 – témaszám: 4059013
110. BEK-5 beruházáshoz kapcsolódó, gyújtószikramentes övezetben használt terepi kommunikációs (FF H1) rendszer alkalmazhatósági vizsgálata
ME AKKI MŰFIO jelentés 2004 – témaszám: 4049003
111. GOK-3 beruházáshoz kapcsolódó, gyújtószikramentes övezetben használt terepi kommunikációs (FF H1) rendszer alkalmazhatósági vizsgálata
ME AKKI MŰFIO jelentés 2003 – témaszám: 4019039
112. Gázellátási törvény adatforgalmi rendszerének kialakítása
ME AKKI MŰFIO jelentés 2003 – témaszám: 4019044
113. Protokoll konverter tervezése, készítése a hajdúszoboszlói vasúti vagonöltőre
ME AKKI MŰFIO jelentés 2002 – témaszám: 4019038
114. Vasúti vagonöltő szagosító rendszer kialakítása a MOL Rt. Algyő telephelyen
ME AKKI MŰFIO jelentés 2002 – témaszám: 4019037
115. MOL Rt. Hazai Termelési és Tárolási Üzletág Informatikai Projektek: Füzesgyarmati termelési terület – Plant Information (PI) kapcsolat megvalósítása
ME AKKI MŰFIO jelentés 2000 – témaszám: 4019024
116. CAN buszos digitális kommunikációs rendszer fejlesztése szintmérőhöz
ME AKKI MŰFIO jelentés 2000 – témaszám: 4019019
117. Méretellenőrző robot fejlesztése az ALCOA felnigytartó üzem részére
ME AKKI MŰFIO jelentés 2000 – témaszám: 4019011
118. MOL Rt. HBÜ dúsgázüzemi DCS-PI kapcsolat megvalósítása
ME AKKI MŰFIO jelentés 2000 – témaszám: 4019010
119. Superflow áramlásmérő illesztése Yokogawa Centum 3000 DCS rendszerhez
ME AKKI MŰFIO jelentés 2000 – témaszám: 4019008

120. MOL Rt. HBÜ dúsgázüzemi DCS kapcsolat megvalósítása
ME AKKI MŰFIO jelentés 2000 – témaszám: 4019005

121. MOL Rt. Algyő 30.000 m³-es pb tározó – Prímagáz Rt. közti elszámolási mérés
megvalósítása
ME AKKI MŰFIO jelentés 2000 – témaszám: 4009013

122. MOL Rt. Algyő 30.000 m³-es pb tározó szigetelési állapotának vizsgálata
ME AKKI MŰFIO jelentés 1999 – témaszám: 4009012

Internet oldal

123. <http://ourworld-top.cs.com/rahulsebos/index.htm>

124. <http://www.iceweb.com.au/ffeuca/index.htm>

125. <http://www.iceweb.com.au/Instrument/fieldbus.htm>

126. <http://www.fieldbus.org>

127. <http://www.artemisnetworks.com>

128. <http://www.iaona.org>

129. <http://www.fieldbusinc.com>

130. <http://www.pactware.com>

131. <http://www.EasyDeltaV.com>

132. <http://www.arcweb.com/arcweb/AboutARC/arcnews/print.asp?ID=211>

133. <http://www.phoenixcontact.com/en/produkte/basictopics/interbus-basics/auswahl.html>

134. <http://ourworld-top.cs.com/rahulsebos/index.htm>

135. <http://www.idc-online.com/assets/files>

136. <http://www.instrument-net.co.uk/netstand.htm>

137. <http://www.worldfip.org/>

138. <http://www.process-controls.com/MTL/FieldbusWallChart.pdf>

139. <http://www.synergetic.com/compare.htm>

140. <http://www.rotork.com/products/ffbus/docs/s114e.pdf>

141. <http://www.relcominc.com>

8. Mellékletek

8.1. M1-Melléklet

Terepi buszok CENELEC és IEC szabványai

CENELEC szabványok	IEC szabványok	Busznév
EN 50170-1 (Jul. 1996)	IS 61158 Type 4	P-Net
EN 50170-2 (Jul. 1996)	IS 61158 Type 1/3/10	PROFIBUS
EN 50170-3 (Jul. 1996)	IS 61158 Type 1/7	WorldFIP
EN 50170-A1 (Apr. 2000)	IS 61158 Type 1/9	Foundation Fieldbus
EN 50170-A2 (Apr. 2000)	IS 61158 Type 1/3	PROFIBUS-PA
EN 50170-A3 (Aug. 2000)	IS 61158 Type 2	ControlNet
EN 50254-2 (Oct. 1998)	IS 61158 Type 8	INTERBUS
EN 50254-3 (Oct. 1998)	(IS 61158 Type 3)	PROFIBUS-DP (Monomaster)
EN 50254-4 (Oct. 1998)	(IS 61158 Type 7)	WorldFIP (FIPIO)
EN 50325-2 (Jan. 2000)	IS 62026-3 (2000)	DeviceNet
EN 50325-3 (Apr. 2000)	IS 62026-5 (2000)	SDS
EN 50325-4 (under vote)		CANOpen
EN 50295-2 (Dec. 1998)	IS 62026-2 (2000)	AS-Interface

Az IEC 61158 szabvány elemei

IEC szabvány	Tartalom	Contents and meaning
IEC 61158-1	Introduction Only	Technical Report
IEC 61158-2	PhL: Physical Layer	8 Types of data transmission
IEC 61158-3	DLL: Data Link Layer Services	8 Types
IEC 61158-4	DLL: Data Link Layer Protocols	8 Types
IEC 61158-5	AL: Application Layer Services	10 Types
IEC 61158-6	AL: Application Layer Protocols	10 Types
IEC 61158-7	Network Management	Must be completely revised
IEC 61158-8	Conformance Testing	Work has been cancelled

Terepi buszokhoz kapcsolódó egyéb szabványok

IEC 611313:2003	Programmable Controllers – Part3: Programming Language
IEC/PAS 61499-1:2000	Function blocks for industrial process measurement and control – Part 1: Architecture
IEC/PAS 61499-2:2001	Function blocks for industrial process measurement and control – Part 2: Software tool requirements
IEC/PAS 61804-1:2002	Function blocks (FB) for process control – Part 1: Overview of the system aspects
IEC/PAS 61804-2:2002	Function blocks (FB) for process control – Part 2: Specifications of FB concept and Electronic Device Description Language (EDDL)
EN 50391	Network Oriented Application Harmonization Electronic Device Description Language (2003)

IEC és CENELEC szabványok

IEC 61784 Profile	IEC 61158 protokollok			CENELEC	Busznevek IEC 61784
	Phy	DLL	AL		
CPF-1/1	Type 1	Type 1	Type 9	EN 50170-A1 (Apr. 2000)	Foundation Fieldbus (H1)
CPF-1/2	Ethernet	TCP/UDP/IP	Type 5	-	Foundation Fieldbus (HSE)
CPF-1/3	Type 1	Type 1	Type 9	EN 50170-A1 (Apr. 2000)	Foundation Fieldbus (H2)
CPF-2/1	Type 2	Type 2	Type 2	EN 50170-A3 (Aug. 2000)	ControlNet
CPF-2/2	Ethernet	TCP/UDP/IP	Type 2	-	EtherNet/IP
CPF-3/1	Type 3	Type 3	Type 3	EN 50254-3 (Oct.1998)	PROFIBUS-DP
CPF-3/2	Type 1	Type 3	Type 3	EN 50170-A2 (Oct.1998)	PROFIBUS-PA
CPF-3/3	Ethernet	TCP/UDP/IP	Type 10	-	PROFINet
CPF-4/1	Type 4	Type 4	Type 4	EN 50170-1 (Jul. 1996)	P-Net RS-485
CPF-4/1	Type 4	Type 4	Type 4	EN 50170-1 (Jul. 1996)	P-Net RS-232
CPF-5/1	Type 1	Type 7	Type 7	EN 50170-3 (Jul. 1996)	WorldFIP (MPS,MCS)
CPF-5/2	Type 1	Type 7	Type 7	EN 50170-3 (Jul. 1996)	WorldFIP(MPS,MCS, SubMMS)
CPF-5/3	Type 1	Type 7	Type 7	EN 50170-3 (Jul. 1996)	WorldFIP (MPS)
CPF-6/1	Type 8	Type 8	Type 8	EN 50254-2 (Oct. 1998)	INTERBUS
CPF-6/2	Type 8	Type 8	Type 8	EN 50254-2 (under vote)	INTERBUS TCP/IP
CPF-6/3	Type 8	Type 8	Type 8	EN 50254-2 (under vote)	INTERBUS Subset
CPF-7/1	Type 6	Type 6	- -		Swiftnet transport
CPF-7/2	Type 6	Type 6	Type 6	-	Swiftnet full stack

8.2. M2-Melléklet

Funkció blokkok besorolása az FF 89x szabványok alapján

FF-891 Function Block Application Process – Part 2 Function Block Name

Symbol

Analog Input	AI
Analog Output	AO
Bias/Gain	BG
Control Selector	CS
Discrete Input	DI
Discrete Output	DO
Manual Loader	ML
Proportional/Derivative	PD
Proportional/Integral/Derivative	PID
Ratio	RA

FF-892 Function Block Application Process – Part 3. Function Block Name

Symbol

Device Control	DC
Output Splitter	OS
Signal Characterizer	SC
Lead Lag	LL
Deadtime	DT
Integrator (Totalizer)	IT
Setpoint Ramp Generator	SPG
Input Selector	IS
Arithmetic	AR
Timer	TMR
Analog Alarm	AAL

FF-893 Function Block Application Process – Part 4. Function Block Name

Symbol

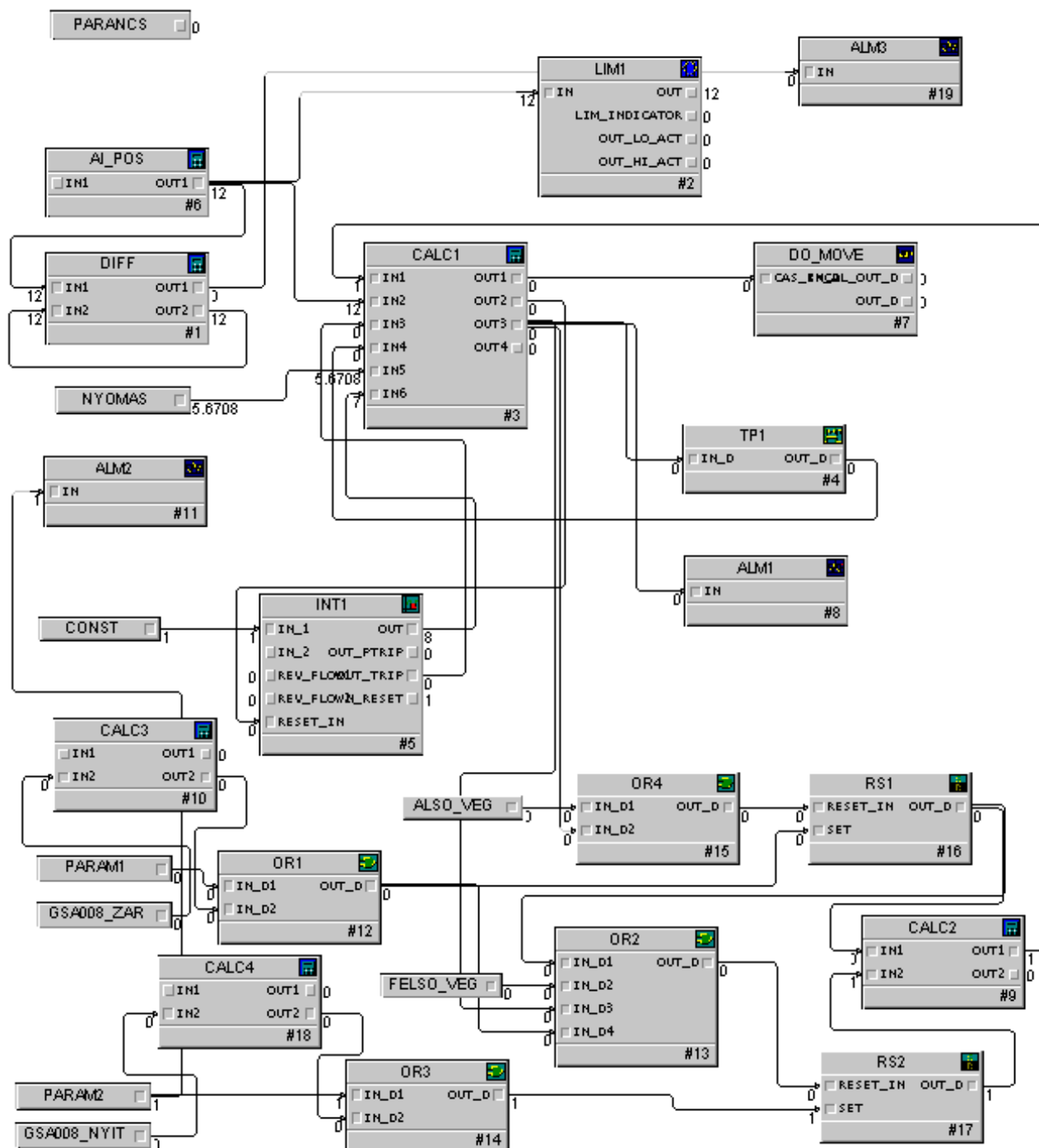
Multiple Analog Input	MAI
Multiple Analog Output	MAO
Multiple Discrete Input	MDI
Multiple Discrete Output	MDO

FF-894 Function Block Application Process – Part 5.

A flexibilis funkció blokkok a felhasználó által definiált blokkok, amelyek az FF-894 leírás szerint képezhetők.

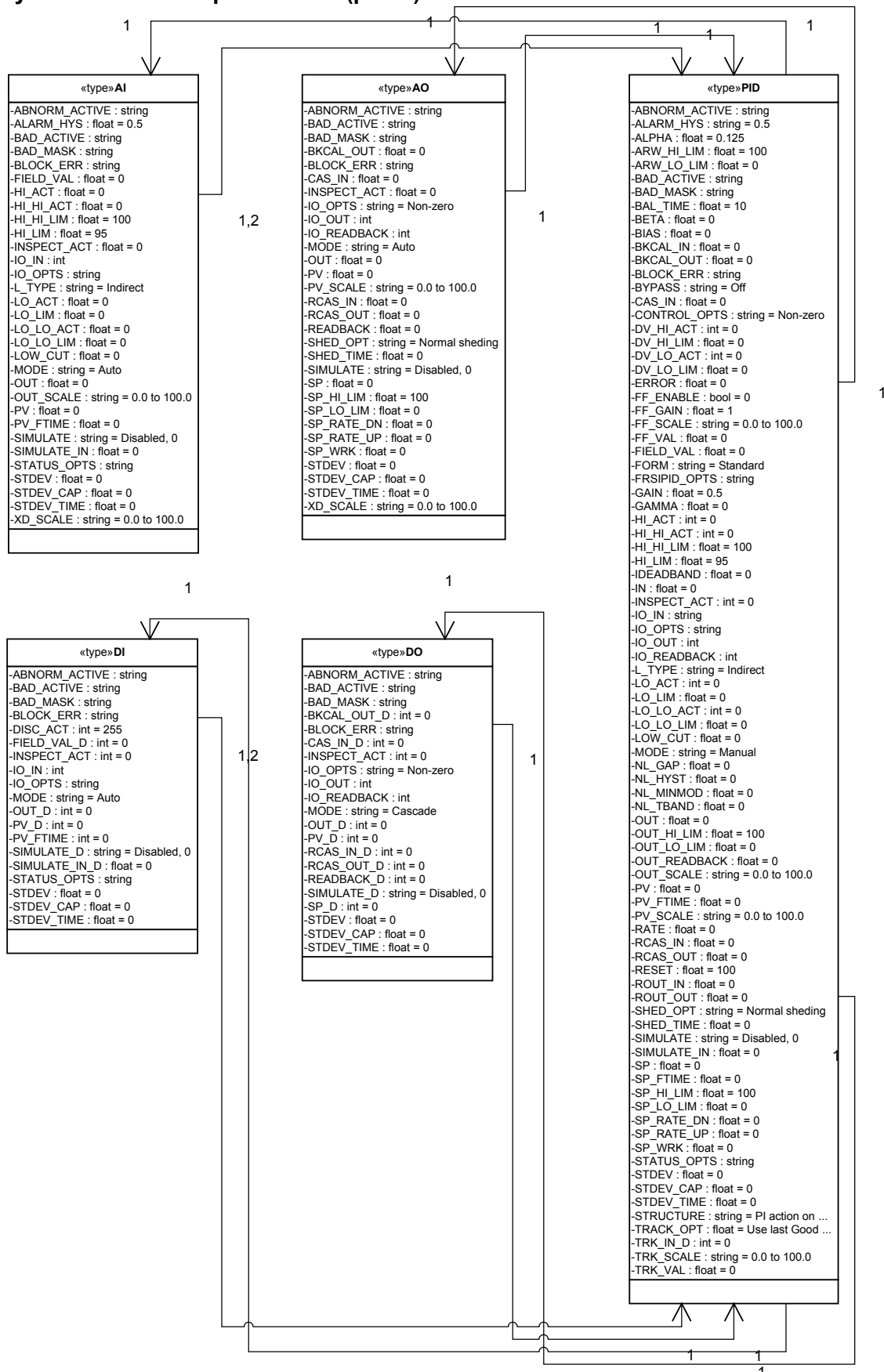
8.3. M3-Melléklet

MOL Rt. KTD Algyői Üzem Atmoszférikus PB Tároló Reteszelő és beavatkozó egység konfigurációs diagramja



8.4. M4-Melléklet

Írányítási feladatok kapcsolódása (példa)



Generált struktúra

```
#ifndef PID_h
#define PID_h

#include "Int.h"
#include "java/lang/Boolean.h"
#include "java/lang/Float.h"
#include "java/lang/String.h"

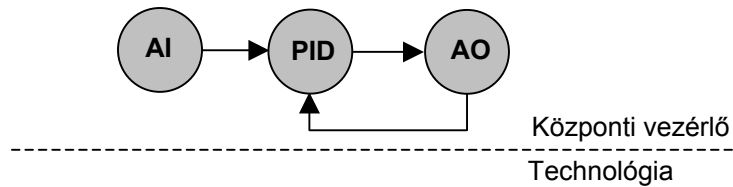
class PID {
private:
    java::lang::String ABNORM_ACTIVE;
    java::lang::Float ALARM_HYS;
    java::lang::Float ALPHA;
    java::lang::Float ARW_HI_LIM;
    java::lang::Float ARW_LO_LIM;
    java::lang::String BAD_ACTIVE;
    java::lang::String BAD_MASK;
    java::lang::Float BAL_TIME;
    java::lang::Float BETA;
    java::lang::Float BIAS;
    java::lang::Float BKCAL_IN;
    java::lang::Float BKCAL_OUT;
    java::lang::String BLOCK_ERR;
    java::lang::String BYPASS;
    java::lang::Float CAS_IN;
    java::lang::String CONTROL_OPTS;
    Int DV_HI_ACT;
    java::lang::Float DV_HI_LIM;
    Int DV_LO_ACT;
    java::lang::Float DV_LO_LIM;
    java::lang::Float ERROR;
    java::lang::Boolean FF_ENABLE;
    java::lang::Float FF_GAIN;
    java::lang::String FF_SCALE;
    java::lang::Float FF_VAL;
    java::lang::Float FIELD_VAL;
    java::lang::String FORM;
    java::lang::String FRSIPIID_OPTS;
    java::lang::Float GAIN;
    java::lang::Float GAMMA;
    Int HI_ACT;
    java::lang::Float HI_HI_ACT;
    java::lang::Float HI_HI_LIM;
    java::lang::Float HI_LIM;
    java::lang::Float IDEADBAND;
    java::lang::Float IN;
    Int INSPECT_ACT;
    Int IO_IN;
    java::lang::String IO_OPTS;
    Int IO_OUT;
    Int IO_READBACK;
    java::lang::String L_TYPE;
    Int LO_ACT;
    java::lang::Float LO_LIM;
    Int LO_LO_ACT;
    java::lang::Float LO_LO_LIM;
    java::lang::Float LOW_CUT;
```

```
java::lang::String MODE;
java::lang::Float NL_GAP;
java::lang::Float NL_HYST;
java::lang::Float NL_MINMOD;
java::lang::Float NL_TBAND;
java::lang::Float OUT;
java::lang::Float OUT_HI_LIM;
java::lang::Float OUT_LO_LIM;
java::lang::Float OUT_READBACK;
java::lang::String OUT_SCALE;
java::lang::Float PV;
java::lang::Float PV_FTIME;
java::lang::String PV_SCALE;
java::lang::Float RATE;
java::lang::Float RCAS_IN;
java::lang::Float RCAS_OUT;
java::lang::Float RESET;
java::lang::Float ROUT_IN;
java::lang::Float ROUT_OUT;
java::lang::String SHED_OPT;
java::lang::Float SHED_TIME;
java::lang::String SIMULATE;
java::lang::Float SIMULATE_IN;
java::lang::Float SP;
java::lang::Float SP_FTIME;
java::lang::Float SP_HI_LIM;
java::lang::Float SP_LO_LIM;
java::lang::Float SP_RATE_DN;
java::lang::Float SP_RATE_UP;
java::lang::Float SP_WRK;
java::lang::String STATUS_OPTS;
java::lang::Float STDEV;
java::lang::Float STDEV_CAP;
java::lang::Float STDEV_TIME;
java::lang::String STRUCTURE;
java::lang::String TRACK_OPT;
Int TRK_IN_D;
java::lang::String TRK_SCALE;
java::lang::Float TRK_VAL;
};
#endif
```

8.5. M5-Melléklet

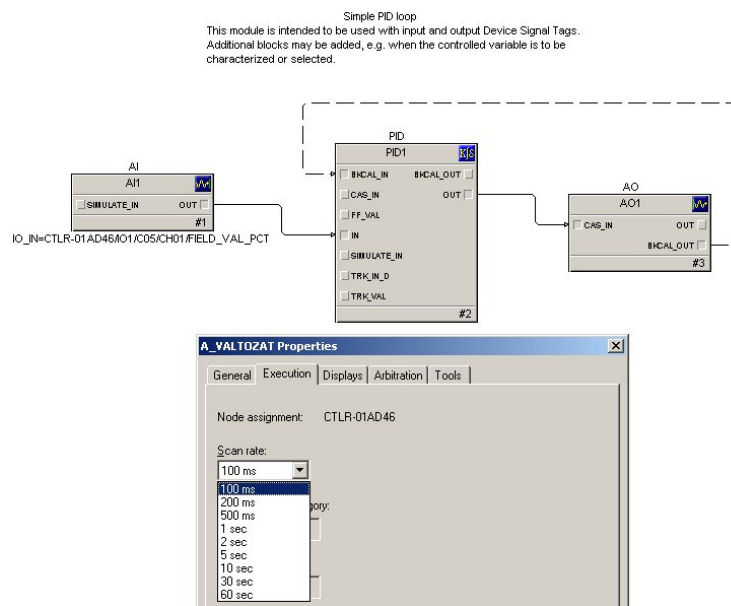
Szabályozások megvalósítása funkció blokkokkal

PID-1 szabályozás

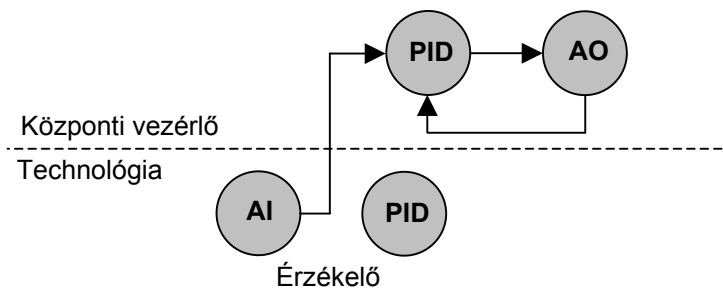


Végrehajtási idő: 100 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	-
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	AI, PID, AO



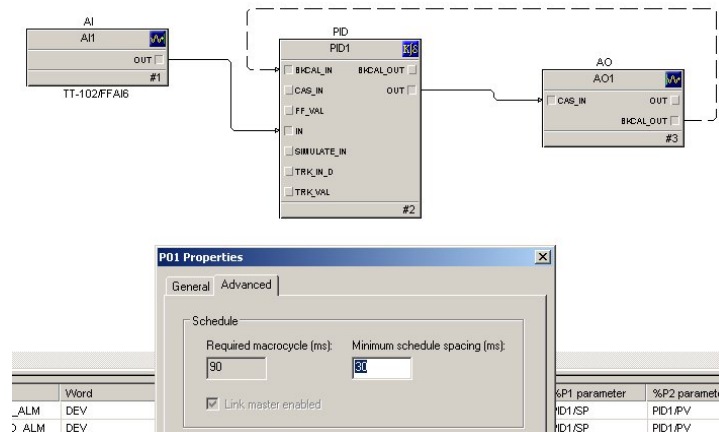
PID-2 szabályozás



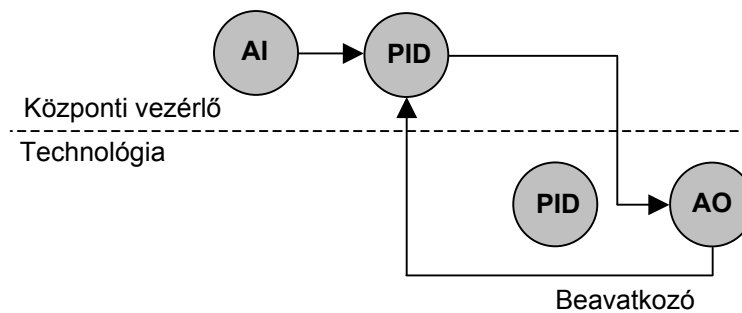
Makrociklus idő: 90 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	AI
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	-

DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	PID, AO
Makrociklus idő: 100 ms			
Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
PT-201	Nyomástávadó	R-3251	AI
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	PID, AO

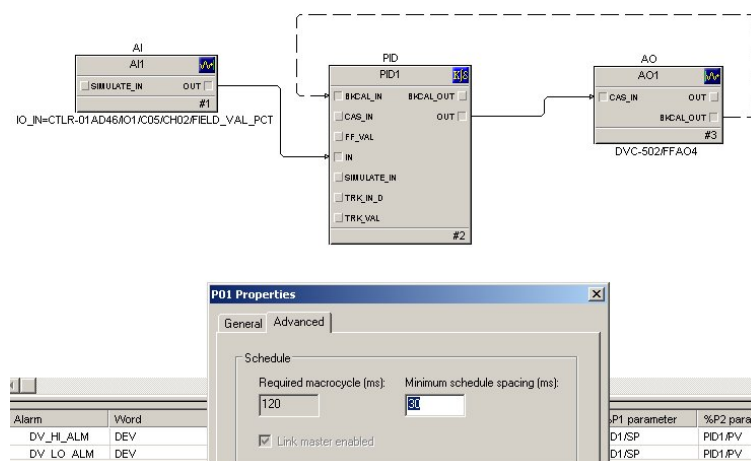


PID-3 szabályozás

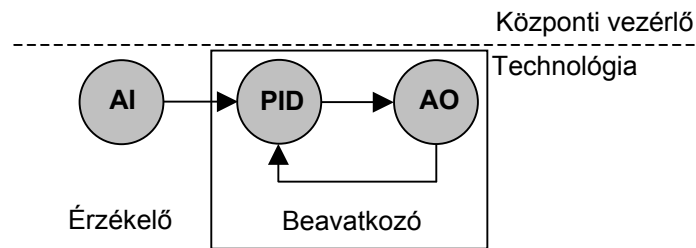


Makrociklus idő: 120 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	AI
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	PID, AO



PID-4 szabályozás



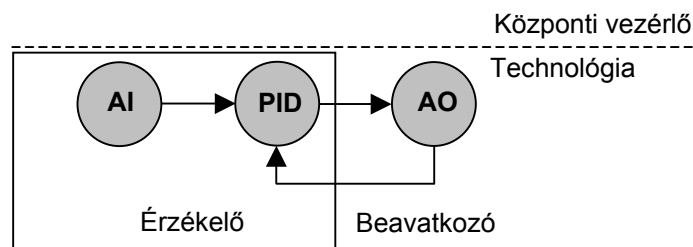
Makrociklus idő: 270 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	AI
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	PID, AO
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	-

Makrociklus idő: 230 ms

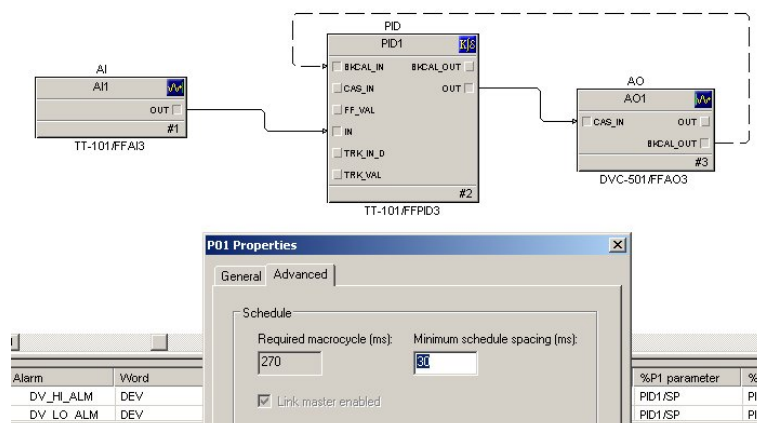
Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
PT-201	Nyomástávadó	R-3251	AI
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	PID, AO

PID-5 szabályozás



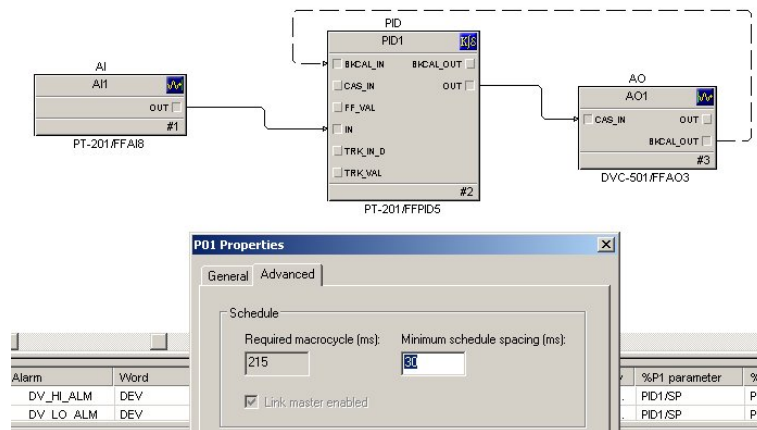
Makrociklus idő: 270 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	AI, PID
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	AO
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	-

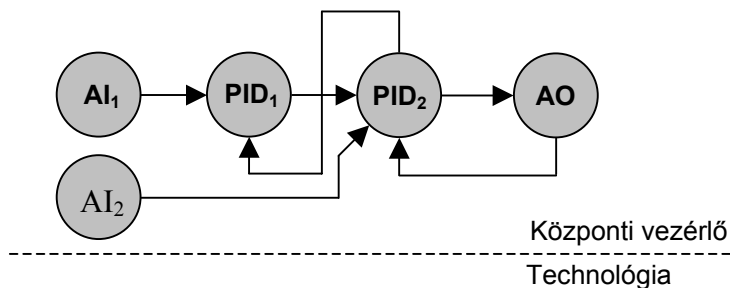


Makrociklus idő: 215 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
PT-201	Nyomástávadó	R-3251	AI, PID
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	AO
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	-



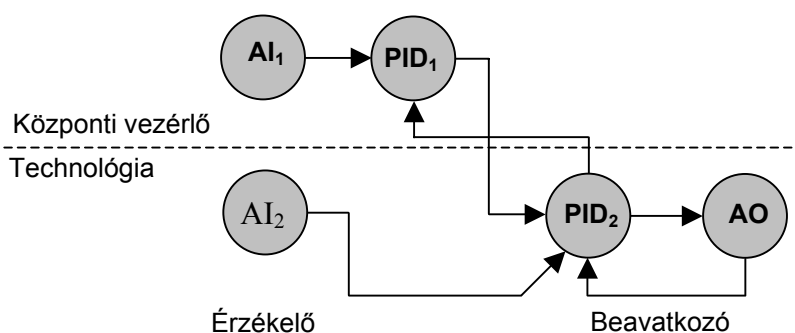
KPID-1 kaszkád szabályozás



Végrehajtási idő: 100 ms

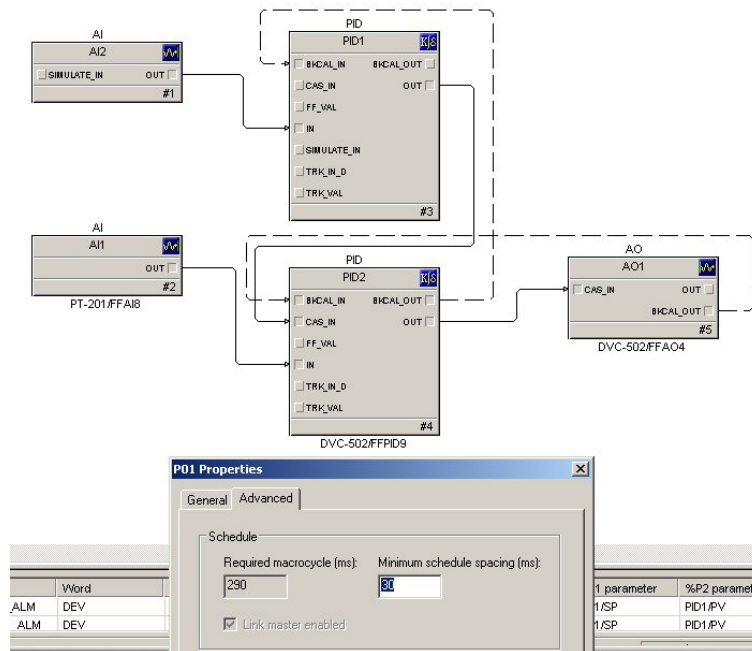
Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	-
PT-201	Nyomástávadó	R-3251	-
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	AI, AI12, PID1, PID2, AO

KPID-2 kaszkád szabályozás

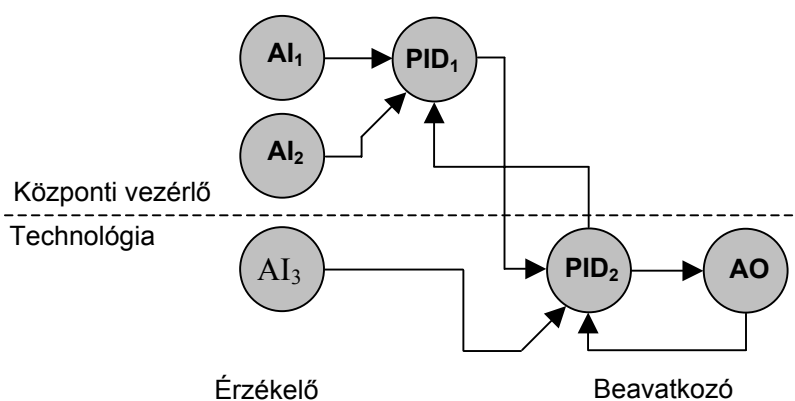


Makrociklus idő: 290 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	-
PT-201	Nyomástávadó	R-3251	AI2
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	PID2, AO
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	AI1, PID1



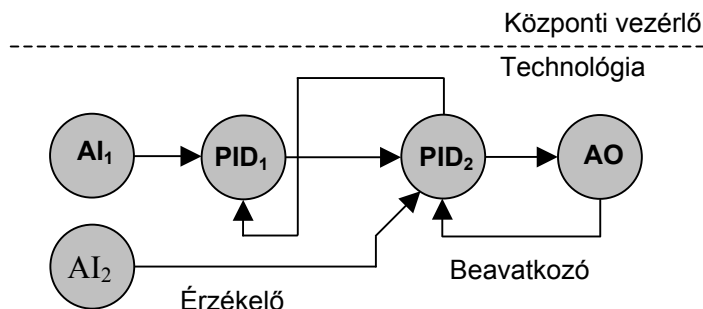
KPID-3 kaszkád szabályozás (tracking alapértékkel)



Makrociklus idő: 290 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	-
TT-102	Hőmérséklet távadó	R-3244	-
PT-201	Nyomástávadó	R-3251	AI3
TC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	PID2, AO
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	AI1, AI2, PID1

KPID-4 kaszkád szabályozás

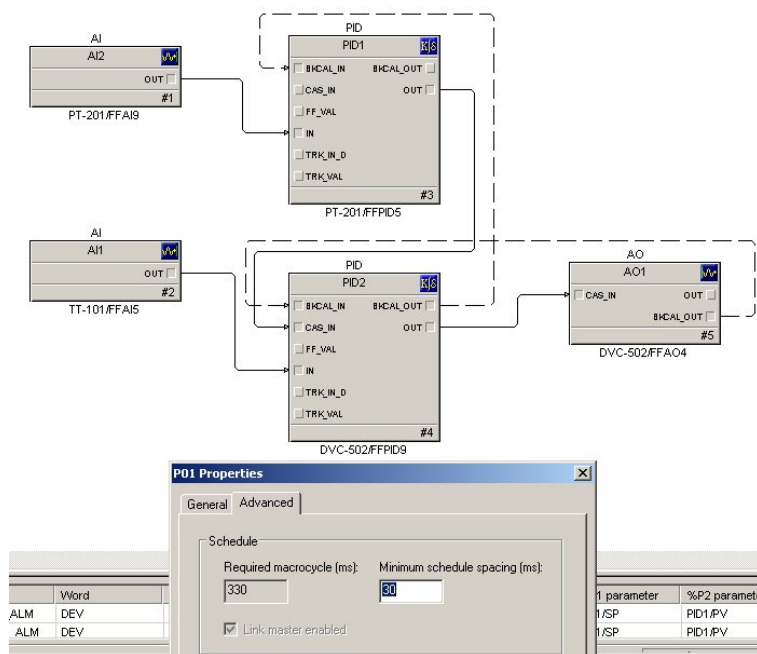


Makrociklus idő: 390 ms

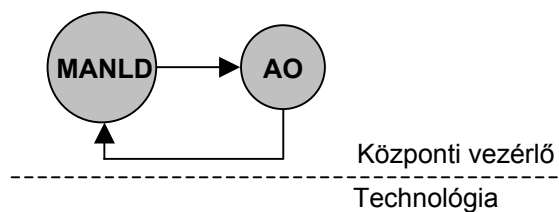
Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	AI1, PID1
PT-201	Nyomástávadó	R-3251	AI2
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	PID2, AO
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	-

Makrociklus idő: 330 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	AI2
PT-201	Nyomástávadó	R-3251	AI1, PID1
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	PID2, AO
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	-



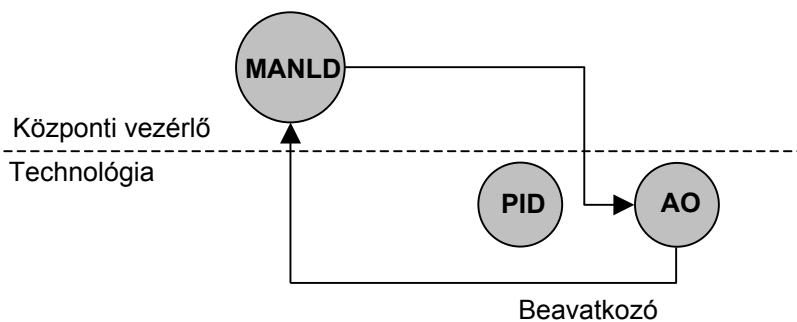
Manuális szabályozás-1



Makrociklus idő: 100 ms

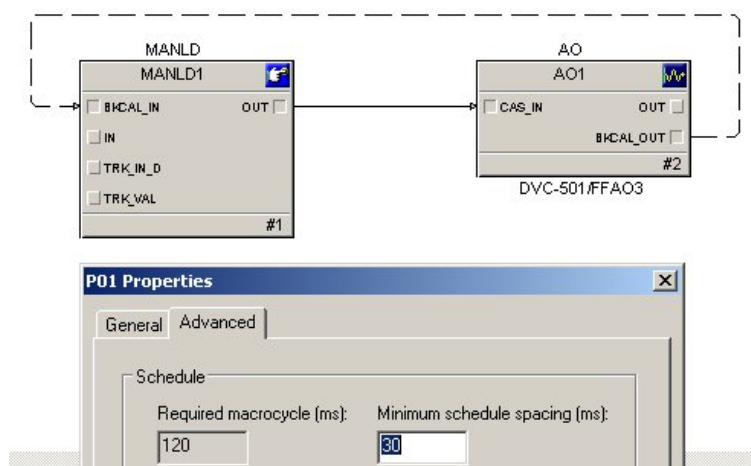
Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	MANLD, AO

Manuális szabályozás-2

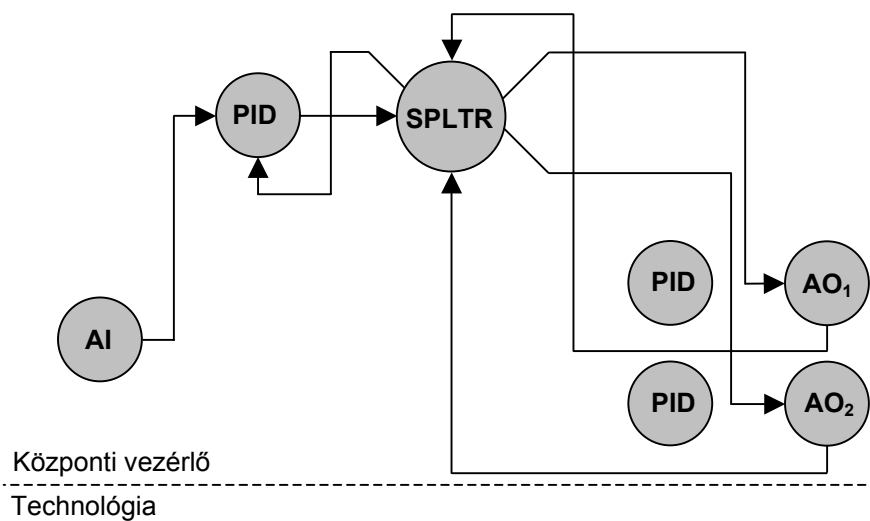


Makrociklus idő: 120 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	AO
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	MANLD



Szplitter-1 szabályozás



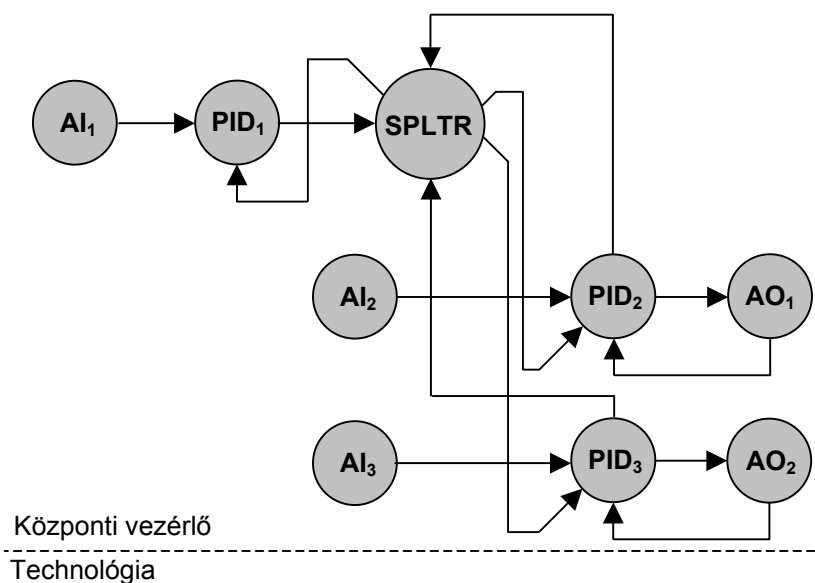
Végrehajtási idő: 100 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	-
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	AI, PID, SPLTR, AO1, AO2

Végrehajtási idő: 100 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
PT-201	Nyomástávadó	R-3251	-
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	AI, PID, SPLTR, AO1, AO2

Szplitter-2 szabályozás



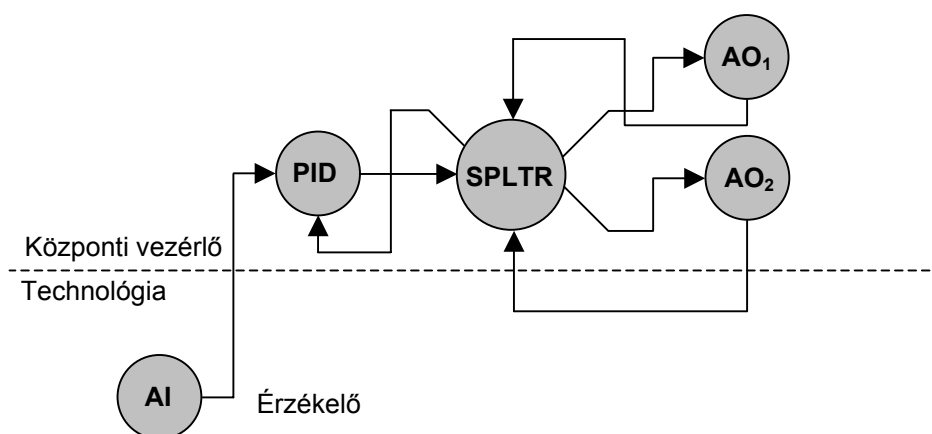
Végrehajtási idő: 100 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	-
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	AI1, AI2, AI3, PID1, SPLTR, PID2, PID3, AO1, AO2

Végrehajtási idő: 100 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
PT-201	Nyomástávadó	R-3251	-
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	I1, AI2, AI3, PID1, SPLTR, PID2, PID3, AO1, AO2

Szplitter-3 szabályozás

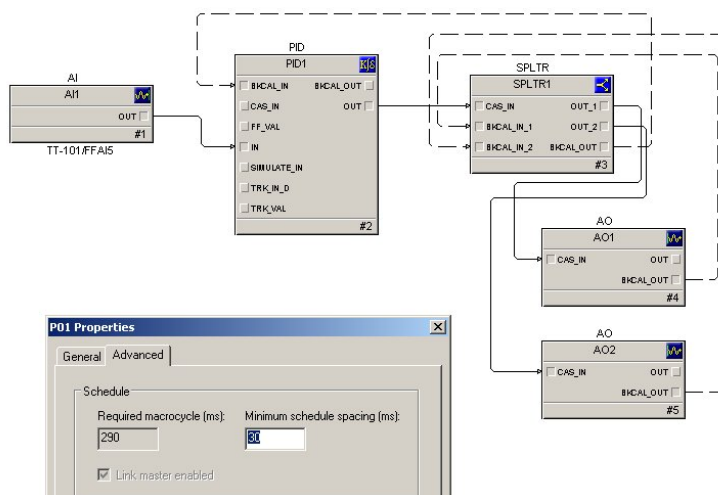


Makrociklus idő: 290 ms

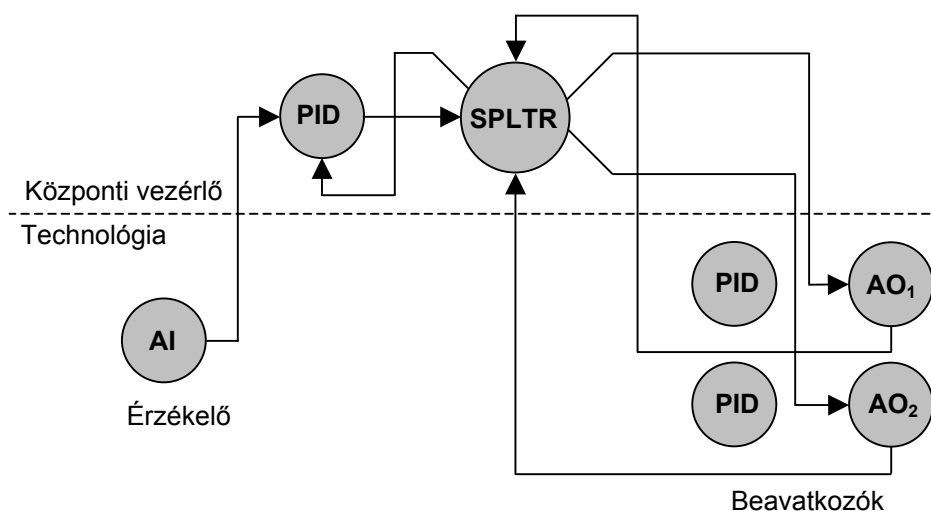
Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	AI,
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	PID, SPLTR, AO1, AO2

Makrociklus idő: 290 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
PT-201	Nyomástávadó	R-3251	AI,
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	-
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	PID, SPLTR, AO1, AO2



Szplitter-4 szabályozás

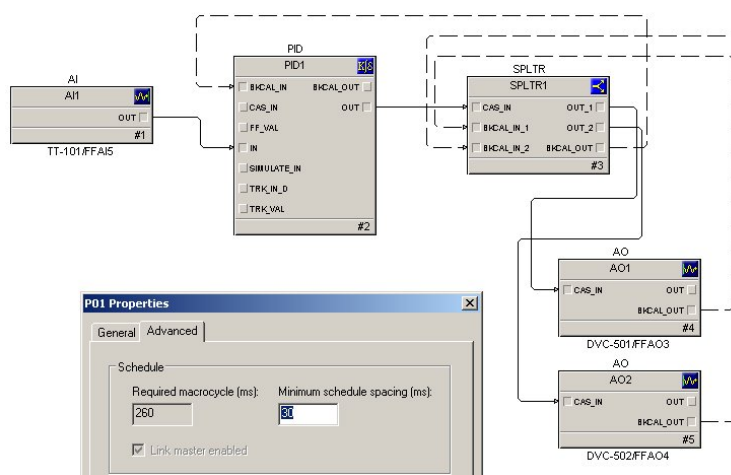


Makrociklus idő: 260 ms

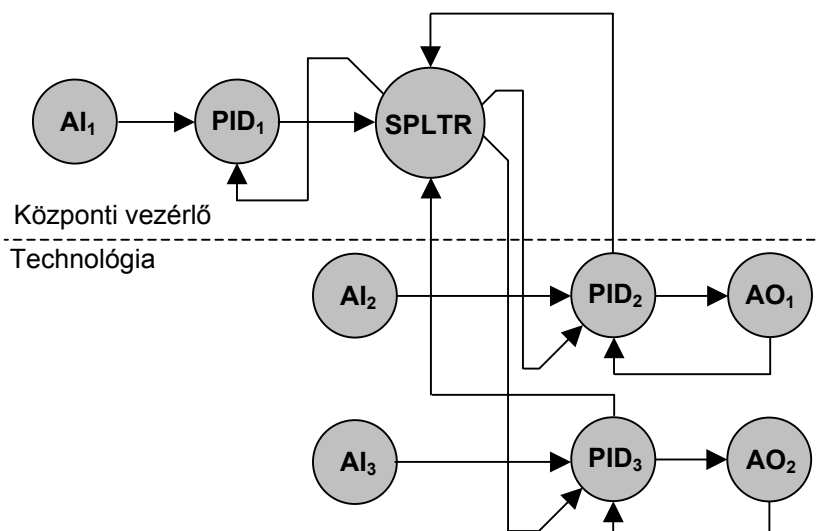
Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	AI,
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	AO1
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	AO2
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	PID, SPLTR

Makrociklus idő: 260 ms

Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
PT-201	Nyomástávadó	R-3251	AI,
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	AO1
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	AO2
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	PID, SPLTR



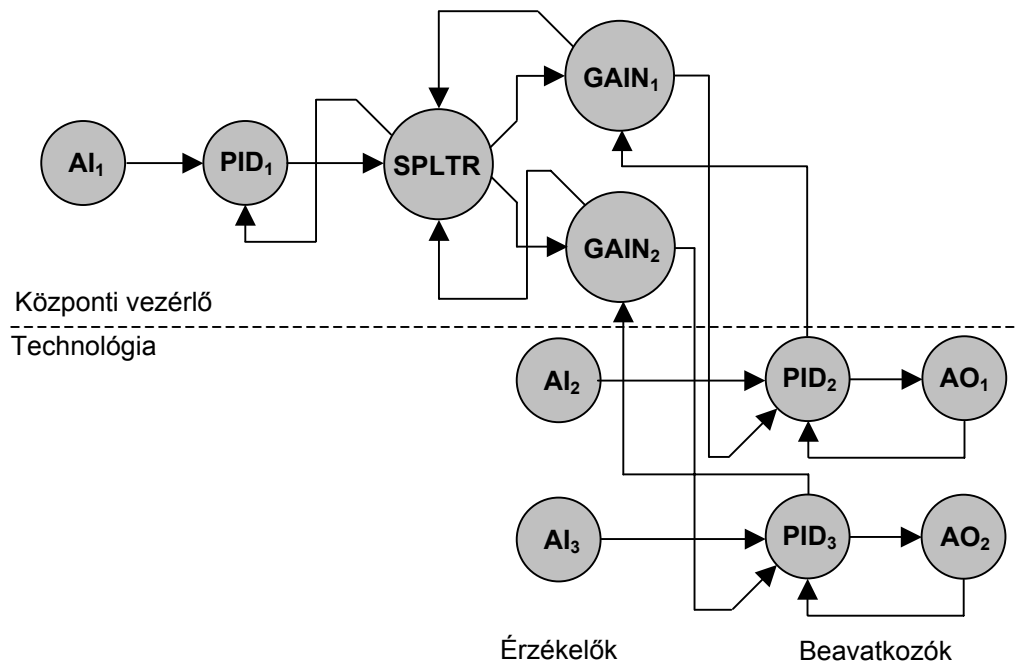
Szplitter-5 szabályozás



Makrociklus idő: 420 ms

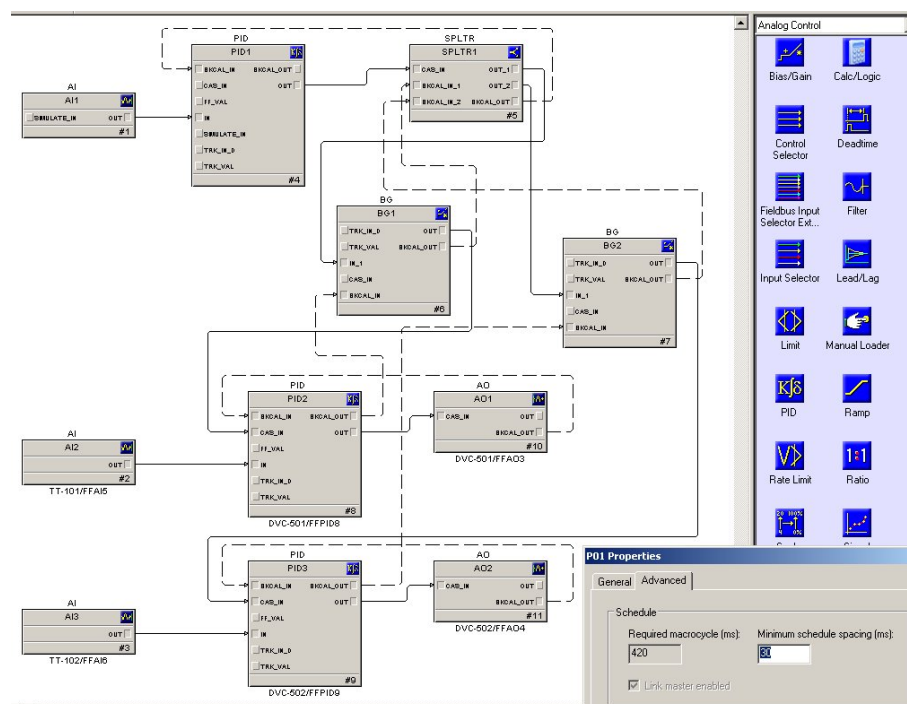
Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
PT-201	Nyomástávadó	R-3251	-
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	AI2,
TT-102	Hőmérséklet távadó	R-3244	AI3,
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	PID2, AO1
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	PID3, AO2
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	AI1, PID1, SPLTR

Szplitter-6 szabályozás



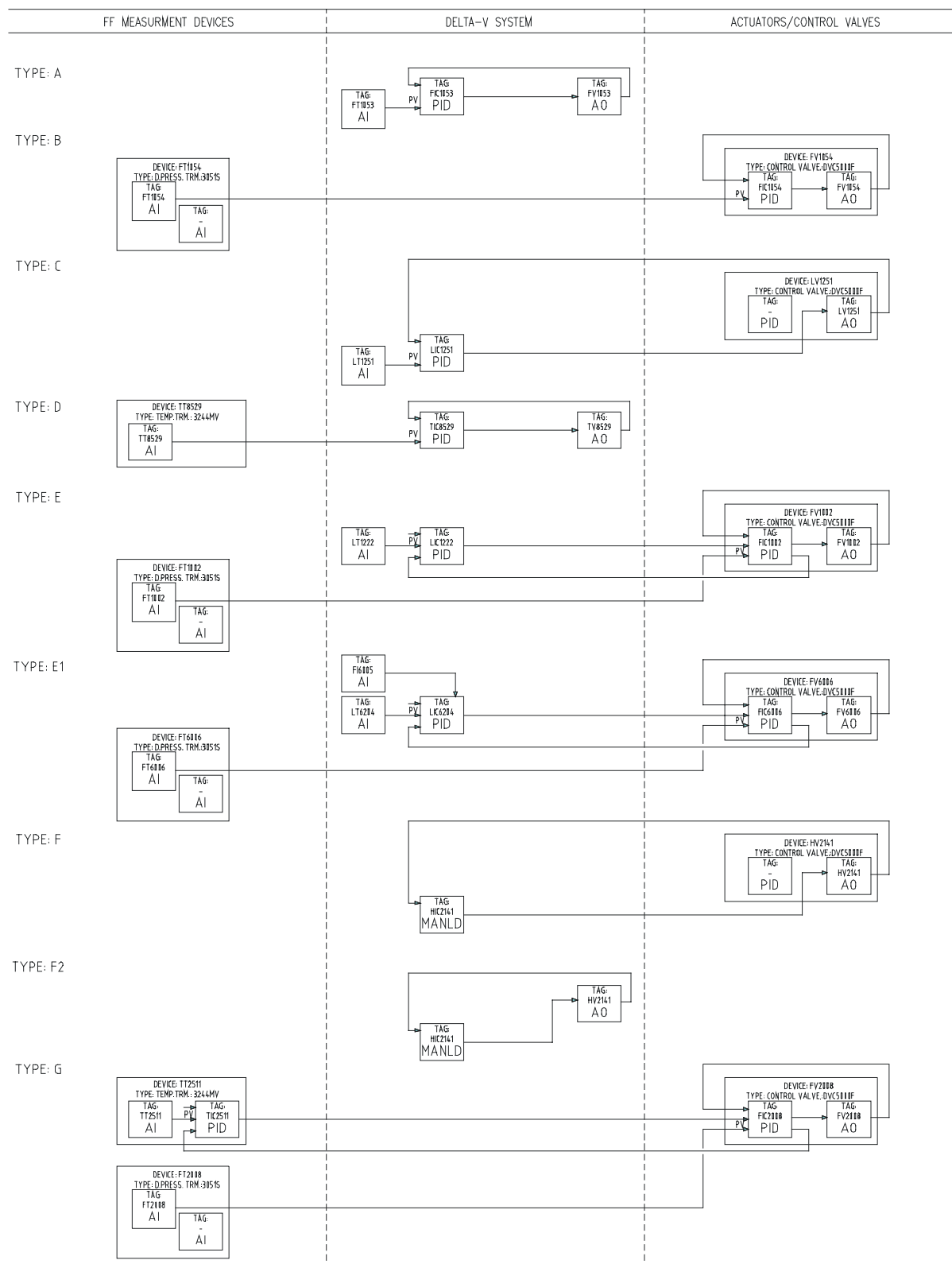
Makrociklus idő: 420 ms

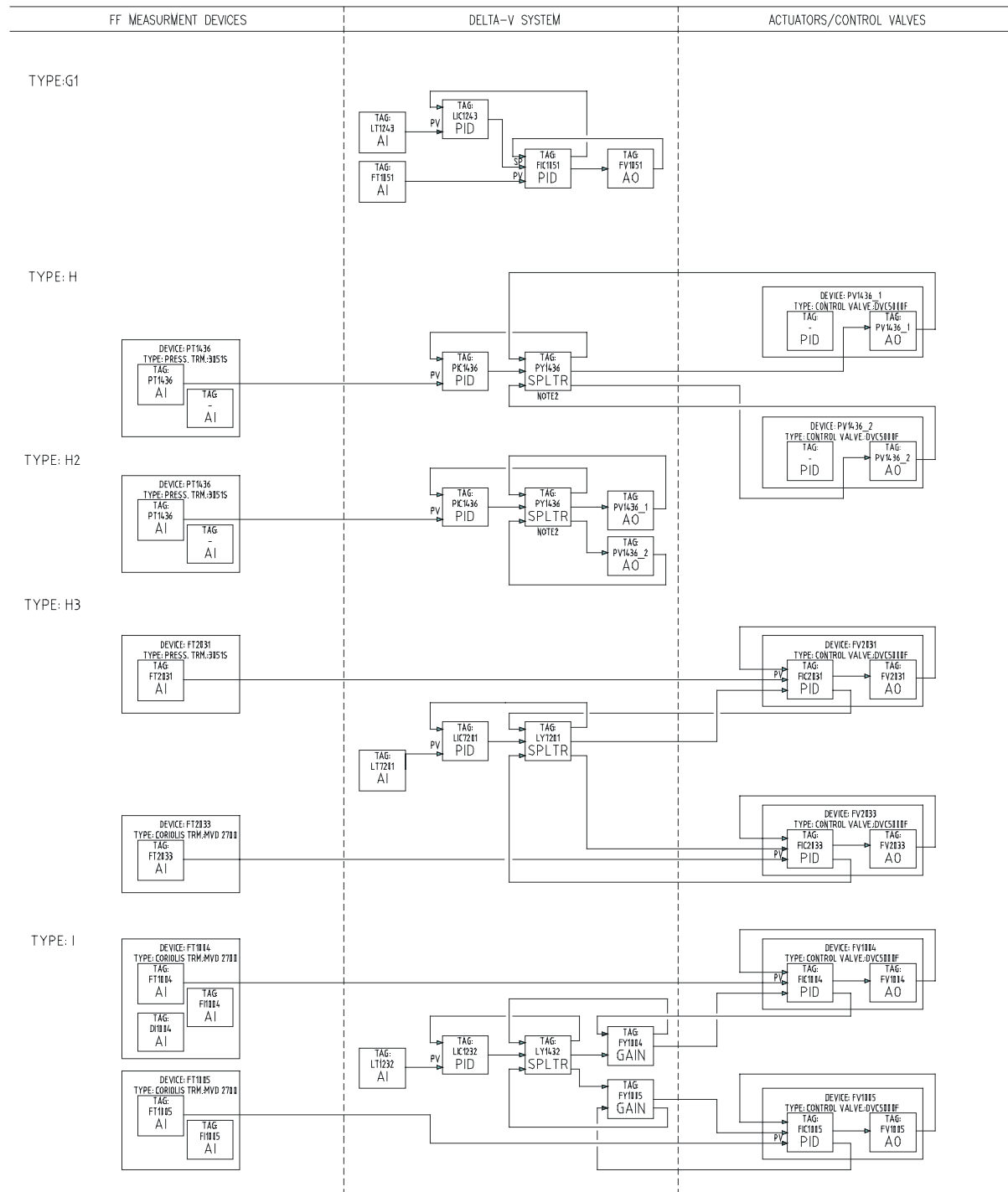
Eszköz	Megnevezés	Típus	Funkció blokk
PT-201	Nyomástávadó	R-3251	-
TT-101	Hőmérséklet távadó	R-3244	AI2,
TT-102	Hőmérséklet távadó	R-3244	AI3,
TC-301	Szabályozó szelep	DVC5000F	PID2, AO1
PC-302	Szabályozó szelep	DVC5000F	PID3, AO2
DCS	Folyamatirányító r.	DeltaV	AI1, PID1, SPLTR, GAIN1, GAIN2

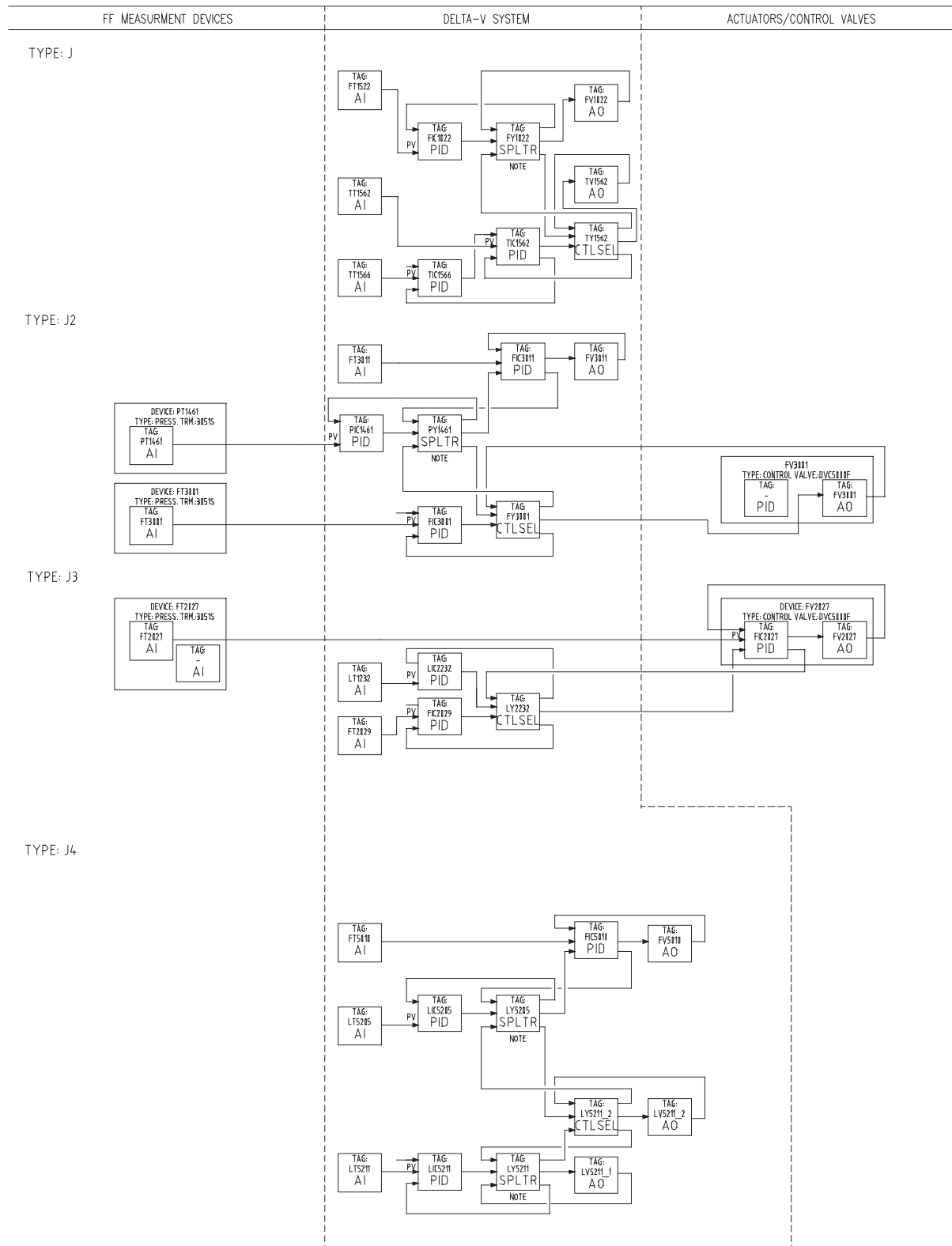


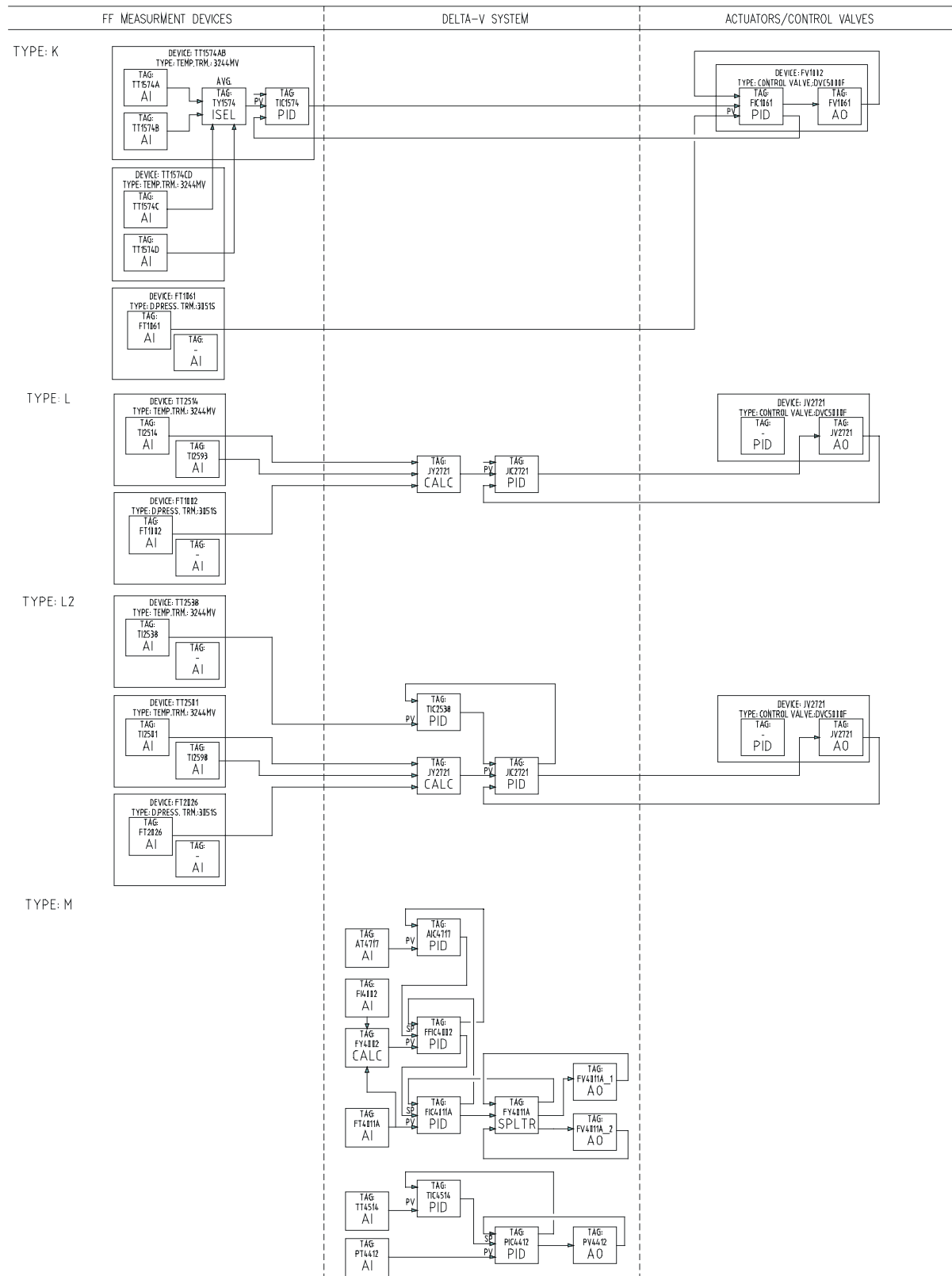
8.6. M6-Melléklet

Mérőkörök a GOK-3 rendszerben



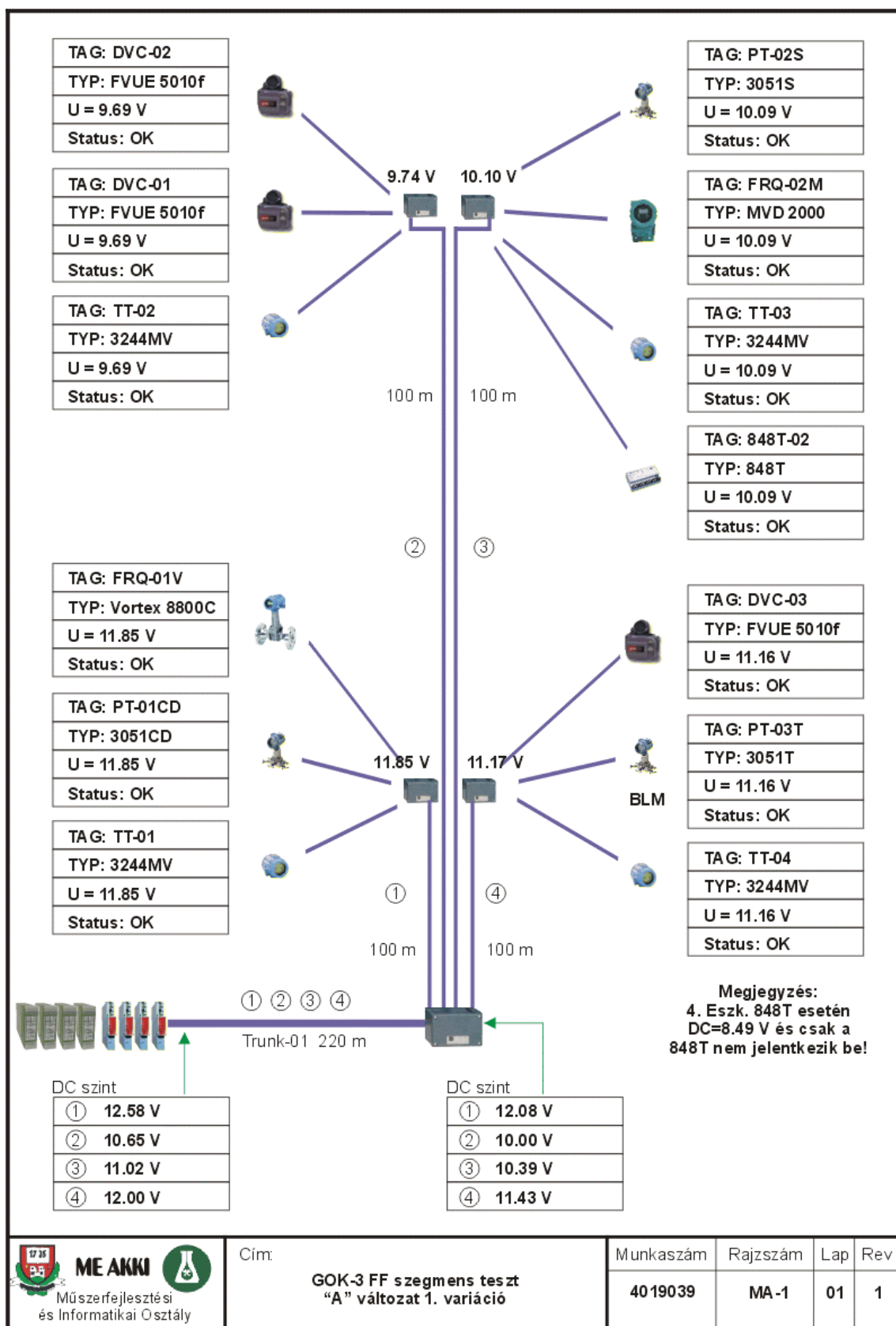




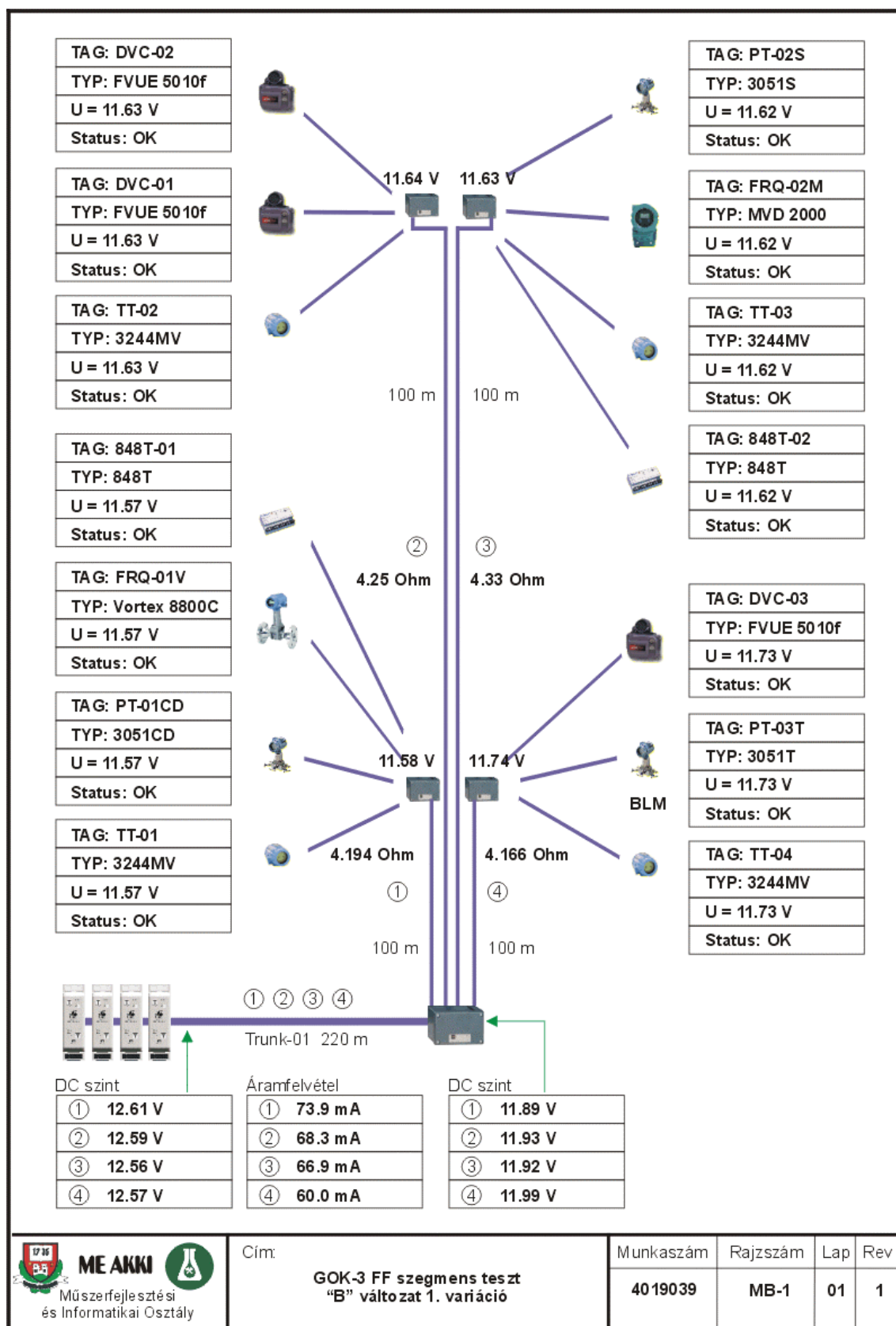


8.7. M7-Melléklet

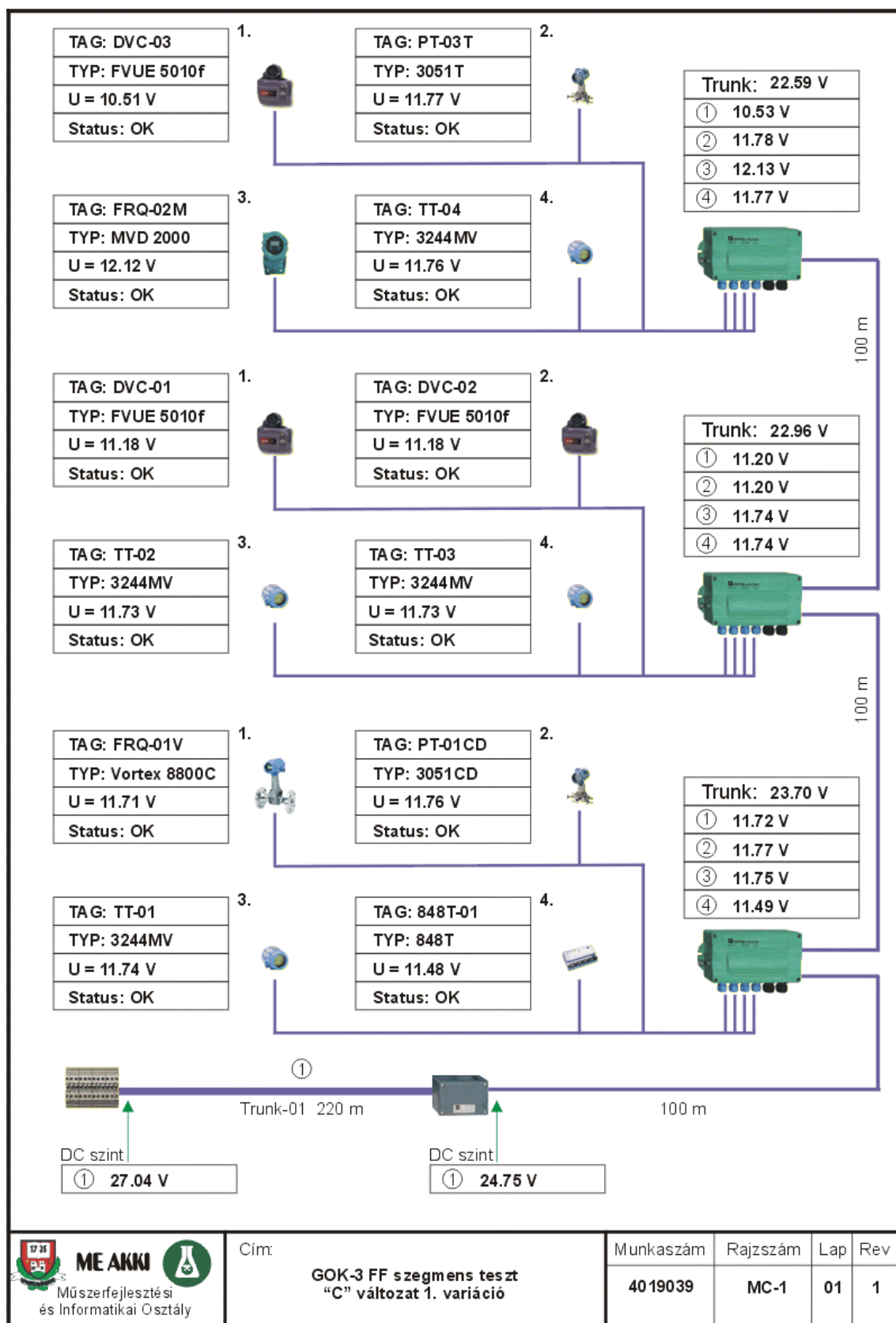
Egyenáramú mérőlap „Entity” összeállításához



Egyenáramú mérőlap „FISCO” összeállításhoz



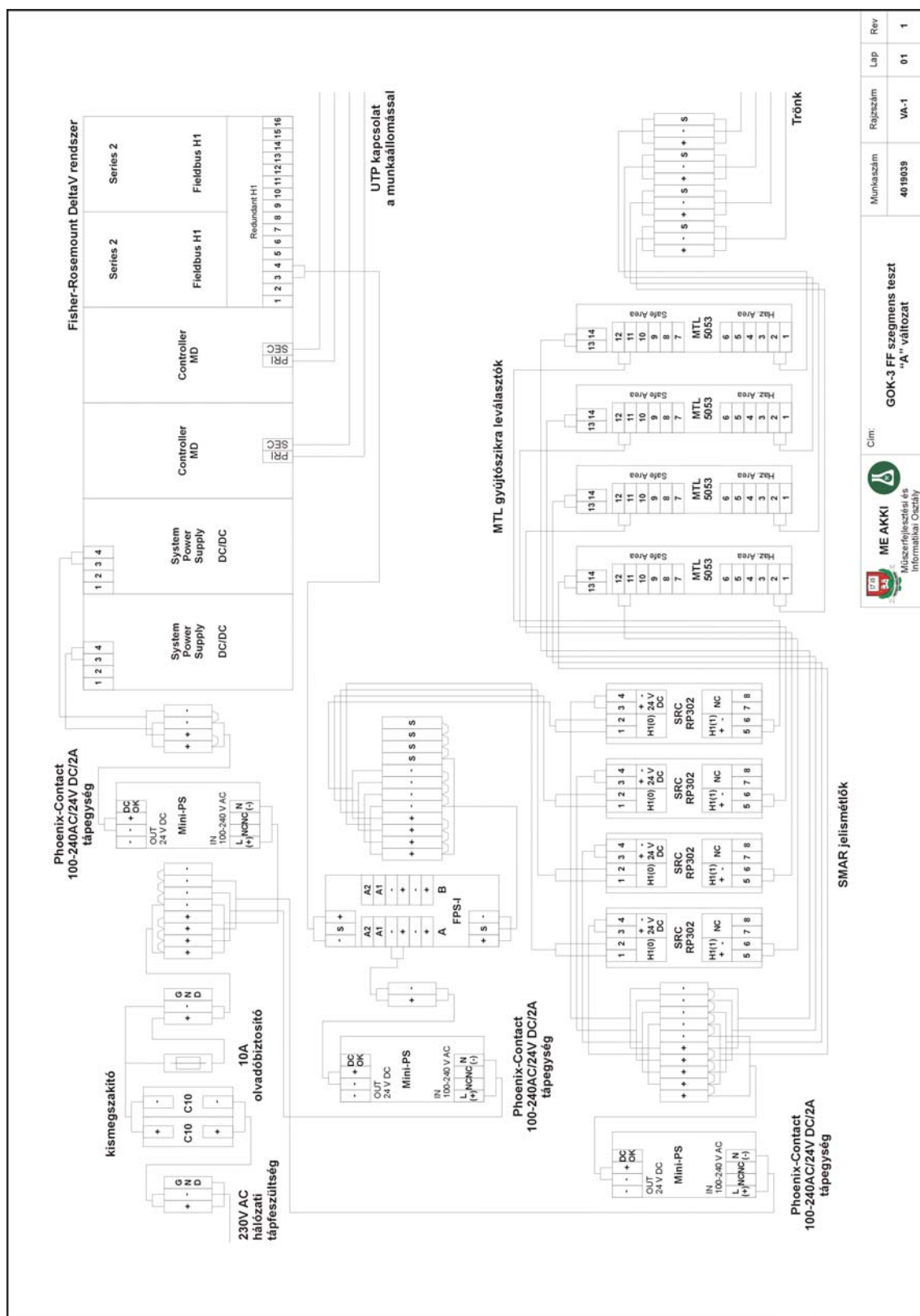
Egyenáramú mérőlap „Fieldbarrier” összeállításához

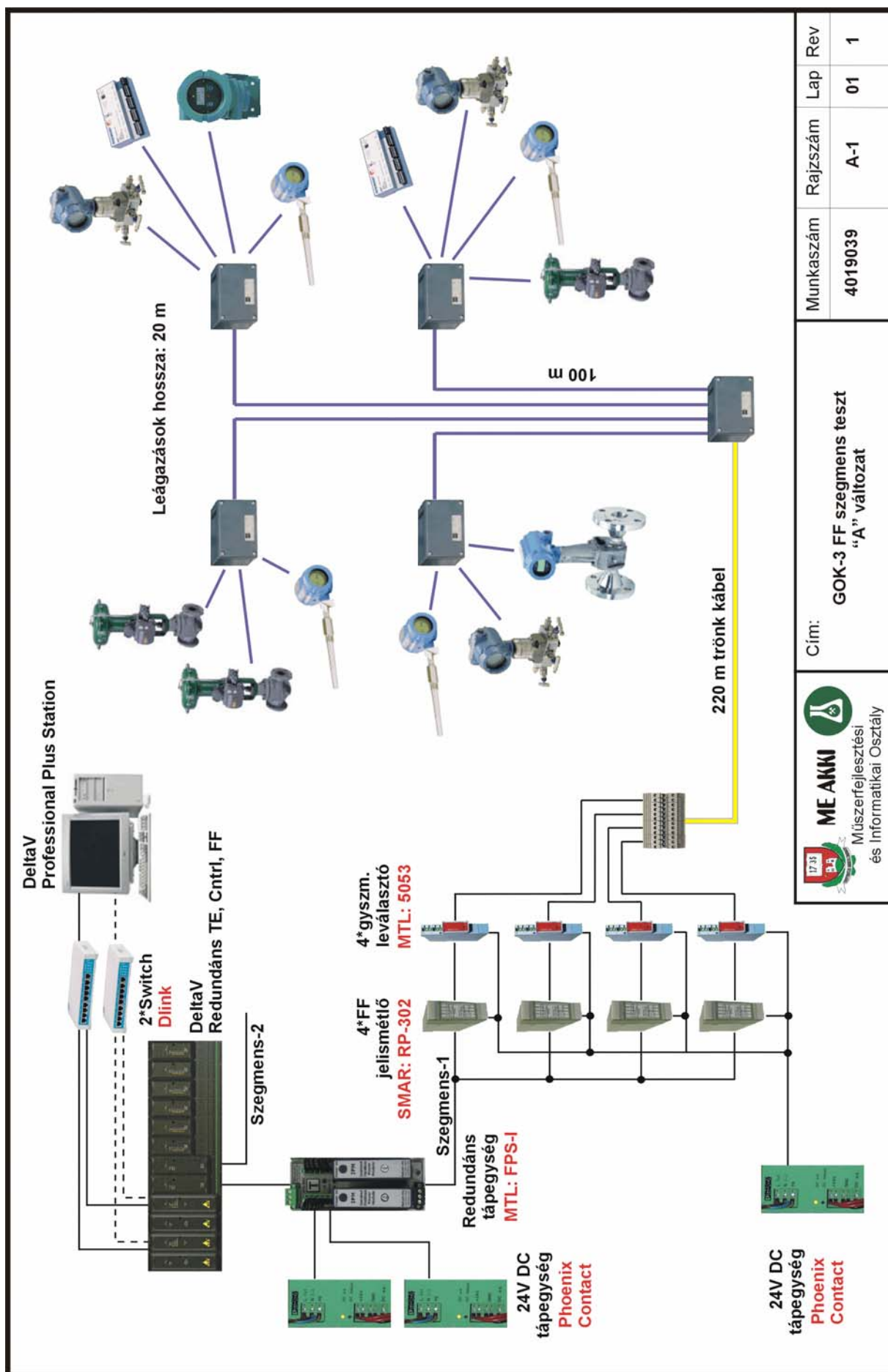


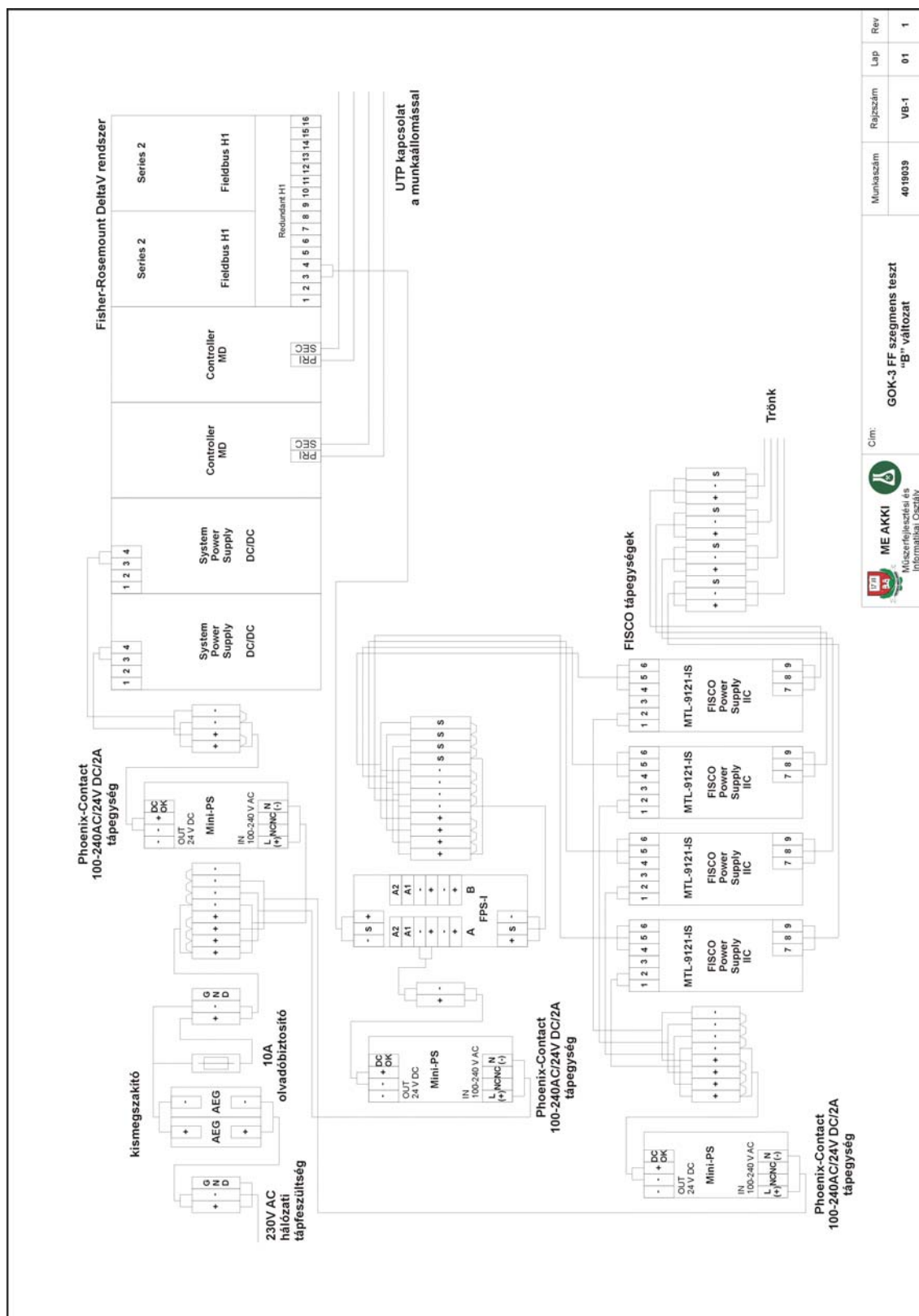
8.8. M8-Melléklet**Gyújtószikra-mentességi vizsgálatok a GOK-3 technológiához****Eszköz lista**

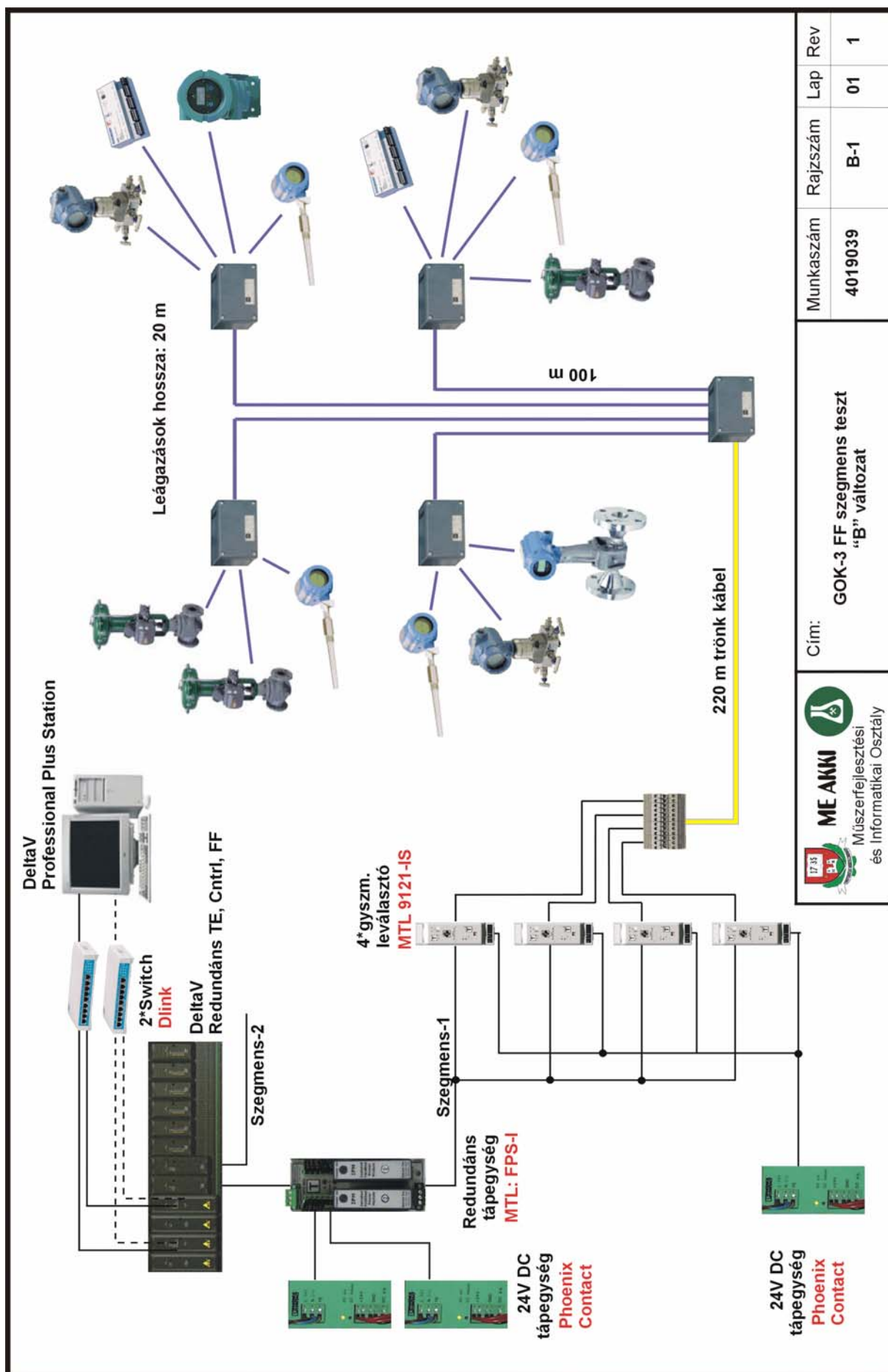
Eszköz típusa	Gyártó	Tervjel	Azonosító (Device ID)
3051CD nyomástávadó	Fisher-Rosemount	PT-01CD	0011513051092802200449-020007651
3051S nyomástávadó	Fisher-Rosemount	PT-02S	0011513051090602110505-020000557
3051T nyomástávadó	Fisher-Rosemount	PT-03T	0011513051092802155823-020007633
3244MV hőmérséklet távadó	Fisher-Rosemount	TT-01	0011513244-FR-TEMP-0x8624E417
3244MV hőmérséklet távadó	Fisher-Rosemount	TT-02	0011513244-FR-TEMP-0x8624DC28
3244MV hőmérséklet távadó	Fisher-Rosemount	TT-03	0011513244-FR-TEMP-0x8624E008
3244MV hőmérséklet távadó	Fisher-Rosemount	TT-04	0011513244-FR-TEMP-0x8624E804
8800C Vortex áramlástartávadó	Fisher-Rosemount	FRQ-01V	00115188000007291999143205100319
Micromotion MVD2000 tömegárammérő	Micromotion	FRQ-02M	00000310200001092003100819137013
848T 8 csatornás hőmérséklet távadó	Fisher-Rosemount	848T-01	0011510848-FR-TEMP-0x81259C09
848T 8 csatornás hőmérséklet távadó	Fisher-Rosemount	848T-02	0011510848-FR-TEMP-0X8125780C
FVUE-5010f szelepvezérlő	Fisher-Rosemount	DVC-01	0051000100FisherDVC0234461447949
FVUE-5010f szelepvezérlő	Fisher-Rosemount	DVC-02	0051000100FisherDVC0233461448045
FVUE-5010f szelepvezérlő	Fisher-Rosemount	DVC-03	0051000100FisherDVC0233461448171

„Entity” összeállítás – A változat



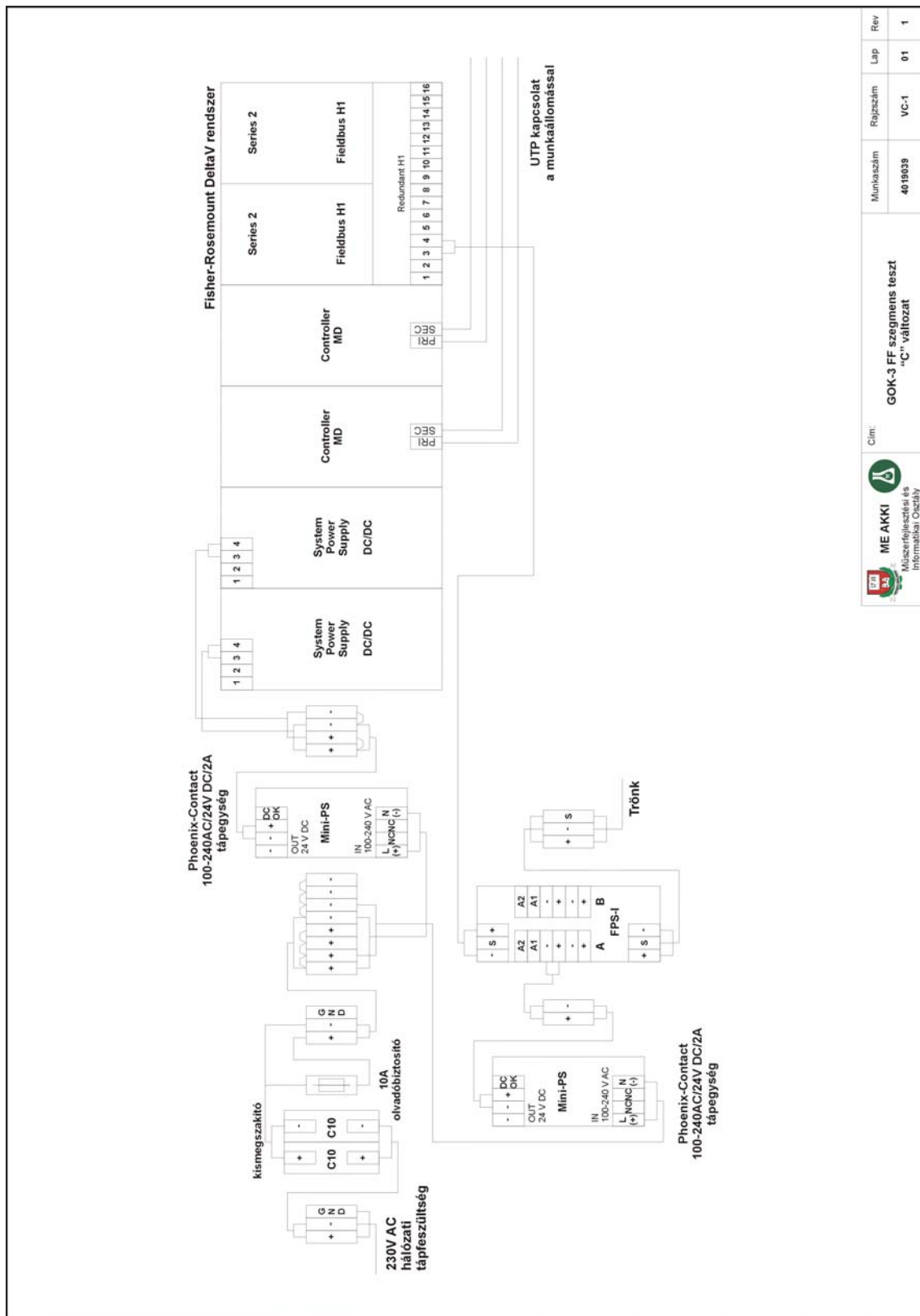






„Fieldbarrier” összeállítás – C változat

Megjegyzés: a terepi leválasztó a terepen került elhelyezésre



GOK-3 FF szegmens teszt
"C" változat

Munkaszám	Rajzszám	Lap	Rev
4019039	VC-1	01	1

