



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar
Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék

Írta:

MIZSEY PÉTER

Lektorálta:

BÉKÁSSYÉ MOLNÁR ERIKA

FOLYAMATIRÁNYÍTÁSI RENDSZEREK

Egyetemi tananyag

2011



COPYRIGHT: © 2011-2016, Dr. Mizsey Péter, BME Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék

LEKTORÁLTA: Dr. Békássy dr. Molnár Erika, Budapesti Corvinus Egyetem

Creative Commons NonCommercial-NoDerivs 3.0 (CC BY-NC-ND 3.0)
A szerző nevének feltüntetése mellett nem kereskedelmi céllal szabadon másolható, terjeszthető, megjelentethető és előadható, de nem módosítható.

TÁMOGATÁS:

Készült a TÁMOP-4.1.2-08/2/A/KMR-2009-0028 számú, „Multidiszciplináris, modulrendszerű, digitális tananyagfejlesztés a vegyészmérnöki, biomérnöki és vegyész alapképzésben” című projekt keretében.



ISBN 978-963-279-475-4

KÉSZÜLT: a [Typotex Kiadó](#) gondozásában

FELELŐS VEZETŐ: Votisky Zsuzsa

AZ ELEKTRONIKUS KIADÁST ELŐKÉSZÍTETTE: Waizinger József

KULCSSZAVAK:

folyamatirányítás, szabályozás, vezérlés, elemek leírása, tipikus vizsgálójelek, differenciálegyenlet, átviteli függvény, frekvencia függvény, PID szabályozó, szabályozók behangolása, stabilitás, szabályozó szelepek, műveleti paraméterek szabályozása, vegyipari műveletek szabályozása

ÖSSZEFOGLALÁS:

A folyamatirányítás, szabályozástechnika ma már szorosan hozzátartozik nem csak a mindennapi élethez, hanem az ipari gyakorlathoz is. Ezért valamennyi mérnöknek ismernie kell az irányítástechnika alapjait, illetve alkalmazási lehetőségeit és megoldásait a műveletek és a technológiák vonatkozásában egyaránt. Jóllehet, a számítástechnika elterjedtével az irányítástechnikai rendszerek megtervezése és megépítése elsősorban villamosmérnöki feladat, azonban a nem villamos mérnöki területen dolgozó mérnöknek is komoly feladata van ebben a csapatmunkában. Ugyanis egy folyamat szabályozási struktúrájának kialakítását azaz, hogy a kérdéses szabályozási cél eléréséhez mit és mivel kell szabályozni, a szabályozandó folyamatot ismerő mérnöknek kell megmondania a szabályozórendszert megépítő szakembereknek. Ugyanakkor jártasnak kell lennie abban is, hogy milyen mérőműszereket, más néven távadókat és milyen szabályozószelepeket alkalmazzanak a szabályozókörökben, hogy azok a célnak megfelelően működjenek.

Ehhez a csapatmunkához, a megfelelő kommunikáció érdekében, valamennyi mérnöknek szűksége van irányítástechnikai alapismeretekre. Ez magába foglalja az irányítástechnikai megoldások ismeretét, a gyakorlatban előforduló elemek, műveletek irányítástechnikai leírását, a leírási módszerek ismeretét mind elméleti mind gyakorlati szinten. Többféle elméleti leírási mód is lehetséges, az időtartományban jellemzően differenciálegyenletek, a Laplace-tartományban átviteli függvények és a frekvenciatartományban frekvenciafüggvények a használatosak. A kísérleti vizsgálat többnyire a tipikus vizsgálójelekkel történik. A szabályozások megtervezése és a szabályozók kiválasztása elsősorban a folyamat viselkedésétől és a szabályozási céltől függ. A szabályozók behangolásánál fontos szempont a stabilis, robusztus, de ugyanakkor pontos működés.

Az egyes alapszabályozások, mint például áramlás-, szint-, nyomás- és hőmérsékletszabályozás jellemzőinek ismerete alapvető fontosságú az egyes műveletek szabályozásánál. Ezek az ismeretek komoly műveleti és irányítástechnikai tudáson alapulnak.

Az alapszabályozásokat az egyes berendezések és technológiák szabályozására alkalmazzuk, mint például bepárló, rektifikáló oszlop, kémiai reaktorok és pH szabályozás ára.

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK	3
1. BEVEZETÉS	5
2. AZ IRÁNYÍTÁSTECHNIKA TÖRTÉNETÉNEK RÖVID ÁTTEKINTÉSE	6
3. AZ IRÁNYÍTOTT FOLYAMAT VIZSGÁLATA ÉS A SZABÁLYOZÁSI STRUKTÚRA ..	7
4. AZ IRÁNYÍTÁSTECHNIKA ALAPELVEI ÉS MÓDSZEREI, SZABÁLYOZÁS ÉS VEZÉRLÉS	9
4.1. Alapjelölések	10
4.2. Irányítástechnikai alapfogalmak	10
4.3. A vezérlés és szabályozás összehasonlítása	10
4.4. A folyamatirányítás feladatai	12
5. AZ IRÁNYÍTÁSTECHNIKA NYELVEI	14
5.1. Időtartomány, differenciálegyenlet	14
5.2. Laplace-tartomány, átviteli függvény	15
5.3. Frekvenciatartomány, frekvenciafüggvény	19
6. LINEÁRIS RENDSZEREK TÁRGYALÁSA A FOLYAMATIRÁNYÍTÁSBAN	23
6.1. Lineáris rendszer általános leírása az idő tartományban	23
6.2. Lineáris rendszer általános leírása a Laplace-tartományban	24
6.3. Lineáris rendszer általános leírása a frekvenciatartományban	25
7. ÖSSZETETT LINEÁRIS RENDSZEREK EREDŐ ÁTVITELI ÉS FREKVENCIA-FÜGGVÉNYE	28
8. TIPIKUS VIZSGÁLÓJELEK	32
9. STABILITÁS	34
9.1. Stabilitás definíciója az időtartományban	34
9.2. Stabilitás definíciója a Laplace-tartományban	34
9.3. Stabilitás definíciója a frekvenciatartományban, Nyquist- stabilitási kritérium	36
10. GYAKORLATBAN ELŐFORDULÓ ELEMELK/FOLYAMATOK IRÁNYÍTÁSTECHNIKAI LEÍRÁSA	40
10.1. Arányos (proporcionális) tagok	40
10.2. Holtidős arányos tag	41
10.3. Elsőrendű arányos tagok/tárolók	43
10.4. Másodrendű arányos tagok	59
10.5. Magasabbrendű tagok	65
10.6. Integráló tag	68
10.7. Differenciáló tag	71
11. GYAKORI SZABÁLYOZÓ TÍPUSOK	73
11.1. Arányos „P” szabályozó	73
11.2. „PI” szabályozó	73
11.3. „PD” szabályozó	75
11.4. PID szabályozó	77
12. SZABÁLYOZÁSOK ÉS SZABÁLYOZÓKÖRÖK VIZSGÁLATA	81
12.1. Állásos szabályozó és szabályozás	81
12.2. Arányos „P” szabályozás	82
12.3. Integráló „I” szabályozás	88
12.4. PI szabályozás bemutatása	93
12.5. D szabályozó hatásának bemutatása	96
13. SZABÁLYOZÓK KIVÁLASZTÁSA ÉS BEHANGOLÁSA	99
13.1. Szabályozók kiválasztása	99
13.2. Szabályozók behangolása	99
14. A SZABÁLYOZÁSOK MINŐSÍTÉSE	104
14.1. A szabályozások minősítése az idő tartományban	104
14.2. A szabályozások minősítése a frekvenciatartományban	106

15.	A SZABÁLYOZÓKÖRÖK HARDWARE-ELEMEI	109
15.1.	Távadók	109
15.2.	Szabályozók.....	109
15.3.	Beavatkozók, szabályozószelepek.....	109
16.	ELŐRECSATOLT SZABÁLYOZÁS, VEZÉRLÉS	118
17.	ELŐRECSATOLT ÉS VISSZACSATOLT SZABÁLYOZÁS KOMBINÁLÁSA	123
18.	KASZKÁDSZABÁLYOZÁS	125
18.1.	A kaszkádszabályozás blokkvázlata, tulajdonságai.....	127
18.2.	A kaszkád-szabályozókör behangolása	127
18.3.	A kaszkád-szabályozókör használatának korlátai	128
19.	ÁRAMLÁSSZABÁLYOZÁS.....	130
19.1.	Az áramlás változásának irányítástechnikai modellje	130
19.2.	Az áramlásszabályozás szabályozókörének viselkedése	132
19.3.	Az áramlástávadók áttekintése	134
19.4.	Az áramlásszabályozás linearitásának vizsgálata.....	135
19.5.	Az áramlásszabályozás összefoglalása.....	135
20.	SZINTSZABÁLYOZÁS.....	137
20.1.	Szint változásának irányítástechnikai modellje.....	137
20.2.	A szintszabályozás szabályozókörének viselkedése.....	139
20.3.	A szintszabályozás linearitásának vizsgálata	140
20.4.	Áramláskiegyenlítő, átlagoló szintszabályozás	140
20.5.	A szintszabályozás speciális problémái.....	142
20.6.	A szintszabályozás összefoglalása	143
21.	NYOMÁSSZABÁLYOZÁS.....	144
21.1.	Nyomástávadók	144
21.2.	Nyomásszabályozás az anyagmérlegbe történő beavatkozással.....	144
21.3.	Nyomásszabályozás a hőmérlegbe történő beavatkozással.....	151
22.	KÖLCSÖNHATÁSBAN LÉVŐ TÁROLÓK IRÁNYÍTÁSTECHNIKAI VISELKEDÉSE	157
22.1.	Kölcsönhatásban lévő tárolók irányítástechnikai leírása, dinamikus matematikai modellje	159
22.2.	Kölcsönhatásban lévő tárolók effektív időállandói	159
23.	HŐMÉRSÉKLET-SZABÁLYOZÁS	165
23.1.	A hőmérséklet mérése, távadó.....	165
23.2.	A módosított jellemző kiválasztása	166
23.3.	Szabályozási tartalék a berendezésekben	174
24.	ÖSSZETETT SZABÁLYOZÁSI FELADAT MEGOLDÁSI LÉPÉSEI.....	176
24.1.	A tanult szabályozások áttekintése.....	177
24.2.	Irányítástechnikai szabadsági fokok meghatározása	177
24.3.	Szabályozókörök közti kölcsönhatás mérése, relatív átviteli tényezők.....	181
25.	VEGYI- ÉS ROKONIPARI BERENDEZÉSEK SZABÁLYOZÁSAI	188
25.1.	Bepárlók szabályozása	188
25.2.	Desztilláló oszlop szabályozása	193
25.3.	pH szabályozás	201
25.4.	Kémiai reaktorok szabályozása	206
26.	KORSZERŰ IRÁNYÍTÁSTECHNIKAI RENDSZEREK.....	212
27.	FÜGGELÉK.....	213
27.1.	Folyamatirányítás labor	213
27.2.	Matematikai segédlet a Folyamatirányításhoz	258
27.3.	Felhasznált irodalom	266
ÁBRÁK, VIDEÓK, TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE		267
Ábrák.....		267
Videók.....		270
Táblázatok.....		270

1. BEVEZETÉS

A folyamatirányítási ismeretek ma már szorosan hozzátartoznak valamennyi mérnök általános ismereteihez. Sokan úgy gondolják, hogy az irányítástechnika leginkább villamosmérnöki feladat, de ez csak részben igaz. A számítástechnika elterjedésével az irányítástechnika is egyre inkább a számítógépekre épül, ami elsősorban villamosmérnöki ismereteket igényel. A villamosmérnökök azonban nem ismernek, nem is ismerhetnek minden olyan folyamatot, technológiát, műveletet, rendszert, melyet irányítani, szabályozni kell. Ezek ismerete a kérdéses tématerületet ismerő mérnök, például vegyészmérnök, biomérnök vagy környezetmérnök feladata. Ugyanis egy folyamat szabályozási struktúrájának kialakítását, azaz hogy a kérdéses szabályozási cél eléréséhez mit és mivel kell szabályozni, a kérdéses folyamatot ismerő mérnöknek kell megmondania a szabályozórendszer megépítő szakembereknek. Ugyanakkor jártasnak kell lennie abban is, hogy milyen mérőműszereket, más néven távadókat és milyen szabályozószelepeket alkalmazzunk a szabályozókörökben, hogy azok a célnak megfelelően működjenek. A szabályozási struktúra kialakítása és a szabályozókörök megépítése tehát csapatmunka, melyben a tématerületet ismerő mérnökök a szabályozókörök megépítő mérnökökkel, általában villamosmérnökökkel, együtt dolgoznak. A közös munka igényli a közös nyelvet, tehát a folyamatirányítási alapismereteket. Ezért ezek minden mérnök számára fontosak, mert különben a közös munka nem lehet eredményes, és a kérdéses folyamat nem fog a célnak megfelelően működni.

Fontos tudni, hogy az irányítástechnika megvalósítása nem olcsó feladat, költsége gyakran összemérhető a berendezések árával, de annak többszöröse is lehet. Ez is egy érv arra, hogy valamennyi mérnöknek szüksége van legalább alapvető irányítástechnikai ismeretekre, hogy a kérdéses berendezések költséghatékonyan valósuljanak meg, és jól üzemeljenek.