

BEVEZETÉS A RENDSZERTECHNIKÁBA

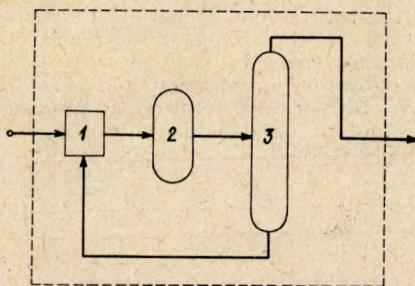
Szerkeszti: PALLAI IVÁN

A rendszertechnika és a vegyészmérnöki tudomány II.

BENEDEK PÁL*

Stacionárius rendszer optimális hálózata

Az előzőekben** példaképpen tárgyalt folyamat-ábra (4. ábra) nem az egyetlen lehetséges megoldása a feladatnak. Ha a reaktor beruházása és üzemeltetési költsége ugyanis nagy, célszerű lehet egyetlen reaktort használni nagyobb kapacitású lepárlóval és a lepárló fenéktermékét visszavezetni az egyetlen reaktor elé. A folyamatábra második alternatívája tehát a 7. ábrának megfelelően alakul.



7. ábra

Az optimális hálózat fogalma

Most az a kérdés vetődik fel, hogy a két rendszer közül melyik a megfelelőbb? Erre a kérdésre könnyű azt a feleletet adni, hogy mindkettőt ki kell számítani és a két párhuzamos számítás eredményéből kiderül a helyes megoldás.

Ez a válasz a konvencionális vegyészmérnöki fel fogás szülötte és néhány megjegyzést provokál.

Először is fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a két hálózati megoldás mindegyikének számítása önmagában is optimalizációt igényel. (Az első hálózattal kapcsolatban egy nagyon egyszerűsített — a desztillációra vonatkozó három döntési lehetőséget figyelmen kívül hagyó — optimalizálást már korábban bemutattuk [2]).

Ha ugyanis nem önmagukban optimális rendszereket hasonlítunk össze, nem jutunk megbízható ítéletre. A következő 8. ábra bemutatja, hogy az összehasonlítás hozhat helytelen ítéletet, hiszen a 8. ábra jelöléseivel)

$$g_A < g_B \tag{9}$$

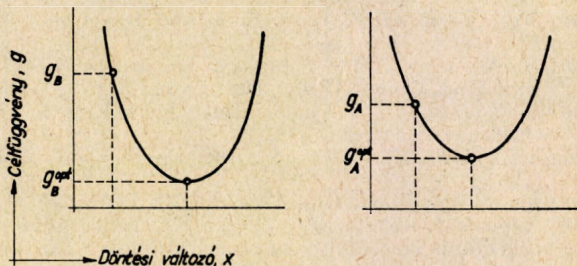
azonban

$$g_A^{opt} > g_B^{opt} \tag{10}$$

Az összehasonlításnak tehát az a feltétele, hogy olyan rendszereket hasonlítsunk össze, amelyek önmagukban optimálisak. E feltétel figyelmen kívül hagyása olyan hiba, amely gyakran fordul elő a gyakorlatban, rendszertechnikai vizsgálatok során.

* Magyar Vegyipari Egyesülés Mérnöki Irodája.

** A közlemény I. része: Magyar Kém. Lapja 24, 32 (1969).



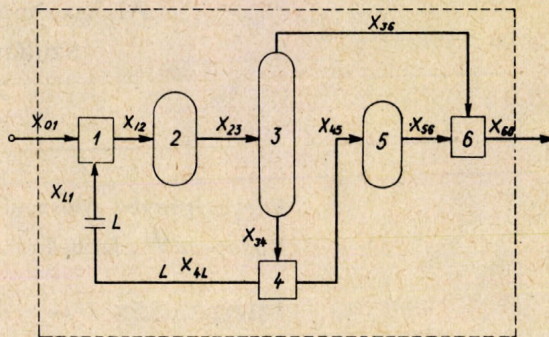
8. ábra

A második megjegyzés az, hogy valamennyivel is bonyolultabb esetben nem elégedhetünk meg két hálózati alternatíva összehasonlításával, hiszen nagyon sok alternatívát lehet javasolni és mindegyik mellett lehet szóbeli érveket sorakoztatni. Csak-hogy sok alternatíva mindegyikének optimalizálása erősen munkaigényes és célszerűnek tűnik sok alternatíva helyett egyetlen olyan hálózatot optimalizálni, amely magában foglal minden javasolt alternatívát. A példaképpen tárgyalt két konkuráló alternatívát egyetlen hálózatban is megfogalmaztuk, s ezt a hálózatot mutatja meg a 9. ábra.

Hátramaradt azonban az a kérdés, hogy milyen eljárást lehet alkalmazni az optimális hálózat, a legkedvezőbb folyamatábra kiválasztására? Erre a kérdésre nem tudunk valami minden lehetséges esetben célravezető eljárást ajánlva válaszolni.

Az optimális hálózat tervezése lineáris programozással

Sokan dolgoztak ki olyan eljárást, amelynek lényege, hogy a feladatot először ilyen vagy olyan módon linearizálja, s aztán a lineáris programozás simplex algoritmusát használja. Ennek az a magyarázata, hogy a simplex algoritmus nagyon kényelmes, gyors és programja minden számítógéppont könyvtárában megtalálható.



9. ábra

2. táblázat

	01	L1	12	F2	F2'	23	F3	34	36	4L	45	F5	F5'	56	60	60'	
11.	1	1	-1														0
12.			1	-0,5	-0,25	-1											0
13.			1	-1													0
14.			1		-1												0
15.	1																1000
16.						0,9	1	-1									0
17.						0,1	-1		-1								0
18.						0,1	-1										0
19.								1									0
20.		1								-1	-1						0
21.											1	-0,5	-0,25	-1			0
22.											1	-1					0
23.								1			1						0
24.									1					1	-1		0
25.	1														-1		0
26.	0,05														-1	-1	0
Célfüggv.	-5		-0,8	-0,5	-0,5	-0,1	-1,0				-0,5	-0,5	-0,5			20	→ max

Megkíséreljük most a linearizálás ötletét felhasználva példákat kidolgozni. Arról van szó, hogy a rendszer matematikai modelljét lineáris egyenlet, illetve egyenlőtlenség-rendszer alakjában kell megfogalmazni. Minthogy a rendszer kétkomponensű és az $A \rightarrow P$ reakció miatt az áramok nem függetlenek egymástól, elegendő az egyenletrendszert az egyik komponensre kidolgozni. A reagáló anyagot választjuk a számítás alapjául. Termikus hatásokat az egyszerűség kedvéért elhanyagolunk. Vegyük a rendszer 1. elemét: ez csővezetéki keverés: ez tipikusan lineáris összefüggés. Az ábra jelöléseivel írhatjuk:

$$x_{01} + x_{L1} - x_{12} = 0 \quad (11)$$

ahol x tömegáramot jelent.

Ki kell kötni, hogy a felhasználható nyersanyag belépő árama egy megadott értéknél nagyobb nem lehet:

$$x_{01} \leq b_{01} 1000 \quad (15)$$

A feladat matematikai modelljének kidolgozása-kor kialakuló egyenletrendszer együtthatóit célszerű mátrixban összefoglalni. Előző két megadott egyenletünk együtthatóit a 2. táblázatban közölt mátrix két megadott sorában láthatjuk.

A rendszer második eleme a reaktor. A reaktor tipikusan nem lineárisan viselkedik. A reagáló anyag koncentrációja a reaktor térfogatának függvényében a 10a ábra szerint változik. Ezt a nemlineáris összefüggést kell linearizálni. A 10b ábrán adott linearizálás tulajdonképpen azt jelenti, hogy a

nemlineárisan működő reaktor viselkedését két sorbakapcsolt lineárisan működő reaktorral szimuláljuk. Ennek megfelelően alakul át a folyamatábra is (11. ábra). Az első reaktorban max. 50 % konverziót engedélyezünk, a másodikban max. 75 % összkonverziót. A reagáló anyagra vonatkozó mérleg-egyenlet tehát:

$$x_{12} - 0,5x_{F2} - 0,25x_{F2'} = x_{23} \quad (12)$$

ahol kikötjük, hogy

$$x_{F2} \leq x_{12} \quad (13)$$

$$x_{F2'} \leq x_{12} \quad (14)$$

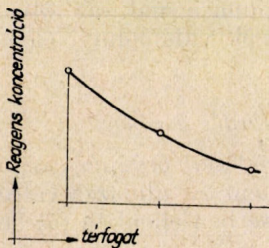
A lepárló oszlopot — az egyszerűség kedvéért — úgy értelmezzük, hogy fenékterméke csakis kiinduló anyagot tartalmaz, fejterméke azonban kiinduló anyagot és végterméket egyaránt tartalmazhat.

Az így értelmezett lepárló oszlopnak két üzemmódját különböztetjük meg. Az első üzemmódban a kiinduló anyag 90 %-a kerül a fenéktermékbe, 10 %-a pedig a fejtermékbe; a második üzemmódban a fejtermék nem tartalmaz kiinduló anyagot. Ez az üzemmód nagyobb beruházási és termelési költséggel valósítható meg. Az első üzemmód kötelezően megvalósul, a második amilyen mértékben kívánják. Ezt az alábbi összefüggések írják le:

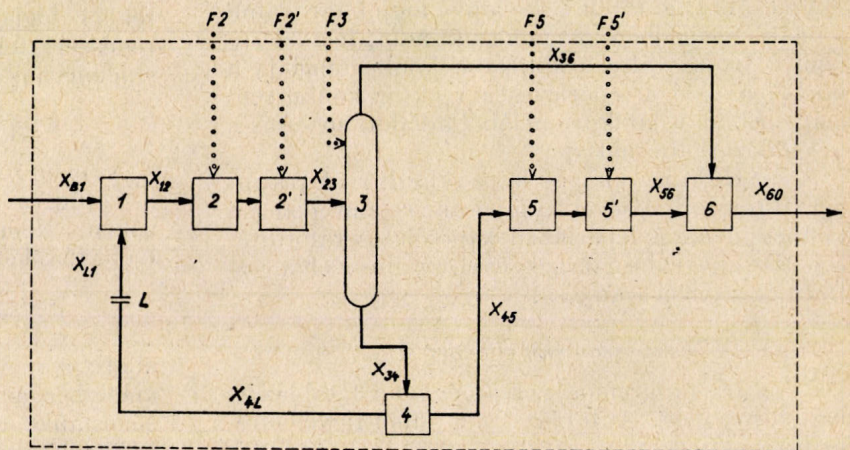
$$0,9x_{23} + x_{F3} = x_{34} \quad (16)$$

$$0,1x_{23} - x_{F3} = x_{36} \quad (17)$$

$$0,1x_{23} \geq x_{F3} \quad (18)$$



10. ábra



11. ábra

A fenéktermék két részre oszlik a 4. elemben.

$$x_{34} = x_{4L} + x_{45} \quad (19)$$

Itt egy fontos megjegyzést kell tenni. A folyamatábrán a 41 csatornát L ponton képzeletben megszakítottuk az 12341 recirkulációs körben. Egy ilyen recirkulációs kör tipikusan nem lineáris, hiszen a változók szorzata szerepel leírásában. Hogy ezt elkerüljük az L pontban a recirkulációs kört megszakítottuk és most a mérvado elemek mérlegét függetlenül írhatjuk fel, azzal a kikötéssel azonban, hogy a két változóra kikötjük az egyenlőséget:

$$x_{L1} = x_{4L} \quad (20)$$

Most rátérünk az 5. elem, vagyis a második reaktor tárgyalására. Ugyanazt a műfogást alkalmazzuk, mint az első reaktornál. A reagáló anyagra vonatkozó mérlegegyenlet:

$$x_{45} - 0,5x_{F5} - 0,25x_{F5'} = x_{56} \quad (21)$$

ahol kikötjük, hogy:

$$x_{F5} \leq x_{45} \quad (22)$$

$$x_{F5'} \leq x_{45} \quad (23)$$

A rendszer elemei közül már csupán a 6. maradt hátra. Ebben a lepárló fejterméke és a reaktor kilépő árama keveredik output terméké:

$$x_{36} + x_{56} = x_{60} \quad (24)$$

Itt azonban figyelembe kell venni, hogy az output termék nem tartalmazhat 5 %-nál több kiinduló anyagot. Ki kell tehát számítanunk a konvertált termék x_{60} mennyiségét.

A konvertált termék árama egyszerűen számítható, mert a rendszernek egyetlen inputja és egyetlen outputja van, tehát:

$$x_{10} = x_{60} + x'_{60} \quad (25)$$

ahol

$$x_{60} \leq 0,05x'_{60} \quad (26)$$

Ezzel befejeztük a lineáris modell leírását.

Át kell térnünk a célfüggvény megszerkesztésére. Ha a cél az eredmény maximuma, akkor ezt úgy kapjuk, hogy a bevételből levonjuk a ráfordításokat. A ráfordítások a következők:

- alapanyag beszerzési költsége,
- reaktorok és lepárló oszlop amortizációja,
- a reaktorok és a lepárló oszlop üzemeltetési költsége.

Ez utóbbi két tételt összevonva fogjuk tárgyalni, ami azért engedhető meg, mert az adott feladatban nem a fix és változó költségek konkurenciája a döntő, hanem a lepárló és a reaktor konkurenciája. Ebből a konkurenciából adódott ugyanis a két hálózati alternatíva.

A két reaktorral kapcsolatos ráfordítások részint a reaktor terhelésével arányosak, részint pedig a konverzióval. A lepárlással kapcsolatos ráfordítások részint a reaktor terhelésével, részint az elválasztás mélységével arányosak.

Az eredmény ellenőrzése

A lineáris programozás eredményét a 3. táblázatban adjuk meg. A táblázat adataiból figyelemreméltó, hogy

$$x_{45} = x_{F5} = x_{F5'} = x_{56} = 0 \quad (27)$$

3. táblázat

Változó	Optimális érték
01	1000
L1	333,3
12	1333,3
F2	1333,3
F2'	1333,3
23	333,3
F3	33,3
34	333,3
36	0
4L	333,3
45	0
F5	0
F5'	0
56	0
60	0
60'	1000

Ez más szóval azt jelenti, hogy az optimális folyamatábrában a lepárló oszlop fenékterméke nem oszlik kétfelé, teljes mennyisége az 12341 recirkulációs körben marad. Így tehát semmi sem táplálja a második reaktort, ennek nincs kilépő árama és a végtermék nem két áram keverékeként jön létre, hanem a lepárló torony fejterméke azonos a végtermékkel. Az egyesített folyamatábra 4., 5. és 6. eleme szükségtelen. Az optimális hálózat tehát azonos a 7. ábrán megadott alternatívával.

Meg kell azonban jegyezni, hogy a megoldás egyes elhanyagolások és az alkalmazott linearizálások miatt még ellenőrzésre szorul. Az ellenőrzés során azt vizsgáljuk, hogy a megoldás struktúrája mennyire érzékeny a célfüggvényegyütthatók nagyságára, pontosabban a konkurráló változók célfüggvényegyütthatóinak arányára. (A vizsgálatot a célfüggvény szerinti parametrizálás technikájával végezhetjük).

Ha a megoldás struktúrája eléggé stabil, vagyis a célfüggvényegyütthatók előre megadott tartományán belül nem változik, a hálózat szempontjából helyes megoldásnak tekinthetjük. Ezzel lezárul a tervezésnek az a stádiuma, amelynek célja az optimális hálózat kiválasztása volt.

Dinamikus rendszerek

Az előzőekben stacionárius működésű rendszerekkel foglalkoztunk. Stacionáriusnak az olyan rendszert tekintjük, amelynek valamennyi eleme stacionárius állapotban van.

A dinamikus viselkedés leírása

Az elem stacionárius működésére érvényes az (5) összefüggés, amely az időt nem tartalmazza változóként. Nem stacionárius esetben ellenben (5) helyébe (28) kerül:

$$Y_j^{(n)}(\tau) = F_j[X^{(n)}(\tau), \tilde{D}^{(n)}(\tau), \tilde{T}^{(n)}] \quad (28)$$

ahol τ a $\tau=0$ olyan időpont óta eltelt időt jelenti, amelyben az elem állapota definiált volt. Ha egy elem működése nem stacionárius vagyis a bemenő változóknak legalább egyike a τ időnek függvénye, akkor általában a kimenő változók is függvényei az

időnek. Ezt értjük az elem dinamikus viselkedésén. Nem következik azonban a leírtakból, hogy a kilépő változók időfüggvénye a belépő változókéval azonos menetet mutat.

Az elemek dinamikus viselkedése nagyon is egyedi és a hálózattól is függ, hogy az inputban beálló időbeli változás miképpen terjed a rendszerben és milyen időbeli menetet mutat az outputban. Az előzőekben tárgyalt (7) követelmény ugyanis

$$\tilde{Y}_j^{(m)} = \tilde{X}_i^{(n)} \quad (29)$$

a dinamikus rendszerben is fennáll bármely időpontban. Mindenesetre azonban az elemek dinamikus viselkedésére vonatkozó ismeretek és a hálózat ismerete elegendő ahhoz, hogy legalábbis elvben, a rendszer dinamikus viselkedését számítás útján követni lehessen [2].

A rendszer dinamikus viselkedésének ismerete igen nagy jelentőségű irányítástechnikai és optimalizációs szempontból is.

Dinamikus rendszer optimalizálásakor abból kell kiindulni, hogy a célfüggvény nem csupán a rendszer szabadsági fokának megfelelő F számú mérvadó változónak függvénye, hanem az időnek is.

Ezért nem beszélhetünk többé a beavatkozási változók optimális értékéről, hanem áttérünk ezek optimális időfüggvényére.

A beavatkozási változók optimális időfüggvényei azok, amelyek kitűzött zárt időintervallumban a célfüggvény szélsőértékét eredményezik.

A kőolajfinomító példája

A dinamikus viselkedés nemcsak a termelő vonalak, hanem magasabbrendű rendszerek esetében is előfordul és megkíséreljük ezt a témakört kőolajfinomító példáján megmutatni. A rendszer a kőolajfinomító, elemei pedig a technológiai termelő vonalak, s a tartálypark.

A kőolajfinomító dinamikus viselkedése abból származik, hogy a fogyasztói igények változnak és a termékszállítás lehetőségei (tartályvagon, tankautó, csővezeték) ingadoznak. Az output oldal dinamikája adottság és nem kontrollálható, dinamikája néhány napra előre jól megbecsülhető.

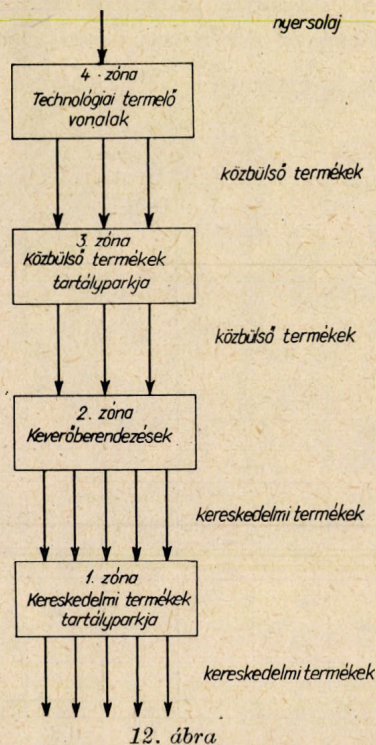
Nagyon jól meghatározható ezen felül a kőolajfinomító egyhónapos termékszálítási terve is és ebből kiindulva elkészíthető a rendszer optimális vagyis maximális vállalati nyereséget biztosító termelési terve. Ezt lineáris programozással szokás kidolgozni [8]. A kőolajfinomítás lényege ugyanis a következő:

A kőolajat lépárlással frakciókra bontják, majd egyes frakciók bizonyos hányadát kémiai vagy fizikai módszerekkel átalakítják, esetleg tovább szeparálják. Így végül is egy sereg különböző tulajdonságú és mennyiségű frakció áll rendelkezésre. Nevezzük ezeket közbülső termékeknek, mert önmagukban nem kereskedelmi minőségűek, azonban ezekből állítják elő keveréssel a kereskedelmi minőségű termékeket a kívánt mennyiségben. Ugyanazt a kereskedelmi terméket többféle keverési receptúrával is elő lehet állítani a rendelkezésre álló közbülső termékekből, másrészt a technológiai termelő

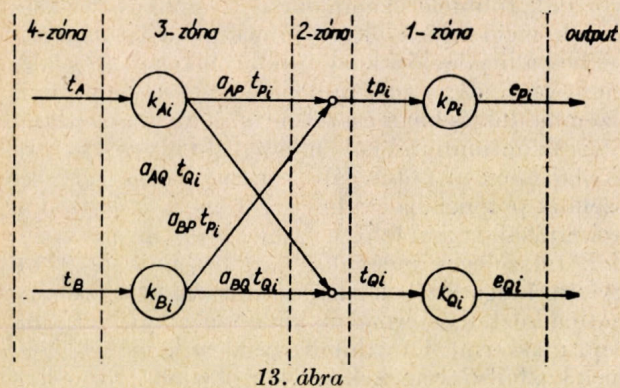
vonalak többféle üzemmóddal is működhetnek és ennek megfelelően eltérő minőségben és mennyiségben állítják elő a közbülső termékeket. Az előbb említett lineáris programozás vezet az optimális üzemmódok és keverési receptúrák meghatározásához. Az optimumtól való minden eltérés csökkenti a kőolajfinomító potenciális eredményét. Azért beszélünk potenciális eredményről, mert az optimum számításakor azt feltételeztük, hogy az üzemmódok tetszőleges megvalósítási sorrendje és a fogyasztói ingadozások ellenére mindenkor végrehajtható a közbülső termékek keverése az optimális receptúra szerint. Ez valójában csak akkor lehetséges, ha a közbülső termékek és a kereskedelmi termékek számára elegendően nagy tartálykapacitás áll rendelkezésre készletezésre, hogy végül is a gyártás tartályra és az output kiszállítása tartályból történjék. Csak hogy a tartálykapacitás nagyon is korlátozott. Az elmondottakból az következik, hogy egy kőolajfinomítót négy sorbakapcsolt elemből álló rendszernek lehet felfogni. Ezeket az elemeket a következőkben zónáknak fogjuk nevezni és kapcsolási sorrendjük a technológiai áramok irányával ellentétes irányban a következő (12. ábra):

1. Kereskedelmi termékek zónája.
2. Keverőberendezések zónája.
3. Közbülső termékek zónája.
4. Technológiai termelő vonalak zónája.

A rendszer sorbakapcsolt zónákra osztása nagyon lényeges a dinamikus optimum meghatározása szempontjából. A kérdés ugyanis az, hogy az 1., 2. és 3. zónában az optimalizálási ciklus néhány napjának mindegyikén a beavatkozási változók mekkora értéke mellett érhető el, hogy a 4. zónában a termelés-tervezés által optimálisnak tartott stationárius üzemmenet fenntartható legyen? Ha ugyanis ez lehetséges, akkor ez azt jelenti, hogy a rendszer elérheti a potenciális eredményt. Ha vi-



4. táblázat



13. ábra

Nap	Kiszá- lítás		Napi szükséglet		A		B	
	P	Q	A	B	Eltérés a napi átlag- tól!	Kész- let össze- sen	Eltérés a napi átlag- tól	Kész- let össze- sen
1.	3	7	3,6	6,4	0,7	0,7	0,3	0,3
2.	6	2	3,6	4,4	0,7	1,4	2,3	2,6
3.	4	9	4,7	8,3	-0,4	1,0	-1,6	1,0
4.	8	4	5,2	6,8	-0,9	0,1	-0,1	0,9
5.	4	8	4,4	7,6	-0,1	0	-0,9	0
Átlag	5	6	4,3	6,7				

szont ennek a feladatnak nincs megoldása, akkor a finomító a potenciális eredményt nem érheti el és akkor az a kérdés vetődik fel, milyen üzemmód átállítást kell a 4. zónában végrehajtani, amely a potenciális eredmény legjobb megközelítését teszi lehetővé?

Az imént megfogalmazott kérdésfeltevés magában foglalja a dinamikus optimalizálás megoldásának egy lehetséges stratégiáját is. Ez a stratégia a következő fokozatokat tartalmazza:

1. Megvizsgálandó, hogy lehetséges-e a 4. zónában a stacionárius állapot fenntartása, optimális keverési receptúra mellett (ti. a 2. zónában) csupán készletgazdálkodással? Ha igen, a feladat megoldást nyert. Ellenkező esetben a vizsgálat 2. fokozata következik.

2. Megvizsgálandó, hogy lehetséges-e a 4. zónában a stacionárius állapot fenntartása, ha a készletgazdálkodást a keverési receptúra megváltoztatásával kiegészítjük. Ha igen, a feladat megoldást

	t_{P1}	t_{Q1}	k_{A1}	k_{B1}	k_{P1}	k_{Q1}	t_{P2}	t_{Q2}	k_{A2}	k_{B2}	k_{P2}	k_{Q2}	t_{P3}	t_{Q3}	k_{A3}
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0,5	0,3	1												
2			1												
3	0,5	0,7		1											
4				1											
5	1				-1										
6					1										
7		1				-1									
8						1									
9			-1				0,5	0,3	1						
10									1						
11				-1			0,5	0,7		1					
12					1		1				-1				
13											1				
14												-1			
15													-1		
16															
17									-1				0,5	0,3	1
18															1
19													0,5	0,7	
20										-1					
21											1		1		
22															
23												1		1	
24															
25															
26															-1
27															
28															
29															
30															
31															
32															
33															
34															
35															
36															
37															
38															
39															
40															
Cél. f.			0,7	0,3					1,4	2,6					1,0

A zárókészletre érvényes a következő korlát:

$$k_{A1} \leq k_A \quad (32)$$

ahol k_A az A közbűlő termék tárolására szolgáló tartály mérete.

A B elemre azonos szerkezetű mérleget és korlátot írhatunk, formálisan úgy, hogy a (31) és (32) összefüggésben az A indexet B -re cseréljük fel. A P elem tömegmérlege a ciklus első napján:

$$k_{P0} + t_{P1} = e_{P1} + k_{P1} \quad (33)$$

ahol k_{P0} a P kereskedelmi termék nyitókészlete a ciklus kezdetén,

k_{P1} a P kereskedelmi termék zárókészlete a ciklus első napján,

e_{P1} a P kereskedelmi termékből kiszállított mennyiség a ciklus első napján,

A P elem zárókészletére érvényes a következő korlát:

$$k_{P1} \leq k_P \quad (34)$$

ahol k_P a P kereskedelmi termék tárolására szolgáló tartály mérete.

A Q elemre azonos szerkezetű mérleget és korlátot írhatunk formálisan úgy, hogy a (33) és (34) összefüggésben a P indexet Q -ra cseréljük fel. A ciklus 2., 3...5. napjára azonos szerkezetű nyolc egyenletet írhatunk, formálisan úgy, hogy a napokra utaló indexet megfelelően változtatjuk. Ez azt jelenti, hogy a rendszer matematikai modellje 40 egyenlőséget, illetve egyenlőtlenséget tartalmaz. A reális változók száma 30, a kiegészítő változók száma 16. Az egyenletrendszer tehát nem határozott. Bázisát lineáris programozással fogjuk megkeresni. Célszerű az $Ax \leq b$ egyenletrendszer koefficienseit, relációit és jobboldalát táblázatosan is megadni (5. táblázat). A lineáris programozás azt követeli, hogy rendeljük cx lineáris célfüggvényt az $Ax \leq b$ egyenletrendszerhez. Itt az látszik célszerű-

nek, ha a készletezésnek mégpedig az A és B közbűlő termék készletezésének tulajdonítunk költséget, és optimálisnak azt a megoldást tartjuk, amely minimális készletezési költséggel jár. A készletezési költség adott esetben fikció, amelynek mégis van értelme. Ha ugyanis a készletezés fajlagos költségét naponként és közbűlő termékenként változtatjuk a kereslet-kínálat szerint, akkor ezzel olyan célfüggvényhez jutunk, amely kifejezi azt a szándékot, hogy a A és B ne csupán mint ilyen, a közbűlő termékek zónájában, hanem késztermékként is tároltassék. Ez ugyanis az outputban jelentkező ingadozások csillapítását jelenti. Az elmondottaknak megfelelő célfüggvényegyütthatók számítását, és az együtthatókat az 5. táblázatban mutatjuk be.

Az 5. táblázatban megfogalmazott feladat optimális programját a 6. táblázatban adjuk meg. Szemléletesség kedvéért a 14. ábrán megrajzoltuk a négy tartály „dinamikáját”.

Az eredmények alapján megválaszolható mégpedig igennel az eredetileg feltett kérdés, hogy ti. lehetséges-e a finomító 4. zónájában a stacionárius állapot fenntartása az optimális keverési receptúra mellett, csupán az 1. és 3. zónában foganásított készletgazdálkodással.

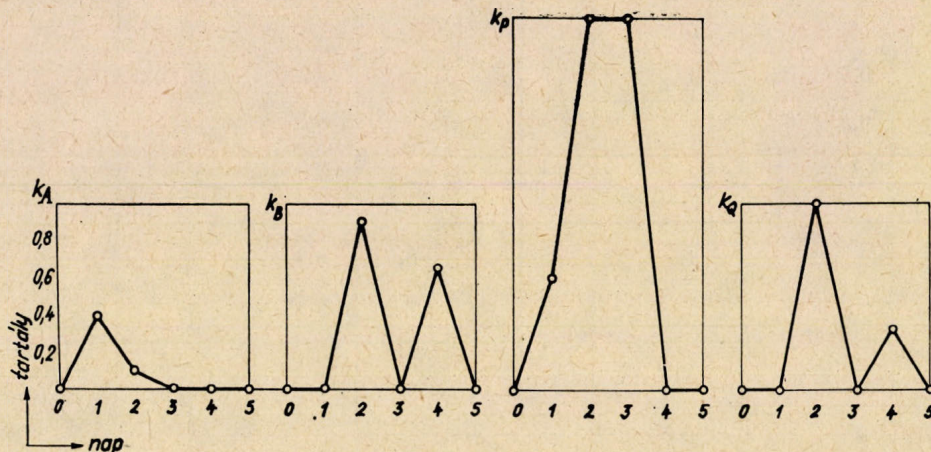
Ez a példa talán megmutatja, hogy egy rendszer dinamikus viselkedése nem természeti csapás, hanem olyan jelenség, amelyet okosan lehet és kell is kihasználni. A rendszer dinamikus viselkedéséhez való alkalmazkodás azt jelenti, hogy egy jövőben várható hatást a hálózati lehetőségek felhasználásával az elemek mint források (és nyelők) között ezek korlátjain belül maradván időben is szétosztjuk. Ebben az értelemben vett szétosztást jól látni a 14. ábrán.

Záró megjegyzések

A rendszertechnika bölcsője a vegyipar, a kőolajipar és az energiatermelő ipar. Létrejött a technológiai vonalak történetileg tekintett fejlődésében egy bizonyos műszaki színvonal [9] elérése

6. táblázat

	e_{Pi}	e_{Qi}	t_{Pi}	t_{Qi}	k_{Ai}	k_{Bi}	k_{Pi}	k_{Qi}
1.	3	7	3,6	7,0	0,4	—	0,6	—
2.	6	2	7,4	3,4	0,1	0,9	2,0	1,0
3.	4	9	4,0	8,0	—	—	2,0	—
4.	8	4	6,0	4,33	—	0,66	—	0,33
5.	4	8	4,0	7,66	—	—	—	—



14. ábra

táján a további fejlődés érdekében szükségessé vált. Miről is van szó?

Egy meghatározott termék gyártásának történetében — és ez a történet a költségparaméter [10] exponenciális lecsengésében jut kifejezésre — három korszakot lehet megkülönböztetni.

a) A kezdeti korszakban a termék gyártási volumene viszonylag kicsiny, a gyártás rendszerint szakaszos, a költségparaméter rohamosan csökken.

A felaláló meg akarja hódítani a piacot, a terméket forgalomba hozza, noha az eljárásom meg sok javítani való van. A leghatásosabb javítások kémiai természetűek: más olcsóbb nyersanyag, vagy segédanyag alkalmazása, a kitermelés jelentős növelése az esetleges melléktermékek hasznosítása stb. A kémiai természetű javítások azért csökkentik rohamosan a költségparamétert, mert a vegyitermékek önköltségében a legjelentősebb tényező (50% körül) a felhasznált anyagok ára.

b) A termék árának csökkenésével újabb és újabb piacokat, vagyis felhasználási területeket hódít meg, megindul a tömegrendelés. Megkezdődik az áttérés a folyamatos üzemű gyártásra. Ez az áttérés önmagában csökkenti a költségparamétert, elsősorban az installáció költségével összefüggő amortizációs tétel csökkenése révén. Ebben a periódusban a költségparaméter csökkentésére állandóan ható tényező a gyártási vonalak volumenének állandó növekedése, mert ez a fajlagos beruházási és üzemeltetési költségek csökkenésével jár. Párhuzamosan finomodnak a gyártási vonal eljárástani megoldásai. A gyártási vonalak feltűnő megnövekedésével egyre nagyobb jelentőségűvé válik az intenzív eljárások és az energetikai tartalékok felhasználása.

c) A harmadik korszakra már már nem marad műveletani és eljárástani javítani való. Itt különös jelentőségűvé válik a termelési vonalak, mint bonyolult rendszernek a kezelése mind tervezési, mind üzemeltetési szempontból: a bonyolult rendszer legyen egyenkeresztmetszetű, mert a túldotálás a méretezésben elviselhetetlen investíciós költség-többletet jelent, a bonyolult rendszer üzemeltetése szempontjából legyen optimális, mert az optimális-tól eltérő üzemeltetési paraméterek a gyártási költséget növelik. Megnö ezért az automatizálás jelentősége, s halaszthatatlanná válik az üzem optimalizáló irányításának megoldása. Mindehhez járul még különböző gyártási vonalak anyag- és energia-áramainak összekapcsolása: ez már a vegyipar kombinátok irányába mutató fejlődésének korszaka és a hierarchia magasabb fokán valósul meg.

A naív rendszertechnikából akkor lett modern rendszertechnika, amikor megszületett — az említett iparok belső szükségleteitől függetlenül és egészen más okok miatt — az elektronikus számítógép, vagyis az az eszköz, amely lehetővé tette a rendszertechnikai feladatok technikai megoldását azzal, hogy mindenféle számítási munka időszükségletét sok-sok nagyságrenddel leszállította. Emellett az elektronikus számítógép maga is rendszer és az elektronikus számítógépteknika kidolgozása során és révén a rendszertechnika is rendkívül gyorsan fejlődött.

Még egy ténytet kell feljegyezni. Nevezetesen azt, hogy a vegyipar, a kőolajipar és az energiatermelő ipar a termelőerők nagyon határozott koncentrációja mellett fejlődött, és szükségképpen fejlődött így. A vegyipar az anyagáramok komplex struktúrája, a kőolajipar vertikális feldolgozó sémája (kőolajkutató, termelés, szállítás, finomítás, termékelosztás), az energiatermelő-ipar az erőművek kooperációja miatt magasabb fokú rendszerekké aggregálódott a diszlokált és korábban független vállalkozásokból.

Úgy látszik, hogy a gazdasági szerveződés formája történeti kategória.

IRODALOM

- [1] Korach M.: Művelet; folyamat, eljárás. Intenzív vegyipari eljárások konferenciája. Kecskemét 1964.
- [2] Benedek P.—László A.: A vegyészmérnöki tudomány alapjai. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1964.
- [3] Földvári I.: Bonyolult műveleti egységek szabadsági foka. Kandidátusi értekezés. Budapest, 1965.
- [4] Pallai I.: Bonyolult műveleti egységek optimalizálása. MTA AKI közlemények. 13. (1967).
- [5] Kafarov V. V.: A kibernetika módszerei a kémiában és a kémiai technológiában. Kémiai Kiadó, Moszkva, 1968. (oroszul).
- [6] Korach M.—Haskó L.: Kémiai technológiai folyamatok gráfelméleti leképezése. Kémiai közlemények 29, 263 (1968).
- [7] Földes P.: Desztilláló kolonnák tervezésének, működésének és optimalizálásának kérdései, különös tekintettel a ráctányéros oszlopokra. Doktori értekezés. Budapest, 1967.
- [8] Szatmári G.—Varga I.—Vértessy Zs.: A termelés-tervezés új módszere a kőolajfeldolgozó iparban. Magyar Kémikusok Lapja 24, 542. (1968).
- [9] Benedek P.: A műszaki színvonal állapothatározói. Magyar Kémikusok Lapja 23, 566 (1967).
- [10] Korach M.: A kémiai technológia egyik fejlődési törvénye és ennek jelentősége a vegyészeti ipartelepek automatizálása szempontjából. MKE 1962. évi Vegyészkonferenciája A—I—1.

РЕЗЮМЕ

Автор рассматривает возможности системотехники в рамках и с точки зрения химической технологии. После определения понятия системы автор пишет о иерархии систем в области химической технологии и обнаруживает пять иерархических степеней. После этого он занимается условиями точного описания систем и указывает на одну возможность кодирования. Он переходит на обсуждение стационарных систем и рассматривает оптимальную технологическую схему. Применяя прием линеаризации он предлагает расчет для определения оптимальной схемы. Переходя на динамические схемы автор обсуждает пример планирования емкостей нефтеперерабатывающего завода. В заключении статьи автор рассматривает историю развития системотехники.

SUMMARY

The author discusses systems engineering within the range and from the point of view of chemical engineering science. Having defined the system he speaks about the hierarchy of systems and within the chemical engineering science identifies five hierarchical grades. Hereupon he deals with the conditions of correct description of the system, and presents a practical possibility of coding. He switches over to the discussion of the steady state systems and treats the optimal network. Using the knack of linearisation he suggests a new procedure to determine the optimal network. Passing over the dynamic systems he analyses as an example the planning of dynamic distribution of products in tank systems of refineries. The closing chapter gives the outlines of the history of systems engineering.