

AUTOMATIZÁLÁS

44

SIMONYI ENDRE

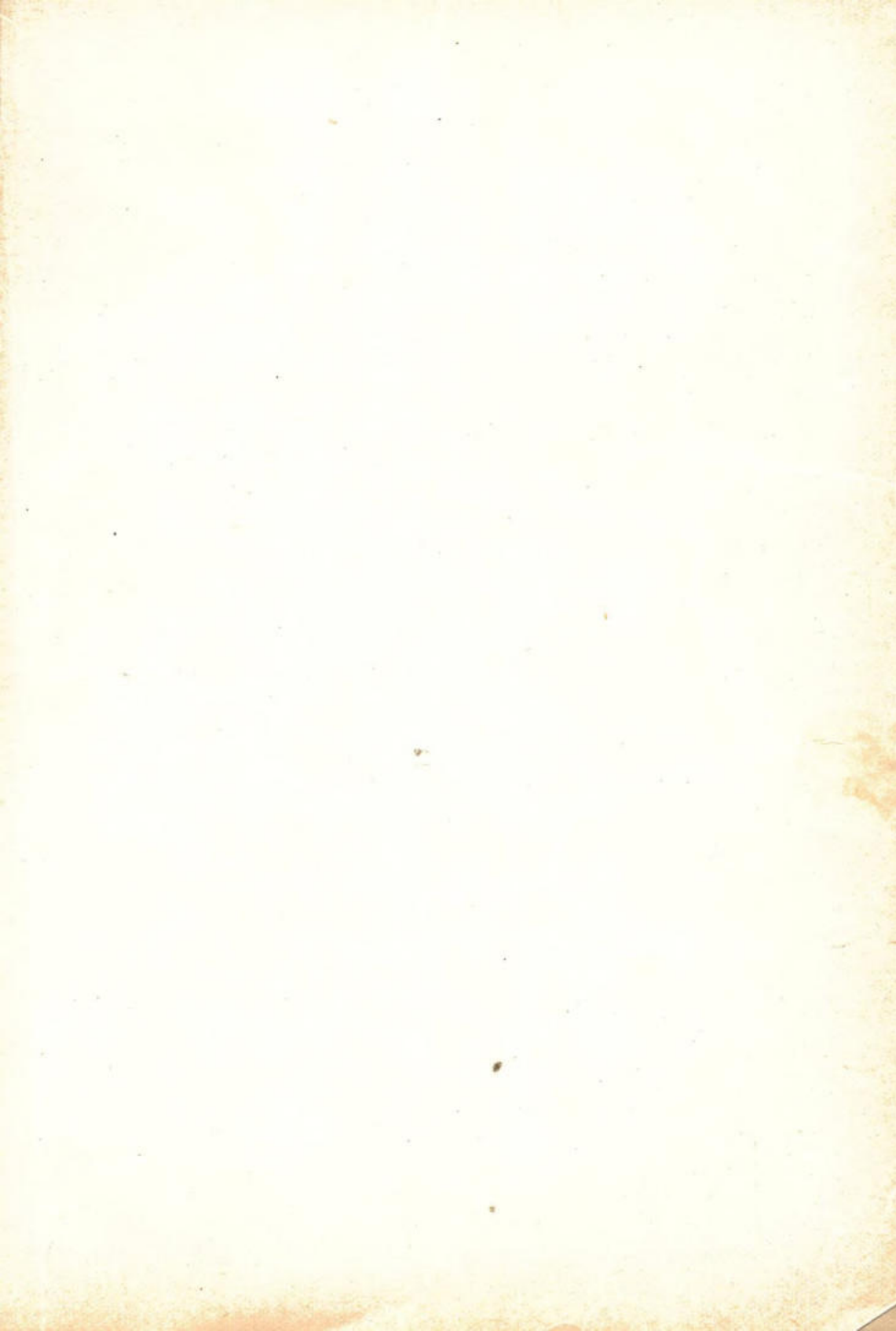
SZÁMÍTÓGÉPEK
IPARI
ALKALMAZÁSAI





1FBO₁ 7133D

SIMONYI ENDRE: SZÁMÍTÓGÉPEK IPARI ALKALMAZÁSAI



AUTOMATIZÁLÁS SOROZAT

44

**SZÁMÍTÓGÉPEK
IPARI
ALKALMAZÁSAI**

SIMONYI ENDRE



**MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ.
BUDAPEST 1967**

A sorozatot szerkeszti:

PENTSY JENŐ

Szakmailag ellenőrizte:

NÉMETH PÁL

okl. villamosmérnök

Copr. Simonyi Endre, 1967

ETO: 681.31:62-5:658.5.011.56(023.32)

Felelős kiadó: Solt Sándor igazgató

Felelős szerkesztő: Ligeti György okl. gépészmérnök

TARTALOMJEGYZÉK

1 Folyamatirányító számítógépek felépítése és alkalmazása	7
1.1 Néhány alapfogalom	7
1.2 Számítógépek hierarchikus rendszere	15
1.3 A folyamat- és üzemi számítógépek	16
1.4 A fejlődés szakaszai	18
2 Számítógépes irányítás a fémkohászatban	19
2.1 Acélművek hengersonának számítógépes irányítása	23
2.11 Integrált rendszer példája	23
2.12 Számítógépek és az ARCH-rendszer alkalmazása	48
2.2 Kemencék irányítása	58
2.21 Martin-kemencék	58
2.22 Nagy foszfortartalmú nyersvas lefűvásának automatizálása	60
2.23 Kis foszfortartalmú nyersvas lefűvásának automatizálása	62
2.24 LDAC-eljárás számítóközpontja	65
3 Számítógépes irányítás a vegyi és rokoniparokban	69
3.1 Általános kérdések	69
3.11 Külföldi fejlődési irányzatok	70
3.12 A vegyipari számítógépes folyamatirányítás néhány alapkérdése	71
3.121 A gyártási folyamat modelljének megszerkesztése	73
3.2 Számítógépek vegyi- és rokonipari alkalmazásának példái	79
3.21 Számítógépek alkalmazása kéntermelő üzemben	79
3.22 Földgázátalakítást szolgáló üzem kísérleti optimalizálása	81
3.23 Kőolajipari automatizálás	82
3.24 Etilénüzem irányítása	85
3.25 Szódagyártás	88
3.26 Pirolízis automatikus optimalizálása csőreaktorban	91
3.27 Papíripari automatizálás	96
4 Folyamatirányító számítógépek az energiatermelésben és elosztásban	101
4.1 Általános kérdések	101
4.2 180 MW-os erőműblokk számítógépes ellenőrzése	105
4.21 Az irányító számítógép feladatai	108

4.3 Széntüzelésű generátorcsoport számítógépes irányítása.	111
4.4 Hőerőművek automatizálása a Geamatic 1020 folyamatvezérlő rendszerrel	114
4.5 Energiatermelési folyamatirányító számítógépek haszna.	118
Függelék	119
1 Számítógépes termelésirányítás szakaszos technológiájú üzemekben	119
2 Példák folyamatirányító számítógépek perifériáinak felépítésére	125
Irodalom	137

1 Folyamatirányító számítógépek felépítése és alkalmazása

1.1 Néhány alapfogalom

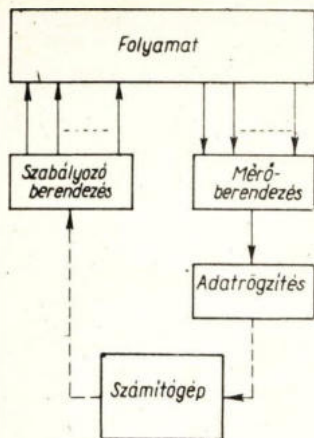
Az elektronikus digitális számítóberendezések a tudományos és műszaki számítások mellett a gazdasági jellegű tömeges adatfeldolgozás, továbbá ügyviteli feldolgozás terén máris komoly helyet foglalnak el, újabban pedig mind nagyobb mértékben kerülnek alkalmazásra ipari folyamatok automatizálásához is. Azok a feladatok, amelyeknek a megoldására ilyen folyamatirányító számítógépeket rendszeresítenek, igen sokrétűek. Egyrészt a gyártással kapcsolatos utasítások kiadására, fölérendelt gyártásvezérlésre és az elkészült áruk darabszámának meghatározására (angol szóhasználattal „production control”), másrészt a különböző folyamatos technológiájú üzemekben az automatizált mérés- és szabályozástechnika segédeszközeként („process control”) szolgálnak. A folyamatirányító számítógépek alkalmazásának tervezése ennek megfelelően minden esetben nemcsak a digitális számítóberendezésekre vonatkozó pontos ismereteket kívánja meg, hanem ezenkívül magának a folyamatnak a pontos ismeretét is.

A következőkben először a folyamatirányító berendezéseket osztályozzuk. Felépítésük rövid áttekintése után a későbbiekben az ipar különböző ágaiból alkalmazási példák leírására kerül sor.

On-line és off-line üzem. Ha folyamatirányító számítógépről beszélünk, akkor többnyire a számítógép a folyamattal összekapcsolva. Ha ez a kapcsolat közvetlen, azaz emberi beavatkozást nem tartalmaz, akkor ún. on-line üzemmódról beszélünk.

Igen gyakran azonban anélkül is felhasználják a digitális számítógépet a folyamattal kapcsolatos feladatok megoldására, hogy a folyamat és a számítógép közötti közvetlen kapcsolat fennállna. Ez esetben a folyamattól független, vagyis — angolszász szóhasználat szerint — off-line üzentről beszélünk. A folyamattól független üzemet az 1. ábrán szemléltetjük. A számítóberendezés számára szükséges információkat a mérőberendezés megfelelő bővítésével lyukszalagok formájában tároljuk. A digitális számítóberendezés emberi közreműködéssel a betáplált lyukszalag adatai alapján hajtja végre vizsgálatait, és az eredményt frögépen létrehozott írás, továbbá lyukszalag vagy lyukkártya formájában adja ki. Ezután a szokásos vezérlő- és szabályozóberendezéseken kézzel hajtják végre a számítóberendezés utasításainak megfelelő beavatkozást.

Ennél a folyamattól független (tehát off-line) üzennél a számítóberendezésnek nem kell közvetlenül az ipari üzemből állnia. Erre a célra gyakran üzembe helyezhető olyan számítógép is, amely adminisztrációs célokat is szolgál,



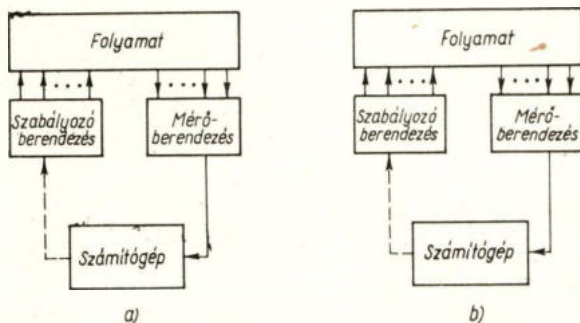
1. ábra. Folyamattól független (off-line) üzemi számítógépre jellemző információáramlás

ciókat. Ennek az üzemmódnak az 1. ábrán felvázolttal szemben az az előnye, hogy az adatfeldolgozás a folyamat lefolyásával összehangoltan, egyidejűleg megy végbe. Így a számítóberendezés egy optimalizálási feladaton kívül a normál üzemre és üzemzavarokra, vagy akár indítási és leállítási folyamatokra vonatkozó jegyzőkönyvek felvételére is képes. Ezenkívül ki tud számítani a folyamatra vonatkozó olyan jelzőszámokat, amelyek közvetlen méréssel nem szerezhetők meg, s amelyek ismeretében az üzemi személyzet gazdaságosabb üzemmódot tud biztosítani.

A 2b ábra szintén egy folyamattal kapcsolatos digitális számítóberendezést ábrázol. Ennél azonban a jelösszeköttetés nem a bemeneti oldalon van, hanem

amelynek tehát teljesen az üzem technológiai irányításától eltérő, például kereskedelmi problémákat is meg kell oldania. Példaként említjük meg az olyan számítóberendezést, amellyel egy villamosenergia-előadó vállalat a rendelkezésére álló erőműcsoportok optimális igénybevételét előre meg tudja határozni. Ez a számítógépes vizsgálat mindig az előző napon megy végbe. Ennél az eljárásnál a napi terhelési görbe valószínű lefolyásából indulnak ki, és ezenkívül felhasználják a hatásfokgörbéket és egyéb olyan jelleggörbéket is, amelyek az egyes erőműcsoportokra vonatkozólag ismeretesek.

A 2. ábrán két különböző kapcsolás látható, amelyeknél a digitális számítóberendezés közvetlen összeköttetésben áll a folyamattal. A 2a ábra esetében a számítóberendezés közvetlen kapcsolatban állva veszi át a mérőberendezésből a feldolgozandó informá-



2. ábra. Folyamattal kapcsolt számítógép nyitott hatáslánccal (on-line, open loop) a mért érték meghatározása, mért érték feldolgozása és a jellemzők kiszámítása; b vezérlő folyamatirányító számítógép

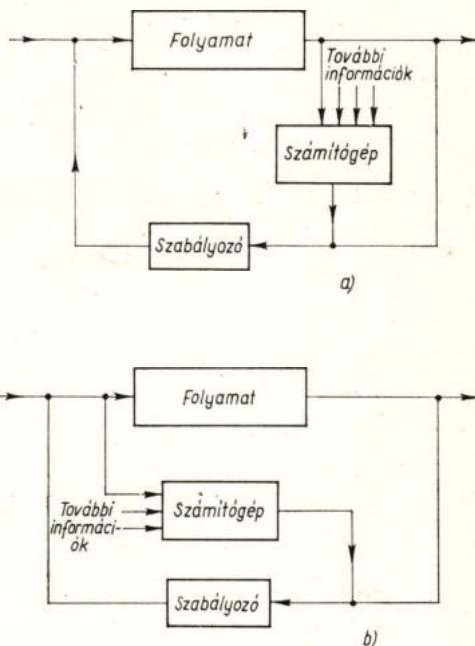
a jelek a számítóberendezés kimenetéről a vezérlő- és szabályozóberendezésre jutnak. Előfordulhat, hogy a folyamatban egyáltalán nem kerülnek (bármilyen) mérőműszertől származó jelek felhasználásra. Így például elképzelhető, hogy a számítóberendezésnek csak az a feladata, hogy egy üzemi lyukszalag formájában meglévő munkaterve alapján számos, szabályozásra szolgáló alapjelet nyújtson. Ezzel az esettel a számítóberendezésnek hengerműben való alkalmazásával kapcsolatban még foglalkozunk.

Nyitott és zárt hatáslánc. A 2. ábrán folyamattal kapcsolatos üzembről (on-line) van szó ugyan, a számítóberendezésen keresztül menő információkör azonban nincs villamos jelvezetékek útján zárva. Ezért „nyitott hatásláncú” (open-loop) üzemmódról beszélünk.

Ha egy folyamatirányító számítóberendezést ún. *kvázi-folyamatos* optimalizálásra akarunk felhasználni, akkor a hatásláncot zárni kell. A számítóberendezésnek egyrészt az információkat a folyamattal egyidejűleg kell megkapnia — tehát közvetlenül a mérőberendezésre kell csatlakoztatva lennie —, másrészt pedig a kapott felismeréseket a lehető leggyorsabban vezérlési utasításokká kell átalakítani (pl. a szokásos szabályozók alapjeleit megváltoztatja). A 3a és 3b ábra egy ilyen folyamattal kapcsolatos, zárt információ körfolyamú üzemet (on-line, closed-loop) mutat be.

A 3a ábra az ún. hátrafelé optimalizálás példája. A számítóberendezés arra használja fel a folyamat kimenő jeleit, hogy a bemenő jelek számára szolgáló szabályozókat úgy irányítsa, hogy a legkedvezőbb üzemállapot legyen elérhető. A feladat: a termék a lehető leggazdaságosabban, kis nyersanyagárfordítással vagy csekély energiafelhasználással kerüljön előállításra, vagy pedig a termék minősége egyenletesebbé válik.

A hátrafelé optimalizálás (feed-back optimising) nevét onnan kapta, hogy a számítóberendezésen keresztül a folyamat kimenetéről a bemenetre visszavezetés történik. A számítóberendezés elméletileg egy meghatározott *stratégia* szerint történő próbálkozás útján érheti el az optimumot. A gyakorlati nehéz-



3. ábra. Folyamattal kapcsolt számítógép zárt hatáslánccal (on-line, closed loop) a) hátra optimalizálás; b) előre optimalizálás

ség abban áll, hogy a folyamat végbemenetele közben zavarok is befolyásolhatják a folyamatot. A legtöbb esetben ugyanis a számítóberendezés nem tudja megállapítani, hogy a változást ilyenfajta zavar vagy a saját beavatkozása hozta-e létre. Ezért a 3a ábra szerinti hátrafelé optimalizálásnak nem túl nagy a gyakorlati jelentősége.

Lényegesen fontosabb a 3b ábra szerinti előre optimalizálás. Ebben az esetben a számítóberendezésnek már a folyamat bemenetén fellépő változásokból fel kell ismernie a kiindulási termék ebből adódó eltérését, és azt idejében helyesbíteni kell, hogy az optimumtól lehetőleg semmiféle említésre méltó eltérés ne legyen megállapítható. Amennyiben a számítóberendezésnek ezt a feladatot kell megoldania, akkor a folyamattal kapcsolatos összefüggéseket számára „be kell programozni”. A folyamat ezen „matematikai modelljének” a felállítása jelenti egy folyamatirányító számítóberendezés automatikus optimalizálás céljából történő felhasználásánál a legnagyobb problémát. Legtöbbször kezdetben nincsenek a vezérlendő folyamatra vonatkozó kellően pontos ismeretek. Az ilyen folyamatirányító berendezés alkalmazása ezért először a 2a ábra szerinti nyitott hatáslánc-üzemmódban végzett tanulmányozással kezdődik. Ebből kiindulva azután lépésenként lehet eljutni a végleges kapcsoláshoz.

Az eddigiekben ismertetett alkalmazási eseteknél előfeltétel volt, hogy a hagyományos analóg szabályozástechnika megmarad, vagy a mérő- és szabályozó berendezés éppen a bonyolult feladat következtében bővül. A 3a és a 3b ábra szerinti kapcsolások előnye, hogy a folyamat végbemenetele a számítóberendezés kiesése vagy karbantartása esetén nem szenved lényegesebb mértékű zavart. Ilyenkor ugyanis még mindig tovább lehet dolgozni a hagyományos eszközökkel, mint ahogyan addig számítóberendezés nélkül volt szokásos.

Real-time adatfeldolgozás. Az „on-line” rendszerekhez eleve szükséges, hogy a számítógéphez továbbított sürgős információt a gép a lehető legrövidebb időn belül feldolgozza, hogy így az eredmény időbeli késedelem nélkül, a helyes pillanatban rendelkezésre álljon (ezt nevezik real-time = időhelyes vagy késleltetés nélküli feldolgozásnak). Lehetséges, hogy ehhez a lépéshez egy éppen folyamatban levő programot rövid időre félbe kell szakítani. A mai számítógépek rendkívül nagy műveleti sebessége lehetővé teszi, hogy különböző rangsorolását, prioritását, elsőbbségi jogú programok egész hierarchiáját gyakorlatilag — a felhasználó személy vagy gép szempontjából — egyidejűleg bonyolítsák le, és az adatkiadás sorrendjét csupán az előre meghatározott — hierarchikus — sorrend állapítsa meg.

Hangsúlyoznunk kell, hogy a mai műveleti sebesség mellett ez nem korlátozás. Hiszen ha a számítógép műveleti ideje nanoszekundum (vagyis milliárdod másodperc) nagyságrendű, akkor nem annyira az a probléma, hogy nem kapjuk-e „későn” az eredményeket, hanem sokkal inkább kérdéses, hogy vajon gazdaságosan ki tudjuk-e használni a rendkívül nagy teljesítményű és éppen ezért tulajdonképpen igen költséges berendezést is. Nagyon kevés olyan esetet lehet mondani (különleges tudományos vizsgálatoktól és talán az űrkutatási kísérletektől eltekintve), amikor az eredményt valóban századmásodpercen vagy ezredmásodpercen belül meg kellene kapnunk.

A valóságban a reális termelési objektumok elkerülhetetlen tehetetlensége folytán (az időállandók néhány másodperctől néhány óráig terjedhetnek) nincs szükség ekkora sebességre, és így a különféle számítási műveletek e programozó egységek irányítása alatt egymással összefonódhatnak. Ezt a számítási módszert, vagyis a számítóberendezés idejének ésszerű elosztását nevezzük időosztó (time-sharing) módszernek. Az ilyen időosztó program-sorozat meglehetősen bonyolult végigvezérlése az ún. működtető rendszerek (operating system) feladata — ezeket a rendszereket főleg az utóbbi években igyekeznek a lehető legteljesebben kifejleszteni. Ezekhez a rendszerekhez egyébként megfelelő utasításokat, részprogramokat és teljes programokat tartalmazó programkönyvtárak állnak rendelkezésre — kb. mindaz, amit magyar nyelvre szinte lefordíthatatlan „software” néven szokás összefoglalni. A software magába rejti mindazon szellemi termékeket, segédeszközöket, melyek a számítógépek működésének éppen olyan elmaradhatatlan tartozékai, mint maga a gép elektronikus kapcsolása.

Közvetlen digitális szabályozás. A digitális számítóberendezés vezérlőműve egymás után dolgoz fel minden szükséges szervezési és számolási műveletet. Minthogy a korszerű berendezések számolási sebessége igen nagy, elkerülhetetlen az az elképzelés, hogy a számítóberendezésre ráruházhatjuk a hagyományos analóg szabályozók minden feladatát. Ezzel a számítóberendezés számos szabályozott szakasz számára szolgáló digitális szabályozóvá válik. Ezt a „közvetlen digitális szabályozást” (direct digital control, DDC) legújabbban vegyi folyamatoknál és finomítóknál alkalmazzák.

A számítóberendezés a mérőjeleket — pontosan ugyanúgy, mint a 2. és 3. ábra szerinti kapcsolásoknál — ciklikusan lekérdezi, minden esetre azonban lényegesen nagyobb lekérdezési sebességgel. Ezután az egyes szabályozott szakaszok időbeli viselkedésének megfelelően kiszámítja a beavatkozó szervek dinamikailag legkedvezőbb átállítását, és a beavatkozó szerveket ennek megfelelően vezérli.

Ehhez a teljes berendezésnek úgy kell felépítve lennie, hogy a számítóberendezés kiesése esetén minden beavatkozó szerv megtartsa pillanatnyi helyzetét, és hogy a létesítmény azután minden nehézség nélkül kézzel távvezérelhető, irányítható legyen. Olyan folyamatoknál, amelyeknél a reakció s a fellépő zavarások nem túl gyorsan mennek végbe, a közvetlen digitális szabályozásnak akkor vannak esélyei, ha elég nagy a számítóberendezés üzembiztonsága. A DDC-számítógépektől megkövetelik ma már, hogy 99,95%-ban üzembiztonságosak legyenek, azaz a berendezés tartós üzeme esetén évenként csak néhány órát akarnak karbantartási és kiesési időként megengedni. Ez a követelmény a jövőben elérhető lesz. A közvetlen digitális vezérlés (DDC) alkalmazása azonban mindig olyan folyamatokra fog korlátozódni, amelyek lassan és tökéletes egyenletességgel mennek végbe, és amelyeknél nem lépnek fel nagy zavaró hatások. Ezek az előfeltételek minden esetre a kőolajfeldolgozáson kívül — úgy tűnik — alig vannak biztosítva.

Megbízhatóság. Az előbb említett adatok egy olyan problémakört érintenek, melyre fejtegetéseink folytatása előtt feltétlenül ki kell térnünk. Ez a folyamatirányító számítógépek megbízhatósága.

A digitális vezérléshez felhasznált számítógépekkel szemben támasztott szinte szélsőségesen nagy megbízhatósági követelmények nem véletlenül játszanak olyan fontos szerepet. A számítógép kiesése gyakorlatilag a rendszer minden szabályozó körének kiesését jelenti, ebből következően a teljes folyamatszabályozást kézzel kell végezni. Azok a gazdasági károk, amelyeket egy ilyen hosszabb időtartamú, provizórikus szabályozás eredményez, többszörösen is ellensúlyozhatják azokat az előnyöket, amelyeket a digitális szabályozás bevezetésétől egyáltalán várni lehet.

Az alábbiakban felsorolunk néhány módszert, melyekkel a szélsőségesen nagy megbízhatósági követelményeket a tervezők kielégíteni szándékoznak:

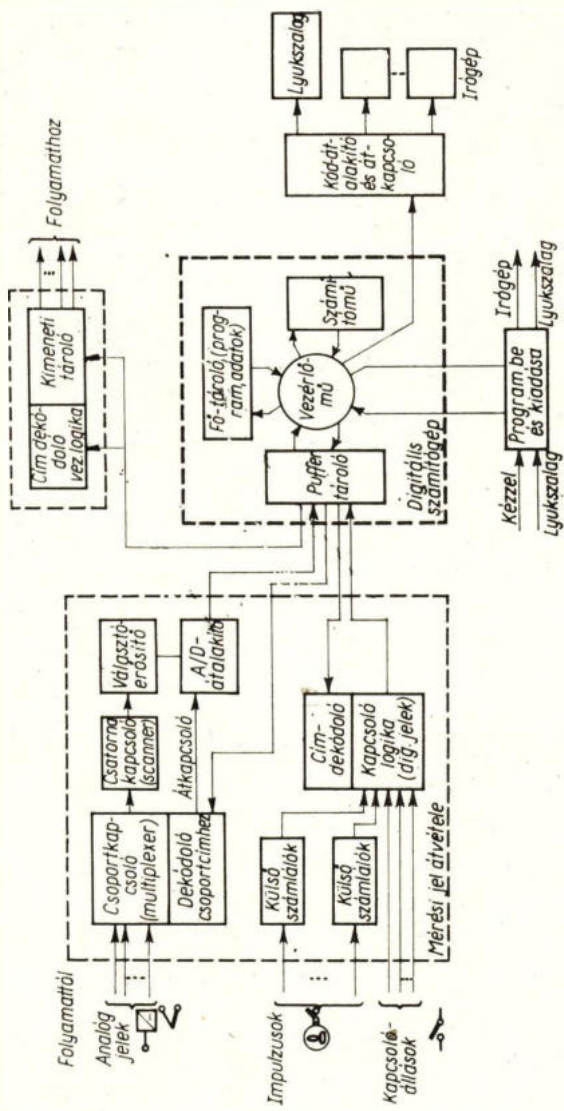
1. A folyamatirányító számítógépet kisszámú, nagy megbízhatóságú elem-ből kell felépíteni.
2. A számítógépet üzemeltetés alatt lehessen karbantartani.
3. A berendezés hiba esetén automatikusan kapcsolódjék át kézi üzemeltetésre, lehetőleg a legutoljára kiszámított mértékek megtartásával.
4. Álljon rendelkezésre egy gondosan összeállított hibamegállapítási katalógus, melynek segítségével a fellépő hibák gyorsan behatárolhatók.

Általános felépítés. Vizsgáljuk meg ezek után közelebbről egy folyamatirányító számítógép felépítését. A berendezés tárolt programú digitális számítógépből, és számos, a mérési érték átvételére, valamint jelek kiadására szolgáló egységből áll. A 4. ábra nyújt áttekintést erről a felépítésről. Az ábra közepén (vastag szaggatott vonallal keretelve) látható a digitális számítógép. Lényeges részei a vezérlőmű, a számológymű és a tároló. A tároló több részből állhat. Így a belső főtárolón és egy, a rugalmasabb be- és kírás biztosító puffertárolón kívül külső tároló, például mágnes tárcsa vagy mágnesszalag is csatlakoztatható.

A számítógép üzemmódját a program határozza meg. A program tartalmazza azokat az egyes lépéseket, amelyeket a vezérlőműnek sorban egymás után a szervezési és számolási folyamatokhoz el kell végeznie. A program felállításához kiindulási alapként egy folyamatábrát dolgoznak ki, amelyet a programozó lefordít a gépkódra.

A számítógép tudományos, de kereskedelmi alkalmazásának céljára is ún. „kompiler”-ek állnak a programozó rendelkezésére. Ezek fordítási programok, amelyeknek a segítségével a számítógép meghatározott, egyszerű szabályok szerint a felírt problémákat saját maga fordítja le gépi nyelvre. Az ilyen kompilerre példaként megemlítjük a matematikai tudományos feladatok céljára szolgáló FORTRAN-rendszert.

A folyamatszámító berendezésnél többnyire nem lehet a teljes problémát egy ilyen kompiler segítségével programozni, mert így a számítóberendezés tárolási kapacitása nem lenne kellő mértékben kihasználva. A programozás ehelyett inkább többnyire gépkódban történik. Miután a programozó ezt a gép-programot jegyzékek formájában felállította, lyukszalagokra viszi át és a bemeneti egységeken keresztül (lásd a 4. ábrát) adja be a számítógépbe.



4. ábra. Folyamatirányító számítógép vázlatos felépítése

A 4. ábra bal oldalán mutatjuk be a mérési érték átvételére szolgáló egységeket. Itt kerül sor az analóg jelek — azaz olyan jelek, amelyek villamos áramként vagy villamos feszültségként a mért értékkel analóg módon (folyamatosan) változnak —, valamint impulzusok és kapcsolóállások átvételére. Általában a csatlakoztatott mérőcsatornák a számítógép felől egyenként vagy csoportosan címezhetők. A számítási program tehát lerögzíti, hogy mikor történjék a mért értékek átvétele.

A számítógép ehhez pl. bináris számjegyek kombinációját adja be címként egy dekódolóba, amely azután a megfelelő csatornát vagy a csatornacsoport kapcsolja. Analóg bemenő jeleket először digitális jelekké kell átalakítani. Az analóg-digitális átalakító előtt a legtöbb esetben erősítésre van szükség, részben mert gyakran igen gyenge jeleket, például hőelemektől származó feszültségeket kell átvenni, részben pedig azért is, hogy a számítógép fémesen külön legyen választva a mérőberendezéstől.

A 4. ábrán az analóg csatornához berajzoltunk egy csatornkapcsolót. Ez egy kiválasztott csoport csatornáit meghatározott üzemben egymás után kapcsolja az erősítőre. Ezenkívül van egy mérési tartományátkapcsoló is, úgyhogy a számítógép a címmel azt is meg tudja határozni, hogy a digitális átalakítás az analóg-digitális átalakító melyik mérési tartományával történjék. A kapcsolóállások átvétele egyszerűbb, mint az analóg értékeké. Ebben az esetben csupán egy meghatározott feszültség elektronikus „végigkapcsolásáról” van szó.

Impulzusok (például villamos számlálókészülékektől érkező impulzusok) számlálásához néhány számítógéptípusnál belső számlálókat lehet a számítóberendezésben meglévő logikai kapcsolás segítségével felépíteni. Célszerűbb a 4. ábrán jelölt külső számlálókat alkalmazni. Ezek ugyan mint elektronikus építőkövek a mért érték átvételére szolgáló szekrénybe vannak beépítve, de a számítógéptől függetlenül működnek, tehát a számítógép kiesése vagy a karbantartási idő alatt is dolgoznak. A külső számlálókat a program időnként lekérdezi, pontosan ugyanúgy, mint ahogyan ez a kapcsolóállásoknál történik.

A folyamatirányító számítógépnek legtöbb esetben terjedelmes üzemi jegyzőkönyvet kell írnia. Erre több nagykoecsis írógép vagy sornymató készülék van. Általában ezeket a készülékeket a programbeadástól és -kiadástól függetlenül építik fel. Ha kis folyamatszámító berendezéseknél az írógép kb. 10 jel/s sebessége nem elég, akkor lyukszalaglyukasztót csatlakoztatnak, amelynek sebessége az előbbi többszöröse lehet. Az így kapott lyukszalagot azután a szükséges perifériák normál írássá alakíthatják át. E célból ezt az egységet különválasztják a számítóberendezéstől.

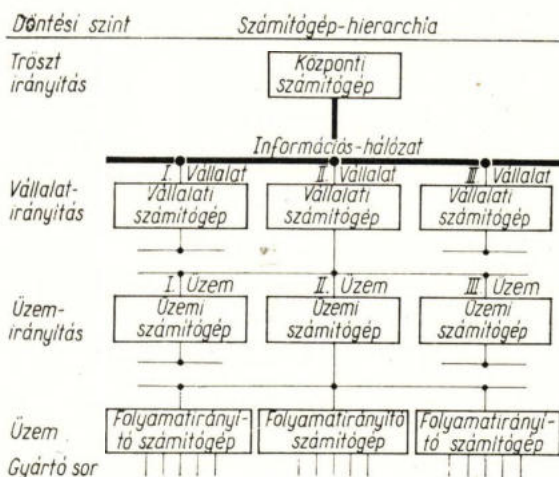
A 4. ábrán felül analóg és digitális jeleknek a folyamat felé történő kiadására szolgáló egységek láthatók. A számítógép ezekbe az egységekbe pl. egy szót ad be, azaz bináris számjegyek olyan kombinációját, amelyeknek egy része a kiadási jelet, másik része pedig a címet (a kívánt csatorna jelzőszámát) tartalmazza.

Minden egyes csatornának van egy tárolója a kiadandó jel számára, például kétállapotú relék formájában. Egy ilyen relével a folyamat bármely gépeso-

portját közvetlenül be vagy ki lehet kapcsolni. Több relét azonban össze is lehet kötni egy ellenálláshálózaton keresztül úgy, hogy erről a hálózatról egy kapcsolt analóg jelet lehet levenni. Ez például egy szokásos szabályozó számára alapjelként szolgálhat. Néhány folyamatszámító berendezés típusnál még másfajta kimeneti csatorna is van, mégpedig a szervomotorok vagy motorhajtású alapjelképző szervek közvetlen vezérlésére. Ebben az esetben a számítógép a csatorna címén és a „jobbrafutás” vagy „balrafutás” jelen kívül a kívánt beavatkozási időt is megadja, amelynek a betartása az után automatikusan történik.

1.2 Számítógépek hierarchikus rendszere

Az ipari folyamatok összetett automatizálásában célszerűnek mutatkozott a hierarchikus felépítés megvalósítása. Ez egyes esetekben külsőleg is jelentkezett, mintegy a készülékek elrendezéseként vagy programozási elvként. A hierarchikus felépítést az 5. ábra szemlélteti.



5. ábra. Számítógépek hierarchikus rendszere

Az alárendelt rendszerek csoportja a hierarchia legalsó fokozata. Tartalmazza a folyamattal közvetlenül összekötött szabályozókat és vezérlőberendezéseket. Ezeket manapság leginkább hagyományos technikai módszerekkel valósítják meg a különálló vezérlőegységek, tulajdonképpen relékapcsolások vagy ezeknek megfelelő érintkezőmentes áramkörök. A modern változatban ez a közvetlen digitális szabályozás területe.

A *folyamatirányító számítógép* a hierarchia következő fokozata. Összefog minden, a folyamathoz tartozó alárendelt rendszert.

Az *üzemi számítógép* ellenőrzi a folyamatirányító számítógépeket és a teljes üzem különálló alárendelt rendszereit. Az erősen összevont üzemi adatokból és a tapasztalatokból meghatározza az egész üzem vezetéséhez szükséges utasításokat. Úgy irányítja az üzemet, hogy a gyártás folyamatos, tervszerű legyen. Az üzemi számítógép az összekötő kapocs a gyártás és az irányítószervek között.

A *terv-számítógép* vagy *vállalati számítógép* a hierarchia legmagasabb fokán ellenőrzi mindent, ami az üzemben történik, és mint fölrendelt rendszer több üzemi számítógépet fog össze. Funkciói inkább adminisztratív, mint műszaki jellegűek. Gyártási programmá fogja össze például a megrendeléseket, valamint a munkaelőkészítés és a raktározás problémáit. Utasításokat küld az üzembe és a raktárakba. Utókalkulál és statisztikai adatokat gyűjt az üzemvezetés új módszereinek kidolgozásához. A lezárt termelési folyamatokról minőségi jelentéseket kap.

Egy esetleges további fokozatként *központi számítógép* alkalmazása is számításba jöhet.

1.3 A folyamat- és üzemi számítógépek

E kötetben a folyamat- és üzemi számítógépek gyakorlati alkalmazását kívánjuk bemutatni. Mindenekelőtt azokra a jellemvonásokra utalunk, amelyekben lényegesen eltérnek a legtöbb kereskedelmi (adatfeldolgozó) számítóberendezésektől.

- a) Az adatgyűjtés, az adatfeldolgozás és az adatok beadása időbelileg a gyártás során végrehajtandó műveletekhez csatlakozik.
- b) A számítóberendezések programozásakor tehát figyelembe kell vennünk a gyártás közben végrehajtott, egymást átfedő vagy párhuzamos műveleteket. A folyamat teljes végrehajtását időhű irányítási program vezérli és ellenőrzi.
- c) A folyamat és a számítóberendezések közötti összeköttetést számos külső készülék biztosítja. A csatlakoztatott üzemszervek és a számítóközpont között pl. géptávírók, lyukszalagos készülékek, billentyűzetek, fényjelző készülékek, analóg és digitális mérőműszerek, helyzetadók, vezérlőérintkezők, szabályozók és beavatkozó szervek továbbítják az adatokat. Ezeket a készülékeket a számítóberendezéssel forgalmelosztó köti össze, amely részben kiválasztja a rácsatlakoztatott számos munkahelyhez tartozó analóg és digitális be- és kimeneti csatornát, részben végrehajtja a kódolást, a pufferozást, a jelátalakítást (analóg-digitális, párhuzamos-soros), végül különválasztja az üzem és a számítóközpont feszültségét.
- d) Az összes felszerelt műszernek és berendezésnek elmozdíthatónak, cserélhetőnek kell lennie.

A rendszerek folyamat felőli oldala hasonló felépítésű ugyan, de a folyamat- és üzemi számítógérendszerek műszerezése eltérő, hiszen különböző feladatokat kell végrehajtaniuk.

Meg kell említenünk, hogy sok gyártási folyamat — a technológiai és mérés-technikai előfeltételek hiánya miatt — ma még nem ábrázolható és dolgozható fel matematikai modell formájában. Lehetőségünk van azonban arra, hogy több végleges gyártási programot tároljunk, és — esetleg billentyűzettel — az esetenként szükségessé váló programot ismételtlen végrehajtsuk. Bonyolult gyártási folyamatok esetén ajánlatos ilyenkor is digitális számítógéberendezést alkalmazni, amely megfelelő programozás alapján egyelőre csak az egyes műveletek végrehajtását vezérli, a folyamatmodell kifejlesztése után azonban valódi folyamatszámító rendszerre építhető ki.

Az ún. *integrált automatizálási rendszerben* az üzemi és a folyamatirányító berendezések szorosan együttműködnek. Az üzemi számítógéberendezésről a hozzá tartozó üzemi részben több folyamatirányító számítógéberendezést, programvezérlő automatát lehet működtetni. Ebben az esetben az üzemi számítógéberendezés végzi a gyártás tervezését, irányítását és az adatok kiértékelését egy nagyobb üzemi rész számára, az anyagáramlás ellenőrzése alapján pedig különféle gyártási műveletek közvetlen vezérlésére utasítja a hozzá tartozó egyes folyamatirányító berendezéseket. A két számítógérendszer egymással közvetlen elektronikus kapcsolatban áll. A folyamatirányító számítógéberendezések időben megkapják a szükséges adatokat a vezérlendő folyamatok programjainak összeállításához, és a munkadarabok készremunkálása után — későbbi kereskedelmi, üzemgazdasági vagy műszaki értékelés céljára — azonnal visszajelentik a tényleges adatokat az üzemi számítógéberendezésnek. A teljes adatfeldolgozó rendszer így gyorsan tud alkalmazkodni új, (pl. üzemszavar, tervtől való eltérés, anyagkiesés következtében fellépő) viszonyokhoz.

A leírt feladatok megoldásához olyan készülékek és berendezések szükségesek, amelyek meghaladják a szokásos elektronikus adatfeldolgozó berendezések lehetőségeit. Az üzemi vagy folyamatirányító rendszerek felépítésében ezért elsősorban nem a számítógéberendezés mint különálló készülék a döntő, hanem a teljes rendszer mint szervezett, ésszerűen együttműködő egység. Ebből a szempontból lényeges a programozás, tehát a kitűzött feladatok átírása a számítógéberendezés nyelvére.

Az üzemi és folyamatszámító rendszerek alkalmazásának az üzem jellegétől függően számos különféle eredménye lehet: a kezelőszemélyzet tehermentesítése a rutinmunkáktól, a személyzeti létszám csökkentése, nagyobb rugalmasság a program kialakításában és gyártás közbeni végrehajtásában, az üzem egyenletes leterhelése, a gyártmányok egyenletes és jobb minősége, nagyobb termelékenység, kedvezőbb nyersanyag- és félgyártmány-felhasználás stb. A perifériális adatközlő készülékek által kinyomtatott statisztikák és jelentések alapján az üzemvezetőség bármikor gyorsan és objektíven tájékozódhat az üzem mindenkori állapotáról, és így gyors, jól megalapozott döntéseket hozhat.

Az üzemi számítógérendszer a folyamat külső készülékein túl olyan készülékeket is igényel, amelyeket a kereskedelmi adatfeldolgozásból ismerünk, pl.

lyukkártyakészülékek, gyorsnyomtatók, nagy teljesítményű adattárolók (mágnesszalagos, mágnesdobos és mágnes tárcsás memóriák).

A folyamatirányító számítóberendezéseknek közvetlenül, teljesen automatikusan kell vezérelniük a gyártási folyamatot. Például a számítóberendezésbe egy készhengersor tökéletes matematikai modelljét kell beprogramozni. Mielőtt az előhengerelt szalag befutna a készhengersorba, a szalag méreteit, jellemzőit és a kívánt kész adatokat kézi beadással (billentyűzet) vagy lyukszalaggal jelentik a folyamatszámító berendezésnek. A gép ezután elvégzi a szükséges műveleteket.

1.4 A fejlődés szakaszai

A folyamatirányító számítógépek bevezetési szakasza (mely kb. egy évtizede kezdődött) néhány évig tartott, és most — a számítógéppel vezérelt ipari berendezések tapasztalatainak birtokában — ez a fázis lezártnak tekinthető. Az említett kezdeti időszakban számos nehézséget kellett leküzdeni. A számítógépek drágák, működésük viszonylag lassú és megbízhatatlan volt. A kapcsoló- és erősítőelemekként alkalmazott elektroncsövekről napjainkban már áttérhettünk a gyakorlatilag korlátlan élettartamú félvezetők használatára. Az első kísérletek során még arra kényszerültek a szakemberek, hogy a modern technikai megoldásokat a meglévő műszaki eszközökkel „összeötvözzék”. Ilyen eljárással természetesen nem jöhetett létre optimális megoldás. Az üzemszerűleg megkövetelt hibakorrekció, a különleges esetek, valamint a szükséges biztonsági programok kezdetben nem voltak mindjárt helyesen becsülhetők. Hiányzott a programozási tapasztalat az időhű rendszerekkel kapcsolatban is. Az új programozási gyakorlatot először meg kellett szerezni.

A most megvalósuló második fázisban a tapasztalatok alapján a folyamatirányító számítógépek alkalmazói már gazdaságos szabványrendszerekhez juthatnak. A kidolgozott programozási rendszerek alkalmazása pedig megteremt a harmadik fázis alapját. Ez a fázis a számítógépes folyamatvezérlő rendszerek széles körű és sorozatszerű használata lesz. A fejlődés egyik gazdasági előfeltétele máris adott: a „harmadik generáció” számítógépmo­delljei azzal biztatnak, hogy az üzemi folyamatok irányításával együttjáró adatfeldolgozás a jövőben lényegesen olcsóbb és eredményesebb lesz.

2 Számítógépes irányítás a fémkohászatban

A fémkohászat (elsősorban vas- és acélgyártás), valamint a nyers termékből származó további gyártmányok (pl. lemezek, idományagok) előállítására már a számítógépes irányítások kezdeti időszakában is fontos kutatási és alkalmazási terület volt. A következőkben a számítógépeknek a fémkohászat és félkésztermék-gyártás területén való alkalmazásáról mutatunk be példákat.

Igen jó áttekintést nyújtott a folyamatirányító számítóberendezések térhódításáról a kohászatban az 1965-ben Amszterdamban és Düsseldorfban megtartott nemzetközi kohászati konferencia. Amszterdamban elsősorban az agglomeráló eljárásnak, a nagyolvasztónak és egy oxigénbefúvós acélolvasztó kemencének az automatizálásáról számoltak be. Düsseldorfban viszont (többek között) a hengersorok automatizálásáról volt szó.

Az agglomerálási eljárás keretében a jó ércelőkészítés egyenletesebbé és teljesítőképesebbé teszi a nagyolvasztó üzemét. Ezért a törekvés arra irányul, hogy mind a nyersanyag feladását, mind pedig a nyersanyag nedvességét, továbbá a szalagsebességet és a rétegvastagságot a zsugorítási eljárásnál automatikusan vezéreljék. Ennek feltétele a nyersanyag automatikus elemzése és a nedvesség mérése. Ezeket a mérési feladatokat a hagyományos technikai eszközökkel már nem lehet kielégítő módon megoldani. Vannak azonban jelei a használható megoldásokra vonatkozó próbálkozásoknak. A legközelebbi évek folyamán a folyamatszámító berendezésnek az agglomeráló szalagnál való alkalmazásával kapcsolatos problémát még a mérési adatok gyűjtése, tehát a kérdés mérés-technikai oldala fogja jelenteni.

A nagyolvasztó üzemnek az alsószél áramlása, hőmérséklete és nedvességtartalma automatikus szabályozásával végrehajtott optimalizálása céljából előfeltételként egy matematikai modellt kell felállítani. Ezen Európában jelenleg már több helyen dolgoznak. A vizsgálatok a kohósítás folyamán végbe menő jelenségek tökéletes ismeretét követelik meg.

A folyamatirányító számítóberendezések alkalmazása oxigénbefúvós acélolvasztókban azt a célt szolgálja, hogy az eddigi üzemnódhoz viszonyítva az előállított acél összetétele és a hőmérséklet tekintetében is lényegesen nagyobb legyen a biztonság. A számítógépnek ehhez igen sok információt kell átvennie, többek között a nyersvas összetételét, az oxigénáramlást, valamint az egyes adalékanyagok mérlegeitől származó jeleket. A számítógép azután a maga részéről vezérli az adalékanyagok hozzáadását és az oxigénáramlást. Természetesen a számítóberendezés ezenkívül áttekinthető adag-jegyzőkönyv írására is képes. Az USA-ban, Japánban és néhány fejlett európai

országban eddig üzembe helyezett berendezések azt mutatják, hogy a kitűzött célok elérhetők.

Ami a félkészáru-gyártást illeti, digitális számítógép egy hengerében elsősorban kedvezőbb megrendelés-elosztást tesz lehetővé, azaz olyan hengerlési programot, amely kevesebb átállítási időt követel, és így a berendezés jobb kihasználásához vezet. A „rendeléselosztó számítógép” úgy rendezi az ügyfelektől beérkezett rendelések meglévő tételeit, hogy ne történhessen meg az, hogy nagy és kis méretek összefüggésbe kerüljenek hengerlésre; az ilyen számítógép előnye tehát úgy jelentkezik, hogy az átállítás egyszerűbb és ritkábban válik szükségessé. Ez az off-line módon működő számítógép lyukszalagok és lyukkártyák alakjában műszakterveket állít fel. A folyamattal kapcsolatban levő számítóberendezések azután ezeket az információhordozókat a folyamat vezérlésére használják fel, például a hengerlési sebesség automatikus beállítására stb.

A számítógépek által nyújtott gazdasági előnyöket hasznosító kohászati berendezések kialakításakor, ill. a számítógépek üzembe állításakor a következő tényezőkkel számolnak:

1. a termék átfutási értéke elég magas ahhoz, hogy indokolja a számítóberendezés beruházásával járó többletköltséget;
2. az előállított termék minősége döntő hatással van az ezt követő folyamatok hatásosságára;
3. a folyamat döntő módon meghatározza a végtermék minőségét, tekintet nélkül a következő folyamatokra;
4. az alapvető gyártóberendezés költsége olyan nagy, hogy a termelés hatáskörének (hatékonyságának) mérsékelt növelése nagymértékben csökkentheti további berendezések létrehozásának szükségességét;
5. a folyamat változói a legtöbb gazdasági művelet esetében szükségessé teszik a gyakori, gyors és pontos alkalmazkodást;
6. a folyamat annyira instabil, és olyan gyors eltolódásoknak van kitéve, amelyek szükségessé teszik a gépkezelő állandó figyelmét; és
7. a folyamat sok olyan ismeretlen üzemi tényezőt és összefüggést tartalmaz, amelyek ésszerű tanulmányozás és analízis segítségével kedvezően módosíthatók vagy megoldhatók.

A jelenleg alkalmazott vagy megrendelt folyamatszámító berendezés valamely új létesítmény része, vagy egy már meglévő létesítmény nagyobb mértékű korszerűsítési programjának egy része, ui. a jelenlegi tendencia arra irányul, hogy a folyamatba iktatott számítóberendezéses rendszerek már meglévő létesítményekről kerüljenek alkalmazásra.

A számítóberendezéses irányítás alkalmazásának kritériumai alapján várható, hogy az ilyen vezérlés a kohászati gyártási ágazatokban a pácolóvonal és a megeresztő üzem kivételével az összes műveletnél alkalmazásra kerül. Az előbbinél azért nem, mert a folyamat aránylag egyszerű és csak kismértékben járul hozzá a folyamat eredményeinek minőségéhez, a megeresztő üzem esetében pedig azért marad el, mert ez az üzem jelenlegi, gépesített

formájában nem egykönnyen hozzáférhető a számítóberendezés vezérlés céljára.

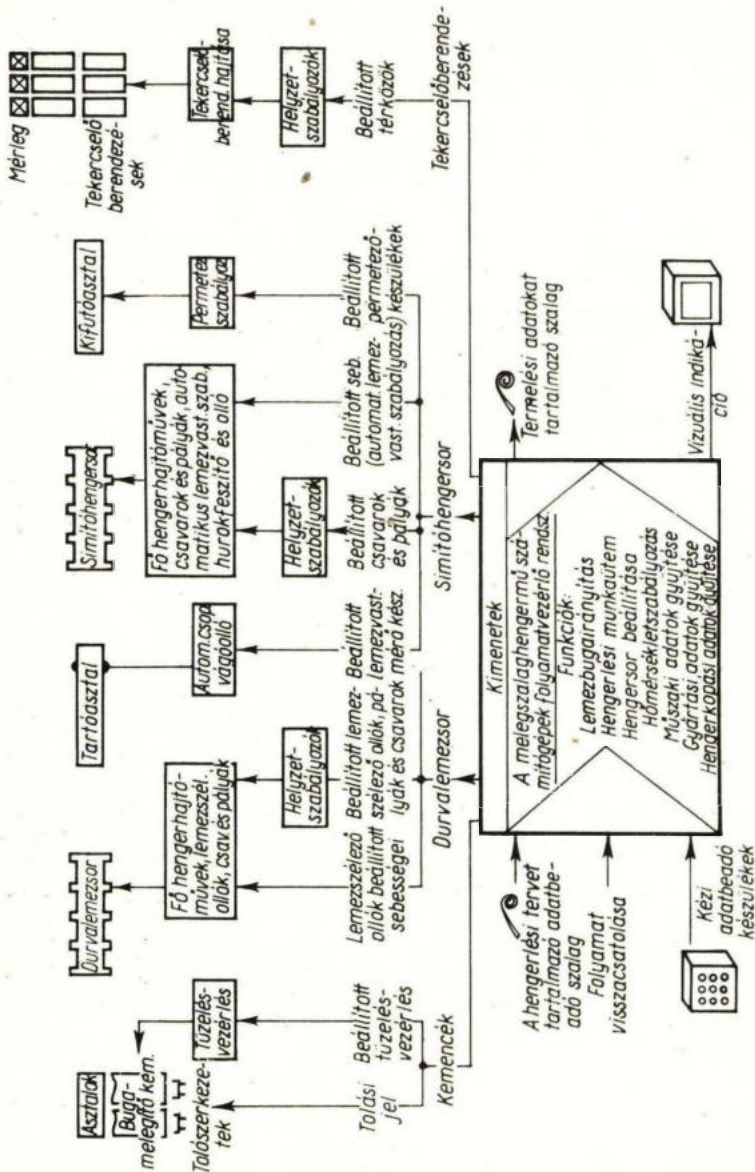
Bár több számítóberendezés van alkalmazásban az acélgyártó folyamatban, mint bárhol másutt a gyárakban, általában közülük csak néhány berendezés vezérli *ténylegesen* és közvetlenül a folyamatot. A közvetlen vezérlést alkalmazó legtöbb számítóberendezés a melegszalag-hengerműveknél, a reverzáló hengersoroknál, valamint a megmunkáló (pl. ónozó) gépsorokban található. A bázikus oxigénbefúvásos acélgyártó eljárással kapcsolatban észrevehető mind erősebb számítógépes fejlesztési irányzat alapján várható, hogy mind több acélgyártó rendszerrel helyeznek üzembe közvetlen, zárt hatásláncú és adaptív visszacsatolással működő vezérlőberendezéseket.

Egy korszerű folyamatos vagy félfolyamatos működésű melegszalag-hengersor rendkívül költséges berendezést jelent. Minden melegszalag-hengermű több ezt követő simítóeljárást kívánt, amelyek lassabban mennek végbe, mint ahogyan a hengersor dolgozik, és amelyek a legváltozatosabb kombinációkban lehetségesek. Ezen egységek bármelyikénél előforduló üzemzavarok nem olyan kritikusak, mint a melegszalag-hengersornál fellépő zavarok. Az utóbbinál az üzemzavarok gyorsan és komoly mértékben befolyásolják az utána következő folyamatokat és a gyár nyereségét. Logikus tehát, hogy a szalaghengerdében kell javítani a vezérlést és az ellenőrzést. Ezek a módosított rendszerek talán a legkidolgozottabb megoldások, amelyek jelenleg az acélipar számára tervezés alatt állnak.

Egy ilyenfajta tipikus rendszerben (lásd a 6. ábrát) a számítóberendezés számos, egymással összefüggő funkciót végez:

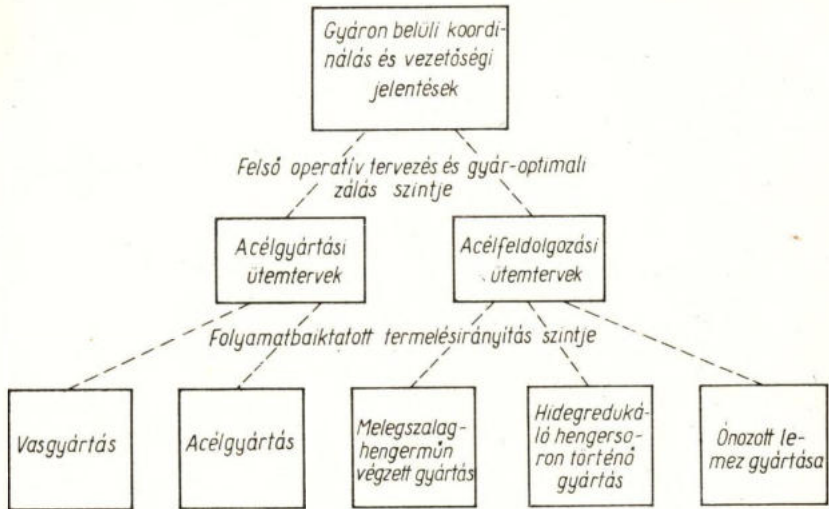
1. primer beadott adatokból hengerlési ütemtervek készülnek, amelyeket a számítóberendezés rendelkezésére bocsátanak még az első lemezbuga megérkezése előtt; a gépközelt szolgáló indikátor- és vezérlőállomások teszik lehetővé a folyamat megszakítását és ezen ütemtervek megváltoztatását;
2. a bugairányító funkció az a „végrehajtó” funkció, amely a számítóberendezést és a folyamatot időhűség tekintetében (real-time) összekapcsolja;
3. a hengersor beállításának funkciója biztosítja a megfelelő sebességet, valamint azt, hogy a hengerlési ütemterv minden megváltoztatásakor a hengerek a megfelelő időben nyitnak;
4. a hőmérsékletellenőrzés, hengersorbeállítás és a hengerlési munkaütem beállítási funkciója közötti kölcsönhatás vezérli a sebességet és a permetezési rendszert úgy, hogy a különböző pontokon a hőmérséklet az előírt határokon belül maradjon;
5. a hengerlési munkaütem beállítási funkciója biztosítja azt, hogy a lemezbugák között minimális legyen a távkoz, azok sehol se ütközzenek össze egymással; és
6. a termelési adatok gyűjtésének funkciója biztosítja a folyamattal kapcsolatos adatok összegyűjtését, amelyek elemzés után a termék minőségi és a gyártási jelentések alapját képezik.

A gyár komplex vezérlésének kifejlesztése együtt jár a folyamatvezérlés javításával. Ha az egész acélgyárat zárt hatásláncú dinamikus rendszernek te-



6a. ábra. Melegszabályozó-hengermű számítóbeműzéses vezérlőrendszerének blokkmájája

Felső tervezés és vezetés szintje



6b ábra. Egy acélgár integrált gyártásvezérlési rendszerének blokkismája

kintjük, akkor a leghosszabb időállandók és legpontatlanabb elemek jelenleg a termelésellenőrzési osztályokon jelentkeznek. Ennek eredményeként a 6b ábrán bemutatott típusú integrált gyárvezérlő rendszerek mindjobban előtérbe kerülnek. Ezeknél a rendszereknél a folyamatvezérlő számítóberendezések közvetlenül rá vannak csatlakoztatva az üzleti (kereskedelmi) számítóberendezésekre, és lehetőség nyílik a rendelések adminisztrálása és a leltár-ellenőrzés érdekében arra, hogy a folyamat ütemezésére és vezérlésére vonatkozó utasítások közvetlenül a folyamatvezérlő berendezéshez kerüljenek.

Ezek a rendszerek jelentős haladást képviselnek a gazdaságosság és termelékenység tekintetében, és megnyitják az utat további lépések előtt abban a tekintetben, hogy a számítóberendezéses vezérlés az acéliparban mind jobban elterjedjen és sokrétűbbé váljék.

2.1 Acélművek hengersorának számítógépes irányítása

2.11 Integrált rendszer példája

Az acélgártásban az angliai „The Park Gate Iron and Steel Company” üzemében alkalmaztak először több számítógép együttes működésével irányított ún. *integrált számítógépes rendszert*. Ebben az üzemben a szakemberek hosszas előkészítés után értékelték a szabályozás és a vezérlés legfőbb követelményeit, és a megfelelő megoldást három számítógépegységet magába foglaló integrált rendszerben találták meg.

Minden egyes acélműnek sok egyedi jellemvonása van. Ezeket a kérdéses üzem főbb méretei, elhelyezése, elrendezése, termelési jellege, az előállított gyártmányok típusa és a bevezetett gyártási módszerek szabják meg. E jellemzők alapvetően befolyásolják az üzem irányítását, akár számítógéppel, akár pedig hagyományos módszerekkel történik is.

Ha valamilyen acélműben alkalmazott számítógépes irányításrendszert ismeretjünk, feltétlenül meg kell vizsgálnunk a rendszer környezetét, azaz magát az üzemet, annak termékeit és az ott alkalmazott gyártási eljárásokat.

Előkészítés. A fejezetünkben most bemutatásra kerülő rendszer az említett, „The Park Gate Iron and Steel Company” üzemben működik. Ez az üzem az angliai Rotherham város közelében van. Az üzemet újabban jelentős mértékben kibővítették egy új acélmű és a hozzá tartozó hengerosok létesítésével. Az üzem e bővítése körülbelül megkétszerezte az eddigi termelési kapacitását. Az üzemben sokfajta terméket állítanak elő különféle minőségű acélokból; a gyár számos kisebb rendelést is lebonyolít.

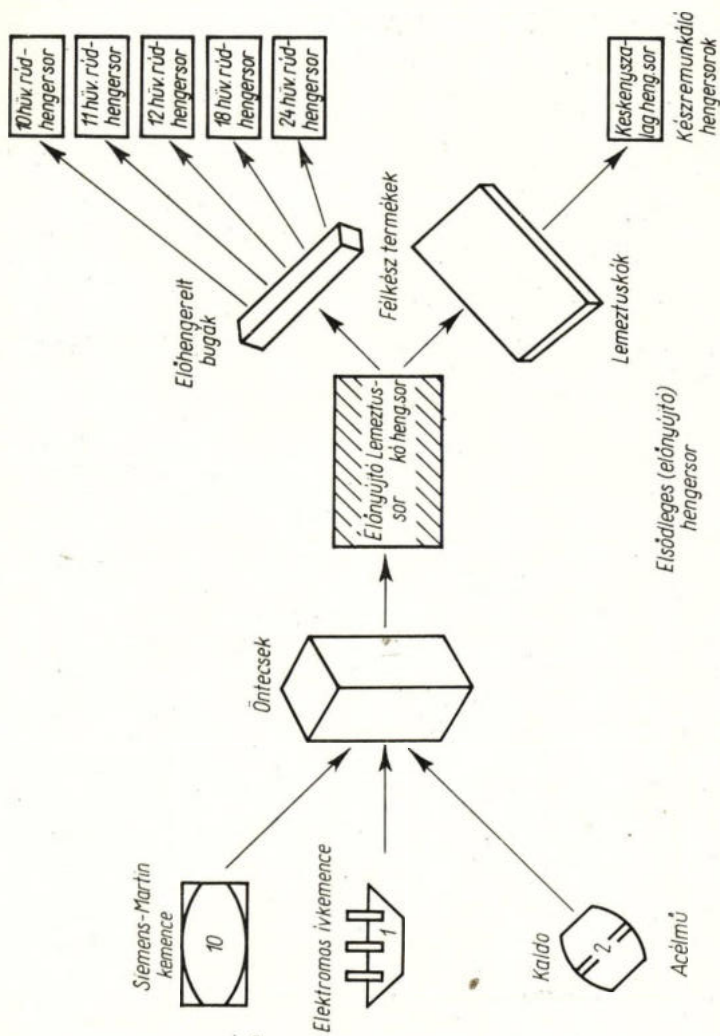
A szakemberek előre látták, hogy az üzem átalakítása során a termelési kapacitás 100%-os növelése a termelésirányításban számos új és bonyolult problémát vet fel. Ezért már a tervezés kezdeti szakaszában az üzem szakemberei a The English Electric Company szakembereivel külön munkacsoportot szerveztek abból a célból, hogy meghatározzák és értékeljék a teljes üzem automatizálásának és adatfeldolgozási technikájának követelményeit.

Az öntecsek legnagyobb részét az előnyújtó soron mint félkész terméket állítják elő, mielőtt azokat a készremunkáló hengerosokon az egyes rendeléseknek megfelelően alakítják át késztermékké. Ily módon az előnyújtó hengeros összekötőkapcsolatot jelent az acélok és a készremunkáló hengerosok között, mint azt a 7a ábra mutatja. Ez a körülmény számos más tényező figyelembevételével azt indokolta, hogy a számítógépes irányítást elsősorban az előnyújtó hengeros termelésének irányítására központosítsák azzal a megkötéssel, hogy a beállítandó számítógép kellő rugalmasságú legyen (és ez legyen a berendezés legfontosabb jellemzője) abban a vonatkozásban is, hogy közreműködésével az üzem más területein is a későbbiekben megvalósítható a számítógépes integrált termelésirányítást.

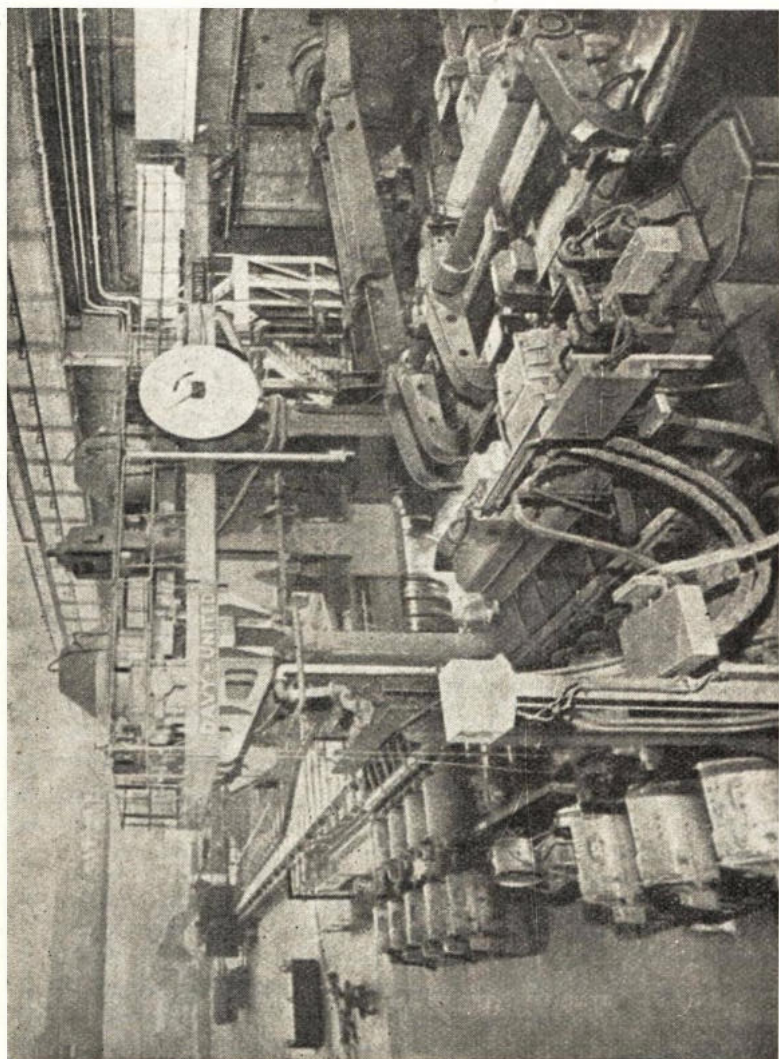
A Park-Gate-i üzemben három Leo KDN2 (English Electric) digitális számítógépet helyeztek üzembe. Ez a rendszer — többek között — elvégzi a gyártás-tervezést, valamint az acélmű, az előnyújtó hengerosok gyártási adatainak regisztrálását is. Ezek mellett azonban legfontosabb feladata az előnyújtó hengerosok integrált szabályozása. A három számítógéppel kialakított rendszer lehetővé teszi, hogy a hengeros és az ollók műveleteit közvetlen kapcsolatba hozzák a beérkező rendelésekkel, a rendelésállomány feldolgozásával.

A három számítógép közül az egyik a gyártásortól függetlenül működik mint „központi számítógép”. Elvégzi a teljes üzemre vonatkozólag a gyártás-tervezést, beleértve az előnyújtó hengerosort is. A másik két számítógép kizárólag az előnyújtó hengeroson folyó gyártás irányítására való.

Itt elsősorban e rendszernek a gyártásorton belül működő egységeivel kívánunk foglalkozni. Ebben a vonatkozásban a számítógépek felhasználása új-



7a ábra. Anyagáramlás a 2.1 pontban vizsgált acélműben



7b ábra. Előnyújtó hengerek a The Park Gate Iron and Steel Co. roterhami üzemében

szerű, és érdekes példáját jelenti az acéliparon belül alkalmazott real-time jellegű számítógépes vezérlésnek.

Az előnyújtó hengersonor. Az elsődleges hengersonor két, egymástól független hengerlési folyamat kombinációját jelenti: ez a két folyamat előnyújtó hengersonoron és a lemeztuskó hengersonoron (bugahengersonoron) megy végbe. Az előnyújtósor és a bugahengersonor gyártósort alkot, amint azt a 7b ábrán látjuk. Az előtérben a 47 hüvelykes előnyújtó hengersonort látjuk. Hátral a vágógépet, a bugaollót és egészen a háttérben pedig a hatállványos folyamatos bugahengersonort mutatja az ábra.

Az előnyújtó hengersonor átveszi az acélműből érkező öntecseket, azokat vagy előhengerelt bugákká vagy pedig lemezbugákká, azaz félkész termékekkel alakítja át. Ezeket a rendelkezésre álló hat készremunkáló hengersonor egyikehez továbbítják, amely rúdanyagga vagy keskeny szalaganyagga alakítja őket. A berendezésen hetenként 4000 db öntecset lehet hengerléssel bugákká, tuskókká stb. átalakítani a legkülönbözőbb méretekben.

A termelésnek a rendelések feldolgozásából adódó bonyolultságát az a tény is bizonyíthatja, hogy sok esetben egyetlen öntecsből több rendelés kielégítésére való anyagot kell legyártani. A szervezeti és gyártási eljárások természete az előnyújtó hengersonorban meghatározza, hogy a termelésirányítást legcélszerűbb három, alapvetően egymáshoz kapcsolt szinten megvalósítani (8. ábra), éspedig a tervezés szintjén, a koordináció szintjén és az alakítási szinten.

Ami az elsődleges hengersonor gyártástervezését illeti, egyetlen félkészmérethez vonatkozó különböző rendeléseket, ami több öntésből származó acélmennyiséggel lehet egyenértékű, ugyanabban az időszakban kell lehengerelni. Ez annak a következménye, hogy a termék méretének változása megkívánja a kis bugahengersonor hengereinek újbóli beállítását. Ezen alapkövetelményen felül még más, konvencionális jellegű korlátozásokat is figyelembe kell venni. Ilyen pl. a rendelések prioritása, egyes kohászati jellegű korlátozások és a hat készremunkáló hengersonor kiegyenlített termelésének fenntartása.

A termelési rendszer másik végén találjuk az alakítási szintet, amely a legkülönbözőbb megmunkálási műveleteket foglalja magában. Ezeket a 3. ábrán részleteztük.

Az öntecsek a kemencéknél lépnek be az előnyújtó hengersonorba, ahol azokat a megfelelő hengerlési hőmérsékletekig felmelegítik. A kemencéből való kilépés után a mérőberendezések meghatározzák az egyes öntecsek súlyát, majd begördülnek a nagy bugahengersonorba. A hengerelt bugákat lángtisztításnak vetik alá (amennyiben ez szükséges), és végül a daraboló olló feldarabolja őket.

Ha a kész bugák nem kerülnek további hengerlésre, akkor levágják az előírt hosszakra (feldarabolják), megfelelően megjelölik, és most már kikerülnek a gyártósorból. A legyártott bugák legnagyobb részénél azonban csak a két végdarabot vágják le a bugaollón, majd a kis bugahengersonoron további alakításnak vetik alá. A repülőolló, amely közvetlenül az utolsó kis bugahengersonor-állvány után van beépítve, a bugákat (lemezbugákat), amint kilépnek a hengersonorból, levágja a megfelelő hosszakra.



8. ábra. Az előnyújtási folyamatok megszervezése

A levágott bugák ezután a három *hűtőpad* egyikébe kerülnek, ahol felmáglyázzák, megjelölik őket úgy, hogy készen állnak a megfelelő készhengersorra történő továbbításra.

A koordinációs szint. Az előzőekben röviden ismertetett tervezési szint és a megmunkálási szint közé van beiktatva a termelésirányítás koordinációs szintje. Ez a szint értelmezi a gyártási (termelési) tervet, és a különféle, egymástól független gyártási műveleteket koordinálja. Ez biztosítja, hogy az olyan előre tervezett, az egyes rendelkezésekben megszabott követelményeket, mint pl. a minőség, különleges technológiai eljárások és a szállítási időpont, tartani lehessen.

A termelés (gyártási folyamatok) koordinálásának egyik legfontosabb feladata, hogy a tervezési szintet és a gyártási szintet egy integrált termelési (gyártási) irányítórendszerben egyáltalán össze lehessen foglalni.

A gyártás összehangolása számos, igen bonyolult műveletet igényel. Így pl. az egyik fő feladat annak a biztosítása, hogy a különféle meghatározott öntecseket a gyártási terv előírásainak megfelelően a kijelölt helyekre irányítsák, hogy helyes megmunkálási utasításokat adjanak az egyes hengersorok helyes működéséért felelős személyeknek, gondoskodjanak arról, hogy a rendelkezések megfelelő ütemben fussanak át a gyártósoron, és végül, hogy a tényleges termelési adatokat visszacsatolják a tervezési szintre. Ettől függetlenül a rendszer megfelelő rugalmasságának biztosítása is rendkívül fontos feladat. Előre nem látott körülmények esetében a megfelelő rendszabályokat csak így lehet idejekorán megtenni, például sürgős rendelkezéseket a folyó termelési tervbe beiktatni oly módon, hogy rövid határidőre le lehessen őket gyártani.

A számítógépes irányítás koncepciója az elsődleges (előnyújtó) hengersorban. Fentiekben az előnyújtó hengersorban alkalmazott alapvető gyártási rendszert a gyártásirányítás három szintjének szempontjából ismertettük. Ilyen jellegű termelési rendszer akkor is létezik, ha számítógépes rendszert egyáltalán nem kívánunk megvalósítani. Mielőtt tehát a számítógépes rendszer gyártósoron belüli szerepét részletesen ismertetnénk, röviden vázoljuk a számítógéppel való ellenőrzést az üzem területén.

A rendszer szükségleteinek és követelményeinek előzetes tanulmányozása azt mutatja, hogy a technológiai automatizálást és a központi, gépesített adatfeldolgozást az előnyújtó hengersor négy fő tevékenységével kapcsolatos műveletek vezérlésénél és szabályozásánál kell alkalmazni. Éspedig:

a termelés tervezési,
a gyártási koordinációs folyamatokban,
a kis bugahengersor vágási műveleteiben,
valamint az előnyújtó hengersor hengerlési folyamataiban.

A számítógép tervezett alkalmazása itt nagyon sokrétű és rendkívül szerteágazó; az adminisztratív adatok regisztrálásától és feldolgozásától egészen a gyártási folyamatok tényleges vezérléséig terjed. Ez természetesen eleve azt jelentette, hogy a létesítendő rendszernek alkalmasnak kell lennie egészen szerteágazó feladatok elvégzésére, melyeket — erősen leegyszerűsítve — a következőképpen foglalhatunk össze:

a) *Tervezési szint*

I. Rendeléssel kapcsolatos adatok beadása.

II. A különféle adattárolások előkészítése és végrehajtása.

III. A teljes üzem termelési tervének előkészítése az acélgyártás és a hengerlési ütemtervek összeállításával, beleértve az elsődleges hengersor részére szükséges termelési adatok feldolgozását.

b) *Koordinációs szint*

I. A gyártási előterv adatainak felvétele.

II. Az egyedi öntecsek megfelelő feldolgozási helyre irányítása és a szükséges hengerlési előírások elkészítése.

III. A hengerlési utasítások közlése megfelelő formában a hengersorok kezelőivel.

IV. A gyártási adatok folyamatos regisztrálása és feldolgozása a gyártósorról visszacsatolt jelzések vétele után.

V. A különféle automatikus gyártási folyamatvezérlő berendezések irányítása és ellenőrzése.

VI. A késztermékek megfelelő jelzéssel való ellátása.

VII. A rendelt termék feldolgozásának (munkamenetének) meghatározása egészen a gyártósorig, és a művelettervek követése az egyes öntecsek megmunkálási mozzanatainak rögzítésével.

c) *Kis bugahengersoron végbemenő vágási művelet*

I. A rendelés alapján beérkező adatok (parancsok) regisztrálása.

II. A tömbök vagy bugák hosszának meghatározása a kis bugahengersoron történő kilépésnél.

III. A repülőollóval végzett vágási műveletek optimális vezérlése.

IV. Vágási műveletek adatainak regisztrálása.

d) *Nagy bugahengersor hengerlési műveletei*

A szűrésterv szerinti hengerlési műveletek automatikus szabályozása, például hengerlési rés beállítása, manipulátor beállítása, a hengermű és a lemeztáblák haladási sebességének beállítása.

A rendszer felépítése. Az előzőkben röviden összefoglalt, a termelési folyamatot kapcsolatos követelmények kielégítésére a számítógépes vezérlésre két különböző elképzelést dolgoztak ki. Az egyik tervezett megoldás abban állt volna, hogy csupán egy nagyméretű számítógépet állítanak be, amelyik teljesítményével alkalmas különböző adatfeldolgozási műveletek és technológiai folyamatok irányítására. A másik elképzelés lényege az, hogy több kisebb méretű számítógépet állítanak be. A számítógépek külön-külön meghatározott területet („al-rendszert”) irányítanak, ugyanakkor azonban megfelelő adattovábbítással együtt működnek úgy, hogy az önálló számítógépegységek együttesen alakítják ki az integrált számítógépes irányítás rendszerét.

A szakemberek az integrált számítógépes irányítás rendszere mellett döntöttek. Ebben az adattovábbítás megfelelő rendszerével több számítógép egymással párhuzamosan működik és vezérli az elsődleges előnyújtó hengersor munkáját.

E döntés mellett több tényező szól:

a) Egyetlen számítógépegység ugyan fel tudja dolgozni és irányítani tudja a rendszer összesített folyamatait anélkül, hogy szükség lenne külön adattovábbító rendszerre, azonban igen bonyolult programozást igényelne, tekintettel a rendszer változó időszükségletére és az elvégzendő feladatok nagy változatára.

b) A létesítendő berendezés viszonylagos beszerzési költségei és a megfelelő elrendezés problémái nem szólnak egyetlen számítógépegységből álló megoldás mellett.

c) A több számítógépből álló megoldás jobban alkalmazkodik az elsődleges hengsorsokkal kapcsolatosan ismertetett háromszintes gyártásvezérlés rendszeréhez, könnyebben követi a gyártási folyamat egyes fázisait.

d) A rendszerrel szemben támasztott különféle követelmények között legfontosabb a rugalmasság. A több számítógépből álló rendszer eleve biztosítja a rendszer esetleges jövőbeni kiterjeszhetőségét. Továbbá e rugalmasság megnyilvánul abban, hogy az alrendszerek bármelyike is külön igénybe vehető, tehát nem csupán az integrált rendszer keretében működtethető. Ennélfogva valamelyik alrendszer kiesése még nem jár feltétlenül azzal, hogy az egész rendszer hasznavehetetlenné válik.

e) A több számítógépből álló rendszer nagymértékben megkönnyíti a karbantartási munkálatokat és a hibakeresést.

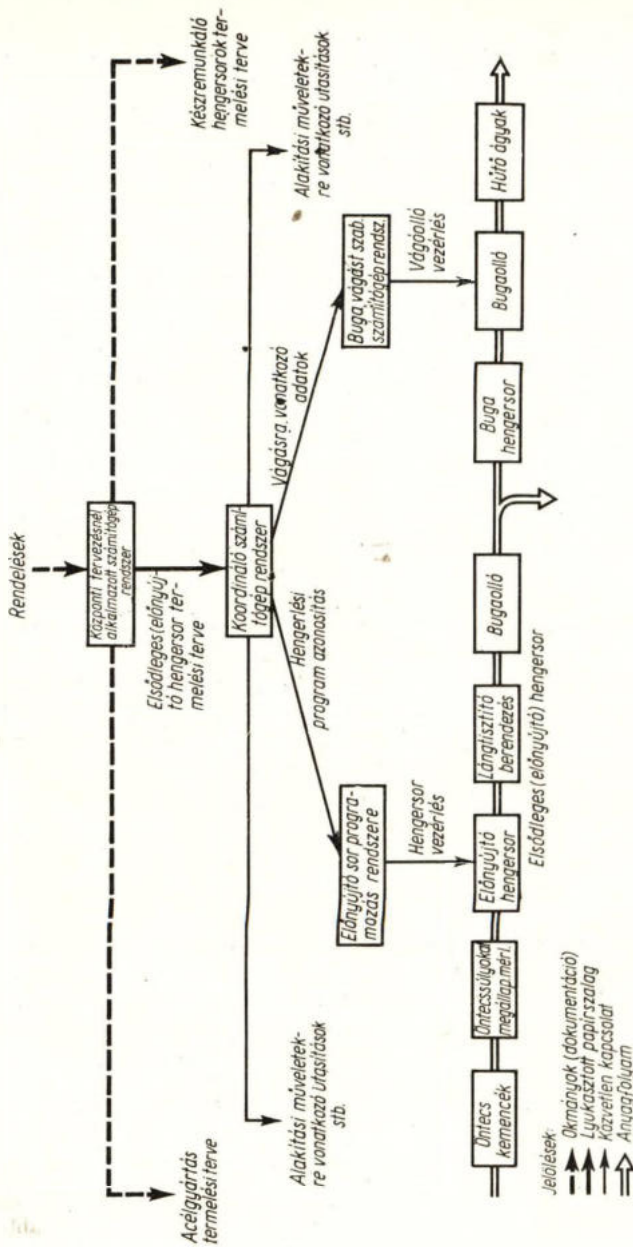
f) Komoly problémát jelent a tartalékalkatrészek szabványosításának kérdése. A Park Gate-i üzemben azonban azonos típusú gépekről van szó, és ennél fogva csak azonos típusú pótalkatrészekre lesz szükség.

A rendszer szerkezete. A rendszer kidolgozói úgy találták, hogy célszerű a tervezői szint, a koordinációs szint, a bugafeldarabolás és a bugahengsoron történő megmunkálás közötti lépéseket arra felhasználni, hogy a termelésirányítást négy alrendszerre bontsák fel. Felépítésüket (az integrálást különféle típusú adattovábbító rendszerek biztosítják) vázlatosan a 9. ábrán láthatjuk.

A fentiek szerint a négy alrendszer a következő:

1. *A központi tervezés számítógéprendszere.* Az elsődleges (előnyújtó) hengsoron termelési terve a teljes üzemi tervezés rendszerének összetevője. Ennek megfelelően a gyártósoron kívül működő Leo KDN2 (English Electric) típusú számítógépet arra használják, hogy kidolgozza az acélmű, továbbá a készre-munkáló sor és az elsődleges (előnyújtó) hengsoron gyártási terveit. Az üzemeletetés rugalmasságának biztosítására a tervező rendszer kapcsolatban áll a többi alrendszerrel, éspedig azon a kettős lyukszalagrendszeren keresztül, amelyik a központi tervezést végző számítógép és a koordinációs számítógép között működik.

2. *A koordinációs számítógéprendszer.* A gyártósorba beiktatott Leo KDN2 számítógép az elsődleges (előnyújtó) hengsoron belül koordinálja a különféle termelési folyamatokat. Működéséhez még hozzátartozik a bugadaraboló berendezéshez tartozó számítógép és a bugasor programozásának ellenőrzése. Ez villamos adattovábbítással megy végbe.



9. ábra. Integrált számítógépes irányítás

3. *Bugaollót vezérlő számítógéprendszer.* Egy másik szinten a gyártósorba beiktatott Leo KDN2 számítógép-egység optimális mértékben vezérli a bugafeldarabolási műveleteket és az abból származó félkész termékek azonosítását.

4. *Az előnyújtó hengesor programozási rendszere.* Megállapították, hogy az English Electric Leo-rendszerű automatikus hengersorprogramozó berendezés kielégítő mértékben irányítja az előnyújtó sorban végbemenő és a szűrastervez szerinti hengerlési műveleteket. Itt nem kívánunk ezzel az alrendszerrel részletekbe menően foglalkozni, mégis létezését meg kívánjuk említeni, mivel az előnyújtó sor programozó berendezését itt abból a szempontból vizsgáljuk (ill. említjük meg), hogy az közvetlen kapcsolatban áll a koordinációs számítógéppel.

A rendszeren belül bizonyos fontos stratégiai pontokon tudatosan figyelembe vették a kezelőszemélyzet közreműködésével végrehajtott ellenőrzést és szabályozást. Ez további megvizsgálandó tényezőt jelent. Ez az emberi vonatkozás és közreműködés a termelési folyamat irányításában értékes hozzájárulás, amit azért kívántak továbbra is megtartani, hogy ezzel elősegítsék a rendszer hatékonyságát és rugalmasságát.

Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy a Park Gate-i üzemben bevezetett számítógépes irányítás elsősorban arra irányul, hogy a különféle bonyolult rutinszerű eljárásokat egyrészt nagy sebességgel, másrészt pedig fokozott állandósággal és pontossággal lehessen végrehajtani. Ez különleges termelési problémákat vet fel, amelyek a berendezés útján rendkívül rövid idő alatt a kezelőszemélyzet tudomására jutnak, hogy a szakemberek fel tudják használni tudásukat és tapasztalataikat, és módjuk legyen a számítógépeket úgy irányítani, hogy azok megtegyék a problémák megoldásához szükséges intézkedéseket.

A gyártósorba beiktatott számítógépes vezérlés az elsődleges (előnyújtó) hengersorban. Amint azt már a fentiekben ismertettük, az integrált gyártásvezérlés rendszere három számítógépet foglal magába. A számítógépek közül kettő, nevezetesen a koordinációs számítógép és a bugadaraboló géphez tartozó számítógép együttműködnek. Az előnyújtó hengersorban végzett műveletekkel kapcsolatban elvégzik a tényleges időbeli vezérlést. A számítógéprendszernek gyártósorba beiktatott elemeit a következőkben részletesebben vizsgáljuk meg.

Termelés- (gyártás-) irányítás. Az előnyújtó hengersorban végbemenő műveleteket egy központi hely, a „Production Control Center” (Termelésirányító központ) irányítja. Ebben az épületrészben találjuk azt a két számítógépet, amelyik a gyártósorba van iktatva, valamint a hozzájuk tartozó legfontosabb kiegészítő berendezéseket és felszerelést.

A vezérlőközpont személyzete két emberből áll, és pedig az egyik az „Ingot Allocator” (öntecselosztó), a másik pedig a „Production Controller” (termelési folyamat irányító).

Az öntecselosztó tulajdonképpen az emberi kapcsolatot jelenti az acélgyártó részleg és a tervezési osztály között; ezen az utóbbi helyen van beállítva a központi tervezést végző számítógép. A szakember fő feladatai abban áll-

nak, hogy együtt dolgozzon a központi tervező számítóberendezéssel, és biztosítsa, hogy az előnyújtó hengerversorban hengerelt acélanyag az előre kijelölt megrendeléseknek megfelelően legyen elosztva.

A *termelési folyamatot szabályozó* szakembernek az a feladata, hogy ellenőrizze az elsődleges (előnyújtó) hengerversorban végbemenő műveleteket. Egy különlegesen megépített vezérlőasztal segítségével állandó kapcsolatban áll a gyártósorba beiktatott két számítógéppel.

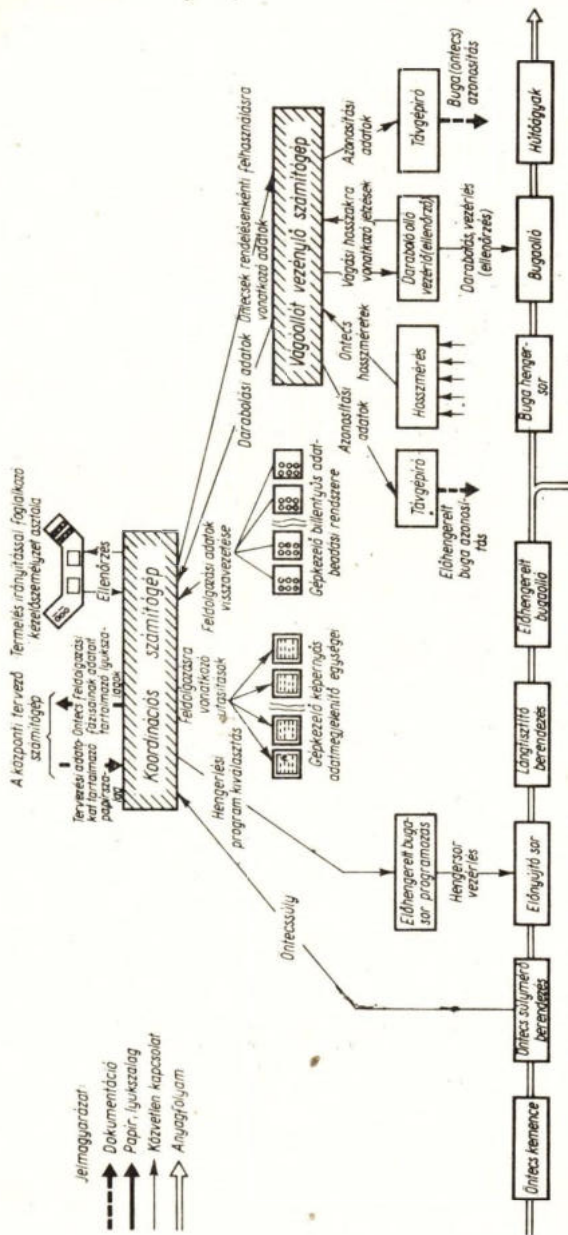
A központi tervezés számítógépe működési idejének kb. felét az veszi igénybe, hogy az elsődleges (előnyújtó) hengerversor részére kidolgozza a gyártás irányításához szükséges adatokat. Ez lyukszalagok alakjában történik, minden egyes szalag elegendő adatot tartalmaz arra, hogy közel két órán keresztül irányítsa a hengerlési folyamatot.

A tervező számítógépből kikerülő lyukszalag rendelésegységekre van felosztva. Ezek mindegyike a rendelések olyan hányadát tartalmazza, amit egy-egy acélöntecsből le lehet gyártani. Ennélfogva a gyártósorba iktatott számítógépes vezérlés első szakaszában a rendelésegységek bizonyos minőségű (fajtájú) acéltípusoknak megfelelően vannak csoportosítva, azaz nem az egyedi öntecsek szerint. A tervezési adatokat tartalmazó lyukszalagot — amely az összetett irányítás kapcsolatát jelenti a tervező számítógép és a koordinációs számítógép között — pneumatikus berendezés (csőposta) továbbítja a termelésirányítás központjába.

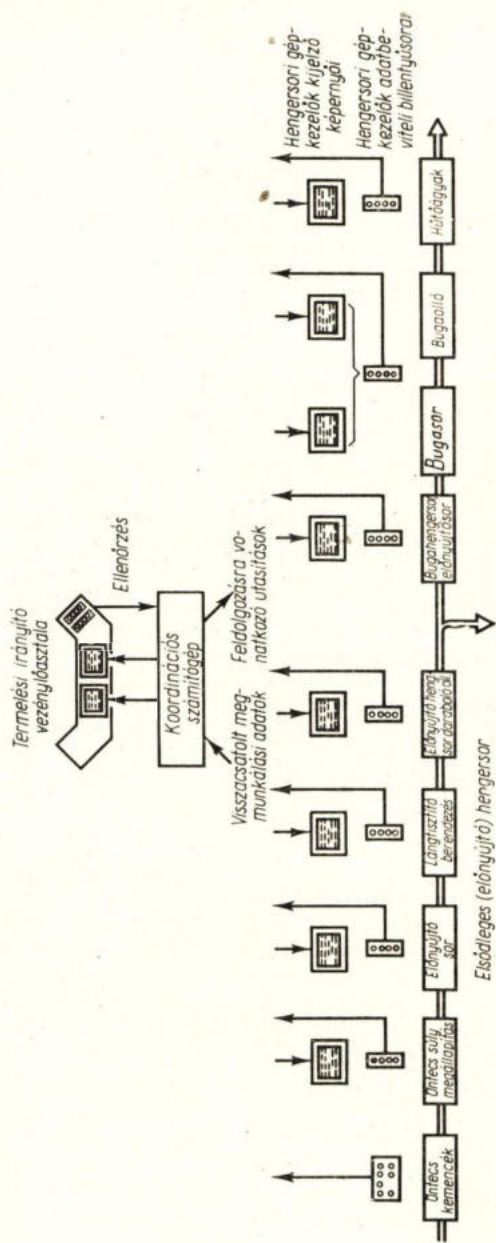
Ha megállapították, hogy az öntecsek egy csoportja készen áll a hengerlésre, akkor a termelési folyamatot szabályozó szakember megteszi a szükséges intézkedéseket, hogy a koordinációs számítógép leolvassa a megfelelő tervezési adatokat tartalmazó lyukszalagot. A tervezési lyukszalag adatait a számítógép tárolja; a számítógépnek megfelelő tárolási kapacitása van ahhoz, hogy a max 32 rendelésegységre vonatkozó adatokat felvegye. Ha egy tuskó elhagyta a kemencét, akkor az ezen pillanattól kezdve már a számítógép ellenőrzése alatt áll. A 10. ábra a gyártósorba iktatott rendszer alapvető elrendezését mutatja, a 11. ábra pedig a különféle gyártásműveletet vezérlő szervek viszonylagos helyzetét ábrázolja.

A kemencekezelő a forgó kapcsolókon beállítja az öntecszonosságot meghatározó jelzést, és jelzi a koordinációs számítógépeknek, hogy öntecs kerül az előnyújtó sorra hengerlés céljából. A számítógép leolvassa az öntecszonosságot meghatározó jelzéseket a kapcsolókról és az így szerzett információk alapján hozzárendeli ezt az öntecset a számítógép memóriájában tárolt megfelelő rendeléshez. Az öntecs feldolgozására vonatkozó gyártási utasítások, ill. a rájuk vonatkozó jelzések megjelennek több kijelző ernyőn; ezek az ernyők a gépkezelők munkahelyein vannak elhelyezve.

Mindegyik gépkezelő tisztán látja a digitális információknak megfelelő vízszintes vonalakat, melyek a saját munkahelyén felszerelt képernyőn megjelennek; ezek a jelzések egyértelmű utasításokat adnak a gyártósoron folyamatosan előrehaladó öntecsek feldolgozására. Ezenkívül minden egyes gépkezelő részére külön nyíljelzést is találunk az ernyőn, amelyik jelzi azt az öntecset, amelyet a gépkezelő éppen feldolgoz, ill. ellenőriz.



10. ábra. Gyártósorba beiktatott számítógép vezérlése



11. ábra. Hengerversor gépkészleték termelési koordinációs, vezérlőelemek

A termelési folyamat ellenőre, aki nincs közvetlen vizuális kapcsolatban a gyártósorral, szintén rendelkezik ilyen adatkijelző ernyővel, amellyel pontosan követni tudja minden egyes öntecs útját és feldolgozását az egész hengersoron keresztül.

A gyártósorba történő belépésnél a berendezés automatikusan leméri az öntecsek súlyát, és a megállapított súlyadatokat beadja a koordinációs számítógépbe. Amikor az öntecs az előnyújtó sorra kerül, akkor a koordinációs számítógép kiválasztja a megfelelő hengerlési programot azon programok közül, melyeket az automatikus hengersorprogramozó — az előzetes beadás alapján — tárol.

A számítógép és a programozó berendezés villamos hírközlőcsatornával van összekapcsolva.

A gyártósor ezután az öntecset az előnyújtó sorban félkész terméké alakítja át, amely művelet az automatikus bugahengersor-programozó berendezés közvetlen vezérlése alatt áll. A programozó berendezés automatikusan beállítja a hengerréseket, a manipulátor helyzetét és a hengerek és a görgősor asztal sebességét az egész szűrési tervre vonatkozólag.

A hengersor egyetlen gépkezelője, akinek feladata inkább az általános ellenőrzés, mint a beavatkozás, közvetlenül csak azt a műveletet irányítja, ami a hengerlés alatt álló buga forgatásában áll. Ezen utóbbi művelet automatikus végrehajtása igen nehéz. A lángtisztítás után a készre hengerelt buga bugaolló kezelőjének munkaterületére jut, aki az elvégzendő feladatokra vonatkozó utasításokat a koordinációs számítógéptől kapja.

Ha a bugának az a rendeltetése, hogy ebben a feldolgozási stádiumban elhagyja a gyártósort, akkor a számítógép már a művelet elején az utasítások kijelzésével tájékoztatja a bugaolló kezelőjét, hogy miképpen hajtható végre a levágás, ill. visszacsatolás céljából átveszi a hosszméretekre vonatkozó adatokat (minden egyes levágott darabra vonatkozólag). A bugakilépésnél elhelyezett géptávíró rögzíti a buga azonosításához szükséges adatokat.

Ha az előhengerelt bugát csak az orr-részen és a végén kell levágni, akkor a koordinációs számítógép a vonatkozó rendelés jellemző adatait a fennálló villamos távközlés útján továbbítja a bugaollót vezérlő számítógéphez. Az előhengerelt bugák legnagyobb hányada a következő megmunkálási fokozatba, a bugahengersorba kerül.

Hosszmérés. Az előnyújtó hengersorból való kilépésnél a hengersor asztaloldalán elhelyezett durva/finom fotocellalánc megállapítja a darabok hosszát, és a közbenső megmunkálásnak megfelelő hosszméretek a berendezés a vágóollót irányító számítógéphez továbbítja. Miközben a készremunkáló hengersor feldolgozza az előhengerelt bugát, a fotocellalánc együttműködik az utolsó állvány mögött beépített mérőgörgővel, és olyan jelzéseket dolgoz ki, amelyeket a vágóollót vezérlő számítógép fel tud használni az anyag nyúlástényezőjének kalkulációjához. A közbenső hosszméretek és a nyúlási tényező a vonatkozó rendelkezés adataival együtt az optimális vágás pontos adatainak meghatározására valók.

A vágóollót vezérlő számítógép végül ellátja a vágásvezérlő rendszert azokkal a hosszméretekre vonatkozó referenciajelzésekkel, amelyek meghatározzák az

olló által levágandó pontos hosszakat, azaz azokat az adatokat, melyekre az anyagnak a készremunkáló hengerversorban végzett feldarabolásnál szükség van.

A vágási művelet befejezése után a készremunkált bugák a hűtőpadokra kerülnek, onnan az ellenőrző részleghez, a raktárba, majd azt követően továbbá feldolgozást végző részlegekbe. A vágóollót vezérlő számítógép a vágási műveletekre vonatkozó feljegyzések adatait visszavezeti a koordinációs számítógépbe, és egyszerűsített működési azokat a távgépfűró egységeket, melyek a hűtőpad mellett vannak elhelyezve azért, hogy rögzítsék a kész buga azonosítására szolgáló adatokat.

Információs szolgáltatás. Az egész feldolgozási folyamat során, miközben az öntés végighalad az újrahevítő kemencéktől a hűtőpadokig terjedő úton, a hengerversor gépkezelőjének egyszerű billentyűsor áll rendelkezésére az információs szolgáltatáshoz. Ennek segítségével bizonyos számú előre meghatározott közleményt tud a koordinációs számítógéphez továbbítani (lásd a 11. ábrát). Az ilyen közlemény vételénél ez a számítógép meg tudja tenni a szükséges intézkedéseket, például a képernyőn levő jelzéseket meg tudja változtatni, ill. megteheti azokat az intézkedéseket, amelyek az esetleges vezetékes helyzetek kiküszöbölésére valók, vagy pedig olyan sürgős üzeneteket közvetíthet a gyártási folyamat ellenőreinek kijelző ernyőjére, amelyek ismertetik azokat az üzemi helyzeteket és körülményeket, ahol a vállalatvezetőség beavatkozása szükséges.

Ha a koordinációs számítógép ilyen közléseket kap attól a hengerversori gépkezelőtől, aki utoljára ellenőrzi a kérdéses öntés feldolgozását, akkor a szóban forgó öntésre vonatkozólag a táblán megjelenő adatokat a berendezés automatikusan törli. Ugyanakkor a gyártási folyamatot vezérlő központban már egy munkamenetdiagram áll rendelkezésre, amely feltűnteti a szóban forgó öntés minden egyes gyártási fázisát, amely adatokat az elkészült lyukszalag visszacsatolja a központi tervező számítógépbe. Az üzemvezetőség részére pedig ezen adatok alapján nyomtatott termelési napló készül.

Koordinációs számítógéprendszer. A fentiekben vázlatosan ismertetett gyártásirányítási műveletek bemutatják a számítógép által vezérelt koordinációs tevékenység munkaterületét az előnyűjtő hengerversorban. A tényleges és hatékony koordináció biztosítására a számítógéprendszer több alapvető feladatot végez, melyek közül megemlíjtük:

- a) A megmunkálási folyamat kezdetén a gyártásra vonatkozó információkat megkapja a központi tervezést irányító számítógéptől; értelmezi az adatokat.
- b) A gyártási folyamatra vonatkozó adatokat a megfelelő ernyőkön kijelzi a hengerversorok gépkezelőinek és a termelési folyamatot ellenőrző szakembernek.
- c) Megfelelően irányítja a bugaollót vezérlő számítógépet, valamint az előnyűjtő hengerversor programozó berendezését.
- d) A hengerversor gépkezelőtől a visszacsatolás céljaira adatokat kap és hasonló adatokat dolgoz fel. Ezek az öntések súlymeghatározására szolgáló berendezéstől és a bugaollót vezérlő számítógéptől érkeznek.

e) Megfelelő munkadiagramokat készít a központi tervezést vezérlő számítógép részére, és elkészíti az üzemvezetőség számára a gyártási naplót.

E követelmények kielégítésére a berendezést univerzális jellegű, tárolt programú digitális számítógép egészíti ki, amelyik együttműködik az ezen speciális rendszer részére tervezett és kivitelezett segédberendezésekkel. Ezek elrendezési vázlatát a 12. ábrán láthatjuk.

A számítógép. A Leo KDN2 (English Electric) típusú számítógépet már eredetileg úgy tervezték, hogy az olyan üzemi körülmények között fog dolgozni, mint amelyek általában az acéliparban előfordulnak. Az ipari alkalmazásnál szükséges fokozott megbízhatóság elérése végett a számítógépben statikus logikai elemeket és ferritmemóriát alkalmaztak. A KDN2 típusú digitális számítógép bináris, soros működésű, amelyik 140 kHz órafrekvenciával dolgozik. Egy tipikusan üzemi munkaciklus, például összeadási vagy kivonási művelet elvégzése 175 mikromásodpercet vesz igénybe. E rendszer kapacitása 8192 szóból áll. A szavak hossza 18 bináris jegy, ami vagy egy szám- adatot, vagy pedig három, hat bites alfanumerikus jelesoportot jelent.

Bemenet/kimenet vezérlése. A számítógépnek az előnyújtó hengerson különféle pontjain működő perifériális berendezések (mint például lyukszalagolvasó berendezések, adatközlő billentyűs berendezések, relék stb.) által szolgáltatott jelzéseket és adatokat fel kell vennie. Hasonlóképpen a számítógépnek a legkülönbözőbb adatokat kell a különféle hozzárendelt berendezésekhez továbbítani, például: kimenő jelzéseket szalaglyukasztó berendezések felé és a gépkezelők adatkijelző tábláira.

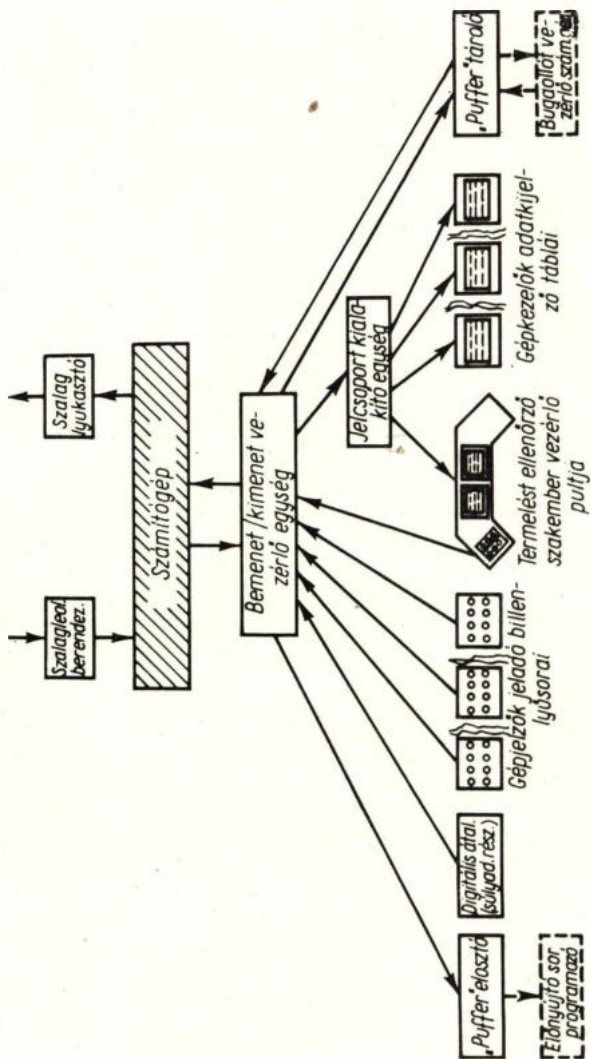
A számítógép a rendszer egyéb egységeivel egy bemenet/kimenet vezérlő egységen keresztül áll kapcsolatban. Ez a berendezés „Datapac” (A „The English Electric Company Limited” cég gyári jelzése) rendszerű logikai elemekből van felépítve; rendeltetését tekintve ellátja mindazon feladatokat, amelyek a számítógépbe beadott, ill. a számítógépből érkező adatok és jelzések ellenőrzésével kapcsolatosak, mint például „puffer”-tárolás, kódolás, átkódolás stb. A számítógép együttműködik ezzel a szabályozóegységgel, és a rendszeren belül bizonyos időközökben letapogatja a különféle automatikus és a gépkezelő jelzések bemeneti pontjait.

Az ezen pontokról származó adatok és közlések bevitele a gépbe az előre meghatározott elsőbbség (prioritás) alapján megy végbe.

Az elsőfokú prioritást a bugaollót vezérlő számítógép élvezi, míg a különféle egyéb adatok bevitele olyan sorrendben történik, ami megfelel a mindenkori gyártási helyzetnek és követelményeknek. A számítógépből a hozzárendelt különféle külső berendezésekbe továbbított kimenő jelek sorrendiség szempontjából többnyire statisztikai jellegűek, az egyes munkafázisokban a rendszer mindenkori üzemi követelményeihez alkalmazkodnak.

Dinamikus adatkijelzés. Az előnyújtó hengersonban a koordináció egyik legfontosabb tényezőjét a mindenkori gyártási információknak a gépkezelőkkel és a termelést irányító központtal való közlése, ill. az erre vonatkozó adatok kijelzése képezi.

Ezeket az információkat két alapvető kategóriába sorolhatjuk. Elsősorban azokról az anyagmegmunkálási utasításokról, ill. az azzal kapcsolatos adatok



12. ábra. Koordinációs számítógéprendszer

kijelzéséről van szó, amelyek segítségével a számítógép a hengersor gépkezelőjének tevékenységét irányítja, és lehetővé teszi a termelést ellenőrző szakember számára a rendszer helyes működésének áttekintését, ill. ellenőrzését. Másodsorban a számítógép sürgős közvetlen döntéseket és intézkedéseket „igényelhet” az üzemvezetőségtől.

Mindkét esetben nincs másra szükség, minthogy valamilyen meghatározott információt (jelzést) viszonylag rövid ideig jelezzünk az ernyőkön. Például az üzemnek valamilyen meghatározott öntecs feldolgozási utasítására van szüksége, amikor a szóban forgó öntecs már hengerlés alatt áll. E szabály alól kivétel a gyártósorból történő kilépés, ahol a gyártási adatok feldolgozását végző könyvelőgépek részére szolgáló adatokat egy szokványos nyomtatógép kinyomtatja. Ennélfogva az adatkijelzési rendszer maximális mértékű kihasználása érdekében a dinamikus kijelzési technikát választották, amely eleve alkalmas a számítógépes vezérlés céljaira.

A Marconi-rendszerű képernyős adatkijelző rendszer a Park Gate-i üzemben az öntecskemencéktől egészen a hűtőpadokig terjed, és oly módon van megszervezve, hogy ezen a területen semmiféle papíron történő feljegyzésre nincs szükség. Azonkívül, hogy ez a rendszer magába foglalja a szokványos vizuális adatközlés követelményeit, ill. jellemzőit — a jelzescsoport jó olvashatósága és a jelzések széles tartománya —, az adatkijelzés említett módjának még egyéb említésre méltó jellemzői is vannak. Pl. a feleslegessé vált adatokat a képernyőn a berendezés automatikusan letörli, vagy új, helyesbített adatokkal helyettesíti. Minden gépkezelő rendelkezésére áll még egy személyes használatára szolgáló nyíljelzés, amelyik jelzi azt az öntecset, melynek megmunkálásával, ill. a megmunkálás ellenőrzésével a gépkezelő éppen foglalkozik. A gépkezelő szeme előtt levő képernyő mindenkor jelzi az öntecsek viszonylagos helyzetét a gyártósoron belül.

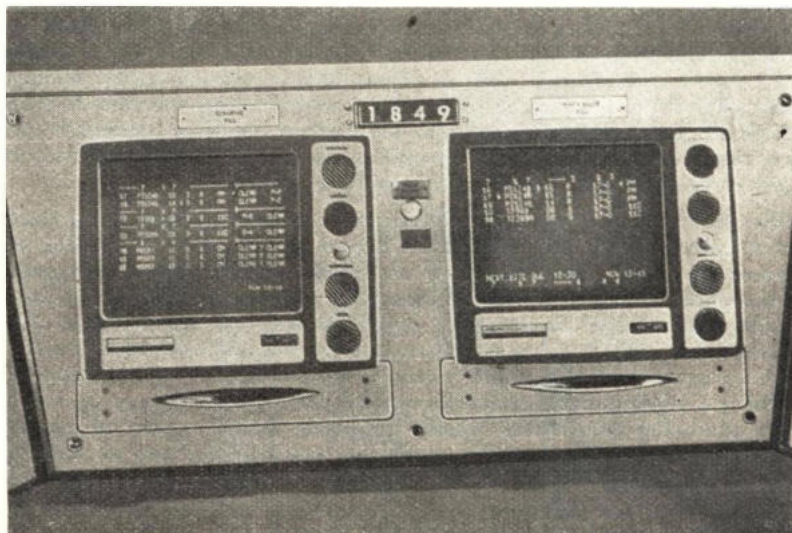
Az adatkijelző rendszert a számítógép vezérli. Ez a rendszer magában foglalja a központi jelesoportképző egységet, amely összeköttetésben áll a hengersor bizonyos pontjain dolgozó gépkezelők munkahelyein levő képernyős adatkijelző egységekkel.

Az előnyújtó hengerson belül négy ilyen adatkijelző képernyőt találunk, amelyek mindegyike azonos adatokat tüntet fel. Ezek a jelzések a hengersorra vonatkozó és az öntecs megmunkálásához szükséges információkat tartalmazzák. Hasonlóképpen négy hasonló kijelzőegységet találunk a bugahengersonban is, melyek mindegyike szintén azonos, és a bugahengersorra vonatkozó információkat közöl.

A termelést (gyártást) ellenőrző központban működő szakember előtt két ilyen képernyős adatkijelző egység áll, melyek közül az egyik az előnyújtó hengersorra, a másik pedig a bugahengersorra vonatkozó adatokat jelzi ki.

A számítógép az adatokat beadja a központi jelesoportképző egységbe, és pedig hat bites jelek formájában. E jelesoportok a ferritmémemóriában tárolódnak, amelyet a berendezés folyamatosan és előírt sorrendben másodpercenként 12-szer letapogat. Az ezen adattárolóból leolvasott kódolt jelek feszültségeket gerjesztenek, s ennek nyomán alakulnak ki a képernyőkön feltűnő jelzések. A berendezés minden egyes önálló jelet úgy alakít ki, hogy az ernyő egy kis

szakaszát egy katódsugár előre meghatározott, egymástól független lépésekben végigtapogatja. Az adatkijelzés az ernyőn vízszintes irányban elrendezett, meghatározott számú jelesoportokból áll. E vízszintes vonalak száma folyamatosan jelenik meg. Ezek függőleges irányban is csoportosítva vannak úgy, hogy az adatmegjelenítés táblázatos formában jön létre. A 13. ábrán bemutatjuk a képernyőn megjelenő adatok egyik jellegzetes példáját.



13. ábra. Jellegzetes, a számítógép által vezérelt táblázatos adatkijelzés hengsori gyártásra vonatkozó adatokkal a gyártási folyamatot ellenőrző szakember előtt álló képernyőn

Visszacsatolás. Amilyen mértékben a megmunkálandó öntecsek végighaladnak a gyártósoron, olyan mértékben az egyes munkahelyeken végzett műveletek adatait a berendezés visszacsatolja a számítógéphez. Ez vagy önműködően, vagy pedig a gépkezelő közvetítésével történik. Az adatvisszacsatolás vagy gyártási adatokat tartalmazhat, például az öntecsek súlya, a lángtisztítás mélysége, a levágott darabok hosszmeretei, vagy egyéb előre meghatározott közléseket, melyek a kérdéses öntecs állapotát jellemzik az egyes megmunkálási fokozatok után.

Szokásos körülmények között az ilyen visszacsatolt információk rutinjellegűek, amennyiben jelzik, hogy a kérdéses öntecs megmunkálása előírászerűen befejeződött. Ha szükséges, akkor ez a közlés még kiegészíthető a megmunkálás egyéb adataival.

Előfordulhat azonban, hogy nem rutinszerű közlések továbbításáról van szó: például az egyik öntecs selejtesnek bizonyult. Ilyen esetben a gépkezelő ezt a körülményt jelző információt továbbítja a számítógéphez, hogy ezzel kiváltsa az ilyen esetben szükséges intézkedéseket, ahol a visszacsatolás

láncaiba a gépkezelő is be van iktatva, olyan megoldást alkalmaznak, hogy maga a művelet és az ahhoz szükséges berendezés a lehető legegyszerűbb legyen. Az esetek túlnyomó részében ilyenkor a gépkezelőnek nem kell mást tennie, mint két nyomógombot működtetni, vagy néhány forgó kapcsolótárcsát megfelelően beállítani.

Ha a gépkezelő egy öntecse vonatkozó adatokat továbbít a számítógépbe (általában ezt tekinthetjük jellemző, normális esetnek), nincs szükség arra, hogy az ez irányú közlések továbbításánál a gépkezelő kódolja a kérdéses öntecs azonosító adatait. Ez annak a következménye, hogy a gépkezelő előtt levő és a személyes tájékoztatására szolgáló nyíljelzés, amelyik megjelenik a saját készüléke ellenőrző képernyőjén, lehetővé teszi a számítógép részére, hogy a visszacsatolt információt és a kérdéses öntecset automatikusan azonosítsa.

Az öntecs súlymeghatározásának művelete teljesen automatikus, és a számítógép vezérlésével megy végbe. A súlyadatok beadása digitális átalakítóval történik, melyet a mérleg működtet.

Gyártási folyamat ellenőrzése. A gyártási folyamat központi ellenőrzéséve megbízott szakember felelős a gyártósoron belüli rendszer teljes átfogó irányításáért. Az ezzel kapcsolatos ellenőrzést a beépített, különlegesen kiképzett vezérlőasztal útján a koordinációs számítógéppel kapcsolatos berendezés végzi. A rendelkezésre álló segédberendezések: egy digitális nyomógombsor és forgókapsolók, melyekkel megfelelő utasítások és adatok továbbíthatók a számítógéphez. Két adatkijelző képernyő is segítséget nyújt munkájában, melyek közül az egyik feltünteti, hogy a megmunkálásra vonatkozó utasítások folyamatosan és helyesen megjelennek-e az előnyújtó hengersonban dolgozó gépkezelők adatkijelző ernyőin, míg a másik ernyő ellenőrzi, hogy hasonló adatok közvetítése a bugahengersonra előírászerűen történik-e.

Ezenkívül a számítógép, ha szükséges, utasításokat kér a gyártási folyamatot ellenőrző szakembertől. Ezek a felszólítások megjelennek az előtte levő kép-ernyőkön, melyek alapján az ellenőrző szakember megteheti a szükséges intézkedéseket. A vezérlőasztalon vannak ezenkívül beépítve a vészjelző berendezések. A gyártási folyamatot ellenőrző szakember felelős továbbá a tervezésre szolgáló és a koordinációs számítógép által szükséges lyukszalagok, valamint a központi tervező számítógép által igényelt, az egyes öntecsek feldolgozási adatait tartalmazó lyukszalagok elkészítéséért, továbbá a gépelt formában megjelenő termelési napló kidolgozásáért.

Mindezen műveletek elvégzéséhez szükséges lyukszalagolvasó és -lyukasztó berendezések, továbbá írógép a különleges kiképzésű (fent említett) vezérlőasztalon foglalnak helyet.

Egy különálló lyukszalagolvasó berendezés kivételével ezek a szerkezetek a koordinációs számítógép asztalára vannak beépítve (együtt a szokásos számítógép vezérlőasztallal) úgy, hogy ez a berendezés alkalmas a számítógép programozó, továbbá a karbantartásért felelős műszaki személyzet, valamint a gyártási folyamatot ellenőrző vezető szakember részéről szükségelt adatok kidolgozására, ill. szolgáltatására. Mind nagysebességű, mind pedig lassú működésű nyolcsatornás szalagolvasó és -lyukasztó berendezések is

rendelkezésre állnak. Az olvasás másodpercenkénti 850 jelnek, ill. másodpercenkénti 20 jelcsoportnak megfelelő sebességgel történhet, a lyukasztás sebessége másodpercenként 110 jel, ill. 20 jel lehet.

Alrendszeres koordinálása. A koordinációs rendszer az a nélkülözhetetlen kapcsolat, amelynek segítségével a különálló alrendszerek egy integrált gyártásirányító rendszerbe egyesíthetők. Az egyes alrendszerekkel szembeni határfelületi összefüggés az egyes munkaterületek munkafolyamatainak követelményeitől függ. A tervező számítógéprendszerrel a kapcsolatok az adatok kétirányú, papírszalag útján való továbbítása tartja fenn.

Amint azt már az előzőekben ismertettük, a központi tervező számítógép a koordinációs számítógép részére olyan lyukszalagokat állít elő, amelyek leolvasása másodpercenként 850 jelcsoportnak megfelelő sebességgel történik. Azonkívül a koordinációs számítógép a termelési adatok visszavezetésére szolgáló lyukszalagokat is készít, melyek lyukasztási sebessége másodpercenként 110 jelcsoportnak felel meg, és amely adatok a központi tervező számítógépbe kerülnek vissza. Ezek a lyukszalagok több ezer jelcsoportot tartalmazhatnak.

Az előnyújtó hengerson programjának kiválasztását a koordinációs számítógép végzi az egyszavas aszinkron „puffer”-tároló útján, melynek a koordinációs számítógép bizonyos időszakokban továbbadja a soron következő hengeresli program azonosítására vonatkozó adatokat. E határfelületi adattárolóban tárolt memóriaegységeket a hengersonprogramozó a saját munkaciklusa által meghatározott időpontban veszi át.

A legbonyolultabb határfelület, a bugaollót irányító számítógép szinkronban működik, és az adattovábbítás az egyszavas „puffer” adattárolás útján mindkét irányban folyik. Ez viszonylag rövid időt vesz igénybe. A koordinációs számítógép a már kivitelezett rendelésekre megkapja a vágási adatokat. Hasonlóképpen a vágóollót irányító számítógéprendszer minden egyes, a repülőszámos olló által feldarabolt bugára vonatkozólag dolgoz ki adatokat.

A bugaollót irányító számítógéprendszer nemcsak együttműködik a koordinációs számítógéppel a gyártási adatokra vonatkozó információk kölesönös továbbítására, hanem a bugaollót vezérlő számítógéprendszer még további három alapvető, egymással kapcsolatban álló fontos feladatot is végez:

1. Meghatározza a hengersonból kilépő bugák előírászerű hosszát, amely hosszak alkalmasak az egyes rendelésekre történő csoportosításhoz.
2. A hosszra vonatkozó adatokat a megfelelő rendelési adatokkal együtt felhasználja arra, hogy számítással megállapítsa az optimális vágási műveletet, ami viszont megszabja a repülőszámos olló által az egyes rendelésekre levágandó bugahosszakot.
3. Az egyes rendelésekre megfelelő hosszak tényleges betartását a számítógép a hűtőpadokon való tárolásnál megállapítja. Ebben a vonatkozásban — hasonlóképpen, mint a koordinációs számítógéprendszerénél — a tervezésnél ugyanazokat az elveket alkalmazzák. Itt is egy English Electric Leo KDN2-típusú digitális számítógép működik együtt a bemeneti—kimeneti vezérlőegységgel, amelyik szintén „Datapac”-rendszerű logikai elemekből van felépítve, és melyek elrendezését ezen speciális rendszer követelményeihez

alkalmazták. A 14. ábra bemutatja az alapvető rendszer elrendezésének vázlatát.

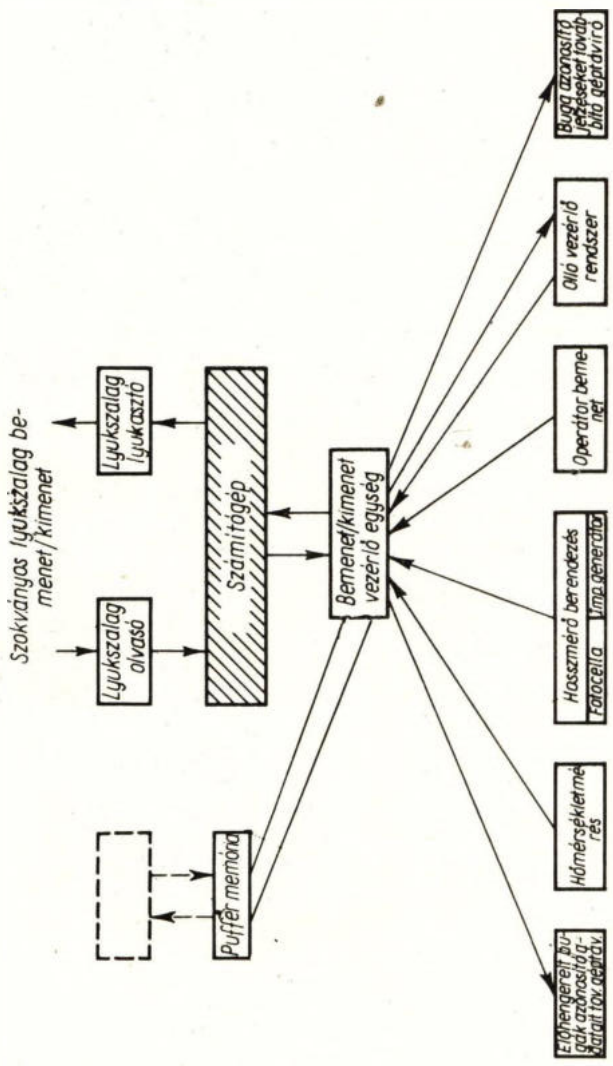
Minden információt, amelyik továbbításra kerül a számítógép és a periferiális berendezések között (az utóbbiak a hengerdében vannak, mint például a hosszmérő berendezés), a gép először kondicionálja és statikussá alakítja át a bemeneti/kimeneti vezérlőegység útján, és csak azt követően továbbítja végső rendeltetési helyére.

A darabolóollót vezérlő számítógép azonos az előzőekben már ismertetett koordinációs számítógép típusával. Megállapították, hogy a fent vázolt rendeltetéshez 4096 szóból álló tárolási kapacitásra van szükség.

Másik tényező, amit érdemes még megemlítenünk, az, hogy a szalagolvasás és -lyukasztás normális körülmények között kapcsolatban van a programbeadással, és bizonyos mértékben az adatregisztrálással is, hogy a rendszer irányítását és ellenőrzését megfelelő mértékben biztosítani, sőt esetleg javítani lehessen. Ennek megfelelően a számítógépegységénél nincsen szükség olyan összetett irányítástartalpra, mint amilyennel a koordinációs számítógéprendszer van kiegészítve. Így a jelen esetben a berendezés csak szokványos vezérlőasztallal van felszerelve, ami magában foglalja az ilyen típusú gépnél használatos és a szokásos külső berendezés irányításához szükséges felszerelést, nevezetesen számítógéppultot, másodpercenként 20 jelcsoportsebességgel működő szalagleolvasó berendezést, és másodpercenként 20 jelcsoportsebességgel alkalmazható szalaglyukasztó berendezést.

Hosszmérés. A repülőszános olló a bugahengerson utolsó állványa mellé van beépítve. Mihelyt a buga kilép a hengersonból, az olló a kilépő tuskót olyan hosszakra vágja, mely hosszakat az egyszerűbb jelölés céljából a következőkben „rendelési hosszaknak” fogunk nevezni. Mielőtt egy öntecs eléri a bugahengerson, az már különféle alakítási műveleteken ment keresztül. Ez rendszerint a darabsúly csökkenését is okozza. Például az öntecs felületén levő revét az előnyújtó hengerson történő hengerléskor eltávolítják, hasonlóképpen a lángtisztítás is bizonyos anyagmennyiséget választ le az öntecsről, továbbá az előnyújtó hengerson levő olló levágja a buga orr-részét és végét. Ezen anyagvesztések végső fokon befolyásolják azokat a hosszakat, melyeket a repülőszános olló az előírt rendelési hosszaknak megfelelően a végső feldarabolásnál levág. Tehát ha az a cél, hogy a vágásnál keletkező anyagvesztéseket a lehető legkisebbre csökkentjük, feltétlenül szükségessé válik, hogy már kezdetben megállapítsuk a pontos bugahosszakat úgy, hogy a feldarabolást a kérdéses rendelésekben foglalt méretelőírásoknak megfelelően optimálisan lehessen végezni.

Mivel a repülőolló a bugákat, mihelyt azok kilépnek az utolsó hengerállványból, azonnal feldarabolja, nincs meg a lehetőség arra, hogy a bugahosszakat a hengerson kilépő oldalán lemérjük, ill. meghatározzák. Ezt a hátrányt úgy küszöbölik ki, hogy a bugahosszat a készremunkáló hengerson való megmunkálás előtt lemérik (közbenes hosszak), és miközben a buga keresztülhalad a készremunkáló hengerson, meghatározzák a nyúlási tényezőt. E két mérési eredmény (melyek meghatározásakor figyelembe kell venni a bugafej és vég levágásánál keletkező méretcsökkenést) megadja azt



14. ábra. Buga vágóollót irányító számítógéprendszer

a végső bugahosszat, amire az egyes rendelkezésekhez való hozzárendelésnél szükség van. Amikor a buga elhagyja az előnyújtó hengersort, belép a fentiekben említett „közbenső” hosszmeretet megállapító mérési szakaszba.

A hengesor asztal oldalán, az előnyújtó hengesor és a készremunkáló hengesor között, 82 fotocella van beépítve (15. ábra); ezek képezik a durva/finom mérésre szolgáló fotocellaláncot, amelyik 200 láb (kb. 60 m) teljes hossz mérésére alkalmas.

A fotocellák közül 72 egység az ún. „durva”-mérésre való; ezek egymástól (a fotocellák középvonalától számítva) 3—3 láb (kb. 1—1 m) távolságra vannak, míg a 10 finommérést végző cella egy, összesen 3 láb (kb. 1 m) hosszú szakaszon van beépítve.

Amikor a buga megközelíti a készremunkáló sort, a buga orra gerjeszti az első finommérést végző cellát, amivel a rendszer már készen áll a mérések elvégzésére. A buga végének a látómezőből való kilépése gerjeszti a legközelebb eső durvamérést végző fotocellát. Ezzel leállítja a mérési folyamatot, és meghatározza annak a közbenső, egészen a legközelebb fekvő, négyhüvelykes (kb. 10 cm-es) szakaszig terjedő közbenső hosszát.

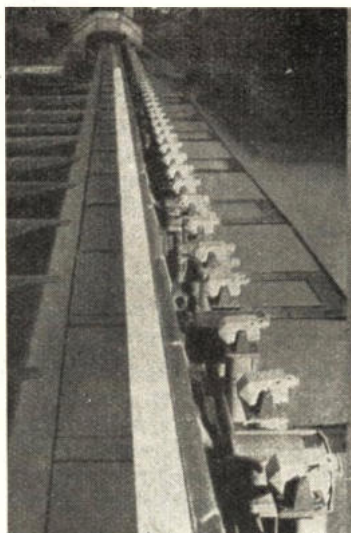
Impulzusszámlálási technikával állapítják meg a mérési folyamat alatt gerjesztett utolsó finommérő cella látókörén túl terjedő buga orrhosszát. Ezen adatok alapján már meg lehet állapítani a közbenső buga hosszmeretét.

A készremunkálók soron végbemenő hengerlés következtében a buga megnyúlik. Amikor a bugaorr elhagyja az utolsó hengersori állványt, érintkezésbe kerül a mérőgörgővel, amely utóbbi össze van kapcsolva egy impulzusgenerátorral. A generátor által gerjesztett impulzusokat a berendezés megszámlálja, miközben a buga vége áthalad egy vagy több, egyenként három láb hosszú „durva”-mérési zónán. Ezzel a megoldással folyamatosan meghatározhatjuk a nyúlási tényezőt.

Mind a közbenső bugahosszra, mind a nyúlási tényezőkre vonatkozó jelzéseket a berendezés megfelelő időpontban beadja a számítógépbe. A számítógépbe beadott egyéb adatok a következők:

a bugafelület-hőmérséklet, aminek alapján meg lehet határozni a hosszirányú kontrakciós tényezőt;

a hengesorkezelő által a kapcsolók segítségével előre beállított és a buga orr-részén és végén levágott darabok hosszmerete, valamint



15. ábra. Fotocellák a hengersor mentén

a csúszáskorrekcióra vonatkozó jelzések, amivel figyelembe vehetjük a mérőgörgő kopásának megfelelő értékeket. Mindezen beadott adatok alapján a számítógép kikalkulálja az optimális feldarabolásnak megfelelő vágási hosszakat.

Az optimum meghatározása. A Park Gate-i üzemben különféle típusú rendeléseket kell legyártani, melyek esetében bizonyos hosszútűréseket kell figyelembe venni; ez különösen lemeztuskók esetére áll, melyeknél a hosszmeret-határértékek 26 lábtól 36 lábíg terjednek (kb. 9,6 m. . .12,6 m). A feldolgozandó bugák hosszmereteiben előforduló eltérések kompenzálására a darabolóollót vezérlő számítógép igénybe veszi ezeket a hosszmerettűréseket, hogy a hulladék kiküszöbölésére ill. csökkentésére a feldarabolást optimálissá tegye.

Ha a feldolgozás alatt álló rendelésekben nincsenek előírva hosszmerettűrések, akkor a darabolóollót irányító számítógép ilyen esetben is jelentős előnyöket biztosít, amennyiben az ollót úgy tudja vezérelni, hogy egy bizonyos bugából különféle rögzített hosszakat vágjon le. Az e megoldással elért előnyöket akkor nem lehet biztosítani, ha az olló a gépkezelő irányítása alatt áll. A berendezés ezen jellemzője fontos abból a szempontból, hogy a bugahengersoron kisebb tételekre vonatkozó bugákat is gazdaságosan le lehet gyártani. A meghatározott rendelési hosszak megállapítása után a hosszmereteket egy jelfogsoron beállítják. Ezek a vágási hossz referencijelzéseit képviselik, mely adatokat a bugaollót vezérlő rendszer a repülőolló működésének szabályozására használja fel.

Azonosítás. A vágási művelet befejezése után az egy-egy bugából származó darabokat az előírt rendelési hosszaknak megfelelően csoportosítják és azok a három hűtőpad egyikére kerülnek, majd a berendezés a megfelelő készre-munkáló sorokra továbbítja őket. A hűtőpadok mellett található géptávírókat az ollót szabályozó számítógép vezérli, amelyek kinyomtatják az egyes darabok azonosításához szükséges adatokat.

A koordinációs számítógép megadja a szükséges utasításokat a vágóberendezést szabályozó számítógépnek, hogy egy-egy meghatározott hűtőpadnál melyik géptávíró igénybe. Minden egyes géptávíró folyamatos feljegyzést ad a hozzárendelt hűtőpadon keresztül futóanyagról, amely adatokat végső soron a kész darabok jelzésére az adminisztratív szervekkel való kapcsolatot fenntartására használják fel.

2.12 Számítógépek és az ARCH-rendszer alkalmazása

Az angliai Elliott Automation cég az általa kidolgozott ARCH-rendszert egyebek mellett acélhengerekre is alkalmazza. Az angliai Newportban levő Spencer Works gyár jelenleg Anglia egyik legnagyobb acélműve. A gyár helyszínrajzát a 16. ábrán mutatjuk be. A gyártástervezés és a gyártási folyamatok irányításának számítógépes rendszerét az új kohászati kombinátumban 1962-ben vezették be. A kombinátót évi 8 . . .10 millió tonna lemez gyártására tervezték, a jelen ismertetés adatainak felmérési szakaszában még csupán kb. 1,5 millió tonna lemezt gyártottak.

A gyártási program főleg a széles szalagsorokon melegen és hidegen hengerelt lemezeket öleli fel. A kombináltan horganyzott lemezeket is gyártanak. A gyárban a kohászati kombinát valamennyi jellemző üzeme megtalálható (tömörítőmű, kokszolóművek, nagyvolvasztók, LD acélgyártó konverterek, bugasorok, széles hideg hengerlő szalagsor, hevítdáknák, horganyzóüzem).

A tervezés és az irányítás bonyolult és terjedelmes rendszerét 1960-ban a BISTRA intézet dolgozta ki, és az Elliott Automation Ltd. céggel együttműködve az RTB társaság fejlesztette ki. A rendszerhez végleges elrendezése esetében összesen kilenc (esetleg tíz) szállítógép fog tartozni három (esetleg négy) irányítási fokozatban az alábbi vázlatnak megfelelően (3, 2, 1 és 0 fokozat):

az irányítás 3 fokozatához központi számítógép (National Elliott 503) tartozik a piackutatással kapcsolatos adatok feldolgozására, a gyár egyes részei között a rendelések szétosztására és a távlati tervezésre;

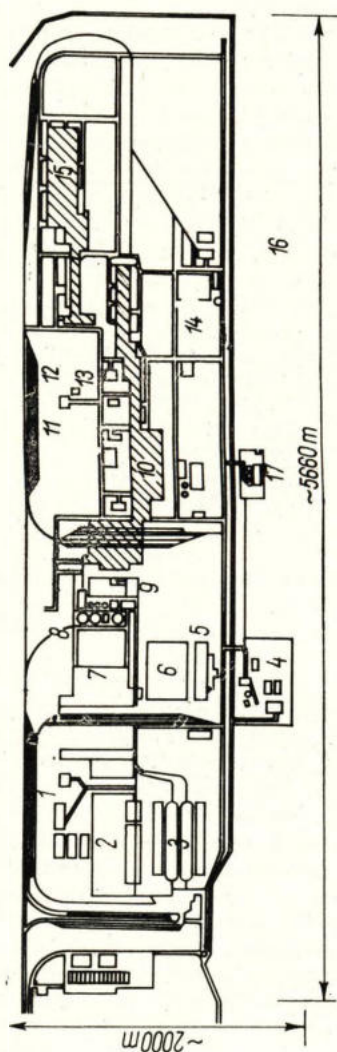
az irányítás 2 fokozata az ún. gyártási tervezés szintje, melyhez két National Elliott 803 B típusú számítógép tartozik; ez a fokozat a rendeléseket határidő és a szükséges anyagok szerint dolgozza fel.

A számítógép az alábbiakat állapítja meg:

a) szükség van-e az acélműnek új parancsot kiadni a jelentős túlterhelésre való tekintettel;

b) a rendelésre készült áru a kívánt mennyiségben és minőségben készült-e el;

c) nem állítottak-e elő jobb minőségű anyagot, mint ahogyan ezt a

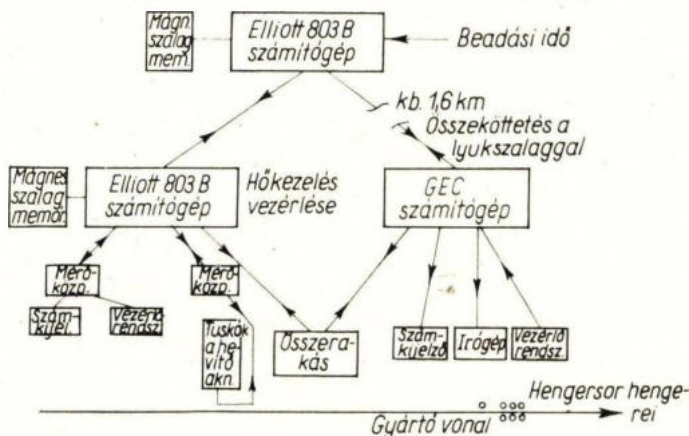


16. ábra. A Newport Spencer Works RTB helyszínrajza
 1 szénraktár; 2 hazai érc; 3 behozott érc; 4 raktárak; 5 mészégető kemence; 6 szén a hőerőmű részére; 7 tömörítőmű;
 8 nagyvolvasztók; 9 hőerőmű; 10 meleghengermű; 11 laboratóriumok; 12 gyár vezetősége; 13 számítógépek; 14 karbantartó műhelyek; 15 hideghengermű; 16 a gyár területe 11.312 km²; 17 oxigéngyár

rendelés előírja, és ebben az esetben melyik más rendelésre lehet az anyagot átcsoportosítani.

Ebből az következik, hogy a gyártásvezetési számítógépek állandóan összehasonlítják az előállított termékek minőségét az előzetes gyártási programmal. Ezeknek az adatoknak az alapján a számítógépek összeállítják (4 órára előre) a végleges gyártási programot, és egy hétre előre az előzetes gyártási programot,

az *irányítás 1 fokozata*, az ún. gyártásirányítás hat önműködő számítógéppel dolgozik. Ezek a számítógépek részben a termelésben foglalkoztatott dolgo-



17. ábra. Információs és vezérlőrendszer a Newport Spencer Works RTB-ben

zók részére (amennyiben a folyamatot kézzel vezéreljük) vagy a vezérlő számítógépeknek (lásd a melegszalag-hengerművet) információkat adnak. A visszacsatolást többnyire a termelésben dolgozó alkalmazottak biztosítják; az alkalmazottak információkat továbbítanak a gyártó számítógépekbe, melyekből feldolgozás után az adatok a termelő-tervező számítógépekbe, innen pedig a központi számítógéphez kerülnek,

az *irányítás 0 fokozata*: a melegszalag-hengerműben a vezérlő számítógép figyelemmel kíséri minden egyes buga útját a hengerműben, kiszámítja a bugák közötti minimális időközt, a hengerműben vezérlő az összes ellenőrző és szabályozó berendezést, és biztosítja a hengerelt darabok helyes méreteit és hőmérsékletét. Minden egyes hengerelt darabról összegyűjti a gyártási dokumentációt és róluk gyártási feljegyzést készít.

Ebből a programból a 17. ábrának megfelelően három önműködő számítógép funkcióit vizsgáljuk, ezek:

gyártástervező számítógép a ciklus végső folyamataihoz (Elliott 803 B), gyártási számítógép a tuskók és a bugák részére (Elliott 803 B) és vezérlő számítógép a széles szalagok meleghengerműve részére (General Electric 312).

Technológiai jellemzők. Az irányító rendszer kvartóállvánnyal dolgozó hatállványos tandemsort vezérel. Általában 25,4 mm bemenő vastagságú és 1,5...0,95 mm végleges vastagságú nemrozsdásodó anyagú acélt hengerelnek. A hengerek szélessége 1525 mm, legnagyobb hengerlési sebesség 894 m/min. Minden egyes állványon a felső henger állítása és a hengerek sebessége szabályozható.

Valamennyi állvány között a darab húzására mérő- és szabályozó berendezések (hurkos szabályozók) vannak. A második és a negyedik állványon berendezés van a hengerelt anyag vastagságának mérésére és szabályozására (a hengerekre ható nyomás és a hengertávolság szintetikus adata); a hatodik állvány után a röntgensugárzás elvén működő vastagságmérő berendezés van, mely a 2. és 4. állványnál a vastagságszabályozóval van összekötve. A tandemsor előtt előhengerlő állvány van.

A General Electric 312 vezérlő számítógép egyelőre csak a hatállványos tandemsort vezérli, tehát nem a teljes meleghengerművet. A rendszer a hengerelt darabokat az irányváltó előnyújtóállványtól egészen a tekereselőig követi. A számítógép memóriájában a következő főbb adatok vannak:

a) Valamennyi hengerelt acélfajta tulajdonságait jellemző számok (állandók, melyeknek segítségével történik az erő, az energia és a nyomás kiszámítása), továbbá a különböző acélfajták röntgen vastagságmérője részére a korrekciós tényezők.

b) Különböző acélfajták esetén a hőmérséklet és a hengerlési sebesség hatásának jellemző állandója.

c) A technológiai berendezéssel kapcsolatos adatok a korlátozó feltételekkel.

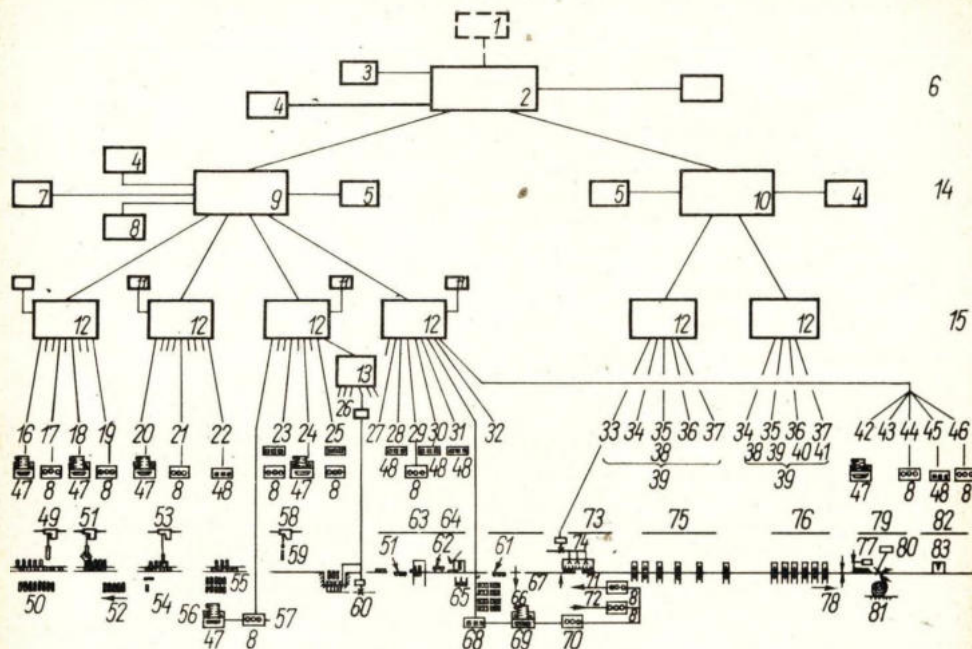
d) A hengerlési folyamatok matematikai modellje, mely lehetővé teszi a működés közben keletkező adatok kiszámítását.

A vezérlési folyamat (18. ábra) az előhengerelt darab előnyújtó állványon való utolsó áthaladásának befejezésével kezdődik. Innen részben az elhelyezett érzékelők továbbítják a számítógépbe az adatokat, részben pedig billentyűkkel a kezelő kézzel. A számítógép kiszámítja a tandemsor beállításának „első közelítését”, és megfelelő parancsot ad, amikor a tandemsor szabad.

Amikor az előhengerelt darab hőmérséklete a bevezető görgősor fölött elhelyezett pirométerrel megállapítható, a mérés alapján a számítógép ellenőrzi a tényleges hőmérsékletre vonatkozó számítást, és helyesbíti a tandem beállítását.

Miután az előhengerelt darab az első állványon áthaladt, a számítógép megméri a vastagságot és a tandem szabályozójának kiadja a harmadik pontos parancsot, még mielőtt az előhengerelt darab a második állványt elérné. Ettől a pillanattól kezdve a tandemsort a szabályozók vezérlik, és a számítógép állandóan követi az eredményeket. Memóriájában rendezi az állandókat, és így javítja a beállítást a további hengerelt darab részére.

A vezérlési algoritmust úgy dolgozták ki, hogy a szükséges hengerelt darabkal kapcsolatos elsődleges információkból a számítógép először az egyes állványokban elérendő vastagságot, a megfelelő sebességet, a hengerlési nyo-



18. ábra. A Newport Spencer Works RTB gyár távlati vezérlése

1 vezérlési és elemzési beszámoló; 2 ütemtervek, gyártási programok előkészítése; 3 új rendelések; 4 kezelő vezérlőpultja; 5 mágnesszalagmemória; 6 gyártási programok alapvető tervezése, és optimalizálás az egész komplexum szintjén; 7 bemenő lyukszalag; 8 vezérlőtábla az információk bevitelére és kiadására; 9 gyártás irányítása – vezérlő számítógép; 10 a meleghengermű termelésének zárt szabályozó rendszere; 11 kimenő lyukszalag; 12 a vezérlő számítógép bemenő és kimenő rendszere; 13 a hevítőaknában a hőmérséklet ellenőrzésére és beállítására szolgáló segéd mérőközpont; 14 a gyártási művelet felbontása a gyártási szakasz szintjén; 15 a gyártási műveletek vezérlése; 16 kokillákkal szemben támasztott követelmények; 17 kokillaszerelvények; 18 öntési utasítások; 19 öntési program; 20 a raktározásra és az elhelyezésre irányuló utasítások; 21 raktározási program; 22 tuskók jelölése; 23 a hevítőaknák berakási programja; 24 a tuskók elosztási utasítása; 25 tuskók elosztása; 26 az előírt értékek beállítása; 27 súly; 28 hengerlési program; 29 minőség ellenőrzése; 30 tuskók lángtisztítása; 31 osztályozás; 32 súly; 33 hőmérséklet; 34 állványok leterhelése; 35 csavarok beállítása; 36 szélesség; 37 sebesség; 38 elhelyezés; 39 közvetlen mérés és szabályozás – az előírt értékek távbeállítása; 40 hőmérséklet; 41 víz; 42 befejező program; 43 súly; 44 minőségellenőrzés; 45 osztályozási program; 46 befejezés; 47 villamos őrőgép; 48 számkijelző; 49 kokillák előkészítése; 50 kokillaraktár; 51 öntőde; 52 a raktárba visszazárt kokillák; 53 kokillalehúzó csarnok; 54 hulladék; 55 tuskóraktár; 56 tuskók a raktárból; 57 változások a raktárban; 58 hevítőaknák; 59 tuskók szállítása; 60 hőmérséklet szabályozása; 61 súly; 62 tuskók tüzi tisztítása; 63 egyetemes bugos; 64 hengerelt darabok osztályozása; 65 hulladéktuskók fej- és talprésze; 66 előhengerelt darabok raktára; 67 előhengerelt darabok szállítása; 68 a hengerelt darabok elhelyezésének számkijelzője; 69 expedált hengerelt darabok jelölése; 70 vezérlőtábla a további feldolgozásra kerülő hengerelt darabokról az információk beadására és kiírására; 71 előhengerelt darabok – import; 72 hengerelt darabok – export; 73 hevítőaknák; 74 hőmérsékletszabályozó; 75 hatállványos meleghengermű; 76 hatállványos hideghengermű; 77 vízzuhany; 78 radioizotópos szalagvastagság-mérő; 79 hengerelt darab tekerésselése; 80 szalag vagy lemez szabályozása; 81 súly; 82 lemez osztályozása; 83 kimenő kezelés

mást, valamint a szalag feszítését, továbbá az állítócsavarok végleges állását határozza meg.

Amikor a hengerelt darab a tandemsort elhagyja, a számítógép a hengerelt darabról (tekercsről) gyártási dokumentációt állít ki. Ez a dokumentáció a következőket tartalmazza: szélesség, mindenegyharmad méteren mért durva-vastagság, az eredeti előhengerelt darab hossza, a rendelés száma, szükséges méretek, hengerlési és tekereselési hőmérséklet, egyes esetekben pedig a hengerek sebessége, nyomása, beállítása stb.

A vezérlő algoritmus az abnormalitásokkal, esetleg a kezelő hibás parancsaival is számol. Ha a követelmények nem teljesíthetők, akkor a számítógép erről a kezelőt tájékoztatja. Az algoritmust az állványok kisebb számának üzemeltetésére is kidolgozták.

A hengerson kiszolgálási feladata (egyetlen dolgozó végzi e munkát) könnyű, és a kiszolgálással szembeni igényesség jelentősen csökkent. Korábban a kezelőnek kézzel 24 értéket kellett beállítania, jelenleg pedig még az előhengerelt darab hengerlésekor történik a hengerelt darabmal kapcsolatos információ kiadása; korábban pontosan meghatározott technológiai eljárásra volt szükség, jelenleg a számítógép folyamatosan módosít.

Értékelés. Az elért eredmények fontos kritériuma a szalagok vastagságának pontossága. Ezer hengerelt darabon végzett méréssel megállapították, hogy szabályozók nélkül végzett hengerléskor csak a termékek 37%-a volt $\pm 0,05$ mm tűrésen belül. Szabályozókkal való hengerléskor kéthónapi üzemeltetés után a termékek 72%-a, 18 hónapi üzemeltetés után 85%-a, és a számítógéppel történő hengerléskor két hónap után 94%-a illeszkedett a határértékekbe.

Mivel a számítógép memóriájában a vastagságok széles tartományában 40 acélfajtára vonatkozó adatokat tárol, igen gyorsan megváltoztathatja a hengerson beállítását, ami korábban nem volt lehetséges.

A GE 312 számítógép szóhossza húszbites. Hatvannál több alapvető utasítása van. A dobmémória kapacitása 16 000 szó, 12,5 μ s legnagyobb törlési idővel. 160 analóg vagy digitális bemenet és 30 kimenet alkalmazható.

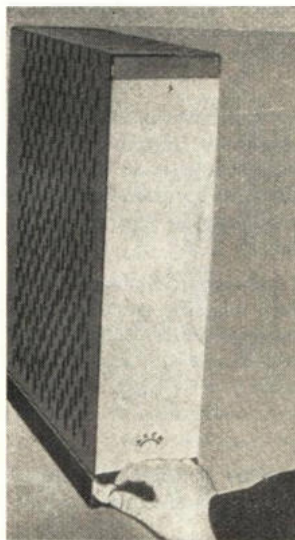
A teljes meleghengermű vezérléséhez, beleértve a hevítőaknákat, az előhengerlő állványt, a tandemsort, egészen a tekereslésig GE-412 számítógép szállítását irányoztak elő.

E koncepció gazdasági elemzése azt mutatja, hogy a vezérlés megjavításával olyan megtakarítások érhetők el, melyek a rendszer költségeit három-négy év alatt megtérítik. Ez a megtakarítás főleg a gyártmányok minőségének javulásából (vastagsági, szélességi pontosság és tekereselési hőmérséklet), a nagyobb termelékenységéből (az idővesztések és az üzemzavarok kiküszöbölése által) és a minden szempontból gazdaságosabb üzemeltetésből adódik. A számítógép ezenkívül nagymértékben hozzájárul a technológiai folyamat közelebbi megismeréséhez. Az itt szerzett tapasztalatok értékelése a meleg szélesszalag hengerművek építésében lehetővé teszi az előrehaladást.

A gyár vezérlésének teljes koncepcióját a 18. ábra szerint valósították meg.

ARCH-rendszer. A számítógépeken kívül a gyártásban számos más automatizálási eszközt alkalmaznak, beleértve a villamos mérlegeket és a mennyiségmérőket is. Széles körben alkalmazzák az Elliott cég ARCH egyetemes szabályozó rendszerének egyes ágait. Gyakorlatilag valamennyi üzem automatizálásához digitális ágakat alkalmaznak.

Az Elliott Automation cég adatai szerint a rendszer kifejlesztése kb. 1 millió fontba került. A jelenlegi felállított automatizálási eszközök, a számítógépekkel együtt kb. 2 millió fontot tesznek ki; a teljes kiegészítésben kb. 5–6 millió fontra van szükség. Az automatizálási eszközökre az összes ráfordítások a technológiai berendezések beruházási költségeinek kb. 10%-át fogják képezni.



19. ábra. Jellegzetes ARCH építőelem

Az ARCH-rendszer sajátosságai. Az ARCH 102, ARCH 9000 és ARCH 2000 rendszereken keresztül kívánjuk szemléltetni az ARCH-rendszer sajátosságait. Szerkezeti megoldásuk azon a széles körű gyakorlati tapasztalaton alapszik, amelyet az Elliott Automation vállalat az egyszerű számítógépes adatgyűjtő rendszertől a nagy és bonyolult vezérlőrendszerekig terjedő legkülönbözőbb alkalmazási esetekkel kapcsolatban szerzett.

Mind egyik rendszer korszerű félvezetőket tartalmaz a rendkívül nagyfokú üzembiztonság érdekében.

A rendszerek rugalmasságának titka a folyamatba iktatott perifériális berendezések egyszerűségében rejlik, ami lehetővé teszi minden rendszernek az esetenkénti alkalmazással kapcsolatos követelmények kielégítése céljából történő kibővítését, vagy pedig olyan rendszerekké való kiegészítését, amelyek egymáshoz

csatlakoztatva megfelelő vezérlésre szolgáló „hierarchiát” alkotnak.

Annak a tapasztalatnak egy további terméke, amelyet az Elliott Automation vállalat a számítóberendezéses vezérlőrendszerek alkalmazásával kapott, a speciálisan a folyamatvezérlés céljára szolgáló „software” kifejlesztése. Teljes software berendezés áll rendelkezésre minden ARCH-rendszerben (19. ábra), de talán a legjelentősebb az APEX (Assembler and Program Executive gyűjtő és programvégrehajtó), amelyet az ARCH 2000 típus számára fejlesztettek ki azért, hogy egy rendkívül nagy teljesítőképességű számítógépes rendszer teljes mértékben kihasználható legyen.

Az ezen ARCH-rendszerek által nyújtott fokozott megbízhatóság alapján nagy folyamatok közvetlen digitális vezérlése is lehetséges. Egyszerű és komplex algoritmusokat állíthattak elő, amelyek jól beváltak ezen a területen. Ezek az általános software rendszer egy részét alkotják, s minden gép szükséges tartozékai. Talán a legjelentősebb szempont annak a számára,

aki a folyamatvezérléssel foglalkozik, az a tény, hogy az Elliott Automation vállalat folyamatspecialistákból, programozókból és vezérlési műszaki szakemberekből álló brigádokat bocsát rendelkezésre, amelyek segítséget nyújtanak a számítóberendezések ARCH-sorozatának a folyamatvezérlés területén történő felhasználásában. A folyamatműszerezéssel és analitikai műszerezéssel foglalkozó osztályok szakértői szintén részt vehetnek ebben a brigádban, úgy hogy a folyamatvezérléssel kapcsolatos minden felmerülő probléma megoldásában támogatást tudnak nyújtani.

Az ARCH 102 olecsó, tömör elrendezésű rendszer, szerkezeti megoldása alapján folyamatba iktatva időhű (real time) tevékenységre alkalmas, és főleg a közvetlen digitális szabályozás és számítógépes adatgyűjtés céljából kerül felhasználásra. Az ARCH 102-típusú központi egység 13 bit szóhosszúsággal dolgozó bináris, párhuzamos gép. A logikai és aritmetikai műveleteket dugaszolható nyomtatottáramkörös táblákon található szilíciumdiódás, tranzisztoros logikai elemek hajtják végre.

A programutasítások és adatok vagy 4096 vagy 8192 szó tárolására alkalmas ferritmagos tárolóban tárolódnak. A 4096 szavas tárolót a helyszínen fel lehet cserélni egy 8192 szavas modul ellenében egyszerűen úgy, hogy kieserélik a modult és beraknak még három dugaszolható logikai táblát.

A programnak a számítógépbe való beolvasása ötnyomásos lyukszalaggal történik szalagolvasó útján. A programozó munkaasztala központi egységgel van felszerelve, úgyhogy utasítások, utasításmódosítások stb. kézzel adhatók be.

Négy programszint van, s a rendelkezésre álló, berendezések lehetővé teszik az alacsonyabb szintű programoknak magasabb szintű programok általi megszakítását. Megszakítás esetén a magasabb szintű program azonnal bekerül, amint a folyamatban levő utasítás végrehajtása befejeződik.

Az ARCH 9000 közepes méretű folyamatirányító számítórendszer, amely elsősorban időhű üzemmódú alkalmazási esetek céljára szolgál. A rendszert eredményesen alkalmazzák folyamatok vezérlésére, valamint folyamatos működésű üzemek optimalizálására és közvetlen digitális szabályozásra.

Az ARCH 9000 központi egysége 18 bit szóhosszúsággal dolgozó bináris, párhuzamos gép. A logikai és aritmetikai műveleteket itt is dugaszolható nyomtatottáramkörös táblákon összegyűjtött félvezetős logikai áramkörök végzik el.

A program beadására a számítógépbe nyolesávú lyukszalagot használnak. A programozó munkaasztala központi egységgel van felszerelve, úgyhogy rövid utasításokat, utasításmódosításokat stb. kézzel lehet beiktatni.

Négy programszint áll rendelkezésre; a berendezések lehetővé teszik az alacsonyabb szintű programoknak valamely magasabb szintű program által megszakítását.

A gyár programkönyvtárt bocsát a felhasználók rendelkezésére olyan szokvány szubrutinokkal, mint amilyen például a közvetlen digitális szabályozó, vészjelletapogató és adatgyűjtés.

Az *ARCH 2000* berendezés nagy teljesítményű számítógépes rendszer, amely folyamatos működésű üzemek vezérlésére és optimalizálására való. Két rendszer van: az *ARCH 2020* és az *ARCH 2030*, amelyek az *Elliot* 4120 és 4130 típusú központi egységeken alapszanak. A központi egység mindkét esetben 24 bit szóhosszúsággal dolgozó párhuzamos bináris gép. A ferritgyűrűs tároló 8192 szóról 8192 szavas blokkonként 32 768 szóra bővíthető ki. Kiegészítő tárcsa-tárolók is kaphatók hozzá. A berendezéshez rendkívül bonyolult felépítésű software rendszer, az *APEX* tartozik. Ez a modulrendszerű programvezérlő, amely folyamatosan belül adatgyűjtéshez és folyamatvezérléshez szükséges normál időosztó berendezéseket ölel fel: lehetővé teszi a központi egység és a hozzátartozó perifériális berendezések kapacitásának olyan ütemezését, hogy a pontos időzítéssel kapcsolatos követelmények kielégíthetők, a kihasználatlan kapacitás megállapítható, és az előre beütemezett munka zavarása nélkül felhasználható. Az *APEX* bemenő/kimenő készletet is tartalmaz a folyamatba iktatott perifériális készülékek számára, úgyhogy a felhasználónak nem kell törődnie az ezen készülékek számára kiadandó rendelkezések technikai részleteivel.

Az elvégzendő munka különböző elsőbbségi szintekre van felosztva, és az ütemterv szerinti beosztás akadályozza meg a különböző magasabb elsőbbségű munkák ütközését. A „kevesebb” elsőrendű rutínmunkák megszakadnak, amikor valamilyen előbbre sorolt munka válik esedékessé, de folytatódnak, amint az lehetségessé válik. Egy időosztó rendszer szervezi ezeket a módosításokat, és egy besoroló rendszer gondoskodik az alacsonyabb sorrendiségű fókú munka beiktatásáról.

Az *ARCH*-rendszerek a legkülönbözőbb igények egész sorát elégítik ki. Ilyenek: adatgyűjtés, vészjelletapogtatás, számítással kapcsolt adatgyűjtés (computing logging), közvetlen digitális vezérlés, többváltozós vezérlés, besorolás, folyamatoptimalizálás, és a fentiek kombinációi.

A valamely adott alkalmazási esetben szükséges rendszer mérete és kialakítása az adott esetben felmerülő célkitűzésektől és szükségletektől függ. Nincs két olyan követelménycsoport, amely azonos lenne. Minden esetre az eddig több mint 125 kivitelezett *ARCH*-rendszerrel üzem közben mindmáig szerzett tapasztalat arra mutat, hogy a rendszerrel szemben támasztott követelmények esetleg hatalmas sora is kielégíthető.

Bár fejezetünk célkitűzése csupán a fémipari alkalmazások szemléltetése, itt mutatunk rá, hogy e rendszerek többsége az olaj- és vegyiparban működik, desztilláló oszlopoknál, platinareformáló oszlopoknál, ammóniagyártásban, etilénygyártásban és földgázfrakcionálásnál.

Alkalmazások. Egy már üzembe állított tipikus rendszer több mint 500 bemenő jelet kap egy finomítótelep különböző folyamatszabályozó egységeitől, amelyek arra szolgálnak, hogy a rendszer 24 óránként jelentésekkel lássa el a vezetőséget, ezenkívül pedig a telep gépkészítői számára mindig a pillanatnyi helyzetnek megfelelő tájékoztatást biztosítson a gyár működéséről. A berendezés úgy van programozva, hogy vészjelletapogtatást végezzen, és külön távnyomtató készüléken nyomtatásban jelezze az azokra a pontokra vonatkozó részletes adatokat, amelyeknél valamilyen határérték-túllépés következett be.

Ezenkívül két, egymástól független kezelőasztal van, amelyeken kiválasztott értékek indikálására és új vészjelhatárok és egyéb adatok bevezetésére szolgáló lehetőségek találhatók.

Egyéb ARCH-rendszerek eredményesen üzemelnek műanyaggyárakban, energiafejlesztésnél, pép- és papírgyárakban. Így például az angliai Wolvercote papírgyárban az 1. számú papírgyártógép nedves végének vezérlésére szolgáló ARCH-rendszer máris 9,4%-kal fokozta a termelést. A termelésnek ez a növekedése úgy volt elérhető, hogy a fokozatváltás ideje az egyharmadára csökkent, a termék egyenletesebbé vált, és kisebb lett a hulladék-mennyiség.

Visszatérve a kohászathoz, az ARCH-rendszereknek a fémipar területén való sokrétű felhasználására vonatkozó egyik példa a bugák szétvágásának folyamaton belüli vezérlése, amivel kapcsolatban határozott előnyöket jelent az, hogy a rendszer optimalizálja a vágóműveletet, és ennek következtében megnöveli a hatásfokot és a hozamot. A rendszer a hulladékokat a minimálisra csökkenti, amennyiben meghatározza minden egyes hengerelt tuskó teljes hosszát, majd kiválasztja az ügyfelek rendeléseinek azt az optimális kombinációját, amely szerint a bugát fel kell vágni.

Hőntartó kemencéknél, ónozó vonalaknál, nagyolvasztóknál üzemelő ARCH-rendszerekkel kapcsolatban szintén vannak már felhasználási tapasztalatok.

Az Elliott Process Automation vállalat szállítja a berendezéshez szükséges primer érzékelőket, transzduktorokat, kromatográfokat stb., kiegészítve így a feladatok végrehajtásához szükséges berendezések számát. Egy bizonyos érkező rendszerben az ARCH-rendszernek sorban kell működnie egy Elliott Automation-féle többáramlásos, többesatornás röntgenspektrométerrel.

Egy többkörös fermentáló berendezésnél egy ARCH-rendszer, amely ebben az esetben is az Elliott-Process Automation által szállított és gyártott transzduktorokkal van felszerelve, 50 hurokban (hatásláncban) mint kombinált közvetlen digitális vezérlőberendezés, adatgyűjtő berendezés és vészjelletapogató berendezés üzemel. Ez a rendszer harminc hőmérsékletmérő helyről, hús levegőáramlás szabályozótól, hús pH-mérőhelytől és hús habosodás-szabályozó helytől vesz át jelzéseket, és ezenkívül jelzi a más műszerektől beérkező vészjeleket.

Elliott 503 és 803 számítógép alkalmazása. E kis kitérő után térjünk vissza a bevezetőben említett példához, mert ennek lezárásaként az Elliott 503 és 803 számítógép szerepét és adatait kívánjuk ismertetni. Az Elliott 503 számítógép az Elliott 803 számítógéppel van összekötve; az utasítások kódja azonos, így az Elliott 803 számítógép valamennyi programja változtatás nélkül alkalmazható az Elliott 503 számítógépre is, mely azonban az előbbinél kb. 75-ször gyorsabb.

Ez a számítógép kb 3 m hosszú, 2 m magas és 6 m mély szekrényben elhelyezett központi egységből, tápegységből és kb. 2 × 1 × 0,6 m méretű szekrényben elhelyezett légttechnikai rendszerből és vezérlőasztalból áll. A számítógép fontos eleme a „mérnöki tábla”, amelyen a rendszer hibáinak, a műveleti egység, a regiszterek, a kiegyenlítő memóriák stb. foglaltsága van jelezve.

A fő memóriaegység kapacitása 4096 szó szavanként 39 bittel. Ez a kapacitás szükség esetén megfelelően bővíthető. Az adatok beviteli ideje 3,3 μ s, a törlési idő 1,4 μ s. Egy szó két utasítást vagy 1 számot tartalmazhat. Minden egyes utasítás 6 műveleti és 13 címbitet tartalmaz. A rendszer bináris és lebegő törtvesszővel dolgozik, miközben a mantissza 30 bitből, a kitevő pedig 9 bitből áll.

Műveleti idő	μ s
Egyszerű aritmetikai műveletek	3,6...5,4
Egyszerű logikai műveletek	3,6...5,4
Átvitel	1,2
Szorzás rögzített törtvesszővel	33...48
Osztás rögzített törtvesszővel	81
Összeadás, kivonás lebegő törtvesszővel	12...30
Szorzás lebegő törtvesszővel	30...39
Osztás lebegő törtvesszővel	69

2.2 Kemencék irányítása

2.2.1 Martin-kemencék

Egy külföldi olvasztóműben, melyet példaként ismertetünk, hét darab 65 tonna kapacitású Martin-kemence dolgozik. Közülük egy savas és hat bázikus. Ez az utóbbi arány a kereskedelmi igények változásával változik.

A kemencék hidegadatagolásúak és gáztüzelésűek.

Az öntőmű termékei megoszlanak különböző hengerlő és sajtoló berendezések között, és ennek eredményeként az öntecsek alak, méret és súly szerint nagyon különbözők. Sok acélfajtát gyártanak, ezek nagy többsége szénacél, kisebb mennyiségben gyengén ötvözött acélféleségeket is készítenek.

Az öntőmű teljes termelése kb. 5000 t/hét értéket érhet el, bár az öntőművet a felmérés időszakában rossz határfokúnak és korszerűtlennek tekintették.

A következő öntecstípusok fordulnak elő:

- 12 oldalú: 32,5 cm, 37,5 cm, 40 cm és 47,5 cm;
- nyolelapú: 62,5 cm, 75 cm, 80 cm, 92,5 cm, 1 m, 120 cm, 135 cm és 157,5 cm;
- négyszögletű: 50 cm.

A számítógép első feladata *menetrend* készítése.

Menetrend. Egy központi gyártásirányítási osztályról megérkezik a szükséges öntecsek igénylése a következő hétre vonatkozóan. Ezt a feldolgozó osztályoknak számításba vett hétre vonatkozó szükségletei alapján képezik, figyelembe véve minden olyan korlátozást, mint pl., olvadáképeségi tényezők vagy lassú hűtési lehetőségek.

Ezt az igénylést az olvasztómű mindegyik szekeiojára vonatkozó utasításokká kell átalakítani úgy, hogy elegendő idő maradjon az előkészületi munkák elvégzésére. Ez az a feladat, melyet a számítógép elvéggez.

Az alkalmazott módszer a következő:

A programozás első lépése szabványos eljárások sorozatának ajánlása minden acélminőség készítésére.

Ez mindegyik minőségre tartalmazza:

- a) a használt szabványos keverék meghatározását;
- b) az eredményül kapni kívánt termék előírását;
- c) a finomítás alatti adagolást;
- d) az adagolandó végső finomítóanyagokat;
- e) ahol lehetséges, a finomítás alatti fürdő hőmérsékletét.

Noha ez nehéz feladat, mégis egy folyamat kielégítő irányítását az embernek szabványutasításokkal kell kezdenie, közben mérni kell a szabványértékektől való eltérést, és folytonosan módosítani kell a szabványokat az újonnan szerzett ismereteknek megfelelően.

Ezért ezeket az utasításokat mindegyik acélminőségre kidolgozták, és a számítógép „referenciakönyvtárában” vagy memóriájában kód alakjában tárolják. Az öntőforma esetében az a fő probléma, hogy ha egy öntéssel többféle öntecsméretet készítenek, el kell határozni, hogyan lehet őket csoportosítani.

Azok a tényezők, melyeket a program számításba vesz: az optimális öntési sebesség, a teljes öntési idő és az a maximális öntőformaszám, mely párhuzamosan tölthető. Az öntecsek csoportosítása és a használt öntőüst-cső kapcsolatban van egymással.

Egy módszert ajánlottak az öntecsek legjobb csoportosításának aritmetikai képzésére az öntés különféle körülményei közepette mind emelkedő-, mind beömlőtölteséres öntés esetén. Beömlőtölteséres öntés esetén a módszer figyelembe veszi az egyéb ismert korlátozásokat, mint pl. azt, hogy az egy csoporton belüli öntecsek súlyai közötti eltérésnek korlátozottnak kell lennie. Ez egyféle csoportosítást, öntési sorrendet és bizonyos öntőkanálesőrt állapít meg. Ha egy csoportra az áramlási sebességek közötti eltérések nagyok, akkor egy öntecs kicserélését vagy egy további csoport kialakítását okozhatja.

Végül a számítógép elkészíti a különböző típusú kiinduló termékigénylést, mely szükséges az öntecsigény legyártásához.

Az alkalmazott eljárás a következő:

Minden egyes öntésre vonatkozó igénylést távnyomón ún. *mesterlapra* gépelenek. Ezzel egyidejűleg lyukszalagot is készítenek, mely a számítógép bemenete.

A referenciakönyvtárnak a számítógép mágnesszalagjára való betáplálása után a folyamatos heti igényléseket táplálják be a gépbe. A gép kimenete lyukszalag, melyen rajta van az egyes öntésekre vonatkozó igénylés és az annak elkészítésére vonatkozó utasítások. Ezt a lyukszalagot ezután távnyomtatóba helyezik, amely mesterlapot készít. A nyomtatott adatmennyiség három fő részre oszlik:

- a) a felső rész az eredeti igénylés másolata;
- b) a középső rész az öntecs-csoportosításra, a csörméretekre stb. vonatkozó utasítás;
- c) az alsó rész a raktárra és a színhelyre vonatkozó utasítás az anyagok előkészítésével kapcsolatban, és az olvasztóra az acélglyártási eljárással kapcsolatban.

Meg kell jegyeznünk, hogy bizonyos acélokra ezeket az utasításokat jóval részletesebben adják meg a folyamat kiterjedt statisztikus analízise eredményei alapján. Így azok ebben eltérnek a bázikus folyamattól.

A mesterlapot két ok miatt készítik ezzel a csoportosításra módot adó módszerrel. Először, mert mind a második, mind a harmadik rész különálló kártyaként reprodukálható és utasításként odaadható az illetékes felelősöknek. Másodsor, mert az egész egyetlen kártyaként reprodukálható, mely referenciaacélokra mutatja az öntésre vonatkozó teljes adatmennyiséget. Ezt a kártyát az öntőmű programozására is felhasználják, azaz az öntéseknek kemencékhez olyan módon való hozzárendelésére, hogy az öntést valóban a kívánt idő alatt el tudják végezni.

Így kielégítő idő alatt készültek el az összes szükséges dokumentumok úgy, hogy az utasításokat világosan és pontosan ki lehet adni az öntőmű összes részlegének. Az a feladat, aminek elvégzésére korábban egy ügyes és gyakorlott dolgozónak 2,5 napra volt szüksége, az most 0,75 óra számítási időt vesz igénybe. Ez lehetőséget ad hasznosabb munkák elvégzésére, hibák ellen is biztosít, és állandó megközelítésre ad módot olyan problémákhoz, mint amilyen pl. az öntecs-csoportosítás.

A rendszer tartalmazza azt a lehetőséget, hogy a gyakorlatban előforduló minden változás közvetlenül regisztrálható a számítógép „referenciakönyvtárában”. Ez minden esetben kívánatos eljárás.

A munkát egy Ferranti „Pegazus” számítógépen végezték el, mely egy számítóközpontban időbeosztásos alapon áll rendelkezésre.

2.22 Nagy foszfortartalmú nyersvas lefűvásának automatizálása

E feladat megoldására a francia USINOR cég denaini acélüzemében került sor. Az első berendezést 60 tonnás konverteren alkalmazták. A feladatot a következőkben foglalták össze:

- a) a kohászati folyamat részleteinek felderítése;
- b) a széntelenedés sebességének mérésére irányuló üzemi kísérletek;
- c) széles körű közvetlen számítógépes irányítás zárt körben.

Az itt felhasznált RW 300 típusú folyamatirányító számítógép dobtárolóval felszerelt, az ún. első generációhoz tartozó számítógép-típus. A számítógép 18 bit szóhosszúsággal működik. Tárolókapacitása 8000 szó. Működési sebessége utasításokra és műveletekre vonatkoztatva ezredmásodperc nagyságrendű. Minthogy ebben a számítógépben nincs lehetőség a program sorrendvezérelt megszakítására, a felmerülő problémák programozása nehézségekbe ütközött. A jelenleg rendelkezésre álló irányító számítógépekkel ezek a feladatok sokkal könnyebben megoldhatók.

A számítógéphez két kézi adatközlésre alkalmas *vezérlőasztal* tartozik. Az egyik a konverter vezérlőasztalában található és a konverterrészlegben felmerülő adatok (irányértékek, súlyok) betáplálására való. A másik az analízáló helyiségben van, ahol a nyersvas és a salak spektrométerrel megállapított adatait közlik az irányító számítógéppel.

A konverter vezérlőasztalán írógép szolgáltatja az összes, a kiszolgálószemélyzet számára szükséges adatot. A számítógép az első fázisban a következők nyolc analóg mérési értéket érzékeli folyamatosan:

- a) az oxigénbefúvás magassága az olvadék felett;
- b) a finommész súlya;
- c) az oxigén abszolút nyomása, nyomáskülönbsége és hőmérséklete;
- d) a kohógázok CO_2 -tartalma;
- e) a ventillátor teljesítményfelvétele;
- f) a kohógáz hőmérséklete a ventillátornál.

Eredmények. Az irányító számítógépet 1962-ben helyezték üzembe. Alkalmazásának első fázisában csupán adatfelvételre használták. Az ily módon felvett adatok alapján állították fel az első modellt, amely a CaO és P_2O_5 mérlegre terjedt ki, és a salaksúly meghatározására szolgált. A modellnek lehetővé kellett tennie a mézsúly, az oxigénmennyiség és a hűtőközeg-adagolás számítását.

Minthogy az analízis eredményei nem voltak kielégítő pontosságúak, hamarosan felhagytak a salakmérlegekkel. Ennek mellőzése odavezetett, hogy az első lefúvási periódusban a növekményeljárást, míg a második periódusban egy elméleti modellt alkalmaztak. A modell segítségével elért találati biztonság lényegében megfelelt a kezelőszemélyzet által megállapított eredményeknek.

Készüléktechnikai módosítások, a széntelenedési sebesség és az olvadék széntartalma számításának bevezetése jelentették a dinamikus vezérlés kezdetét, ami nagyobb „találati” biztonsághoz és kedvezőbb lefúvási feltételekhez vezetett.

A denaini acélmű kizárólag különleges lágy acélokat állít elő. Lesalakozásra akkor kerül sor, amikor a fémfürdő széntartalma 0,8%, a végső széntartalom kitűzött értéke 0,035%.

Az előzetes számításokon kívül a számítógép az első lefúvási periódusban közvetlenül vezérli az oxigénátáramlást és az oxigénbefúvás magasságát.

A folyamat a következőképpen zajlik le:

- a) az oxigénbefúvó fejek bevezetése és az oxigénszelepek nyitása;
- b) az oxigénbefúvó fejek magasságának szabályozása a széntelenedési sebességtől függően, amikor is egy sor kiegészítő tényezőt is figyelembe vesznek, így például az egy- vagy háromnyílású oxigénbefúvó fejek különbözőségét, a salakképződést stb. A salakképződés időpontját ez idő szerint még kézi úton közlik a számítógéppel, mivel erre a célra még nincs megfelelő mérőműszer;

1. táblázat

A számított és mért oxigéntartalom közötti különbség az első periódus végén (%)	A megfelelő adagszám %	
	nyersvas-analízis nélkül	nyersvas-analízissel
0,025	10	14
0,050	19	30
0,075	30	47
0,100	42	66
0,125	59	71
0,150	70	83

ingadozás mintegy 0,1% (1., 2. és 3. táblázat).

A befolyásoló értékek egyenletessége az első periódus végén jó hatással van a második lefúvási periódus lebonyolítására is, amelyben a statikus modellt az ére súlyának és az oxigén mennyiségének számításához használják fel. A legjobb eredményeket akkor érték el, ha a számított oxigénmennyiséget teljes egészében felhasználták. A 2. és 3. táblázatok az elért eredményeket mutatják.

A végső széntartalom ingadozás (közéérték 0,035%) mintegy 0,014%.

2. táblázat

A kitűzött és az elért széntartalom közötti különbség a második periódus végén (%)	A megfelelő adagszám (%)
± 0,002	16
± 0,007	44
± 0,012	63
± 0,017	81
± 0,022	91

3. táblázat

A kitűzött és az elért vég hőmérséklet közötti különbség a második periódus végén (°C)	A megfelelő adagszám (%)
0	20
± 5	40
± 10	62
± 15	76
± 20	81

2.23 Kis foszfortartalmú nyersvas lefúvatásának automatizálása

A feladat megvalósítására az olasz ITALSIDER cég Bagnoli és Tarrent kohóművében került sor.

Itt CAE 510 számítógépeket (20. ábra) alkalmaztak, amelyek tárolókapacitása 16 000 szó. A számítógépek az ún. második generációhoz tartoznak.

A Tarrent acélműben a számítógép két 300 tonnás konverterhez csatlakozik, amelyek váltakozva üzemelnek. A Bagnoli acélműben a számítógép három 150 tonnás konverterhez csatlakozik, ezek közül egyidejűleg kettő üzemel. A megoldást a Bagnoli acélmű alapján ismertetjük.

Adatközlés. Erre a célra mindhárom konverter vezérlőasztalán egy-egy írógépet állítottak be. Egy további írógépet a főolvasztár használ fel az adagra vonatkozó adatok nyomtatásához. A számítógép által megadott nyersvas-, ócskvasbetét és az üstadalékanyag mennyiségét három jelzőtáblán közlik.

A diagramíró készüléken két folyamatérték regisztrálható, míg a számítógép az ehhez szükséges analóg értékeket képezi. Ez a lehetőség igen előnyös a széntartalom csökkenési sebességének folyamatos regisztrálására.

A számítógép az adatokat részben az információközlésre alkalmas nyomógombokkal ellátott vezérlőasztal billentyűzetéről kapja. A billentyűk segít-



20. ábra. CAE 510 számítógép.

ségével az adag irányértékeit, az analízisértékeket, az állásidőket, az oxigénbefúvó lánczsák számát stb. lehet beadni.

Ezenkívül a számítógép igen/nem jelzéseket kap az anyagok jelölésére, ill. a konverter állására vonatkozóan. Ezek a jelek normál reléérintkezőkről vagy mikrokapcsolókról származnak.

A CO_2 és CO kohógázban foglalt mennyiségére, az oxigénbefúvó fej magasságára, az átfúvatott oxigén mennyiségére, valamint a nyersvas, az óskavas, a hűtőanyagok stb. súlyára vonatkozó mért értékeket $0 \dots 10$ V tartományú analóg egyenfeszültséggé alakítják és ily módon közlik a számítógéppel.

A fenti információknak a számítógépbe való juttatásához felhasználják a program-megszakító berendezést. A rendelkezésre álló 18 külső megszakítócsatorna közül 12 csatornát a főprogram előzetes sorolás szerinti megszakítására használnak fel. A program megszakítását két elősorolt fokozattal oldják meg.

A rendszer funkciói. A modell felállításához és a tényezők megállapításához nagyszámú adaggal szerzett tapasztalatra lehetett támaszkodni.

A nehézségek abból adódtak, hogy a konverterek üzemmódja az acélüzem indítási szakaszában többször megváltozott. E nehézségek azonban nem voltak nagyobb mérvűek, mint amilyenekkel új berendezések esetében előre számolni kell. Az alkalmazott matematikai modell a mérlegegyenletek feloldásakor lehetővé teszi, hogy az alábbi hét befolyásoló érték közül legalább négyet meghatározzanak:

- a nyersvas súlya;
- az acél súlya;
- az ócskavas súlya;
- az ércsúly;
- a mészszúly;
- a finommész súlya;
- az oxigén mennyisége.

Az irányító számítógépet 1965 májusában helyezték üzembe, és alkalmazásának első fázisában az adalékanyagok számításához használták fel. Ezzel egyidejűleg a rendelkezésre álló modelleket kipróbálták, módosították, és az adott konverterhez illesztették. Az olvadt fém széntartalma folyamatos meghatározásának problémáját tanulmányozzák.

A vezérelt termelőberendezések fejlesztésével párhuzamosan fejlesztették a számítógépeket is. Míg a denaini USINOR acélműben még egy dobtárolós számítógép állt a CAE rendelkezésére, amelynek mai szemmel nézve a működési ideje igen hosszú volt, az ITALSIDER esetében — mint már említettük — egy második generációhoz tartozó számítógépet lehetett alkalmazni. A folyamatirányító számítógépek fejlesztését az utóbbi években az jellemezte, hogy integrált áramkörökből felépített kis, tömör számítógégségeket szerkesztettek, amelyek sokkal kisebb követelményeket támasztottak az áramellátással és a klimatizálással kapcsolatban. A szilícium félvezetős *integrált áramkörök* alkalmazása jelentős mértékben fokozta a számítógépek megbízhatóságát úgy, hogy ma már könnyen elérhető a 2000 órás hibamentes üzem.

A folyamatirányító számítógépek igen sok bemenő és kimenő egység csatlakozását teszik lehetővé, így például analóg és digitális mérési értéket érzékelő egységeket, analóg és digitális névérték-, ill. vezetőérték-egységeket, számjegyes jelzőkészülékekét vagy katódsugárcsőves analógjelzőkét, XY írókészülékekét stb. Periferiális készülékeként a berendezéshez lyukszalagolvasók, lyukkártyaolvasók, adatbevivő áramkörök, írógépek, szalaglyukasztók, kártyalyukasztók és gyors nyomtatóberendezések csatlakoztathatók.

E folyamatirányító számítógép a C 90 sorozathoz illeszthető és mint egy nagy számítógép „szputnyik” számítója alkalmazható. Az adatok távközlésére olyan egységek állnak rendelkezésre, amelyek más számítórendszerek csatlakoztatását is lehetővé teszik.

A program külső jelekkel való megszakítására 256 fokozat feltétel áll rendelkezésre, ami a programozást jelentős mértékben egyszerűsíti. Segédátroló-

ként mágnesdobok, ill. lemeztárolók, valamint mágnesszalag-egységek használatosak.

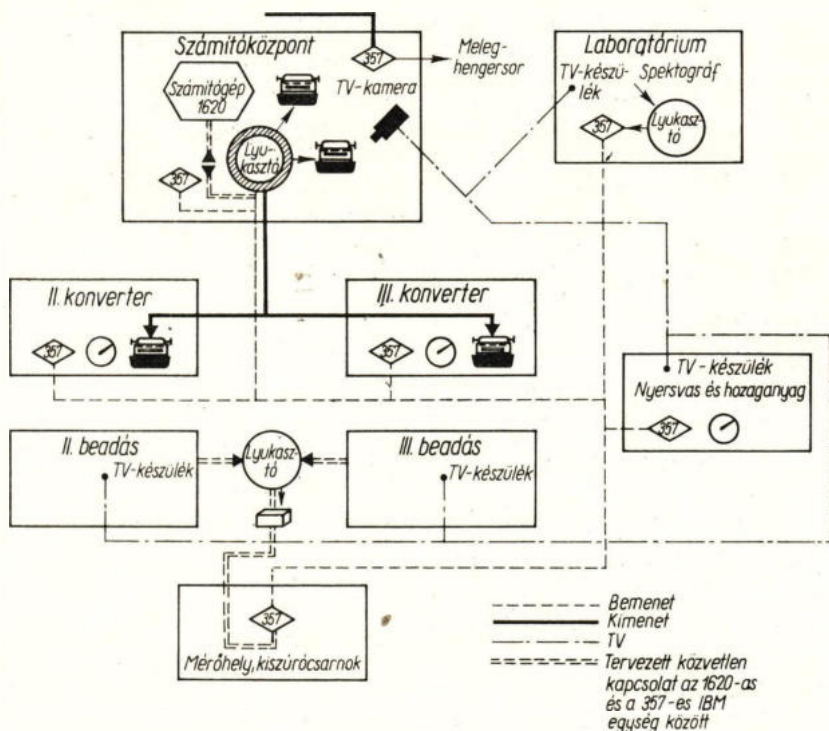
A számítógérendszer mindenféle feladathoz illeszthető, és az építőszekrényelv szerinti megoldás a mindenkori legkedvezőbb összeállítást teszi lehetővé.

2.24 LDAC-eljárás számítóközpontja

Az 1963-ban üzembe helyezett oxigénbefúvással dolgozó chertali acélmű (NSZK) az LDAC-eljárás szerint foszfordús nyersvasat dolgoz fel, amidőn a fürdő területére irányított oxigénsugárba — a foszfor megkötése és elsalalkosítása céljából — a nyersvashoz mészpórt adagolnak pontosan bemért adagokban.

Az itt végbemenő metallurgiai folyamatok és szoros összefüggésük a teljes termelés folyamatával már az első üzemi hónapokban célszerűnek mutatták egy elektronikus számítóközpont felállítását. Ezt IBM adatfeldolgozó rendszerrel és elektronikus számítóberendezéssel szerelték fel (21. ábra).

Az üzemmenet az LDAC -eljárásnál hat részre osztható:



21. ábra. A chertali acélműben alkalmazott folyamatirányítás

a) Folyékony nyersvas és hulladék beadagolása. A hulladék feladata, hogy beolvadáskor az erősen hőtermelő folyamatnál keletkező fölös hőmennyiséget az oxigénnek foszforral, szénnel, mangánnal és a vas egy részével történő reakciójából felvegye.

b) Első befúvási lépés oxigénnel és mésszel. Ennek folyamán habos salak keletkezik, melyet a befúvás végén részben eltávolítanak. Nagy oldható foszforsavtartalma folytán igen jó trágyanyag. A salak eltávolítása után fém- és salakpróbát vesznek. A fémpróbát spektrográfban négy perc alatt, a salakpróbát pedig röntgen-fluoreszcenz módszerrel 15...20 perc alatt elemzik. Egyidejűleg a fürdő hőmérsékletét is mérik.

c) Ha a salak eltávolítása nem volt kielégítő, vagy a foszfortalanítás az elemzés adatai szerint nem volt elegendő, rövid utánfúvás keletkezik, majd ismét salakeltávolítás, próbavétel és hőmérsékletmérés.

d) Egy utolsó utánfúvás (további hulladékbeadagolással), mely után a kívánt elemzésre és hőmérsékletre jutunk.

e) Végül az acélt az üstbe ürítik, mégpedig a konverterfalban levő nyíláson át, ami a salak és acél jó elválaszthatóságát teszi lehetővé. Az üstbe hozzáadják a dezoxidáláshoz — és a kívánt jóságú foknak megfelelő végelemzéshez — szükséges vasötveteket.

f) A foszforzegény végsalak nagy vas-, oxigén- és mésztartalmánál fogva értékes, s ezért a konverterben visszatartják, hogy a legközelebbi olvasztásnál az első lépésben reakciós anyagként felhasználhassák.

Az LDAC-eljárás ezen általános jellemzőihez a chertali acélműben még bizonyos sajátosságok is járulnak. Első helyen említendő a nagy betétsúly. A két konverternek egyenként 150 tonna kapacitása van. A nyersvas 22 km távolságból a Searing-művekből jól hőszigetelt 150 t tartalmú szállítókoszokban érkezik. Minden egyes kocsitartalma egy adag. A kocsik megtöltésekor az előírt töltésű pontos betartása nem lehetséges, s így a folyékony nyersvas súlya és kémiai összetétele minden alkalommal változik.

Ebből látható: a chertali acélműben a metallurgiai folyamatot nehéz feltételek jellemzik:

frissítő eljárás, melyet több közbenső lépésben kell elvégezni;
egy, mindenkor a konverterben visszamaradó salakmennyiség, melynek csak becsülhető a súlya, s amely adagról adagra úgyszólván örökösödési következményekkel jár;
folytonosan változó betét.

E rendkívüli helyzetre való tekintettel olyan automatikus információ-meghatározás és -feldolgozás után kutattak, melynek teljesítőképessége megfelel az üzemi körülmények e sokoldalúságának, s egyben üzemi statisztikai vizsgálatokra is lehetőséget ad.

Egy adag vezetése, kezdve a nyersvasadagolással és befejezve a nyers öntések hengerműbe szállításával, állandó információcserét igényel az acélmű egyes üzemi súlypontjai között, melyek közül kétségtelenül a konverter vezetőállása a legfontosabb. Az átadandó üzenetek száma azáltal is növeke-

dik, hogy az előforduló számításokra központi számítóberendezést alkalmaznak, amelyik több konverter részére dolgozik, s melyet úgy kell elhelyezni, hogy a portól s az üzem más atmoszferikus igénybevételétől védett legyen. Az információk gyors és biztos átvitelét a berendezésnek biztosítania kell. Az üzemi távbeszélő ugyan gyors és alkalmazkodóképes, de könnyen félreértésekre vezet pl. számok közlésénél, és nem nyújt maradandó feljegyzést. Másrészt a számítógépekbe való beadás szempontjából a lyukkártyák különösen előnyöseknek mutatkoznak.

Mіндеzen indokok alapján az IBM 357 rendszert választották a csatlakozó írógéppel, melynél az átvitt információk nyomtatott íráskép, valamint lyukkártyák alakjában a számítógépbe való beadásra készen kerülnek ki.

Adattovábbítás. Minden figyelembe jövő üzemi helyet ellátnak az információ-szolgáltatás céljait szolgáló kártyaolvasóval és ehhez csatlakozó nyomógombsorral. Ezekkel kizárólag szabványos, mindig újra ismétlődő jeleket továbbítanak, míg rendkívüli esetekre (felvilágosítások, tanácsok, figyelmeztetések) az üzemi távbeszélő való.

Ily módon vannak felszerelve: a konverter vezetőlások, a nyersvas és hozaganyagok súlymérő központjai, a spektrográfiai és kémiai laboratóriumok, a kiszűrőcsarnok és a számítóközpont. Itt az összes bejövő jeleket kártyalyukasztó veszi fel, s egy ehhez kapcsolódó írógép olvasható szöveggel leírja. Ezenkívül minden konvertervezérlő helyen a rendszerhez csatlakozó írógép van az azt illető jelek közvetlen vételére.

Ez a rendszer ki van egészítve ipari televíziós hálózattal, melynek vevői az előbb említett helyeken vannak felállítva. A hozzá tartozó felvételi kamera a számítóközpontban található, és az említett rendszerhez kapcsolódó írógépre van irányítva. Az öntőcsarnokban, amelyre az adatok igen nagy része (50 szám az adagonkénti 15 öntécs mindegyikére) esik, az anyagfelügyelő egy lyukkártyával rendelkezik. Az általa lyukasztott kártyák követik az öntőkocsit a kiszűrőcsarnokba, ahol tartalmukat az öntecssúllyal kiegészítik és a rendszerbe beadják.

Mihelyt egy hírt közölnek, abban a pillanatban azt a vételi helyen észlelik, és a számítóközpontban is elkészül egy lyukkártya. Itt a kiszolgáló a kártyákat a megfelelő csoportokba rendezik, a kártyákat a kártyaolvasókba helyezik, és ezzel az előre megtervezett számítási folyamatok egyike megindul. A számítási eredmények szintén lyukkártya alakjában adódnak. A kártyákat azonnal az érdekelt helyekre továbbítják, ahol őket a kártyaolvasókba behelyezik. A számítóközponthoz irányított, valamint az onnan érkező híreket az adóba való visszatáplálással ellenőrzik. Ezenkívül a számítógép az információkat meghatározó és leadó rendszerrel nincsen összeköttetésben. Ennek következtében a számítógép kezelője meg tudja ítélni a bejövő hírt, valamint a számítás eredményének valószínűségét. A folyamatos adatok egy részét egyelőre még kétszeresen rögzítik: az üzemi összesítő íveken kézírással és a kártyák lyukasztásával.

Az acélgyártás teljes felelősségét megtartja az olvasztármester. Ebben az értelemben számára a számítóközpontból jövő utasítások és eredmények csak útmutatók vagy támpontok, de nem kötelező előírások. Ez a felfogás bizo-

nyos bizalmatlanságból ered, mely a folyamat matematikai modelljével szemben áll fenn, ezt ui. elméleti megfontolások alapján fejlesztették ki. Az olvasztármester alapvetően szabad rendelkezése ilyen tekintetben — talán valamivel csökkentett mértékben — még sokáig érvényben marad. Egy ilyen bonyolult folyamatnál, mint a frissítő folyamat, mindig akadnak bizonytalan, nem mérhető hatások, melyeket csak ember tud kellően értékelni.

Mint hogy ez idő szerint különösen nagy konverterekre vonatkozó üzemi tapasztalatok nincsenek, egyelőre meg kellett elégedni egy leegyszerűsített modellel, melynél csupán csak a mérhető adatokat veszik figyelembe, míg a többi befolyásoló mennyiséget egyes könnyen megváltoztatható számadattal jellemzik. A számítás az anyag- és hőmérlegen alapszik, melyekben az elérni kívánt folyamati végértékek célnagyságokként (célértékként) szerepelnek.

A számítás menetét az üzemi személyzet változó munkamódjához nagyon gyorsan kell tudni illeszteni. Ha pl. hulladékot a modellben elő nem írt időben adagolnak be, el kell készülni ennek megfelelő figyelembevételére. Az első programozás e tekintetben túl merev volt, időközben lényegesen alkalmazkodóbbá tették.

Végezetül meg kell említenünk: szükségesnek tűnt, hogy az acélmű építésével egyidejűleg rendezzék be a számítóközpontot is, minthogy az üzemi helyek kialakítása a központosított adatmeghatározó rendszer lehetőségeinek és követelményeinek kell hogy megfeleljen.

3. Számítógépes irányítás a vegyi és rokoniparokban

3.1 Általános kérdések

Amikor az 1955-öt követő években az első automatikus, mérési adatokat regisztráló és feldolgozó berendezések felhasználásra kerültek a vegyiparban és a kőolajfeldolgozó iparban, és ezáltal megteremtették az önműködő optimalizáló berendezések gyártásának előfeltételeit, a nemzetközi szakmai közvélemény nem foglalt egységesen állást.

A vitatott kérdés az említett berendezések haszna volt; egyes szakemberek teljesen kétségbe vonták, hogy egyáltalán valamilyen haszna is lenne ezeknek a berendezéseknek. A számítógépek fejlődésével párhuzamosan azonban az érdeklődés a vegyipar részéről egyre erőteljesebb lett.

Az alkalmazás *súlypontja* kezdetben az automatikus adatgyűjtésen, adatfeldolgozáson és regisztráláson, később pedig a riasztójelzések keltésén volt.

Az első vegyipari számítógépek többségét adatok gyűjtésére, zavarok ellenőrzésére és olyan számításokhoz használták, mint a nyomás és a hőmérséklet helyesbítése, áramláskiegyenlítés, tendencia (irányzat-) regisztrálás, az anyag- és hőegyensúly számításai. Bár úgy tűnik, hogy az ilyen feladatok elvégzése túl egyszerű egy digitális számítógép számára, nem szabad figyelmen kívül hagyni azokat a problémákat sem, amelyeket az adatgyűjtés, a jelek átalakítása, besorolása és programozása támaszt, s amelyek a számítógép időben elvégzendő feladatai.

Újabban számítógéppel automatizálnak kőolajat krakktermékekkel feldolgozó berendezéseket. Az automatika rendszer legtöbbször zárthurkú (closed-loop) üzemben működik.

Ma már kimondhatjuk: a számítógépek a vegyi és kőolajipar munkafolyamatainak irányításában általánosan alkalmazásra kerülnek, és jelenleg a világon működő összes ipari számítógép mintegy egynegyede ezekben az iparágakban található. Az Elliott-cég szakembereinek becslése szerint a növekedés jelenlegi mértéke évi 40%, az alkalmazás sokrétűsége is állandóan fokozódik.

A vegyipari számítógépek fő jelentősége az *optimalizálásban* van. E kérdés elemzésében a KGST-országokban szokásos, *Bakutkin* és *Nyikityin* szovjet szakemberek által kidolgozott meghatározásból indulunk ki, amely három automatizálási fokozatot különböztet meg, mégpedig a következőket;

1. a részleges automatizálást;
2. a komplex automatizálást;
3. a teljes automatizálást,

A. D. Bakutkin és V. A. Nyikityin meghatározása szerint *részleges automatizáláson* azt az állapotot értjük, amikor a folyamat bizonyos zárt hatáslánc-cal össze nem kapcsolt paramétereinek megfelelő értékét a kívánt érték szubjektív megállapítása és beállítása kapcsán kézzel működtethető szabályozó berendezéssel biztosítjuk. Az automatizálásnak ezen a fokon a folyamat egyes paramétereit és a szabályozási körök egymásra nem fejtenek ki közvetlen kölcsönhatást. Vannak még az eljárásnak olyan részei, amelyeket csak később fognak automatizálni.

A *komplex automatizálás*nál az egymással kölcsönhatásban levő paraméterek automatikus irányítását közvetlenül egymáshoz kapcsolt korszerű irányító berendezésekkel hajtják végre, központi felügyelet és szabályozás mellett. Nem lehet azonnal áttérni a részleges automatizálásról a komplex automatizálásra. Itt egy olyan folyamat megy végbe, amelynek során az üzem automatikus szabályozásának és ellenőrzésének állandó tökéletesítésére törekszenek. A végső út természetesen az adott vegyi üzem, ill. folyamat teljes mérvű automatizálása. Az automatizálás e második fokának ismérvei: egyrészt elterjedten alkalmaznak kaszkádszabályozókat, másrészt önműködő mérés-adatgyűjtő-készülékeket (ezeket egyes KGST-országokban információs számítógépeknek is nevezik), de használnak központi számítógépeket is.

A *teljes automatizálás* a komplex automatizálás legmagasabb szintje, amelynek során az üzem összes fő- és mellékgyártási folyamatai automatikusan mennek végbe, és a folyamat irányítása és fenntartása optimális feltételek mellett önműködően, irányító (programozó) számítógépek segítségével történik. Ennél az irányítási rendszernél az irányító személyzet tevékenységi köre csupán a technológiai berendezések és az optimalizáló rendszerek összekapcsolására és működési állapotuk megfigyelésére korlátozódik.

Az automatizálás fokmérőiként éppen ezért előnyben kell részesíteni a kvalitatív tényezőket is, mint pl. a folyamatok jelentős szakaszainak komplex irányítását, kaszkádkapcsolások beiktatását, mérésadatgyűjtő berendezések és számítógépek alkalmazását, valamint önműködő elemzőberendezések felhasználását.

3.11 Külföldi fejlődési irányzatok

Nyilvánosságra hozott amerikai adatok szerint 1959-ben az Egyesült Államokban kerekén 3 millió dollár beruházást fordítottak folyamatvezérlő számítógépek üzembe állítására. Ezek a beruházások 1961-ben 14 millió dollárra emelkedtek, és a fejlődés üteme azóta még jobban fokozódott. Ebből a kölajfeldolgozó és vegyipari üzemekre 1959-ben 1 millió dollár, 1961-ben pedig 3,6 millió dollár jutott. 1970 körül előreláthatólag évi 250 millió dollárt ruháznak majd be az említett célokra!

Még egy jellemző adat a fejlődés ütemére: az amerikai vegyiparban 1962 első felében 16 berendezést optimalizáltak számítógépek segítségével, míg 1963 közepéig már 31 folyamatvezérlő számítógépet helyeztek üzembe (ezeket elsősorban a naftalin, etilén, etilénoxid és ammónia-gyártó üzemekben alkalmazták).

A baráti országok eredményei közül különösen említésre méltók a Román Népköztársaságban folyó vizsgálatok, ennek keretében egy olyan nyersolaj-desztilláló és egy olyan reformáló berendezést helyeztek üzembe, amelyeket folyamatirányító számítógépekkel szerelnek fel. Itt az Elliott-cég típusait alkalmazzák, mégpedig a teljes kifejlesztés szakaszában zártláncú üzemmódban.

Szovjet eredmények. A Szovjetunióban a legutóbbi években szintén foglalkoztak az optimalizálási eljárások tanulmányozásával. Erre a célra nagyobb munkaközösségeket hoztak létre. A kutatásokat a vegyipar területén, főleg az OKBA (Automatizálási Tervező Intézet, Moszkva), a kőolajfeldolgozó iparban pedig az SKB-ANN (Különleges Tervező Intézet a Kőolajipar Automatizálására, Moszkva) irányítja.

Minden jel arra mutat, hogy a szovjet kőolaj- és vegyipar gigászi méretű új beruházásainál már a gépi számítástechnika lehetőségeit is figyelembe veszik. Erre olyan folyamatirányító számítógépek is biztosítékot nyújtanak, mint pl. a Dnyepri vagy az UM-1, melyek vegyipari folyamatok szabályozására jól használhatók.

3.12 A vegyipari számítógépes folyamatirányítás néhány alapkérdése

Egy vegyi termelőegységnek vagy üzemnek fő célja, hogy olyan termékeket termeljen, amelyek valamilyen specifikációt elégitenek ki, s amelyek előírt fizikai vagy vegyi mérőszámoknak, jellemzőknek megfelelnek. Az ilyen folyamatok tipikus irányítási módszere a fizikai tulajdonságokból—hőmérséklet, nyomás, áramlás, szint stb. — levont következtetések felhasználásával, a termék összetételének és az üzemi eljárásoknak laboratóriumi elemzés útján való viszonyítása volt. Sajnos a laboratóriumi vizsgálatokhoz rendszerint sok idő kell, és lehetséges, hogy időközben a termék az előírásoktól eltérően készül el. Még ha a laboratóriumi vizsgálatok elvégzése lehetséges is, a különféleképpen ellenőrzött jellemzők módosítását a kezelő szubjektív hatásai befolyásolják. Így az eredmény nagymértékben az ő tapasztalatait, a folyamathoz való hozzáértését, az üzemi feltételek általa történt értékelését, és a laboratóriumi eredményeket tükrözi.

Egy, a folyamatba iktatott elemzőberendezés bevezetésének eredménye a hatékonyabb irányításban fog megmutatkozni, mert a kezelőt el fogják látni a termék összetételére vonatkozó, megbízható folyamatos információkkal. Mindazonáltal az elemzőberendezések némelyike, mint pl. a nagysebességű üzemi kromatográfok és tömegspektrométerek olyan mennyiségű és bonyolultságú információt adnak, hogy egyre nehezebbé válik a kezelő részére azok „felvétele” és azon adatok kiválasztása, amelyek a folyamat irányítása szempontjából lényegesek.

A számítógép szerepe abban rejlik, hogy gyorsan „megemésztí” az elemzés eredményeit, feldolgozza őket, és csak a lényeges információkat adja a kezelőnek. Ez még kiegészíthető azzal a megjegyzéssel, hogy egy megfelelően programozott számítógép az irányítást közvetlenül is végrehajthatja.

Annak érdekében, hogy a számítógépet zártláncú irányításra lehessen felhasználni, meg kell találni a szóban forgó vegyi üzem irányítási szabályait, vagyis az üzem vagy termelési egység *matematikai modelljét*.

A modell elkészítéséhez két út vezet: az elméleti és a tapasztalati. Az elméleti vagy teoretikus módszernél a gyártás egyenleteit a reakciók, a folyamat dinamikájának, az üzemi helyzet, a fizikai állandók ismereteiből kell levezetni. A tapasztalati adatokon nyugvó modellezés alkalmazásakor az üzemi variánsok viselkedésének megfigyelése alapján kell a gyártás egyenleteit levezetni. Látható tehát, hogy egy tapasztalati modell kialakításakor az üzemnek már léteznie és működnie kell, minthogy a tapasztalati modelleknek számos lehetséges változatuk lehet, a valószínű működés teoretikus ismerete nagyban segíti a jó tapasztalati modell megépítését.

Egy ilyen modell kialakítása nem lehet egyetlen ember feladata, ez olyan munka, amelyet szakemberek teljes csoportjának kell végrehajtania. Ezt a csoportot irányító mérnökök, üzemi mérnökök, a gyárat üzemeltető személyzet, vegyészek, rendszertervező mérnökök, számítógép szakemberek, matematikusok és programozók alkotják.

Mielőtt a vegyi üzem munkafolyamatainak irányítására számítógép alkalmazását elhatároznák, a gyártási folyamatokat mind műszaki, mind gazdasági szempontokból meg kell vizsgálni. Az előzetes vizsgálódás nyomán felbecsülik, hogy érdemes-e számítógépes irányítási rendszert beállítani. Az elemző tanulmány elkészítése eltarthat néhány napig, de néhány hónapig is. E tanulmány elkészítési ideje az üzem bonyolultságától, az üzemeltetés feltételeitől, az üzem adatainak mennyiségétől függ. Egy ilyen tanulmány javaslatot tehet az esetleges további berendezésekre, olyanokra, mint pl. az automatikus adatgyűjtő, amely a gyártási adatokat a különféle üzemi mérőhelyekről összegyűjti, majd digitalizálja, és az eredményt az ismert módszerek valamelyikével (pl. lyukszalag-lyukasztás) rögzíti. Ez az adathordozó egy off-line digitális számítógéppel is kielemezhető.

Egyes esetekben az előzetes tanulmányozások olyan ötletekhez vezettek, amelyek a vegyi üzem teljesítőképességének növeléséhez és nehéz irányítási problémák megoldásához járultak hozzá, anélkül, például, hogy számítógépet használtak volna a konvencionális irányítási rendszer módosítására. Ha az előzetes elemzés azt mutatja, hogy az üzemeltetés irányítása már számítógépet kíván, akkor a tanulmányban rögzített specifikáció célszerű, ha tartalmazza a bevezetésre kerülő gépek számát és típusát, az ütemezés mértékét, a számítógép memóriájának méretét, a számítások pontosságára és sebességére és a sajátos műveletekre vonatkozó információkat.

A számítások némelyikét, sőt magát az ellenőrzést is jobban vagy gazdaságosabban végzik a fő számítógépen kívül igen gyakran használt *analóg* vagy *hibrid* technikával. Tehát ha a gyártási egyenletek redukálhatók voltak egy meghatározott differenciálegyenlet-sorozatra (ismert együttthatókkal), akkor analóg számítógépeket lehetett ezeknek az egyenleteknek a megoldásához építeni. Erre a vegyiparban sok eredményes példa található.

Szakaszos üzem. Bár a legtöbb gyártási folyamatot irányító számítógépet folyamatos és félfolyamatos eljárásokba (olyanoknál, mint pl. a katalitikus

krakkolás) iktatták be, helyük van az adagolós szakaszos munkafolyamatokban is. Egy tipikusan adagolós munkafolyamatban a digitális vezérlésű számítógép beprogramozható úgy, hogy az anyag továbbítását egységtől egységre logikus sorrendben kivitelezze a vegyi reakció optimumon tartásával. A számítógép időosztó (time-shared) lehet számos üzem berendezés között, és úgy programozható, hogy egy üzem folyamatos működésű szakaszait összhangba hozza, hogy azok lépést tartsanak az adagoló szakaszokkal.

3.121 *A gyártási folyamat modelljének megszerkesztése*

A modellezés kérdésére és jelentőségére már utaltunk, vizsgáljuk meg most közelebbről ezt a kérdést.

Mínthogy a folyamatirányító számítógép lényegében csupán műszaki segéd-eszköz, és nem arra való, hogy a kifizűtt feladat megoldásánál szabadon döntson és eszerint üzemeljen, minden olyan tevékenységet, amelyet a gépre bízunk, alaposan át kell gondolni és programszerűen elő kell készíteni. A számítógép feladata ebben az esetben az, hogy egy matematikai alakban megadott ún. „haszonegyenletre” vonatkozóan és a tényleges folyamatot eleendő pontossággal leíró egyenletrendszer figyelembevételével, minden, tetszés szerint szabályozható és a haszonegyenlet befolyásoló irányítási mennyiségnek azokat az értékeit számítsa ki, amelyek kombinációja a haszonegyenlet abszolút maximumértékét adja meg.

Általában valamely vegyi üzemben vagy kőolajfeldolgozó üzemben csak kevés eljárás-technikai vagy kémiai-fizikai összefüggést ismerünk. Valamely eljárás belüli tulajdonképpeni összefüggésekre vonatkozóan a legtöbb esetben csak igen kevés ismeretünk van és még ebben az esetben is legtöbbször főként csak kvalitatív jellegű ismeretekről van szó.

Ha azonban az a feladat, hogy valamely folyamatot egy számítógép segítségével *optimalizáljunk*, akkor elengedhetetlen, hogy a folyamatot mind minőségileg, mind mennyiségileg egészen pontosan (részleteiben) ismerjük. Így az eljárást igen pontosan elemezni kell annak érdekében, hogy a berendezést matematikailag egyértelműen írjuk le, többé-kevésbé terjedelmes egyenletrendszer segítségével. Ezt a matematikai modellt egyes technológiai paraméterek között fennálló, már ismert matematikai összefüggések révén és — ami sokkal nagyobb nehézségekkel jár — az üzemelési mérések során kapott adatain és annak statisztikai értékelése révén kapjuk meg. A matematikai modell megalkotása a berendezés nagyságától és bonyolultságától függően 10—15 főből álló munkaközösséget feltételezve, amely eljárás-technikusokból, vegyészekből és matematikusokból áll, esetleg néhány évnyi időt vesz igénybe.

A kérdéses eljárásnak az említett munkaközösség által megalkotott modellje a tulajdonképpeni viszonyokat csak első közelítésben ábrázolja, és a számítógép működése kapcsán az adatanyag folyamatos betáplálása révén állandó helyesbítésre van szükség. Mínthogy digitális számítógépek esetében fennáll annak a lehetősége, hogy a programot üzem közben megváltoztassuk, így tehát az említett kiigazításokat maga a számítógép is elvégezheti önműködően.

Valamely folyamat optimalizálása előtt végzendő előkészületekhez elsősorban a haszonzegyenlet felállításához tartozik. Ha pl. egy adott vállalat tisztán nyereségét kell optimalizálni, ebben az esetben a haszonzegyenletet úgy alakíthatjuk meg, hogy a késztermékek összértékéből levonjuk a felhasznált termékek, a felhasznált energia összértékét és a rögzített értékű kiadásokat. Gyakran előfordul, hogy csak egyetlen mennyiség optimumértékét kell meghatározni, például a főtermék mennyiségét vagy valamely késztermék mennyiségét. Ebben az esetben nem szükséges haszonzegyenletet felállítani.

Ha a haszonzegyenletet már meghatároztuk, legközelebbi lépésként azt kell megvizsgálnunk, hogy milyen megszorítások és határértékek állnak fenn a megoldandó *optimumszámítási feladatra* vonatkozóan. Ezek a megszorítások lehetnek pl. fizikai, üzembiztonsági vagy technológiai jellegűek, vagy jelentkezhetnek a termelési módnak a vállalatvezetőség által előírt követelményei alakjában is. Technológiai megszorításként szerepelhet pl. a szivattyúk maximális teljesítőképessége vagy a hőcserélő berendezések kapacitása. Igen lényeges, hogy az adott berendezés vagy üzem minden szűk keresztmetszetét felderítsük, ezeket ugyanis az optimumszámításoknál okvetlenül figyelembe kell vennünk.

Különleges követelmények. A vállalat vezetősége esetleg különleges követelményeket támaszt pl. a feldolgozandó vagy a kibocsátott termékek mennyiségére vagy minőségére vonatkozóan; ebből is bizonyos megkötések adódhatnak az optimalizálási eljárás szempontjából. Matematikailag ezeket a kikötéseket és határértékeket olyan egyenlőtlenségek alakjában fejezzük ki, amelyek megadják a szövegező és tiltott tartományokat abban az n -dimenziós térben, amelyben az optimumnak megfelelő pontot kívánjuk megtalálni. Ezáltal megkapjuk az egyes független eljárási változók megengedett és tiltott értékeit is.

Ha az előkészületek eljutottak ideig, elkezdhetjük a folyamat összes változója közötti összefüggések *matematikai alakba* való öntését. Ehhez kiterjedt számszerű statisztikai értékelésre van szükség. Ezt az adatmennyiséget üzemi mérések során kaptuk. A folyamatokat leíró egyenletek felállításához szükséges adat kiértékelésére bevált matematikai módszer a korelációs- és a regressziós analízis.

Az üzemelés során változó mennyiségeket két csoportba osztjuk: megkülönböztetünk egyrészt módosítható változókat, vagyis a folyamatban szereplő, tetszés szerinti beállítható mennyiségeket, valamint külső változókat (pl. a nyersanyagok árát); másrészt függő változókat, amelyeket a független változók kiválasztása és maga az üzemi folyamat egyértelműen határoz meg. A későbbiek során a számítógépre háruló feladatok közé tartozik a módosítható változók azon értékeinek kiszámítása, amelyek következtében az üzem optimális állapotának helyzete egyértelműen meghatározható. Ezeknek az értékeknek a segítségével kell azután a megfelelő irányító rendszer kívánt értékeit beállítani. A folyamatban szereplő mennyiségek helyes csoportosítása független és függő változókként gyakran bizonyos nehézségekkel jár, úgyhogy nem mindig könnyű eldönteni, hogy valamely mennyiséget az egyik, vagy a másik csoportba számíthatjuk-e.

Általában úgy járunk el, hogy a feldolgozott termékeket a *független*, a késztermékeket pedig a *függő* változók közé soroljuk. Nyersolajleparló berendezésnél például a független változók közé soroljuk az előmelegítők kimeneténél mért termék hőmérsékleteket, az oszlopok mért hőmérsékletét, a bevezetett termékek mennyiségét, a visszafolyó mennyiségeket, a keringtető melegítőberendezések hőmérsékletét, a gőzmennyiségeket. Független változókként tekintjük a termékek különböző minőségi adatait, így pl. lobbánspontjukat, forrpontjukat, tisztasági fokukat, viszkozitásukat, dermedéspontjukat és más hasonló adataikat, az előmelegítők fűtőolajfogyasztását, az előmelegítők fűtőcsőkégyóinak hőmérsékletét, az előmelegítők tüzerének hőmérsékletét, az előmelegítők fűtőgázainak hőmérsékletét, az újraforralók gőzmennyiségeit, a vákuumon működő oszlopokba betáplált anyagmennyiségeket stb.

Korrelációs együttható. A következő lépés az egyes változók közötti függvénykapcsolatok kvalitatív mértékének megállapítása korrelációs analízissel. Ennek érdekében minden egyes függő változóra vonatkozóan megalkotjuk az ún. *korrelációs együtthatót* minden egyes független változóval. Ez a korrelációs együttható rendre megadja az összefüggés mértékét minden két szóba jövő változó között, ha a kapcsolat lineáris függvényvel közelíthető.

Az r korrelációs együttható a $+1$ és a -1 értékek között lehet. Ha két megvizsgált változó között egyáltalán nem áll fenn függvénykapcsolat, akkor $r=0$ -nak adódik. Függvénykapcsolat 100% -os valószínűségű fennforgásánál $r = +1$. Itt a pozitív előjel egyirányú, a negatív előjel pedig ellentétes irányú összefüggést fejez ki.

Esetről esetre külön el kell döntenie, hogy a korrelációs együtthatók milyen értékénél kell megvonni az elválasztó vonalat az egyes változók egymástól való függetlensége vagy egymástól való függése között. Ez attól függ, hogy mennyire kívánunk pontos megegyezést a matematikai modell és a tényleges körülmények között. Célszerű az egyes független és függő változók között fennálló korrelációs együtthatókat is kiszámítani, hogy felismerhessük az itt esetleg fellépő kölcsönhatásokat is.

Regressziós analízis. Ha a korrelációs analízis segítségével megállapítottuk már, hogy milyen változók között áll fenn függvénykapcsolat, akkor most már az a feladat, hogy az összefüggést kvantitatív vonatkozásban is meghatározzuk. Ezt a mennyiségi összefüggést az ún. *regressziós analízis* adhatja meg, mégpedig ugyancsak az előbb felhasznált adatanyagból kiindulva, amelyet már a korrelációs analízisnél is alkalmaztunk. Egyszerűség kedvéért feltesszük, hogy minden függő változó lineárisan függ az illető független változótól. Ebben az esetben az általános alak a következő:

$$y_q = a_{q0} + a_{q1}x_1 + a_{q2}x_2 + a_{q3} + \dots + a_{qp}x_p, \quad (1)$$

ahol y_q függő, x független változó. *

Ezután az egyes a_{qp} együtthatókat a legkisebb hibanégyzetek Gauss-féle módszerére szerint számítjuk ki; mint ismeretes, ez a módszer azon a követelményen nyugszik, hogy a mért mennyiségeknek a szóban forgó függvények által leírt mennyiségektől való eltéréseinek négyzetösszege minimális legyen.

Ezt a követelést a következő általános alakban írhatjuk fel:

$$\frac{1}{m} \sum_{q=1}^n (y_q - y'_q)^2 = \min. \quad (2)$$

Itt az y'_q értékek a függő változóknak az üzemeltetés során végzett mérések alapján kapott értékeit jelentik. Ha ebbe a kifejezésbe behelyettesítjük az y_q fenti értékét, ezután parciálisan differenciálunk az egyes a_{qp} együtthatók szerint, és a kapott eredményeket nullával egyenlővé, akkor olyan egyenletrendszerrel kapunk, amelyből az együtthatók kiszámíthatók.

Az (1) egyenlet által leírt folyamatfüggvény lineáris, ugyanis az egyes változók együtthatói állandók. A független változók közötti összefüggéseket tehát ez a függvény nem veszi figyelembe.

A szakirodalomból azonban ismeretessé vált egy eljárás olyan, a folyamatot leíró egyenletek felállítására, amelyeknél tekintettel lehetünk a független változók közötti bizonyos fajtájú összefüggésekre is. Ez az eljárás viszonylag egyszerű megoldási módhoz vezet, megoldásként a változók nem lineáris függvényeit kapjuk. Itt a következő szorzatból indulunk ki:

$$y_q = \bar{y}_q f(x_1) f(x_2) \dots f(x_p). \quad (3)$$

Felismerhetjük, hogy ebben az egyenletben minden tényező maga is függvény, amely csak egyetlen változótól függ: a fenti kifejezésben \bar{y}_q azoknak a mennyiségeknek a számtani közepével egyenlő, amelyeket az y_q függő változóra vonatkozóan üzemi mérések alapján kaptunk.

Ezután oly módon járunk el, hogy sorban meghatározzuk az x_p értékekre vonatkozó egyes függvényeket. Először is minden mért y_q értéket elosztunk az \bar{y}_q középértékkel. Az így kapott hányadosokat ezután egymásután az x_1 megfelelő értékeire visszük fel. Ezután a legkisebb hibanégyzetek módszer alapján kiszámítjuk azt az egyenest, amely legjobban leírja az x_1 -hez tartozó y_q/\bar{y}_q pontokat, és ily módon megkapjuk az $f(x_1)$ függvényt. Most az x_1 értékeket rendre behelyettesítjük az $f(x_1)$ függvénybe, és kiszámítjuk az $y_q/\bar{y}_q f(x_1)$ hányadosokat.

Ezeket az új hányadosokat felmérjük az x_2 értékek fölé és ismét meghatározzuk azt az egyenest, amely ezt a pontsört a legjobban megközelíti. Ez az egyenes felel meg ezek szerint az $f(x_2)$ függvénynek. Ezután minden x_2 értéket sorra behelyettesítünk az $f(x_2)$ függvénybe, és kiszámítjuk az $y_q/\bar{y}_q f(x_1) f(x_2)$ hányadosokat, amelyeket most szintén felviszünk az x_2 értékekhez, és meghatározzuk az e pontokhoz tartozó $f(x_3)$ közelítő egyenest. Ezt a módszert folytatjuk mindaddig, amíg az összes $f(x_p)$ függvényt ki nem számítottuk. Ha minden $f(x_p)$ értéket a (2) egyenletnek megfelelően kapcsolunk össze, megkapjuk azt a függvényt, amely a vizsgált változókra vonatkozóan leírja a kívánt folyamatot.

Értékelés. Ha a lineáris egyenletrendszerrel végzett regressziós analízist összehasonlítjuk azzal a számítással, amely a szorzat feltételezésén alapszik, a következő értékelést végezhetjük el:

a számítások terjedelme az első eljárásnál jelentősen megnövekszik a számításba veendő változók száma szerint. Nincs különösebb befolyással a számítások terjedelmére azoknak az üzemadatoknak a száma, amelyeket minden változóra vonatkozóan meghatározunk. A második eljárásnál a változók száma nemigen befolyásolja a számítások terjedelmét, de a számítások munkaigényessége erősen megnövekszik azoknak a különálló méréseknek a számával, amelyek minden egyes változóra vonatkozóan megvannak.

Mindkét esetben célszerű, ha mindennemű számítási műveletet digitális számítógéppel végeztetünk el, ugyanis a kiszámítandó adatanyag a gyakorlatban rendkívül terjedelmes. Legtöbb esetben egyenletrendszerrel kapunk, a technológiai műveleteknél ugyanis leggyakrabban több függő változó lép fel. Az optimumérték felkutatása olyan egyenletrendszerrel, amely nagyobb számú független változót ölel fel, nehéz feladat. Ez csak még bonyolultabbá válik, ha nem lineáris egyenletek fordulnak elő, amelyeket pl. a második eljárásnál kellett megoldanunk. Gyakorlati okokból, ha viszonylag nagyszámú független változóval van dolgunk, előnyben részesítjük egy regressziós analízis útján kapott egyenletrendszer optimalizálását, annál is inkább, mert itt már sikeresen kipróbált megoldási módszerek vannak.

Az előzőekben a matematikai folyamatmodell felállításának kérdését vizsgáltuk meg. Megmutattuk: több módszer áll rendelkezésünkre, hogy az üzem közben mért nagyszámú adatot statisztikailag értékeljük oly módon, hogy általános esetben egyenletrendszerrel vezethessünk le ezekből, amelynek rendszerint még a haszonegyenlet is fölé van rendelve.

Egy ténnyről eddig még nem szóltunk. A mért adatok nem felelnek meg pontosan az üzemelési paraméterek tényleges értékeinek, ugyanis az üzemelésben használt összes berendezés többé-kevésbé hibásan működik. Szükséges tehát, hogy a mért értékeket kicsiny számértékekkel úgy egyenlítsük ki, hogy a fellépő differenciákat a hő- és anyagegyensúlyi egyenletekben ki lehessen küszöbölni. A mért értékek kiegyenlítését igen hatásosan végezhetjük el, ha ismerjük az egyes mérőműszerek pontosságát és hibalehetőségeit, és a kiegyenlítéseknél számolunk velük.

A kiegyenlítés kérdését módszeresen is megoldhatjuk, ha a hő- és anyagegyensúlyokat szimultán egyenletek sorával írjuk le. A mért értékeket úgy egyenlítjük ki, hogy az egyenletrendszerrel kielégítsék. Azok a mérések, amelyeknél nagyobb — a műszerekből fakadó — pontatlanságok lépnek fel, százalékosan nagyobb kiegyenlítést nyernek. A kiegyenlítési mennyiségek négyzetösszegét eközben a lehető legkisebbre kell korlátozni. Matematikai szempontból itt a mellékfeltételek melletti kiegyenlítés esete áll fenn, ahol mellékfeltételekként a hő- és anyagegyensúlyra vonatkozó egyenletek szerepelnek. A probléma megoldását a határozatlan Lagrange-féle tényezőik ismert módszere adja.

A kiegyenlítéshez szükséges számítási műveleteket célszerű digitális számítógépekkel megoldani. Csak a kiegyenlítési mennyiségekkel helyesbített mérési adatokat lehet a matematikai eljárásmodell felállításánál felhasználni.

Az optimalizálási módszer kiválasztása. A folyamat matematikai leírásához szükséges összes függvénykapcsolat kialakítása után alkalmas megoldási mód-

szert kell választani az optimalizálási problémához. Valamely termelési folyamat rendszerint igen bonyolult, és a matematikai vizsgálat eredményeként számos független változót, továbbá a változókra vonatkozó korlátozóakkal kapcsolatos adatokat is kapunk.

Ehhez még az is hozzájárul, hogy az a pont, amely az üzem optimális állapotára jellemző, gyakran megváltoztatja helyzetét. Ugyanis a feldolgozott termék minősége, a késztermékekkel szemben támasztott követelmények, továbbá a külső befolyások egész sora nem marad állandó. Mindezek következtében az optimalizálás kérdése rendkívül terjedelmes feladattá terebélyesedik, amely igen eltérő jellegű mellékkörülményeknek is alá van vetve.

Optimumkutatás. Az optimum felkutatásához a leggyakrabban használt eljárások a gradiens számítás, a variációs számítás és a lineáris programozás.

A variációs számítás technológiai optimalizálási kérdések megoldásánál való alkalmazásával még nemigen foglalkozott a szakirodalom. Ezért ezt a módszert csak futólag említjük meg.

A gyakorlatban eddig sokkal nagyobb megbecsülésnek örvendett az ún. gradiens eljárás. Ennél a módszernél úgy járnak el, hogy lépésenként változtatják a változókat, és minden egyes lépés után kiszámítják a függvény maximális növekményének értékét (és irányát), ezáltal fokozatosan megközelítik az optimumértéket. Ezek a számítási műveletek ismét csak digitális számítógéppel végezhetőek.

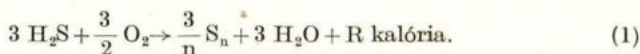
A számítógépnek itt az a feladata, hogy függvényértékeknek megfelelő pontsorra vonatkozóan minden egyes pont esetében kiszámítsa a gradiens értékét. Itt az egyes pontok közötti távolságokat ésszerűen kell megválasztani.

Ha a pontok túlságosan közel vannak egymáshoz, akkor szükségtelenül sok munkával jár a számolás. Másrészt viszont a pontok közötti távolságokat úgy kell megválasztani, hogy minden lépésintervallumon belül a gradiens pozitív maradjon, hogy monoton módon közelítsük meg az optimális értéket.

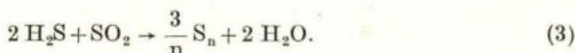
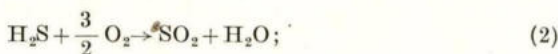
A gradiens eljárásnak megfelelő optimalizálás két részből áll, az egyik rész a függvény legmeredekebb emelkedési szakaszának felkutatása, a másik rész a szűrőpróbarész. Megtakaríthatjuk azt is, hogy minden lépés után kiszámítsuk a gradiens értékét, és ehelyett úgy járunk el, hogy ha már egy pont esetében ismeretes a gradiens, a módszeres vizsgálatot ebben az irányban addig folytatjuk, amíg egy megközelítő helyi maximumot el nem értünk.

Ezután kisebb szakasztávolságokat választva addig kutatunk, amíg meg nem találtuk a helyi maximumot. Ha e kísérletek egyike sem vezet javulásra, feltételezhetjük, hogy legalábbis helyi (lokális) optimumot értünk el. Ha a szűrőpróbák alkalmával mégis tapasztalunk javulást, akkor inflexiós pontban vagyunk. A számítógép ebben az esetben addig követi mindkét irányban az inflexiós részben levő függvényértékeket, amíg a csúspontokat meg nem állapítja. Ezután a számítógép összehasonlíttja mindkét csúspont függvényértékeit és a nagyobb érték mellett dönt. Most következik a vizsgálat szűrőpróba jellegű része, amelynek során azt kell megállapítani, hogy a kiszámított csúspont csupán lokális vagy ténylegesen az abszolút optimumértéknek felel-e meg. Ezután az így talált pont környezetét vizsgáljuk meg abból a célból, hogy további csúspontok fekvését határozhatjuk meg. Az

A teljes reakció a következő:

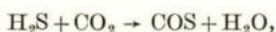


Bár a kén ilyen módon látszólag közvetlenül termelődik, ez a reakció két egymást követő alábbi reakciónak az eredménye:



A teljes reakció szükségessé teszi a H_2S részleges elégetését, amihez viszont az kell, hogy a levegő és a sav-gáz mennyiségét a reakciókemencébe való beáramlás előtt pontosan szabályozzuk.

Fellép még másodlagos reakció is, mint:



ami zavarja a szabályozás pontosságát.

A (2) képlet szerinti égési folyamat a kemencében megy végbe, míg a (3) reakció két, sorbakapcsolt konverterben elhelyezett katalizátorágyban folyik le. A kondenzátorok a kemence és minden konverter után vannak elhelyezve. Ezek teszik lehetővé a kén-gáz kiválását a reakcióban részt nem vett gázokból.

A lánc végén a maradékgázban foglalt ként szétválasztóban kivonják, a visszamaradó kénvegyületeket ($\text{H}_2\text{S} + \text{COS} + \text{CS}_2 + \text{S}$) ezután izzítókemencében oxidálják.

Ha a H_2S a mennyiségéhez viszonyított légfesleggel kerül a kemencébe, akkor túl sok H_2S oxidálódik, ami a teljes folyamatláncon keresztül hibát okoz. Ennek következtében a folyamat végén olyan fölös mennyiségű SO_2 található, amely nem vett részt a katalitikus reakcióban.

Ha ezzel ellentétben léghiánnyal dolgozunk, akkor nem oxidálódik elég H_2S , és ez feleslegesen benne marad a folyamatban, és mint fent, ugyancsak nem vesz részt a katalitikus reakcióban, hanem elég az izzítókemencében és a hőmérsékletet emeli.

Összefoglalva: az eredmény, hogy a bevezetett H_2S -hez viszonyítva, akár légfesleggel, akár léghiánnyal szabályozzuk a folyamatot, a lánc végén mindig találunk a normális szabályozáshoz viszonyított fölös SO_2 -mennyiséget. E két lehetőség között az optimális üzem mellett az elvezetett SO_2 -mennyiségnek minimuma van.

Az üzemben használt minden műszer pneumatikus típusú volt. Ennek következtében a pneumatikus jeleket adó méréseket villamos jelekké kellett átalakítani, hogy a számítógépbe bevezethetők legyenek. Ugyanakkor az ellenkező műveletet kellett elvégezni a pneumatikus tolattyúk működésének vezérlésére.

A termelésben használt mérőműszerek nem voltak kielégítőek és ezért az üzem tanulmányozására számos kiegészítő mérőhelyet kellett létesíteni, beleértve a gázelemzőkét is.

A folyamatos gázmintavétel rendszere sok alapos tanulmányt igényelt, különösképpen az infravörös analizátorral kapcsolatban, amely a teljes SO_2 -mennyiséget állapítja meg a lánc végén. (Mind az itt említett, mind a savgáz koncentrációjának folyamatos, automatikus mérésére készült már Magyarországon a Labor MIM által gyártott, egyszerűbb, de pontosabb és szabványos kimenőjelű műszer.)

Ezt követően vizsgálati terv készült. Ennek elemeit a következőkben foglalkoztatjuk össze.

A) A számítógéptől függetlenül végzett vizsgálatok (off-line).

1. A folyamatnak a digitális számítógéppel való leképezésére szolgáló elméleti vizsgálat.

2. A gáz főbb termelési elemeken való áthaladásához szükséges időnek, valamint a konverterekben lefolyó katalitikus folyamat kontaktidejének a megállapítása. Ezeket a méréseket radioaktív indikátorok segítségével végezték.

B) Bekapcsolt számítógéppel folytatott vizsgálatok (on-line).

1. Az adatok számszerű összegyűjtése és ezután a számítógépbe való bevezetése, ami a kidolgozott eredményeket (korrigált hozam, teljesítmény, mérleg stb.) adta és lehetővé tette:

a) matematikai modell elkészítését;

b) független változók statisztikai megállapítását;

c) az üzem statikus és dinamikus vizsgálatát.

2. Szabályozás. Ha a számítógépet központi szabályozóként használjuk, akkor bizonyos számú, az előbbi folyamatban megállapított paramétert adunk meg, és megbizonyosodunk arról, hogy a főbb mérési értékek az előre megállapított határokon belül maradnak.

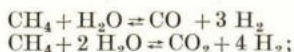
3. Optimalizálás. Az előbbi vizsgálatok megmutatták, hogy nehéz olyan matematikai modellt készíteni, amely a reakció sebességét figyelembe veszi.

Nyeresség. Egy 200 t/h teljesítményű ipari üzemben végzett kísérlet lehetővé tette a teljesítmény növekedésének megállapítását és ennek extrapolálását napi 4000 Mp két termelésére szolgáló jövőbeni üzemre. 1%-os többlettermelés esetében a Lacq-i kénygár teljes termelő berendezése körülbelül 1,5 év alatt amortizálódik, és három év alatt, hogyha a többlettermelés 0,5%.

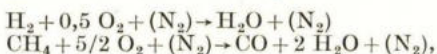
3.22 Földgázátalakítást szolgáló üzem kísérleti optimalizálása

A francia L'Office National Industrial de L'Azote tanulmányozta olyan gázoptimalizáló berendezés problémáját, amellyel a földgázt vízgőzzel ammóniaszintézishez való H_2 és N_2 keverékké lehet átalakítani.

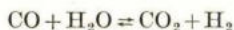
Ismeretes, hogy ennek az eljárásnak meg kell valósítania a következőket:
 1. először is katalizátorral megtöltött csőben a két következő endoterm reakciót:



2. ezután egy második kemencében, amelybe levegőt vezetünk be, a következő reakciókat:



végül egy konverterben a következő katalitikus egyensúlyt kell létrehozni:



a hidrogéntartalom növelésére.

Végül is törekvés az $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2$ keverék elérése. E folyamat közben CO_2 , CO , CH_4 gázok maradnak vissza.

Egy olyan matematikai modell készítése, amely magában foglalja az előbb felsorolt reakciókat, a már jelzett nehézségekbe ütközik. Minthogy pedig a kapott adatok nem egészen pontosak, szükség van egy tökéletes gázanalízálóra és megfelelő műszerezésre, hogy segítségükkel a problémák megoldásához közelebb juthassunk. Ezenkívül be kell vezetni bizonyos számú újabb paramétert, amelyeket a számítógépnek időközönként át kell számolnia, hogy nyilvántarthassa a katalizátorok aktivitásának csökkentését és egyéb kísérőjelenségeket, mint például a gáznak a reaktorokon át történő abnormális áramlását.

Végül is a nitrogén- és hidrogénkeveréket tíz készülékben készítik elő négyféle eljárással vagy ezek változataival. A probléma nemcsak a gázáramlás optimalizálásában rejlik, hanem a különböző áramlási vonal megfelelő terhelésének optimalizálásában is.

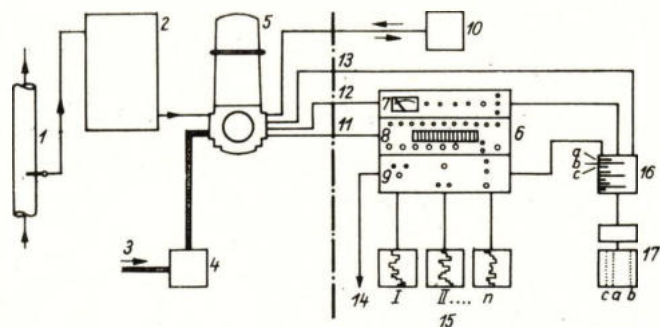
3.23 Kőolajipari automatizálás

Igen nagy az érdeklődés a kőolajfinomítás területéről is a folyamatirányító számítógépek iránt. Itt is felismerték: egyedül a mérő- és szabályozó készülékek további fokozott alkalmazásával a korszerű olajfinomítóban már alig lehet a gazdaságosságot növelni. Itt tehát a szó szoros értelmében vett optimalizálásról van szó, elsősorban tehát gazdasági tekintetben.

A finomítási eljárás optimalizálása műszaki vonatkozásban azt jelenti, hogy a hő- és energiafogyasztást a lehető legjobban csökkentjük az ésszerűség határáig, azaz a termikus hatásfokot az optimumra állítjuk be. Ezenkívül a termékek hozamát, minőségét és egyenletességét a csúcserőértékig hozzuk, s ugyanakkor a selejtet — mindenekelőtt a használhatatlan termékeket, amelyeket normális körülmények között elégetnek — a minimumra csökkentjük. A kőolajfinomítási folyamatok optimalizálása csak digitális működésű folyamatirányító számítóberendezésekkel hajtható végre. Alkalmazásuk

azonban csak akkor lehetséges, ha egészen pontosan ismerjük a nyersolaj-feldolgozásnál szükséges technológiai folyamatokat, és azok matematikai egyenletrendszerek alakjában fel is írhatók, ill. matematikailag megközelíthetők.

A további előfeltétel az *anyagösszetételek* pontos ismerete. Az olajfinomítóknál a legfontosabb közbelső termékekből és a végtermékekből rendszerint rövid időközönként próbákat vesznek, amelyeket üzemi laboratóriumban megvizsgálunk.



22. ábra. Folyamat-kromatográf vázlata

1 folyamatáramlás; 2 próbaelőkészítés; 3 hordozógáz és 4 előnyomás-szabályozás; 5 analizátor; 6 programozó rész; 7 hídkapcsolású műszerrel; 8 programadó; 9 digitális értékelő műszer; 10 hőmérséklet-szabályozó; 11 és 12 vezérlőimpulzusok és detektor-tápfeszültség; 13 komponensiró készülék; 14 írőkészülék a teljes analízishez (a, b, c különféle komponens-koncentrációk); 15 kiválasztó írőkészülék (peak-picker)

Erre a célra általánosan gázkromatográfok kerülnek alkalmazásra, amelyekkel a felbomlás nélkül elgőzöltethető folyadékokból álló keverékeket aránylag gyorsan és pontosan lehet elemezni. Az ilyen gázkromatográfok mérőhatásként az egyes ásványolaj-komponenseknek egy adszorbeáló anyaggal töltött leválasztó oszlophoz való különféle affinitását használják ki, és ebből egy, a folyadék-komponens fajtájának és koncentrációjának megfelelő villamos mennyiséget vezetnek le.

Kézenfekvő, hogy az üzemi laboratóriumban végrehajtott számos kőolaj-elemzés csak aránylag nagy időbeli késéssel hajtható végre. Még akkor is, ha az egyes elemzések eredménye már egy negyedóra múlva rendelkezésre áll, és ezáltal az olajfinomító központi vezénylőtermében levő üzem-mérnök számára lehetőség nyílik arra, hogy a folyamatot helyesbítsék, a próbavétel és a folyamat befolyásolása között elég nagy idő telik el, s ez alatt a folyamatot nem lehet optimálisan vezetni.

Ezen „holtidő” egy része úgy csökkenthető, hogy laboratóriumi kromatográfok helyett ún. *folyamat-kromatográfokat* alkalmaznak, amelyeket közvetlenül a folyamatba iktatnak (22. ábra).

Az ilyen folyamat-kromatográf előre kiválasztható időközönként a termék-vezetékekből mintákat vesz, amelyek egy készülékben feldolgozásra kerülnek

és valamilyen közömbös hordozógázzal együtt a kromatográf analizátor-részébe jutnak. Egy, az olajfinomító vezénlyőtermében levő programadó sorban kiválasztja az egyes folyamatáramlásokat, vezérli az analizátort, és automatikusan megindítja a többi szükséges lépéseket is, pl. a leválasztó-oszlopok visszaöblítését és a szelepek átkapcsolását.

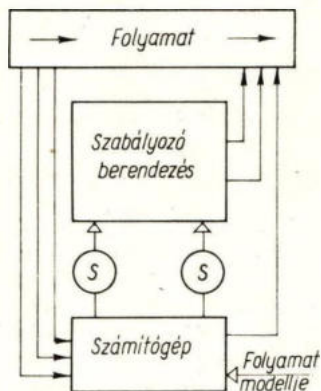
A kimeneti oldalon egy digitális értékelő műszeren keresztül jelek jutnak a villamos regisztráló műszerekre, amelyek az elemzési eredményt szűrő-diagramszerűen feljegyzik. Az írókészülékek egy része ún. *kompenzáló készüléknek* tekintendő, mert mindegyik ilyen írókészülék csak az analizálandó keverék egy bizonyos komponensének a koncentrációját jegyzi fel. A digitális értékelő műszer lehetővé teszi azt is, hogy közvetlenül vezéreljünk egy szabályozót, amely azután a rendelkezésre álló analízis alapján módosító hatással befolyásolhatja a folyamatot. A fizikai összefüggések pontos ismerete nélkül minden esetre problematikusá válik a folyamat-kromatográfának egy szabályozóval való összekapcsolása.

Itt kezdődik azután a folyamatszámító berendezés feladata, ami az olajfinomítóban végbemenő bonyolult fizikokémiai folyamatok optimalizálásából áll. Újabb megfontolások alapján kísérleteznek azzal, hogy a desztillálandó anyag különféle komponenseinek a folyamat-kromatográf segítségével megállapított koncentrációin kívül a beadott keveréknek a frakcionáló oszlop előtti entalpiáját is belevonják a berendezés e teljes fokozatának szabályozásába. Ehhez digitális számítóberendezéssel állandóan ki kell számítani a legkedvezőbb folyadék-gőz-keveréket az oszlopba való belépés előtt.

Különféle lehetőségek vannak arra, hogy az entalpiát, tehát a teljes hőtartalmat, az oszlop előtt meghatározzuk. Így pl. a számítóberendezés a nyersolaj nyomásából és hőmérsékletéből és a gőz/folyadék arányból rövid időközönként újból és újból ki tudja számítani az entalpiát.

A kőolajfinomításban a számítóberendezés előreláthatóan egyelőre a folyamattal nyílt hatásláncban csatolt módon (online open-loop) alkalmazható, azaz a számítóberendezés csak a bemeneti oldalon áll a folyamattal kapcsolatban, és az összes mérési értéket és egyéb adatot közvetlenül a folyamatban elhelyezett mérő- és analizáló műszerektől kapja. A számítóberendezésnek táblázati formában kiadható eredményei alapján azután kézi beavatkozással lehet helyesbíteni az üzemi mennyiségeket.

A folyamat automatizálásának a következő fokozata azután az lehetne, hogy előre megadott matematikai modell szerint (feed-forward computer control) a folyamattal zárt hatásláncban kapcsolatban levő számítóberendezés segítségével (on-line closed loop) vezéreljük a folyamatot (23. ábra). Ebben az esetben a számítóberendezés a bemeneti és



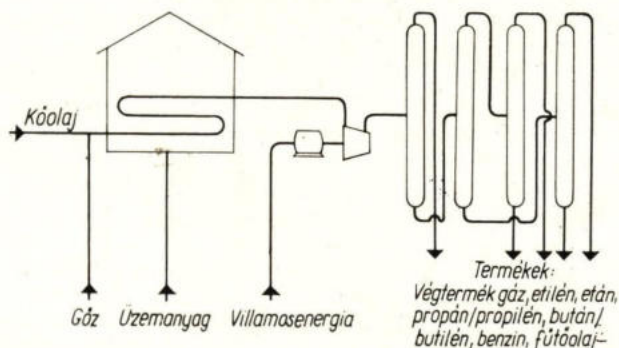
23. ábra. Számítógépes folyamatirányítás vázlatja

kimeneti oldalon a mérő-, vezérlő- és szabályozóberendezés közvetítésével van a folyamattal kapcsolatban. A folyamatot program vezérli, amit beható folyamattanulmányozások alapján a folyamat matematikai leírásának formájában (matematikai modell) állítottak össze.

Jelenleg a legfejlettebb számítógépgyárak azzal kísérleteznek, hogy a folyamattal *párhuzamos* számítóberendezések segítségével (azaz olyan folyamatirányító számítóberendezésekkel, amelyek nincsenek kapcsolatban a folyamattal, és a szükséges adatokat kézzel, vagy lyukszalagok és lyukkártyák útján kell beadni) tanulmányozzák a folyamatot, hogy azután ezen a módon az olajfinomító egyes részlegei számára megközelítő matematikai modellt lehessen létrehozni. Ezzel a modellel azután lassan át lehet térni a számítóberendezésnek a folyamattal párhuzamos üzemeltetéséről a folyamatba iktatott üzemeltetésre.

3.24 Etilénüzem irányítása

A Shell Chemical Company Carrington városban (Anglia) levő etilénüzeme vezérlőközpontja és a Manchester Egyetem Atlas számítógépe között adatátviteli láncot dolgoztak ki. Ezáltal a gyártásirányító bármikor kihasználhatja a nagy teljesítményű számítógép előnyös tulajdonságait, amivel a folyamat működtetéséhez szükséges adatokat a legcélszerűbb módszerrel lehet kiszámítani.



24. ábra. A Carringtonben működő kőolajnafta átalakítására szolgáló művelet magja. A naftából igen nagyszámú egyéb terméket nyerhetünk

A carringtoni gyár hőre lágyuló anyagot, etilén-propilén alapú, valamint aromás ipari vegyszereket állít elő. Valamennyi folyamat alapanyagát a kőolaj krakkolása révén nyerik. A 24. ábra ezt az alapfolyamatot ábrázolja. A krakkolókemencében a kőolajból (főleg könnyű) szénhidrogénekből álló keveréket kapnak. A keveréket az egyes összetevők szétválasztása érdekében nyomás alá helyezik, majd az összetevőket az alacsony hőmérsékletű desztillációnál használják fel. A gázok pontos összetétele a kőolajkrakkolás függvénye, és így a végtermék összetétele nagymértékben az előállítás minőségétől

függ, ezenkívül még a kőolaj típusától, valamint a kemence konstrukciójától és fizikai paramétereitől is.

Az etilén szükséges mennyisége időről időre változik, annak megfelelően, ahogy a felhasználó üzemek indulnak, leállnak vagy a termelés szintjét változtatják. Elvileg van egy optimális termelési szint, amelynél a költségek alakulása szintén optimális, azonban éppen az említett mennyiségi különbségek miatt ez az optimum változik.

Az optimális feltételek számítása egy viszonylag nagy és gyors digitális számítógép felhasználását teszi szükségessé. Ezenkívül a számításhoz szükséges mindenkori információmennyiség olyan nagy, hogy összegyűjtésük és kezelésük mechanikus módszerekkel kell, hogy történjék.

Az adatkiválasztásra már 1964-ben kidolgoztak két módszert:

1. Az off-line rendszer külső számítógépet használ. Az adatgyűjtés eredményét kódoltan lyukszalagon tárolják. A szalagról az adatokat számítógépbe kell betáplálni, és a gép az eredményt ugyanilyen formában juttatja vissza.

2. Az on-line rendszernél a folyamatot irányító számítógépet az illető gyáron belül helyezik el. Ekkor a gép figyelemmel kíséri a tényleges működési paramétereket, és azonnal kiszámítja az optimális működés feltételeit. A rendszer folyamatirányító berendezések közvetlen szabályozására is alkalmazható.

A két rendszer összevetéséből az derül ki, hogy az on-line rendszer a feldolgozás sebessége tekintetében előnyösebb, és így a mindenkori optimumot jobban megközelíti. Mindamellet a szakemberek arra a következtetésre jutottak, hogy figyelembe véve az árat és az időtúllépésből származó hátrányokat, az adott esetben előnyösebb az off-line megoldás.

Az optimális folyamatparaméterek számítására vonatkozó rutinprogramot, valamint az adatgyűjtő és továbbító berendezéseket 1965-ben vezették be az említett carringtoni gyárban.

Az optimalizáló rendszer lényege: a működési paraméterek megváltozásának hatása olyan mértékben jóslható meg, hogy annak gazdasági és működési következményei becsülhetők legyenek.

A jóslás alapja matematikai modell, mely leírja egy sereg működési paraméter esetére a termelés várható mennyiségét, a különböző termékek minőségét, és az előállításához szükséges nyersanyag-, gáz- és villamosenergia-szükségletet. A modell figyelembe vesz még egyéb, a gyártás folyamán fellépő hatásokat, ami a termelést befolyásolja. Ilyenek pl. a kemencék hőterhelése, hőcseréje, ill. a hőmérséklet változása.

Alapvetően a modell két részből áll:

1. leírja a kőolaj elgázosításának reakcióját (krakkoló modell);

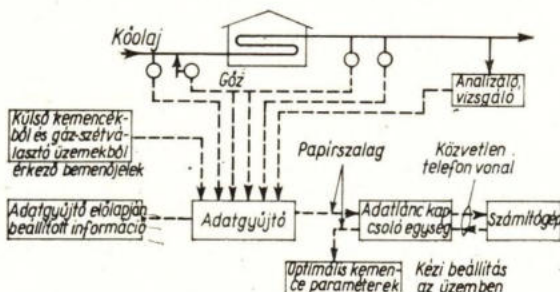
2. leírja a krakkogáz szétválasztását a különböző termékekhez (gázzétválasztási modell).

A krakkoló modellel ellentétesen a gázzétválasztási modell elvi feltételezésekre épült. Számos egyszerűsítés bevezetésével a modell megjósolja a gáz szétválasztásának módszerével nyerhető ismert összetételű krakkogáz minőségét és mennyiségét.

Megadja továbbá, hogy a desztillációs oszlopokban és gázkompresszorokban milyen lesz a várható terhelés, valamint hogy a szétválasztáshoz mennyi villamos energiára és gőzre van szükség.

A megfelelő árak figyelembevételével a bevétel is számítható. Így tehát figyelembe véve a nyersanyag-, valamint az energiaköltségeket, az etilényártásból származó haszon is meghatározható. A haszon optimalizálása az optimalizáló program tárgyát képezi.

A teljes optimalizáló probléma most már oda korlátozódott, hogy meg kell találni a működési paraméterek azon értékeit, amelyek maximális értékfüggvényt eredményeznek, és nem szegik meg az előírásokat. Az ismeretes



25. ábra. A teljes rendszer blokkvázlata a számítógéphez való csatlakozás feltüntetésével

módszerek közül a Shell cég által kidolgozott „közéltő programozást” választották.

Eltelktve a vezérelhető működési paramétereiktől, a termelésre számos nem befolyásolható tényező is hat, mint pl. a nyersanyag összetételének változása és a berendezés szennyeződése. A modell ezeket is figyelembe veszi; a szükséges korrekciót szabályos időközönként történő mérések eredményei alapján kiszámítja. Ez az egyik fő ok, amiért adatfeldolgozó rendszert érdemes üzembe helyezni.

Az említett vegyi művekben működő berendezés vázlata a 25. ábrán látható. Középpontjában egy adatgyűjtő berendezés áll, mely közvetlenül az üzem vezénylőtermében van felszerelve, és a meglévő berendezésekkel van összekötve. Egy kemencevizsgáló berendezést (azaz néhány speciális áramkört) csatlakoztatnak az adatgyűjtőhöz, hogy egy adott kemence analitikai mérési adatai folyamatosan regisztrálhatók legyenek a többi folyamatparamétereknek megfelelően. Periodikusan valamennyi jelet a jelválasztó sorrendbe válogatja, digitális jele alakítja és lyukszalagra lyukasztatja.

Néhány információt (termékmennyiség, érték, minőség stb.) kézzel is be lehet állítani az adatgyűjtő előlapján elhelyezett kapcsolókkal. Ha optimalizáló számítást kell végezni, akkor megfelelő nyomógomb lenyomásával a kapcsolókat az adatgyűjtő letapogatja és a kapcsolóállásnak megfelelő helyzetet be lyukasztatja az adatgyűjtő kimenő szalagjába. Ez a szalag most már valamennyi

gyártási adatot tartalmazza a legutolsó optimalizálási beállítás óta. A szalagot egy — ugyancsak a gyár vezérlőtermében elhelyezett — lyukszalagleolvasóba helyezük, mely része az ICT 7000 jelű adatláncnak.

Amikor a gyártól 5 mérföldnyire, Manchesterben levő Atlas-számítógép az adatok befogadására kész állapotban van, az üzemben levő adattovábbító ellenőrző berendezés a szalagleolvasót indítja és az adatokat közvetlen telefonvonalon keresztül az Atlas-gép memóriájába olvassa be 100 jel/s sebességgel.

Amikor a számítás befejeződött, az optimális megoldás az adatláncan át visszajut a gyár vezérlőtermébe, ahol ismét lyukszalagra kerül. A szalagot a lyukszalagleolvasóba helyezik, amely kiírja a hőmérsékletre, áramló mennyiségre stb. vonatkozó információkat, s ezeket a kezelőszemély beállítja az üzemben.

3.25 Szódagyártás

A következőkben kitérünk — a 26. ábra kapcsán — egy, a szódagyártó üzem számítógépes irányítására. Az ábra az Imperial Chemical Industries (Anglia) fleetwoodi üzemében működő Argus 200 (Ferranti) kapcsolatát mutatja az üzemi folyamattal. Ez a megoldás — mely több éven keresztül bizonyította megbízhatóságát — a korszerű folyamatirányítás ma már klasszikus példájának tekinthető.

A számítógép — mint említettük — Argus 200 típusú, programok, valamint néhány állandó érték céljára ferritgyűrűs permanens tárolóval és változó adatok számára ferritgyűrűs operatív tárolóval kombinálva. A szó-alapidő $20 \mu\text{s}$ értéket tesz ki, a programtároláshoz 1200 24-bites szót, az adattároláshoz 1000 12-bites szót használnak.

A berendezést 224 paraméter méréséhez és 120 vezérlőszelep működtetésére kivitelezték. Ténylegesen 209 bemenet adatát jegyzi fel és 90 szelepet vezérel közvetlenül, továbbá nyolc vezérlőhurok kaszkádkapcsolásban van a többi hurok beállított pontjával. A végzett mérések hozzávetőleges fele hőmérsékletmérés. Erre a célra ellenálláshőmérőket használnak. A többi mérés legnagyobb része áramlás- és nyomásmérés néhány pH-méréssel és CO_2 -elemzéssel kombinálva. Valamennyi méréshez egyenáramú átviteli tagot használnak.

A vezérlésszámításhoz a szelepek felénél kétrészes vezérlést (arányos plusz integráló működés), a szelepek másik felénél pedig háromrészes vezérlést (arányos plusz integrál plusz differenciál) irányoztak elő. Vagyis az utóbbi esetben:

$$V = K_0 \left[\Theta + \frac{1}{T_I} \int \Theta dt + T_D \frac{d\Theta}{dt} \right],$$

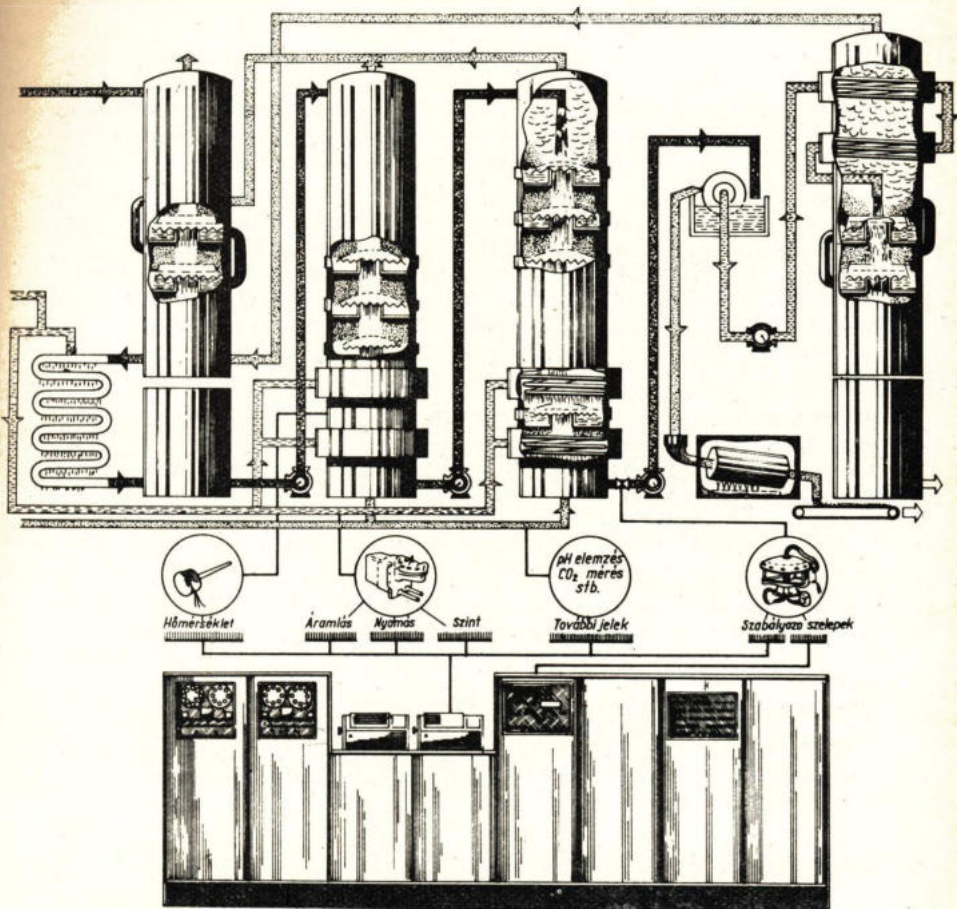
ahol V a megkövetelt szeleppállítás;

Θ a mért érték megkövetelt értékhez (beállított pont) viszonyított hibája;

K_0 erősítési tényező;

T_I integrálási idő;

T_D differenciálási idő.



26. ábra. Argus 200 számítógép szódagyártó üzemben

Ezt a számítógépbe adják be az alábbi mintavételi adatváltozattal:

$$V_n = K_0 \left[\Theta_n + \frac{t}{T_I} \sum_{r=0}^{\infty} \Theta_{n-r} + \frac{T_D}{t} (\Theta_n - \Theta_{n-1}) \right],$$

ahol t a mintavételi időköz.

A folyamat szempontjából kedvező vezérlés érdekében t értékének kicsinek kell lennie T_I -hez és T_D -hez viszonyítva, aminek eredményeképpen az integráló és a differenciáló tagok konstans tényezői túlságosan kicsivé, ill. túlságosan nagygyá válnak. Mivel e korábbi igen nagy pontossággal kell tárolni, 10^7 .

ből egy részt használnak. Az utóbbit meg kell szorozni a $(\Theta_n - \Theta_{n-1})$ tényezővel, amely csak igen kis szakaszokban változhat.

A megkövetelt szelepállásokat egymásután számítják a 98 körhöz, a gyorsműködésű (kétrészes) körökhöz a számítást másodpercenként, a többi, fennmaradó körhöz ötmásodpercenként végzik. A számítások a folyamat pillanatra kész információin alapulnak, amelyet analóg szinten kapcsolnak a gyorsműködésű tranzistoros kapcsolókkal.

Az említett számítások eredményei alapján több szelepvezérlési módszer használatára van lehetőség. A fleetwoodi rendszerben pneumatikus membrános vezérlőszelepeket használnak, 24 V-os tekercsel működtetett segédszeleppárral együtt a főmembrán felett uralkodó nyomás szabályozására (lásd a 26. ábrát). Amikor a két szelep zárt állásban van, a nyomás állandó értéken marad, és a vezérlőszelep nem mozog. Minden megkövetelt szelepállást összehasonlítanak a megfelelő tényleges szelepállással. Ezt a mérést azzal a lineáris potenciométerrel végzik, amely mechanikusan van a szelepre kapcsolva.

Az összehasonlítást megfelelő program alapján a számítógép végzi, és működteti a megfelelő tekercset a folyamatvezérlő szelep mozgatásához, amely így a megkövetelt irányban mozdul el. A rendszer igen nagy sebességgel próbálja ki a szelepállást, amíg el nem éri a megfelelő helyesbített, új szelepállást. Ezt a próbálgatást tovább folytatják a drifttel szembeni védelemre. Szemben a várakozásokkal, e szelepek tökéletesen megbízhatóknak bizonyultak, mindössze egyetlenegy szelep hibásodott meg a kétéves üzem alatt.

A gyártó vállalat képviselői azt a követelményt támasztották, hogy a szelepeket teljes munkaútjuk 1%-át kitevő távolságon tudják helyzetbe állítani, és a szelepek két végállás közötti teljes löketüket 10 másodperc alatt tegyék meg. A működtetési késések lehetővé tételére úgy döntöttek, hogy minden szelepet hússzor kell ellenőrizni másodpercenként, és a 120 szelep (amelyek közül csak 98-at használnak) működését tartalmazó program körülbelül 35 ezredmásodpercet vesz igénybe. Így a számítógép rendelkezésére álló időnek mindössze 70%-át veszik igénybe a szelepek pontos helyzetbe állítására, és ez jelenti azt a tényt, amely figyelemre méltó az átdolgozott rendszer kivitelénél.

Vezérlés céljára a rendszer 98 változót és 90 szelepállást olvas le, és vezérlőjeleket ad le a szolenoiddal működtetett, 90 segédszeleppár számára. A berendezés további 111 olyan változót is leolvas, amelyek kizárólag tájékoztató jellegűek, és a riasztás ellenőrzésének céljára valók. Minden bemenetmérés felső és alsó határértékkel hasonlítanak össze, és a rendszer nyomtatott jegyzőkönyvet ad ki, mihelyt valamelyik értéket túllépték. Ugyanez a nyomtató berendezés feljegyzést vezet a gépkezelő beavatkozásairól, és minden órában, vagy külön parancsra a mért változókról gépnaplólapot állít ki.

Négyperces időközökben mágnesszalag berendezés jegyez fel minden változót. A mágnesszalagot 24 óránként lejátszó berendezésbe helyezik és visszaolvasásuk a számítógépbe. A négyperces leolvasásokból egy órára vonatkoztatott átlagértéket képeznek és az így kapott nagyszámú eredményt további nyomtató berendezésen nyomtatják ki. A mágnesszalagot arra a célra is lehet használni, hogy diagramíron felrajzolják bármelyik csatorna diagramját. A

teljes csatorna 24 órára vonatkoztatott valamennyi feljegyzését három perc alatt dolgozzák ki. A mágnesszalagot ezután a Ferranti-féle, általános célú tudományos számítógépbe helyezik, amely hosszadalmas számításokat végez a folyamateljesítménnyel kapcsolatban.

A kezelőszemély a szükséges műveleteket teljes egészében egyetlen kisméretű vezérlőtáblán végzi. Ez a megoldás mind a hely, mind pedig a végzett mozgások szempontjából igen gazdaságos, és ennek megfelelően jobb a kezelőszemély teljesítménye is.

A vezérlőtáblán négy kapcsolósoron lehet beállítani a bemeneti mérés címét, vagy a tárolást a gyűrűtárolóba. A tárolást digitális mutatóműszer mutatja. Emellett a címkapcsolók egyéb állásainak megfelelően három decimális kapcsoló és egy jelkapcsoló teszi lehetővé, hogy megváltoztassák a ferritgyűrűs tárolóban a beállítási pontokat és az egyéb információkat. A vezérlőtáblára végül három jelzőlámpa van felszerelve a „nyugtázás”, a „riasztás” és a „hiba” mutatójára. A különböző műveletek céljára kapcsolók vannak, amelyek például a változók nyomtatását váltják ki, vagy a riasztásokat nyugtázzák.

A kétéves kísérleti üzem alatt mindössze három elektronikus hiba és egy szerkezeti hiba miatt kellett leállítani a teljes rendszert. A szerkezeti hiba annak következtében lépett fel, hogy alábecsülték a kapcsolók által a vezérlőtáblára gyakorolt terhelést, és egy dugaszoló berendezést kellett kicserélni.

A hibákat az egyetlen másodperc alatt lefutó ellenőrző programmal állapítják meg. Ez a program hiba esetén lezárja a számítógép kimeneteit. Minden szolenoidszelep automatikusan zár, és a folyamatvezérlő szelepek megfelelően hosszú ideig maradnak legutóbbi állásukban annak megállapítására, hogy a membrán nem szivárogo-e. A folyamat maga biztonságos, és a régi, kézi vezérlésű berendezést azért tartották meg, hogy a számítógép esetleges hibája alatt ezzel irányítsák az üzemet.

A rendszer használói minden szempontból tökéletesen meg voltak elégedve, és elsősorban azt értékelték, hogy a teljes üzem vezérlése sokkal határozottabb és mégis egyenletesebb, ugyanakkor sokkal hamarabb lehet megszüntetni az üzemzavarokat. Ezzel az állásponttal egyetértettek a berendezés kezelői is.

A minőséggel kapcsolatos eredmények igen sokrétűek voltak. A teljes berendezés költsége mégis alig volt több, mint a hagyományos rendszeré, ugyanakkor több és jobb adatnaplózó és riasztásellenőrző berendezés áll rendelkezésre. Ezenfelül sokkal szélesebb körű a folyamat ismerete, s ennek nyomán a jövőben az optimális kísérletek viszonylag kis költséggel oldhatók meg, mivel csak a számítógép programját kell bővíteni.

3.26 Pirolízis automatikus optimalizálása csőreaktorban

A pirolízis célját szolgáló csőreaktor optimalizálásának feladatkitűzésekor az irányítás kritériuma a következőképpen volt fogalmazható: maximalizálni kell a reaktor kampányidejéből (két javítás közötti üzemidő) és javítási idejéből álló üzemeltetési ciklusidő alatti jövedelmet.

A jövedelmet úgy lehet megfogalmazni, hogy az egység alatt előállított, s a megfelelő ártenyezővel beszorzott termékmennyiségek össze-

gének, valamint az időegység alatt felhasznált, s ugyancsak a megfelelő ártényezőkkal beszorozott termékmennyiségek összegének különbségével. Az előállított termék jelen esetben etilén és propilén.

Az ártényezőkkal a termékegység árán kívül figyelembe veszik a gyártmány veszteségességét és a fogyasztók (a technológiailag sorrendileg következő üzemek) igényeit. A kampányidő a kampány végére megengedhető kokszmennyiségéből és a kokszképződés sebességéből határozható meg. Ilyen feladat megoldása még akkor is bonyolult, ha pontosan ismert a szabályozott szakasz teljes matematikai modellje. Hőbontással dolgozó eljárások esetére ez a feladat a szabályozott szakasz jellemzőinek driftje következtében nem oldható meg.

Egy sor kiegészítő tényező figyelembevétele lehetővé teszi a feladat egyszerűsítését. Alacsony a nyersanyag- és a fűtőanyagköltség (ár). A vízgőz-fogyasztás költségeit rögzítettnek lehet venni, mert a nyersanyag összetételének a gyakorlatban előforduló ingadozása a hígítás mértékének változtatását nem teszi szükségessé. A nyersanyag alacsony árának és a berendezéssel szemben támasztott nagy termelékenységi követelmény következtében az optimalitás technológiai kritériumaként a tartózkodási idő (átfutási ciklus) alatti céltermék- (etilén és propilén) kizozatalt kell elfogadni.

Ebben az esetben az egységnyi idő alatt előállított termékek mennyisége arányos a pirogázban levő etilén és propilén súlyszázalékával ($s\%$). A kokszképződés sebessége korrelációs függvénykapcsolatban van a pirogázban levő metán és hidrogén $s\%$ -ával és a pirogáz fajsúlyával. A kampány megengedett idejét adottnak lehet tekinteni, amelynek biztosítása a pirogáz hidrogén- és metántartalmának korlátozásával lehetséges. Ezek után az optimalizálás feladata a következőképpen fogalmazható meg:

Maximalizálni kell a

$$P = C_e q_e = C_p q_p$$

hasznossági függvényt, ahol:

q_e és q_p az etilén és a propilén $s\%$ -a a pirogázban;

C_e és C_p az áregyütthatók (értelemszerűen).

Emellett azonban teljesíteniök kell az alábbi határfeltételeket: a pirogáz hőmérséklete (T_{pg}) a kemencéből történő kilépéskor nem haladhatja meg a maximálisan megengedhető értéket ($T_{pg \max}$). A propilén $s\%$ -a (q_p) a pirogázban korlátozva van egy minimálisan megengedhető ($q_{pg \min}$) értékkel. A pirogáz metán-hidrogén frakciótartalma (q_{mh}) nem haladhatja meg a maximálisan megengedhető $q_{mh \max}$ értéket.

A határfeltételek közül az első a kemence üzemeltetési tulajdonságaival kapcsolatos, a második azt az eset veszi figyelembe, amikor a $C_e \gg C_p$, s egyidejűleg fennáll egy minimálisan szükséges propilénfogyasztás. A határfeltételek közül a harmadik a kokszképződés megengedett sebességéből ered, amit a kemence két javítás közötti elégséges üzemeltetési időtartama szab meg. Ezenkívül az utóbbi határfeltétel kapcsolatos lehet az utólagos, maximálisan megengedett energiaráfordításokkal, melyek a gázválasztás miatt szükségesek, ha alacsony hőmérsékletű a rektifikálás.

A folyamat statikájának tanulmányozása (melyet szovjet szakemberek végeztek el és *M. Sz. Liszgor* ismertett a *Mehanyizacija i avtomatizacija proizvodstva* 1965/6. számában), a következő alapvető eredményekre vezetett: Az átbocsátott nyersanyag s%-ában kifejezett etilén- és propilénkihozatalnak a hőmérséklet függvényében — állandó kontakt idő mellett — jól észlelhető maximuma van minden nyersanyagfajta esetére, s emellett vegyes nyersanyag esetén a maximum elérése után a kihozatal csökkenése lassabban megy végbe, mint a növekedése.

Ez a tény a különböző hőmérsékleteken lefolyó reakció tanulmányozásának eredményeként magyarázható: alacsonyabb hőmérsékleten a bomlási reakciók túlsúlyban, amelyeket az olefin mennyiségének növekedése kísér, a hőmérséklet további növelése az egyensúlyt a kondenzációs és polimerizációs reakciók túlsúlyának irányába tolja el. A maximális kihozatalhoz tartozó pont helyzetét két reakciótyp sebességének aránya határozza meg.

A hőmérséklet azon értékei, amelyek az etilén és propilén maximális kinyerésének felelnek meg, lényegesen változnak a nyersanyag összetételének függvényében. Állandó hőmérsékleten az olefinek kihozatala az idő függvényében szintén határozott csúcsértékű, amelynek helyzete azonban jelentéktelenül függ a nyersanyag összetételétől.

A pirogáz metán- és hidrogéntartalma állandó idő mellett a hőmérséklet növekedésével monoton nő olyan sebességgel, amely lényegesen függ a nyersanyag összetételétől. A nyersanyagösszetétel ingadozásainak különböző tartományaira meghatározták a vízgőzzel való hígítás fokának optimális értékeit. A hígítás fokának mind a csökkenése, mind a növelése csökkenti az olefinek kihozatalát; az első esetben az átalakulás fokának csökkenése, a második esetben a mellékreakciók erősödése következtében.

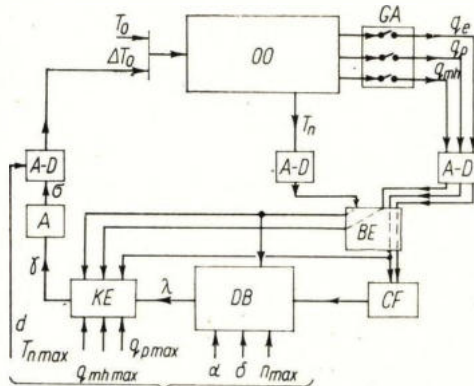
Az egyszeri tartózkodás (átfutási ciklus) alatt maximális olefinkihozatalt biztosító üzemmódokat nem mindig lehet elérni a kokszképződés növelésének következményeként. A kokszkiválás sebessége a hőmérséklet növelésekor először növekszik, később azonban csökken. A kontakt idő növelésével a kokszkiválás sebessége csökken.

A reakciótér nyomása lényegesen befolyásolja a pirolízis-termékek összetételét.

A hasznossági függvény a legérzékenyebb a hőmérséklet változásaira. A változó terheléssel kapcsolatos kontakt idő ingadozása a céltermék kihozatalát nem befolyásolja jelentősen. A vízgőz-szállítást állandónak lehet tekinteni. Ilyenformán keresni kell azt a hőmérsékletértéket, amely a *P* hasznossági függvényt maximalizálja. Az optimális hőmérséklet nem rögzíthető a hőmérsékletskála egyetlen kijelölt pontján egy sor ok következtében, amelyek közül a legalapvetőbbek: a nyersanyag összetételének ingadozása és a kokszképződés. A nyersanyag összetételének változása miatti eltolódás a szintetikus szeszgyárak nyersanyagként gázkeveréket alkalmazó ellenáramú gázváltással dolgozó első pirolizáló sorának kemencéire jellemző. Ezekben a kemencékben az eltolódás jelentős okaként jelentkezik ugyancsak a lepárló berendezések üzemmódjának ingadozása. Az ufimi és kujbisevi szintetikus szeszgyárakban az első pirolizáló sorok vizsgálata azt mutatta, hogy bizonyos

esetekben a nyersanyag összetételének lényeges változása naponta max tíz-szer is végbemegy.

A második pirolizáló sor kemencéi, amelyek folyékony nyersanyagot használnak, kevésbé vannak kitéve a betáplált anyag összetétel-ingadozásainak. Itt az eltolódás alapvető oka a szabályozott szakasz tulajdonságainak megváltozása a kampány folyamán a kokszképződés következtében. A kokszkiválás rontja a csőfalak hővezető képességét, és megváltoztatja a nyomást a reakciótérben. A reakcióegyensúly eltolódása a nagy mennyiségű bomlás-termék képződésének irányába ahhoz vezet, hogy a kampány végén a metán-



27. ábra. Optimalizáló rendszer blokkvázlata

Pirolizáló kemencék esetében ilyen „letapogatás” megvalósítása még külön nehézségbe is ütközik, ami abból ered, hogy az optimalizálandó szabályozott szakasz bemeneti jele a hőmérséklet. Az optimalizátorok ismert algoritmusai olyan kényszer vizsgálóhatás létrehozását tételezik fel a szabályozott szakasz bemenetén, amely adott esetben rendkívül káros, mivel rontja a kemence üzemét, a csövek kiegészének veszélyét rejti magában, csökkenti a javítások közötti üzemidőt, növeli a kokszképződést, és a kemence idő előtti elhasználódásához vezet. Ezért célszerű olyan letapogatási algoritmusok alkalmazása, amelyek sztochasztikus vizsgálóhatásokra épülnek, azaz a hőmérséklet olyan véletlenszerű ingadozásaira, amelyek az értéktartó hőmérsékletszabályozóban elért értékhez képest eltérést jelentenek.

Az optimalizáló kör strukturális blokkvázlatát egy kettős áramlású kétkamrás pirolitikai csökemence egyik áramlásterére a 27. ábra mutatja.

A pirogáz összetételét (az etilén, a propilén és a metán-hidrogén frakciótartalmat) a szakaszos működésű GA gázanalizátor méri egyenlő időközökben.

Ezen időközöknek megfelelően, de egy bizonyos fáziskéséssel méri a pirogáz hőmérsékletét az áramláster kimenetén. A mérések eredményei (q_a , q_p ,

hidrogén frakciótartalomra vonatkozó határfeltétel teljesítése érdekében csökken a hőmérséklet. A hasznossági függvényben szereplő C_e és C_p együtthatók értéke az üzemeltetés folyamán nem marad állandó, az alábbiak megváltozása pedig az optimális üzemmód újraállítását teszi szükségessé.

Ilyenformán az optimalizálás feladata az, hogy meg kell valósítani a pirolízis azon hőmérsékletének automatikus letapogatását (keresését), amely a határfeltételek teljesülése mellett a hasznossági függvény maximumát adja.

q_{mh}, T_n), amelyeket az A/D analóg-digitál adatátalakító számkóddá alakít át, a BE információbeviteli egységre jutnak. A CF célfüggvényszámító egység kiszámítja a hasznossági függvény értékét. A DB digitális számítóberendezésbe a mintavétel eredményeként rendelkezésre álló hőmérsékletérték (T_i) és a hasznossági függvényérték (P_i) összetartozó számpárjai ($T_i P_i$) kerülnek ($i = 1, 2, \dots, n$).

Ezen értékpároknak egy bizonyos időintervallumban kapott összessége képezi az adatválasztékot. Az adatválaszték analizálásának alapján képződik a DB kimenetén a λ bináris szám formájában megjelenő döntés a letapogatás következő lépésének irányáról. Ha $\lambda=1$, a döntés értelmében pozitív irányú lépés megtétele szükséges (T_n -növelés), $\lambda=0$ pedig azon döntést jelenti, amikor negatív irányú lépést kell tenni. A bináris szám bekerül a KE korlátozó egységbe, amelybe ezenkívül bevezetjük még a T_n, q_p és q_{mh} folyó értékeit, valamint a $T_{n \max}, q_{p \min}$ és $q_{mh \max}$ megadott értékeket. Ha valamennyi határfeltétel teljesül, akkor

$$\begin{aligned} \lambda=1\text{-nél } \gamma &= 1, \text{ és} \\ \lambda=0\text{-nál } \gamma &= -1 \end{aligned}$$

áll fenn. Ha a határfeltételek közül csak egy is nem teljesül, $\gamma=0$. Az A akkumulátor előjelhelyesen hozzáadja γ soron következő értékét az előző értékek (az üzem kezdetétől számítva) összegéhez. Az akkumulátorban megjelenő összeget olyan folytonos jellel alakítják, amely a pirogáz kimeneti hőmérsékletét megadott értékben tartó szabályozókör ΔT_0 alapjelnövekményét reprezentálja.

Ez az átalakítás a A/D átalakító egységben megy végbe; az átalakítás d lépését (az átállítás mértéke) állandónak vesszük.

Ilyenformán a rendszer egy lépése a ($T_i P_i$) ($i = 1, 2, \dots, n$) számpárokból álló adatválaszték egy bizonyos időintervallumban történő akkumulálásából, egy sor számítási és logikai művelet elvégzéséből és a pirogáz hőmérsékletét szabályozó értéktartó szabályozókör alapjének átállításából áll. Ilyen lépések sorozatának eredményeként a rendszer a szabályozott szakaszt optimális üzemállapotba hozza.

Állandósult állapotban a rendszer ugyanazon algoritmus szerint működik, és csillapítatlan lengéseket végez az optimuma körül. Ki van dolgozva ennek a rendszernek olyan változata is, amely lehetővé teszi állandósult állapotban a letapogatás leállítását. Ebben az esetben $\gamma=0$ nemcsak a határfeltételek sereg nem teljesülésekor, hanem akkor is, ha a szabályozott szakasz állapotmutatója, amelyet a DB digitális számítóberendezés kiegészítőleg kiszámít, megegyezik az állandósult állapotbeli tartományhoz tartozó értékkel. A lépés kezdetét a hőmérsékletbeállítás tranziens szakaszának vége határozza meg. A szükséges időkésést az akkumulátorról a bemeneti egységre adott visszacsatolás hozza létre (az ábrán nincs feltüntetve).

A letapogatás következő lépésének irányára vonatkozó döntés a DB egységben olyan eljárás alapján jön létre, amely a P -nek T_n -re történő regressziójának együtthatójára vonatkozó hipotézisek sorozatos ellenőrzéséből áll. A DB -re a következő referenciaadatokat adják meg:

a hibás lépések megengedhető α valószínűsége;
a hipotézisek alapjeltartományai közötti δ távolság;
a döntés meghozatalához maximálisan felhasználható $T_1 P_1$ számpár (n_{\max});
az ellenőrzés-sorozat terjedelme.

Az ismertetett optimalizáló kört BESZM–2M digitálisszámológépen modellezték. A modellezés kimutatta, hogy a rendszer paramétereit mindig be lehet állítani azon szükséges követelményeknek megfelelően, amelyek a szintetikus szeszyárak pirolizáló kemencéinél a letapogatás sebességével és az állandósult állapotbeli pontossággal szemben támaszthatók. Hasonló rendszert dolgoztak ki kettős áramlású egykamrás csőkemencére is, amelyben az áramok független vezérlése lehetetlen.

Az itt ismertetett rendszer nem oldja meg teljesen a pirolizáló üzemek optimalizálásának problémáit, vannak más feladatok is. A lángmentes pirolizáló kemencék lehetővé teszik a hőmérséklet szakaszos szabályozásának megvalósítását a csökigyóban, valamint az optimális hőmérsékletgradiens megvalósítását a reaktorban.

Ugyanakkor, ha az optimális tervezésnél használatos egyenletek szerint periodikus átszámításokat végzünk, a paraméterek eltolódásának hatásától függetlenül a feladat az optimális vezérlés területére tolik át. Olyan matematikai modell hiánya, amely számításba venné az eltolódás hatását, a letapogatás megvalósításának szükségességét eredményezi, ez azonban az adott esetben nagy gyakorlati nehézségekhez vezet.

Az egész pirolizáló üzem szempontjából nagy jelentőségű a kemencék terhelésének racionális megoszlása. A gyakorlatban a terhelés annak megfelelően oszlik meg, hogy az egyes kemencék a kampány melyik szakaszában vannak. A kampány elején a kemence jobban le van terhelve, majd a kampány vége felé közeledésének mértékében a többi kemence rovására fokozatosan tehermentesítődik stb. A terhelés automatikus elosztása akkor célszerű, ha néhány kemence hasonló nyersanyaggal működik. A feladat lehetséges megoldása egy egyszerű számítóberendezés beállítása, amely egy bizonyos időintervallumban kiszámítja minden kemencére a pirolízis közepes metán-hidrogén frakciótartalmát. Az időintervallum végén a terhelésszabályozók alapjele a metán-hidrogén frakciótartalommal fordított arányban automatikusan megváltozik. E kiegészítő feladatok megoldása ennek ellenére nem célszerű akkor, ha az optimalizálás alapfeladata nincs megoldva.

3.27 Papíripari automatizálás

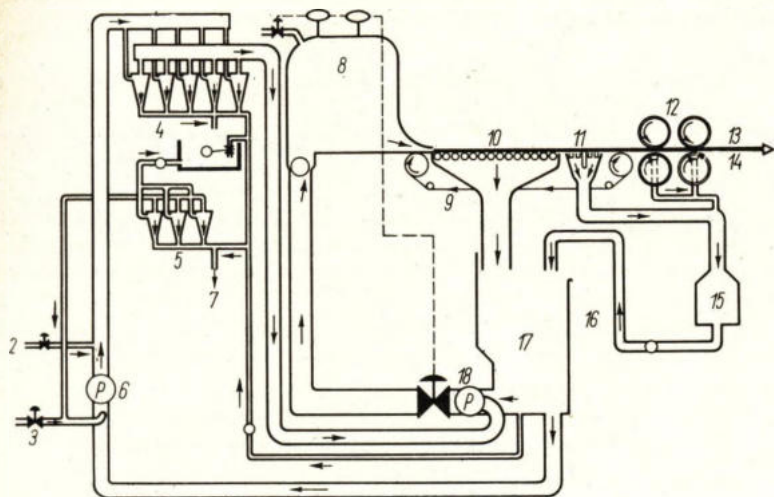
A papíripari gépek irányítási problémái javarészt a nedves szakasz és a papírgép előkészítésének komplex tulajdonságából származnak.

Az irányítás megvalósításához — első lépésként — vizsgáljuk meg a nedves szakasz viselkedését. Miután a termelőgépen az elvégezhető kísérletek korlátozottak, a legtöbb kísérleti munkát szimulációs modelleken végzik, amely a tényleges gép nedves szakaszának dinamikus tulajdonságait reprezentálja. A szimulációs modelleket a bemutatáshoz választott példában egy Ferranti analóg-digitális számítógép segítségével készítették. A tervezett kísérlet során

a papírpári gépről kapott adatokból a nedves szakaszra vonatkozóan előzetes vizsgálatokat lehetett végezni.

A szimulációt addig finomítják, amíg a modell az illető gép jellegzetes tulajdonságait létre nem tudja hozni.

A modellen a reprezentált gép dinamikus viselkedése is tanulmányozható. A kísérletek alapján javított számítógépes vezérléstechnika eredményei a szimulátoron mérhetők. A szóban forgó gépen a javított számítógépes vezérléstechnika alkalmazása révén elért megtakarítások igen jól becsülhetők.



28. ábra. Papírgép nedves szakasza

A gépeken a műszerezettség hiánya általában komoly akadálya az adatgyűjtésnek. Szimulációs modell segítségével az is megállapítható, hogy mely jellemzők mérése szükséges, továbbá kiszámítható a műszer hibájának hatása a minőségre.

A vizsgált esetet tanulmányozó szakemberek nézete szerint a Ferranti-számítógépes vezérlőrendszer bevezetése — ha megfelelő műszerezettséggel párosul — igen jelentős eredményeket biztosíthat a tipikus papírpári gépek termelékenységében és a termék minőségében.

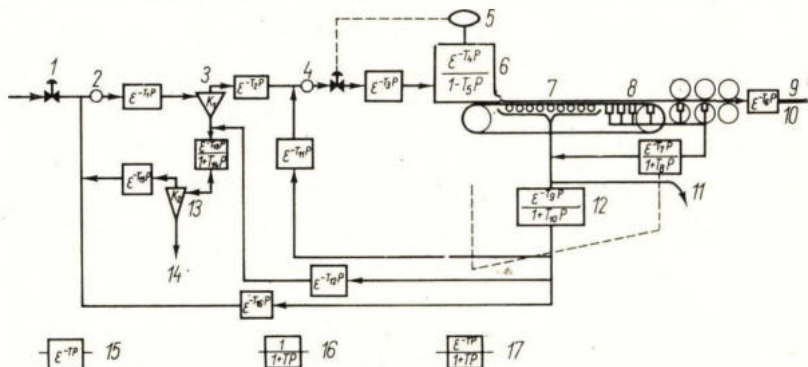
A papírgép nedves szakasza. A gép ezen szakasza (28. ábra) jelenti általában a legtöbb vezérlési problémát dinamikus tulajdonságai következtében.

A dinamikus jelenségek és vezérlésük könnyebb megértése érdekében egy Ferranti-kutatócsoport kísérleteket végzett egy termelőgépen. A gép nedves szakaszát reprezentáló modellt számítógépre vitték.

A modell segítségével a lehetséges vezérlési eljárást alaposan meg lehet ismerni anélkül, hogy a gép termelési idejét tovább csökkentenénk.

Az egyszerűsített blokkvázlat. A 29. ábrán a csöveket és kádákat egy, a szabályozástechnikában szokásos rövidítés móddal, az ekvivalens (egyenértékű) időkéleltetéssel, időállandóval, vagy a kettő kombinációjával tüntettük fel. Az egyes tömbökbe beírt szimbolikus kifejezés azt a matematikai egyenletet jelenti, amely megmutatja, hogy a tömb kimenő jele hogyan reagál a bemenő jelben történt változásra. Ezt a blokkvázlatot kódolt alakban vizsik át a szimulációs számítógépre a nedves szakasz reprezentálása végett. Az áramlást és a konzisztenciát minden blokkba beírtuk.

A nedves szakaszról felvett tipikus regisztrátumok (30. ábra) a számítógépes vezérléssel kapott súlyváltozás javulását ábrázolják.



29. ábra. Papírgép nedves szakaszának egyszerűsített blokkvázlata

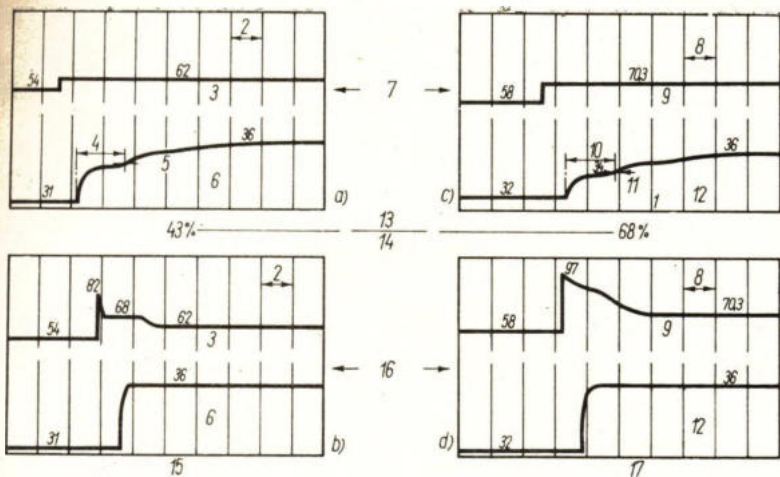
a) A 30a ábra a nedves szakasz súlyátviteli függvényét szemlélteti, ha a gép áramlási szelepének helyzetét egységugrással változtatjuk. Az általános gyakorlatban a kezelő egy sor ilyen egységnyi állítást idéz elő, mielőtt elérné a végleges értéket, tekintettel a rossz minőségre.

b) A 30b ábra a fenti javított alapsúlyátviteli függvényt szemlélteti, ha a modellezett gépnél számítógépes vezérlést alkalmazunk. A számítógép a nedves szakasz paramétereinek méréséből számítja ki a kívánt szelepprofil, amely meredekebb felfutású súlyátviteli függvényt ad. A sorozatos rossz minőségű termék mennyisége csökkenthető.

c) és d) A 30c és d ábrák az alapsúlyátviteli függvényt szemléltetik a fent feltételezettektől eltérő áthaladási tényezőre. Ha az áthaladási tényező változása olyan, hogy a szitán több rost halad át, a rendszer átvitelének eredő változásához egy — a számítottól és meglévővel eltérő — optimális vezérlőprofilra van szükség a pépanyagot áteresztő szelepen.

Ha a nedves szakasz paramétereinek változása következtében a szükséges vezérlőprofil meg kell változtatni, akkor rövid idő alatt számítógép nélkül sem lehet a szükséges számításokat elvégezni.

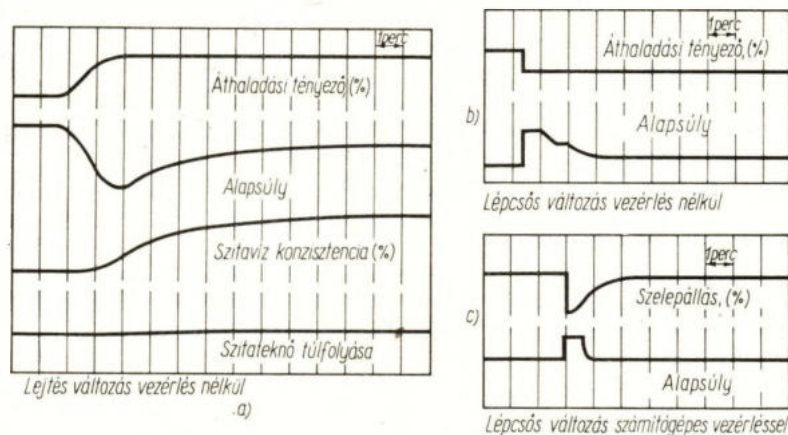
A 31. ábra az alapsúly és a visszvíz konzisztenciájának függvényeit szemlélteti az áthaladási tényező megváltozása során. Ezt a hatást általában a selejt-



30. ábra. Alapsúlyátviteli görbék

áramlás sebességének változása, a papírgép minőségének változása vagy a finomító beállításának változása okozza.

a) A 31a ábra az áthaladási tényező kétperces felütésének eredményét szemlélteti. Az alapsúly hirtelen lecsökken, majd lassan visszaáll, ahogy a szítán átfolyt víz konzisztenciája következtében az új állandósult érték beáll. Az alapsúly végső értéke kisebb, mint eredeti értéke volt, mert a megnöveke-

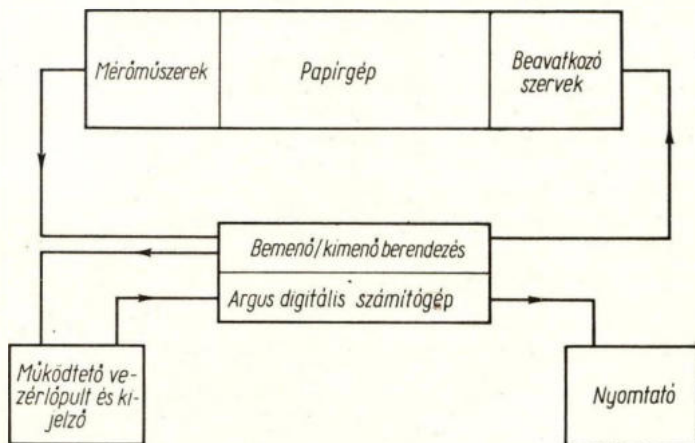


31. ábra. Áthaladási tényező változása

dett rostmennyiség elvész a mintateknő túlfolyásánál. Az alapsúly hirtelen csökkenése bizonyos gépeken meghibásodást okozhat.

b) és c) A 31b és c ábra a számítógép használatának előnyeit szemlélteti. A változás észrevételekor a szelep állításával visszállítja az alapsúlyt a beavatkozás előtti mértékre.

A papírpári gépek működésének különböző eseteiben fellépő veszteségek elemezhetők és ezek a végtermék százalékában fejezhetők ki. Az itt leírt számítógépes vezérléssel a veszteségek nagymértékben csökkennek, tekintettel a



32. ábra. On-line üzemű számítógép papírgyártásban

minőség és a súly változására. Az alapsúlyátviteli görbék azt mutatják, hogy a veszteségek jelentékeny részét meg lehet szüntetni.

Egyéb gépen levő megtakarítások csak az illető gép részletes tanulmányozása után becsülhetők meg.

A kutatás végül is oda vezetett, hogy a számítógép — a 32. ábrán látható módon — on-line üzemmódjának megvalósítását tartották célszerűnek.

Az információkat a számítógép a gépre szerelt műszerektől és a kézi vezérlőpulttól kapja. Ezekből az adatokból a számítógép meghatározza a szükséges beavatkozás mértékét.

A beavatkozást a számítógép indítja. Ajánlatos közvetlenül a szelepeknél és a vezérlő mechanizmusnál beavatkozni. Ezzel egyidejűleg a kezelő a szükséges beavatkozásról a vezérlőasztalon levő kijelzőktől és a nyomtatótól kap tájékoztatást.

4 Folyamatirányító számítógépek az energiatermelésben és -elosztásban

4.1 Általános kérdések

Az energia előállítása és elosztása olyan szervezeti elrendezést mutat, mely a számítógépek szokásos csoportosításában kialakított hierarchikus felépítéshez igen erősen hasonlít.

A legelső fokozat: a fizikai mennyiségeket vezérlő és szabályozó egységek (az egyes erőművi blokkok hőmérséklete, gőznyomása, fordulatszáma, teljesítménye). Ezek a blokkok egymástól jól elhatárolt különböző csoportokból állnak: tüzelőanyag, levegő- és tápvízellátás, gőz, hűtés, turbina, generátor és segédberendezések. Az egyes csoportokat lehet a számítógépről is vezérelni.

Mindezeket a csoportokat a folyamatirányító számítógép fogja össze. A programozásnál figyelembe kell venni, hogy az automatikának a közbejött váratlan eseményekkel is kell tudni számolni. A szénmalomban vagy az olajtüzelőben keletkezett zavar, esetleg a tápszivattyú kiesése például ilyen zavar lehet. Az automatikus üzemeltetés megkívánja a tartalékegységek azonnali és automatikus bekapcsolását, valamint a meghibásodott részek riasztójelzését. Az analóg mérőjelek, a kontaktusbeadások és az impulzus bemenő jelek a gőzerőműveknél együttesen több ezret tehetnek ki, és nem sokkal kevesebb a kimenő jelek száma sem. Atomerőműveknél ennek háromszorosa, vagy még több jel szükséges mind a bemenő, mind a kimenő oldalon.

A hőerőművek esetében a bemeneti oldalon a tüzelőanyag (szén, gáz, olaj) található, a kimeneti oldalon pedig az előállított villamos energia. Ha lenne egy olyan fizikai eljárás, mellyel ezt az átalakítást közvetlenül és idővesztés nélkül végrehajthatnánk, akkor természetesen nem lenne szükség automatizálásra. Az energiaátalakítás lényegében háromfokozatú:

a) az elégetés: a tüzelőanyag és a levegőhozzávetetés adagolása, valamint az égéstermékek eltávolítása;

b) a gőzkör: a tápláló vízhozzávetetés adagolása, a szabályozott gőzszolgáltatás a turbinára és a kondenzáció;

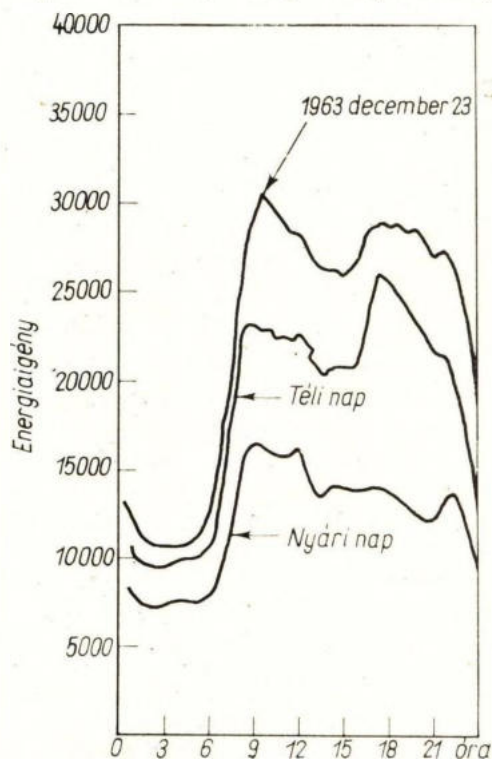
c) a gőzenergia átalakítása mechanikai és végül villamos energiává.

A három egymásba nyúló folyamatot úgy kell irányítani, hogy a hálózattól kívánt villamos teljesítmény mindenkor rendelkezésre állhasson. A leírt fő feladatok mindegyike feltételezi, hogy nagyszámú részfeladat teljesüljön. Minden folyamat és részfolyamat lefolyásához idő szükséges, azokra állandóan felügyelni kell, és gondoskodni kell arról, hogy az érzékeny gépekben és készülékekben az előre nem látható túlterhelés kárt ne okozzon. Elképzelhető, hogy a nagy terhelésváltozások — különösen az erőmű indulása és le-

állása — a kezelőszemélyzet körültekintésével szemben nagy követelményeket támasztanak.

Ha még egy lépéssel tovább megyünk, és megkívánjuk, hogy az üzem lehetőleg optimális legyen, azaz, hogy az összes intézkedést a legrövidebb időn belül meghozva azok lehetőleg a legkisebb gépigényt és a legcsekélyebb üzemanyag-szükségletet kívánják, a személyzettel szemben még nagyobb kívánalmakat támaszt. Az így felállított követelményekkel a kézi irányítás már nem tud lépést tartani.

Az erőmű automatizálásánál fellépő sok részfeladat a korszerű üzemekben már (a szabályozó körök révén) automatikusan teljesül. A számos motorhajtású szivattyút, tolattyút, szelepet és más beavatkozó szervet a nyomógombokkal ellátott felügyelőhelyről vezérik. Kézenfekvő az a gondolat, hogy ezeket a részautomatikákat meghagyják vagy továbbépítik, és a számítógépre csak a főlérendelt feladatokat bízják. Ezeket a gép feldolgozza, és megfelelő beállítási parancsokat ad az alárendelt részautomatikáknak és szabályozó köröknek (ez az „supervisory control” példája). Ennek az elvnek előnye,



33. ábra. Példa a csúcsidőszakok alakulására

hogy az alárendelt körök gyorsan és viszonylag biztonságosan dolgoznak, egymással párhuzamosan úgy, hogy — a számítógépektől eltérően — sorrendi probléma nem lép fel. A számítógépek kiesésekor az erőmű a továbbiakban kézzel vezérelhető.

Másrésről viszont az új számítógép-típusok sebessége folyamatosan növekszik, így a sorrendi kérdések mind kevésbé kritikusak. Az utóbbi években a megbízhatóságot és az alárendelt körök feladatai közötti megosztási arányt mindinkább a költségtényezők határozzák meg.

A számítógépes irányítás különösen értékes a csúcsüzemi időszakok szempontjából. Érdekes példákat ad erre vonatkozólag Nagy-Britannia energiagazdálkodása. Az ország energiarendszerében kb. 14 ezer mérföldes (kb. 23 ezer km) hálózat van. Egyes szakaszok 400 kV-osak, más szakaszok 275 és

132 kV feszültséggel jellemezhetők. A hálózatot érő csúcsterhelés évszakonként és azokon belül napszakonként is rendkívül eltérő. Jellemző képet ad erről a 33. ábra.

A terhelések figyelembevételére szimulátort alakítottak ki. A szimulátor segítségével lehetőség volt egy számítógépes program kidolgozására. Ez a program irányította azután annak a számítógépnek a munkáját, mely az energiahálózat „munkatervét” dolgozta ki (34. ábra). Ez csak modellezési szintig oldja meg az irányítási feladatokat, nem jelent folyamatba iktatott irányítást.

Hogy feladatát jól elláthassa, az erőművet optimalizáló számítógépet el kell látni a hálózat felépítését leíró adatokkal, a hálózat különböző pontjain fellépő teljesítményigényeket és a már üzemelő, valamint a tartalékgépeket jellemző adatokkal. Ezen adatok átvételéhez egy jól kifejlesztett távközlő rendszer áll az energiaszolgáltatás rendelkezésére. Az energiarendszert a minimális költségnövekedés elve alapján vezetik, figyelembe véve az erőművek által megkövetelt energiaelőállítási költséget és a hálózati veszteséget.

Az energiaelőállítás és elosztás optimalizálási problémái rendkívül sokoldalúak. Az ide szükséges adatfeldolgozás átfogó számítógéphez, valamint ráfordításigényes programozási munkához vezet. Ez ideig lezárt fejlődési fokozatot még nem sikerült elérni. Figyelemre méltó tapasztalatokat szereztek az USA, Anglia, Franciaország nagy energiahálózatain. A terheléselosztás optimalizálásában a számítógépek alkalmazásának tág lehetősége rejlik.

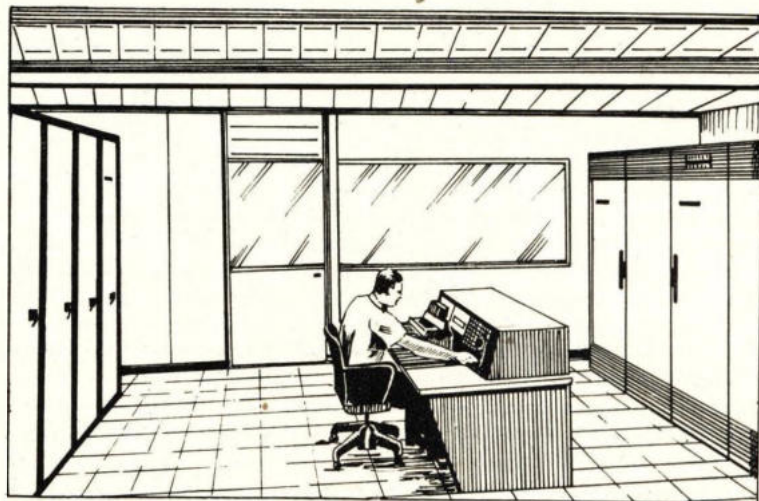
Villamos energia sehol sem táplálható névleges mennyiségben a hálózatba, mivel a fogyasztás éves és napos ritmusban jelentékenyen ingadozik, így elő-



34. ábra. Irányítótábla energiaelosztási folyamat modellezéséhez

állítását folyamatosan kell utánállítani. A különböző fogyasztási kívánalmak és a különböző éghajlatú vidékek a terhelés időbeni lefutását igen különbözővé teszik. Mind az előállítási központok, mind a fogyasztók a földrajzi adottságokhoz igazodnak, és gyakran egymástól igen távol helyezkednek el.

A távolságokat vezetékekkel kell áthidalni. Energiaszállításkor a villamos vezetéken veszteség lép fel. A teljesítményáramlást folyamatosan figyelemmel kell kísérni, a saját vezetékeken az idegen hálózathoz, vagy a transzformátor-



35. ábra. Prodac 800 számítógéppel kialakított terhelosztó központ

hoz csatlakozó vezetékeken. A mindenkori terhelési állapot szerint egyes létesítményrészeleget ki, ill. be kell kapcsolni.

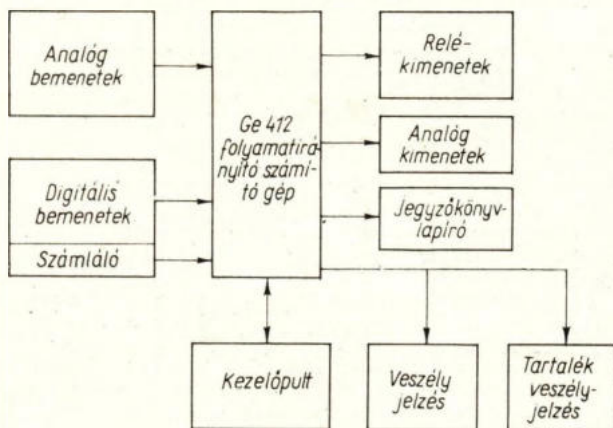
Áhogy az eddigiekből kitűnik, a hálózat táplálása még bonyolultabb feladat, mint a hőerőmű működtetése. Az automatizálási feladat méginkább sokrétűbbnek látszik, ha meggondoljuk, hogy a nagyfeszültségű összhálózat több különböző feszültséglépcsőjű alárendelt hálózatból tevődik össze. Például a 220 kV-os hálózat esetében az aránylag nem is olyan jelentős, hogy vajon az alárendelt 10 kV-os hálózatok egyikében ki- vagy bekapcsolunk-e egy elágazást; a kapcsoló állapotváltozása 110 kV-os hálózatban azonban sokkal inkább észrevehető, és így a 220 kV-os hálózatban megfelelő intézkedéseket foganatosítanak.

A hálózattáplálás átfogó automatizálása ennél fogva az egymással összekötött automatikák, ill. folyamatirányító számítógépek sokfokozatú hierarchiáját kívánhatja meg.

1965-ös számadatok szerint az USA-ban pl. 12 számítógépet alkalmaztak a hálózatszámítás céljaira, amelyek automatizálták a terheléselosztást. A terheléselosztó egy olyan működési központ, amely nagyobb energiabázisokon

felügyel a hálózati terhelés alakulására, és az erőműveket ennek megfelelően üzembe helyezi, és az összterhelésből kijelöli a működő részlegek részterhelését. Ehhez még hozzájön a szomszédos villamosenergetikai vállalkozásokkal kicsért teljesítmény vezérlése és felszámolása, a hálózati frekvencia ellenőrzése, és a nagyfeszültségű hálózat kapcsolási állapotának felügyelete.

A feladatok elvégzése végett a terhelélesztő a fontosabb hálózati pontokkal és állomásokkal mérő- és vezérlőcsatornák révén kapcsolatban van, saját



36. ábra. 310 MW-os erőműblokkhoz tartozó folyamatszámítógép

telefonösszeköttetés teszi lehetővé a működési utasítások gyors továbbítását. A 35. ábra egy 1500 MW-os amerikai villamos mű terhelélesztőjét mutatja. A számítógép üzemeltetése következtében jelentős helymegtakarítást és a terhelélesztő ügyelet egyszerűsítését érték el. A 36. ábra egy 310 MW-os blokk folyamatszámítógéppel való összekapcsolását szemlélteti.

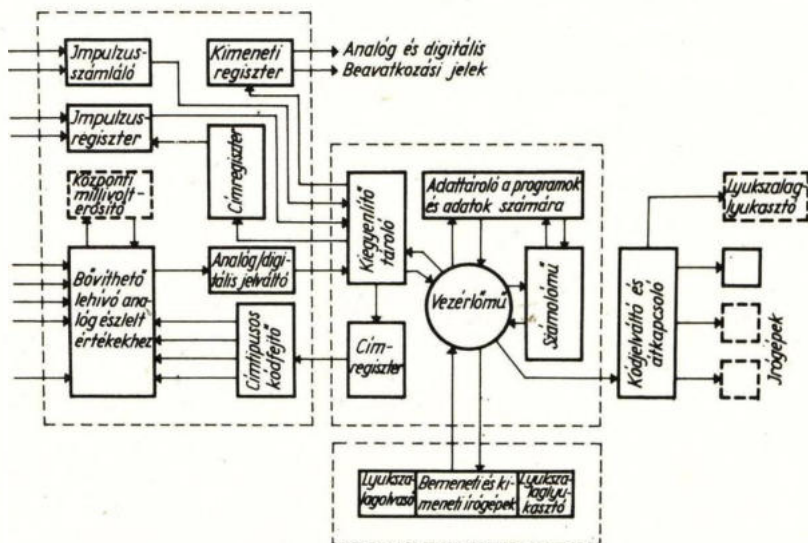
4.2 180 MW-os erőműblokk számítógépes ellenőrzése

Az itt tárgyalt alkalmazási példában egy 180 MW-os kondenzációs turbinából és olajtüzelésű Benson-kazánból álló erőműblokk Libratrol-rendszerű, EC 600 típusú folyamatirányító számítógépét ismertetjük. A berendezés még csak az észlelt értékek automatikus feldolgozására és határérték-ellenőrzésére, valamint határfok-megállapításra és mérlegszámításra való. Az alkalmazott számítógép elvégzi az összes aritmetikai és logikai műveleteket, valamint feldolgozza egy mágnesdobra tárolt program szerint az átvett észlelt értékeket.

A mágnesdob tartalmazza az adattároló szerkezetet, amelynek memóriakapacitása 4096 bináris számrendszerben megadott szó egyenként 31 bit-helyértékkel. A mágnesdob — a számítási program tárolásán kívül — az át-

vett és bináris kódot észlelt értékek, valamint a számolási műveletekből megállapított közbenső és végeredmények felvételére szolgál. A mágnesdobnak kiegészítésül 64 szavas kiegyenlítő adattárolója van a nagysebességű számítógép és az észlelt értékeket átvevő lassúbb rendszer szinkronizálásához.

Az adattárolót és a kiegyenlítő tárolót a bemenet és kimenet vezérlőegysége köti össze. A 37. ábra mutatja a különböző jelek haladásának irányát. Az uta-



37. ábra. EC 600 számítógérendszer vázlatos felépítése

sítás- és adatfolyamnak az adattároló és a számítómű közötti vezérlését ugyancsak vezérlőegység veszi át, amely logikai „és”, valamint „vagy” kapcsolások kombinációjára épül.

Az észlelt értékeket átvevő rendszernek hívóreléje van, amelynek bemeneti csatornáin a mérőjelátalakítókból villamos egyenáramú egységfeszültség alakjában kijövő észlelt értékek vannak.

Termoelemek, ellenálláshőmérők stb. bemenő feszültségei a millivolt tartományban közvetlenül minden érzékelő szerv mögött külön mérőerősítő nélkül kapcsolhatók, mert a program alapján az analóg/digitális jelváltó elé központi mérőerősítő kapcsolható.

A számítás programja a bemeneti csatornákat mindig nyolccsatornás csoportokban, időben egymásután kapcsolja az analóg/digitális jelváltó bemeneti részére, ott átalakítja kettős számrendszerű jelkombinációkra és átviszi a kiegyenlítő tárolón át a számjegyes számítógép adattárolójába.

Egy nyolcesatornás csoport kiválasztása tetszőlegesen irányítható, csak a csatlakoztatott esatornák csoporton belüli sorrendje van ciklikusan rögzítve. A címtípusátalakító gondoskodik a program választotta címesoport kiválasztásáról. A csoportreléknek higanyal nedvesített érintkezői vannak, amelyeket védőgázzal töltött üveg dugattyúba forrasztottak be. A relék érintkezői mágneses működtetésűek.

A bejövő mérővezetékeken keltett váltakozó feszültségek szűrésére egyszerű ellenálláskondenzátoros áramkörök vannak 50 Hz esetén F 40 szűrőtényezővel. (A szűrőtényező a szűrőbe belépő váltakozó feszültségnek és a szűrőből kilépő váltakozó feszültségnek az aránya. Ezt, amely a frekvenciától függ, itt 50 Hz jellemzőjű zavarófeszültségre vonatkoztatták.)

A nem szabványos egyenáramú feszültségben kapott bemenő jelek átalakítására külön adapter szolgál, amelybe különböző fajtájú adapterkártyákat építettek be illesztő áramkörökkel.

A számolási programot lyukszalagokon vizsik be. Ezeket a programbeadói egység lyukszalagleolvasónak olvassa le.

Az adatok a következő módon adhatók ki:

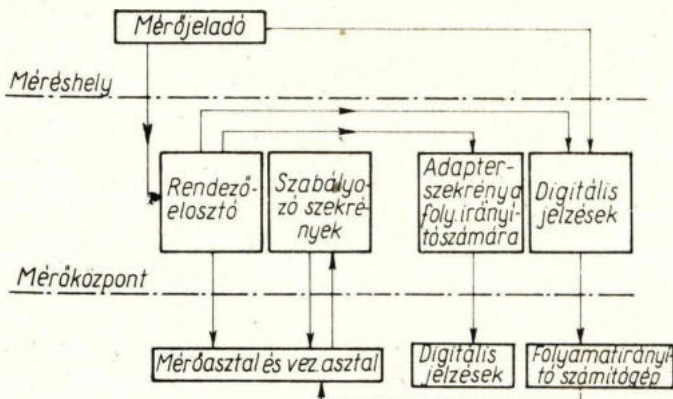
1. villamos írógépek útján leírt üzemi jegyzőkönyv alakjában;
2. szalaglyukasztó útján különleges szempontokból történő későbbi értékeléshez lyukszalagok alakjában;
3. mint analóg egyenáramú feszültség digitális/analóg jelátalakítóval a szabályozás alapértékének megadásához;
4. mint érintkező működtetés vezérelt érintkezők útján relék vagy jelzőberendezések számára.

A program időbeni lefolyását elektronikus óra vezérli. Programszétágazás a program előjelének befolyásolásával érhető el. Az előjeltől függően az adott két programág egyike kerül kiválasztásra.

Mérőjelátalakító csatlakoztatása. Az észlelt értékeket mérőjelátalakító változtatja analóg villamos értékekre és viszi át áram- vagy feszültségjelként az irányító számítógépre. Az átvitt jelnek az irányító számítógép szabványos egyenáramú feszültségéhez illesztésére minden bemeneti esatornánál különleges illesztő áramkör van.

A kifejezetten egyenáramú mérőjelátalakítóból jövő jelek illesztésére egyszerű precíziós ellenállás is elegendő. A szabályozásnak és az irányító számítógépnek egyidejűleg ugyanarra az egyenáramú mérőjelátalakítóra csatlakoztatása esetén galvanikus szétválasztáshoz külön bontóerősítőről kell gondoskodni. Ugyanez vonatkozik a földdel galvanikusan összekötött termoelemekre.

Ajánlatos az irányító számítógép kiegészítése számjegymutató berendezéssel, amelyre számos mérőhely kapcsolható nyomógombos szerkezettel (38. ábra). Ezzel ellenőrizni lehet a számítógép bemeneténél levő értékeket is. Ilyen berendezés különösen akkor fontos, ha a számítógép alkalmazásával együtt csökkentették a szokásos jelző- és regisztráló műszerek számát.



38. ábra. A műszercsoportok felosztása

4.21 Az irányító számítógép feladatai

Észlelt értékek regisztrálása. Az irányító számítógép a mérőjelátalakító észlelt értékeit a számítási programban meghatározott hívóciklus szerint hívja le, és a pillanatértékeket átviszi a számítógép kiegyenlítő tárolójába. Különböző észlelt értékek bizonyos módosításokat igényelnek az adattárolószervezetbe való átvitel előtt. Ilyen módosítások nem lineáris hitelesítőgörbék linearizálásából állnak, pl. termoelemek és ellenálláshőmérők esetén, vagy nyomás/hőmérséklet-helyesbítésből is átáramló mennyiségre vonatkozó mért értékeknél. A módosított észlelt értékek tartománytényezővel szorozódnak, az érzékelési tartomány eltolása esetén pedig egy alapértékhez adódnak. Több hívóciklus hívott mérőhelyeinek pillanatértékei a középértékképzéshez a tárolóelemekben összegeződnek és elosztódnak az átvitt értékek számával.

Az így kiszámított középértékeket vagy közvetlenül a kimeneti írógépek írják ki üzemi jegyzőkönyvként, vagy e középértékmutatók kiszámítására valók. Normális íróciklus folyamán elsőnek a négy tizedesjegyű időpont kerül kinyomtatásra. Ezután következnek egymásután a kinyomandó észlelt értékek és a legfontosabb mutatók, mint a hatások, a fajlagos felhasználások számjegyei stb. Utolsónak a 100-as ellenőrzőszám kerül leírásra, amely az analóg/digitális átalakítás pontosságát ellenőrzi azzal, hogy 10 voltos állandó feszültségforrás — mint egy észlelt érték — az analóg/digitális jelváltóra kapcsolódik és átszámítódik.

Riasztóvizsgálat. Riasztóvizsgálat céljából kritikus észlelt értékek a tárolt határértékekkel kerülnek összehasonlításra. E határok túllépésekor a riasztásba levő mérőhelyet az időponttal és a mérőhely számával különleges írógép írja ki. A folyamatos jegyzőkönyvben a riasztási értékek piros színnel jelennek meg. Az észlelt értékek leírásának normális íróciklusát egy riasztás nem zavarja.

A vezényelt kimeneti érintkezők útján a riasztás esetének bekövetkezése után azonnal optikai riasztásjel váltódik ki, amikor is a riasztásban levő mérőhelyet háromszámjegyű decimális szám mutatja. Két fényező közli, hogy felső vagy alsó határértékek túllépése történt-e.

A folyamatosan ellenőrzött legfontosabb határértékek: a túlhevítóból és közbelső túlhevítóból kilépő gőz hőmérséklete, a kazánba belépő tápvízáram, az olajnyomás, az égők előtt valamivel az oxigéntartalom és segédgépek csapágyainak hőmérséklete, valamint a villamos gépek tekerceselésének hőmérséklete kerül ellenőrzésre felső határ szempontjából.

Egyes hőmérsékletek nem rögzített határok, hanem mozgó parancsolt értékek vagy hőmérsékletgradiens szempontjából kerülnek ellenőrzésre. Mozgó parancsolt érték ellenőrzésekor a határértékek nem rögzített értékkel programozottak, hanem a határértékek a berendezések üzemi állapotától függően az átvett és értékelt észlelt értékekből számítódnak ki, és mint új értékek kerülnek alkalmazásra.

Gradiensvizsgálatnál folyamatosan ellenőrződik egy észlelt érték időbeni változásának sebessége. A mozgó határérték- és gradiensellenőrzés különösen fontos egy blokkegység indításakor.

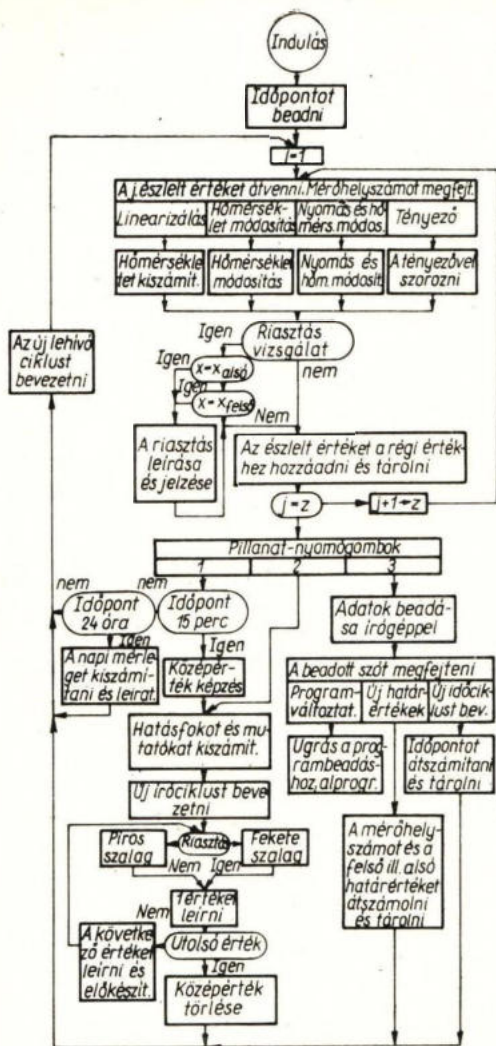
Hatásfokszámítás. E tevékenységhez tartozik az összhatófok, ezen belül külön a kazán, külön a turbina és külön a generátor hatásfokának számítása. A hatásfokszámítás alapja ama hőáramok megállapítása, amelyek a gőz, víz és kondenzátum mért mennyiségértékeinek és a nyomás-, valamint hőmérsékletmérések alapján kapott entalpiának szorzataiból adódnak.

Programozás. Az észlelt értékek értékelése és a mutatók kiszámítása az irányító számítógépben tárolt számolási program segítségével történik. Ez a program kódolt alakban mindazokat a műveleteket tartalmazza, amelyek a lehívott észlelt értékek átszámításához, a riasztási értékek ellenőrzéséhez, a mutatók kiszámításához, valamint a mérési jegyzőkönyvek kinyomtatásához szükségesek. A program számos számolási és szervezési utasításból, ugró utasításokból és logikai döntésekből, valamint adatok és analóg értékek bemene-tére és kimenetére vonatkozó utasításokból áll. Az irányító számítógép által teljesíthető összes utasítás a mindenkorli utasításkészletből vehető ki.

A program a sorrendben összeállított összes utasítás összessége. Minden utasításnak *műveleti kódja* van, amely jelzi, hogy melyik művelet végzendő el, továbbá *címreze*, amely azt jelzi, hogy a főadattároló melyik helyén található az az operandus, amelyre az utasítás alkalmazandó. A második operandust mindig a művelet kezdése előtt egy munkaregiszterbe, az un. *akkumulátorba* kell vinni.

Egy digitális számológép utasítássorrendjének nehéz áttekinthetősége miatt a programot a jobb megértés céljából műveletprogramként közlik. Ez egyes blokkokból áll, amelyekre a funkciójukat világosan felírják, és amelyeket egymással összekötnek a jelek tovahaladásának ábrázolásához.

A 39. ábra példaként egy erőműblokk ellenőrzésének műveletprogramját mutatja be. A startjel hív fel a program kezdésére. Először az időpont kerül beadásra a bemeneti erőgép útján. Ezután vevődik át az első ($j=1$) észlelt érték és kerül megvizsgálásra a mérőhelyszám segítségével, hogy az éppen át-



39. ábra. Műveletprogram

jegyzőkönyvként kinyomtatódnak. Ha az utolsó érték is kiíródott, akkor az összes középértéktároló és közbenső tároló törlődik és új hívó ciklus kerül bevezetésre.

A 2. pillanatnyomógomb lenyomásakor ugyanezek a számítások végződnek

vett érték hőmérsékletmérés-e, amely linearizálható, vagy mennyiségmérés-e, amely hőmérséklet vagy nyomás és hőmérséklet tekintetében módosítandó. Ha nincs szükség módosításra, akkor az érték csak egy tartománytényezővel szorozódik.

A lehívott észlelt érték átszámítása, ill. módosítása után — ha szükséges — a felső és alsó határértéket illetően riasztásvizsgálat kerül elvégzésre. Az észlelt érték ezután a középértékképzés céljából egy középértéktárolóba kerül és ott hozzáadódik az előbbi hívó ciklusokból kapott, meglévő észlelt értékekhez.

Az első észlelt érték átvétele után a mérőhelyszám j számindexe 1-gyel növekedik és a közölt módon a többi észlelt érték kerül átvételre. Ha az észlelt értékek összes száma elérte a $j = z$ számot, akkor új programszakasz kerül bevezetésre.

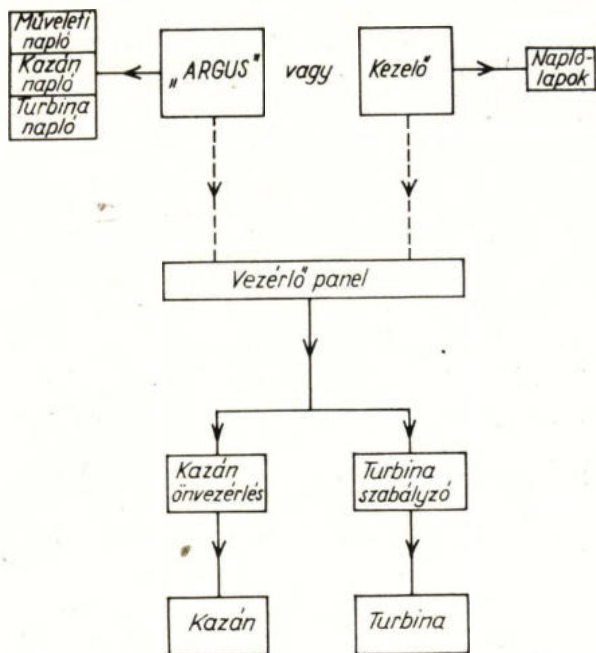
A számítógép kezelőasztalán levő, megnyomott pillanatnyomógomboktól függően három különböző programágazat vezethető be. Az 1. pillanatnyomógomb megnyomásakor — ha az utolsó számítási ciklus óta 15 percnél több idő telt el — az új középértékek képződnek. E középértékekkel hatásfokok és mutatók kerülnek kiszámításra. Az összes mutatók és üzemi értékek mérési

el, csak elmarad a középértékképzés, és a számolás a lehívott pillanatértékekkel történik. A 3. pillanatnyomógomb lenyomása esetén új programrészek és adatok adhatók be a számítógépbe.

4.3 Széntüzelésű generátorcsoport számítógépes irányítása

Már a kezdeti időszakban felmerült a gondolat, hogy a számítógépes irányítás sikeresen alkalmazható a széntüzelésű generátorcsoportok irányítására. Angliában a Temze folyó északi partján levő West-Thurrockban felszerelt Ferranti-berendezés a kazánnyomás emelkedését, a turbina felfutását a maximális fordulatszámra és a 200 MW-os egység terhelhetőségét szabályozza.

A generátorcsoportok számítógépes vezérlésének elve nem új, más erőművekben eddig is üzemeltettek olaj- és gáztüzelésű generátorüzemeket számítógépes vezérléssel, de széntüzelés esetére még nem oldották meg kielégítően a problémát. A rendszer egy Ferranti-gyártmányú Argus-folyamatirányító digitális számítógépet alkalmaz, a számítógép lényegileg ellenőrző berendezés, és kisebb az eddig hasonló célokra alkalmazottaknál (40. ábra). A rendszer a szokásos automatikus kazánvezérlésen és a turbinaszabályozás teljesen új elvén épül fel.



40. ábra. A west-thurrocki berendezés elvi vázlata

A 200 MW-os west-thurrocki berendezés kazánja porlasztott tüzelőanyag-fűtésű, természetes cirkulációjú egység. A gőz 2450 pound/inch² (kb. 17,15 at) nyomású, 568 °C hőmérsékletű (540 °C-ig utánmelegítéssel). Az ilyen kazánoknál az automatikus vezérlést a teljes terhelés tartományának 75...100%-ára már megvalósították. A fő különbség az eddigiekhez képest annyi, hogy most a teljes működési tartományra ki van tervezve a vezérlés, azaz indulási hidegről vagy melegegről normál járatás, gyors leállás és normál leállás esetére.

A kívánt sorrend kézzel állítható be indítás előtt, majd ezután a számítógép automatikusan végzi a fent említett műveleteket. A rendszer valamennyi segédberendezést is vezérli, a szénőrlő járatokat előírás szerint indítja vagy állítja meg. A koromelszívókat a számítógép által kiszámított hőátadás változása automatikusan működteti úgy, hogy a rövid időközönként vett minta alapján az optimális paramétereiktől való eltérés észlelhető és korigálható.

Az egyes műveleti sorrendre vonatkozó utasításokat dugaszolható táblán lehet betáplálni. (E táblán a dugaszok előírt sorrendben helyezkednek el.) Az áttérés egyik programról a másikra csak a megfelelő dugaszolható lap kicserélését jelenti. Ha a kísérletek azt mutatják, hogy a különböző műveleti sorrendek közül megtaláltuk a legjobbat, akkor a táblát véglegesítjük.

A 200 MW-os egység automatikus turbinavezérlő berendezés az optimális fel-futást és a terhelési fokozatokat automatikusan választja ki a nagynyomású turbina hőmérsékletének alapján, de figyelembe vesz egyéb fontos jellemzőket is, mint pl. a gőznyomás, kenőolajnyomás, gőzhőmérséklet-különbség is. A jellemző adatok értékelése alapján indítható csak a gyorsítás.

A rendszer a nagynyomású főelzáró szelepen keresztüli sebességvezérlést való-sítja meg. A szabályozó a kívánt sebességgel arányos feszültséget hoz létre, amelyet egy két összetevőjű visszacsatolt jellel hasonlít össze. Az egyik összetevő a sebességgel, a másik a gőzmennyiséggel arányos. Az eredő hiba meghatározza a főelzáró motor forgásának irányát és sebességét. A szelepnek négy szabályozó fázisa van.

1. a teljesen zárt állapotból a teljes kinyitásig (a kinyitás teljes sebességen);
2. a turbina a maximális sebességről áttér a szelepvezérlésre (kinyitva egy kisebb fix sebességen);
3. a szelepvezérlés után vezérműszabályozás (a sebesség arányos a hibával);
4. ezután a szelep teljesen nyitva van (nyitás teljes sebességen).

Bármilyen gépi rendellenességet, mint pl. nagy amplitúdójú rezgések a felfutási vagy terhelési szakaszban, a rendszer kiküszöböli. A sebesség (vagy terhelés) tartható vagy csökkenthető a hiba tisztázásáig, vagy amíg kiderül, hogy az egységet javítani kell-e.

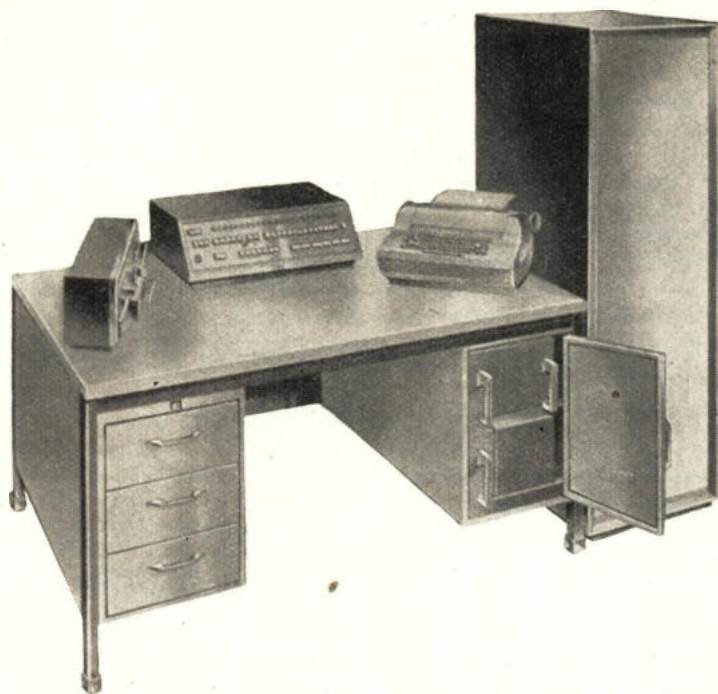
Az üzemeltetéshez az az alapelgondolás érvényesül, hogy a west-thurrocki erőmű kapacitását maximálisra kell növelni, hogy be tudjon segíteni a téli időnyben.

Értékes kísérleteket hajtanak végre a kazán (turbina) indítási technikájára vonatkozóan, beleértve az automatikus szinkronizálást. Ha a körülmények könnyebbek, remélhető, hogy meg lehet valósítani olyan programokat, melyek az egész berendezést automatikusan egy adott időben leállítják javítás

céljából. Ilyen rendszerben a számítógép periodikusan méri a felfutási időt, és elindítja az indulási folyamatot abban a pillanatban, amikor erre minden készen áll.

Az itt ismertetett kazánszabályozási rendszer pillanatnyilag inkább még csak egy példája az áramerhelés, átvitel és elosztás komplex problémájának. Más esetekben a legfőbb követelmény a biztonságos áramellátás, ami a kezelő hibájából létrejött áramkiesések számának csökkentésével érhető el. Ugyanekkor eszik a nagy költséggel felépített erőmű súlyos meghibásodásának lehetősége is. Számítógépes irányítás esetén teljesen kiküszöbölhető a véletlen hiba, és ha mégis meghibásodás lépne fel, a hiba kijavítása gyorsan és biztonságosan történik. A west-thurrocki berendezés üzemének már kezdeti szakaszában erre rendkívül hatásos példa adódott, ugyanis a 200 MW-os egység — mely az országos hálózatra dolgozott — hirtelen leállt. A kezelőszemélyzet legkisebb beavatkozása nélkül a számítógép észlelte a rendkívül veszélyes új helyzetet, és idővesztés nélkül kiválasztotta és működésbe hozta az egyik tartalékberendezést.

Egy 200 MW-os egység üzembe helyezése és felfuttatása a teljes terhelésre



41. ábra. Ferranti 500 számítógép

mintegy 900 műveletet igényel a vezérlők részéről. Közülük is a legfontosabb a helyes sorrend megállapítása. Ezzel szemben a kézi műveletek száma (melyekkel a kazánt teljes üzemre lehet hozni) kb. egyötöde erre az esetre.

A rendszer előnyei közül nem szabad megfeledkezni a gazdaságosság kérdéséről. Az optimális hatásfokkal dolgozó rendszer számítógépes vezérléssel az átlagos kazánhatásfok $\frac{1}{4}$ százalékáig növelhető, ami a hírek szerint is legalább 50 000 angol font megtakarítást jelent. A 200 MW-os egység egy napos kiesésének költségei ugyancsak 50 000 fontra tehetőek, mivel a teljes energia-rendszer hatásfoka rosszabb lesz.

Itt jegyezzük meg, hogy a Ferranti gyár továbbfejlesztett korszerű új 400-as és 500-as számítógépei (41. ábra) új utat nyitnak meg a folyamatirányítás jövőjében.

4.4 Hőerőművek automatizálása a Geamatic 1020 folyamatvezérlő rendszerrel

A villamosenergia-termelés területén mutatkozó gyorsan növekvő igény igen nagy teljesítményű turbógenerátor-sorozatokkal rendelkező erőműblokkok építését teszi szükségessé. Az ilyen berendezések szerkezeti felépítése és ennek következtében ellenőrzésük, vezérlésük és szabályozásuk rendkívül bonyolult. A befutó jelentések és észlelt értékek nagy száma rendkívül szigorú követelményeket támaszt a központi kapcsolótermek kezelőszemélyzetével szemben.

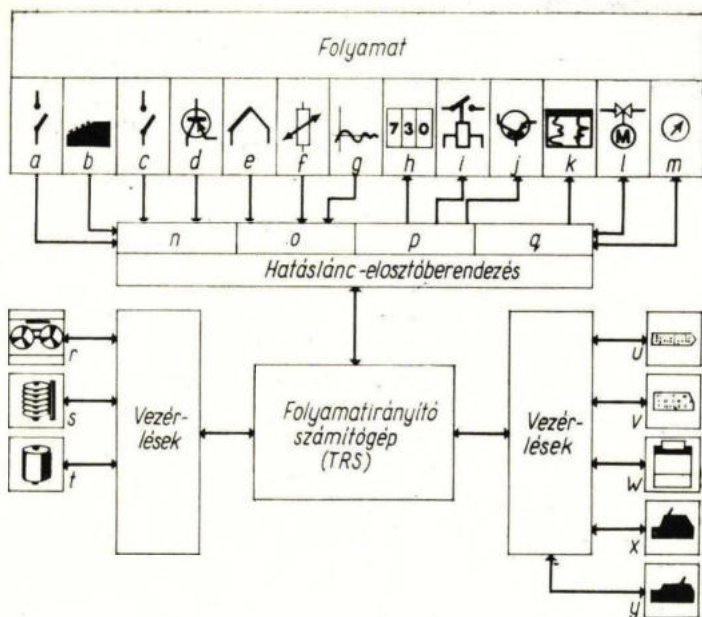
A számos részletre kiható biztonsági intézkedések ellenére is főleg a nem állandósult üzemállapotok, tehát az indítás, leállítás, terhelésmódosítás, az egyes gépcsoportok üzemzavara esetében a hibás kapcsolások lehetősége fenyeget, ami azután súlyos üzemzavarokat és károkat idézhet elő. Ezeket a hibaforrásokat megfelelő automatizálással küszöbölhetjük ki. Erre a célra fejlesztette ki az AEG a Geamatic 1020 rendszert.

Ez a rendszer az erőművek automatizálásával kapcsolatos valamennyi feladat megoldására képes. Ennek során lényegében a következőkről van szó:

1. az üzem ellenőrzése stacionárius és nem stacionárius folyamatoknál, a berendezés vezérlése nem stacionárius üzemmódban;
2. helyesbítések végrehajtása üzemzavarok fellépésekor;
3. a mérések értékelése;
4. az üzemi jegyzőkönyv vezetése;
5. a folyamat optimalizálása.

A Geamatic 1020 rendszer elvi szerkezeti felépítését a 42. ábra szemlélteti. Központi egységként a TRS-típusú számítógépet tartalmazza, amely a TELEFUNKEN gyár TR 10 jelű számítógépének különleges kivitele. Ez a gép különféle szóhosszúságú alfanumerikus adatokat dolgoz fel.

Üzemi memóriaegységként ferritmagos matrixot használnak, amely maximum 8 olyan egységgé alakítható ki, ahol mindegyik egység 10 000 jelet fogad be. Egy-egy jel átviteléhez a memóriaegység és egy másik működési csoport között 8 ezredmásodperc idő szükséges. A számítómű rögzített tört-



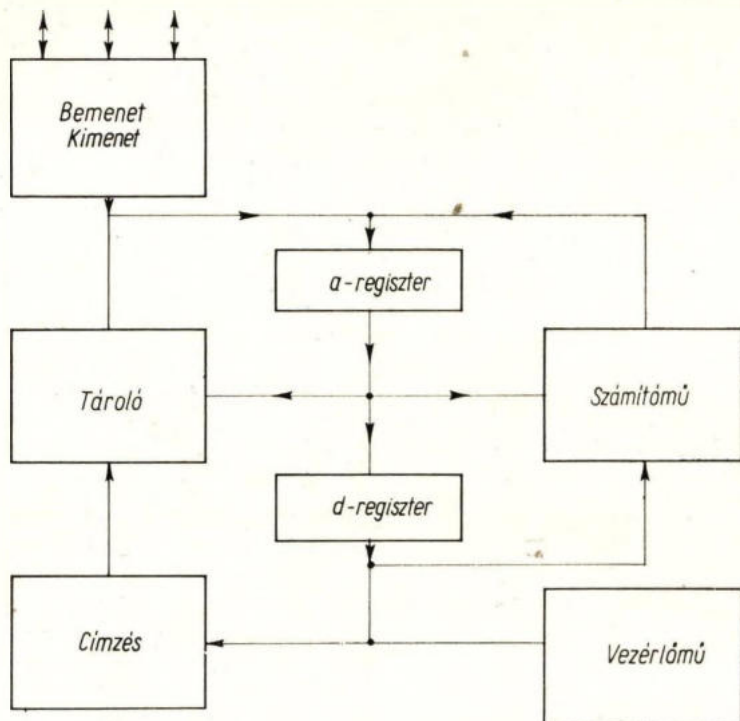
42. ábra. A Geomatic 1020 folyamatirányító rendszer vázlatos rajza

a vészjeladó érintkezők; *b* nyomógombok; *c* a berendezés működtető nyomógombjai; *d* elektronikus vezérlések; *e* hőmérsékletérzékelő; *f* potenciométer; *g* analóg észlelt értékek; *h* jelzőlámpás mutatóegységek; *i* érintkezők; *j* további elektronikus vezérlések; *k* regisztrálás; *l* beállítható értékek; *m* mérőműszerek; *n* digitális bemeneti egység; *o* analóg bemeneti egység; *p* digitális kimeneti egység; *q* analóg kimeneti egység; *r* mágnesszalag-memória; *l* mágnesdobmemória; *u* lyukszalag be- és kimenet; *v* lyukkártya be- és kimenet; *w* gyorsműködésű adatkiíró egység, *x* géptáviró; *y* írógépek

vesszős számtani alapműveleteket, valamint logikai műveleteket egyaránt végezhet. Az eredmények közvetlenül a ferritgyűrűs memóriaegységben jönnek létre.

A TRS folyamatirányító számítógép különféle hosszúságú egy- és kéteutasításokat dolgoz fel. A címek igen rugalmasan módosíthatók. A működtetett készülék bekötésére nyolc bemeneti és kimeneti csatorna van. A számítógép által szolgáltatott impulzus után a működtetett készülékek önállóan végzik további munkájukat. Az adatkicserélés preferenciális átvitelletel történik, közvetlenül a memóriaegységgel (43. ábra).

Rákapcsolt készülékként az alapperendezésre a következők csatlakoztathatók: bemeneti és kimeneti egységek lyukkártyákra és lyukszalagokra, tápegpírók, írógépek és különféle nagykapacitású memóriaegységek. A folyamatnál történő együttműködésre hatáslánc-elosztóberendezés szolgál, amely a berendezésbe, a számítógép memóriaegységébe táplálja a digitális és az analóg észlelt értékeket, ezenkívül a számítógép beavatkozó utasításait ugyancsak digitális és analóg formában juttatja ki a folyamatba.



43. ábra. TRS számítógép elvi felépítése

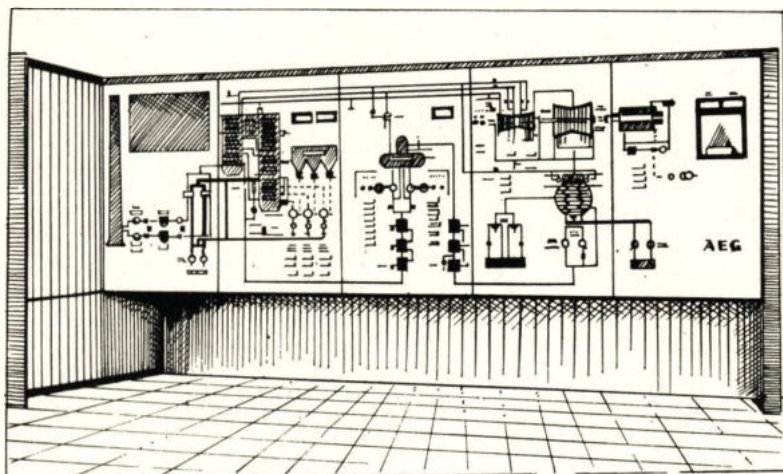
A folyamatból érkező riasztójelek megszakítják a számítógép folyamatos programját. Ezután haladéktalanul bekövetkezik az olyan helyesbítő intézkedések bevezetése, amelyek az üzemzavar kiküszöbölésére vagy — egészen különleges baleseti esetekben — a berendezés megállítására vannak.

A 44. ábra egy gőzerőmű világító kapcsolási vázlatát mutatja be, amely áttekintést nyújt arról: miképpen működik a Geamatic 1020 rendszer. A világító kapcsolási vázlaton levő lámpák vezérlése a hatásláncelosztó digitális kimenetei révén történik. Az analóg kimeneteken keresztül megy végbe a frissgőzhőmérséklet, a karimás esőcsonkokon mért hőmérséklet, a teljesítmény és a fordulatszám jelzésére szolgáló mutatóműszerek vezérlése.

A számítógépben a következő üzemi folyamatokra vonatkozó főprogramokat tárolják:

- Indítás.
- Leállítás.
- Szükségmegállás.
- Terhelésváltozások.
- Üzemzavarok.

A főprogramok szolgálják ki az egyes szerkezeti egységcsoportok üzembe helyezésére és a teljesítményláncok bekapcsolására vonatkozó alprogramokat. Az egység *indítható* lépésenként, de egyszerre is. A több lépésben végzett indításkor a számítógép üzembe helyezése után egy vagy több szerkezeti egységcsoportot visszatart. Csupán a kezelőasztalon található megfelelő nyomógomb működtetésekor következik be a számítógép további irányító tevékenysége.



44. ábra. Gőzerőmű világító kapcsolási vázlata

A *leállás programot* üzemzavarok vagy a nyomógombos működtetés egyaránt bekapcsolhatják. Az egység megállítható — éppen úgy mint az indítás — lépésenként is. Az olyan súlyos jellegű üzemzavarok esetében, amelyek a berendezés azonnali megállítását követelik meg, a berendezés a veszélyprogramot iktatja be, amelyben nincsenek megállási helyek.

A *terhelésváltozásokat* a teljesítményekre vonatkozó új alapértékek vagy a berendezésben keletkezett üzemzavarok egyaránt létrehozhatják. Ha például a két kondenzvízszivattyú egyike felmondja a szolgálatot, a számítógép az egységet a névleges teljesítménynek mintegy felére állítja be, feltéve, hogy az üzemzavar keletkezésekor a teljesítmény nagyobb volt.

Ha például a berendezés vonatkozó jellemzője túllépi az egyik beállított határértéket, a folyamatban levő program félbeszakad. Az ellenintézkedések jellege a berendezés többi részének állapota után igazodik. Ezeket a jellemzőket a számítógép memóriaegysége állandóan tárolja. Amennyiben az „üzemzavart szenvedett” gépegység még egyáltalában nincs üzemben, a folyamatvezérlő rendszer csupán „előjegyzí” az üzemzavart, és a tulajdonképpeni üzemzavari program csak akkor lép hatályba, ha a szóban forgó szerkezeti egységet üzembe

kellene helyezni. A bekapcsolási üzemi körülményekre vonatkozó adat-szolgáltatást a világító kapcsolási vázlat írásmezőinek kigyulladására jelzi. Az erőművekben való alkalmazás azonban csupán egyik példája annak, miképpen használható fel a Geomatic 1020 műszaki folyamatok automatizálására. Szerkezeti megoldását annyira rugalmasan alakították ki, hogy felhasználható legyen többek között energiaelosztó berendezések, kohászati és acélgyártó üzemek, vegyi folyamatok és papírgyárak automatizálására is.

4.5 Energiatermelési folyamatirányító számítógépek haszna

Mint hogy a folyamatirányító számítógép funkcióit kizárólag a tárolt számítási program határozza meg, az észlelt értékeket feldolgozó rögzített huzalozási berendezésekhez képest az az előny adódik, hogy a számolási képletek változása vagy a bemeneti csatornák számának bővülése esetén csak új lyukszalagot kell készíteni. Nincs szükség sem átépítésre, sem huzalozási változtatásokra, sőt új részek beépítésére sem. Az automatizálás utolsó fokozatában a folyamatirányító számítógépek nemcsak mint észlelt értékeket feldolgozó berendezések használhatók, hanem a szokásos vezénylő és szabályozó berendezésekhez mint fölérendelt vezénylő számítógépek is annak alapján, hogy számos üzematatot képesek közvetlenül logikai szempontok szerint feldolgozni.

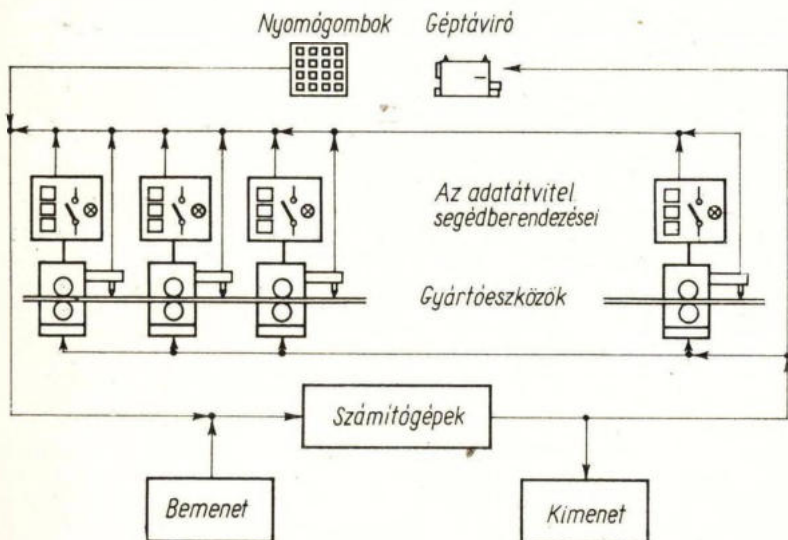
Elektronikus folyamatirányító számítógép alkalmazásával — már egyetlen erőműblokk ellenőrzése esetén is — együttjáró gazdasági előnyök a következők:

1. Személyzetmegtakarítás az ellenőrző folyamatok automatizálásával és azáltal, hogy elmarad a mérlegkészítés esetén az üzemi jegyzőkönyveknek eddig nagyon időtrabló értékelése.
2. Az ellenőrzött berendezésrészek biztonsága fokozódik a határértékek ellenőrzésével, amely határértékeket a számítógép folyamatosan újból kiszámítja, és így a határértékek a berendezés pillanatnyi állapotához igazíthatók.
3. Az egyes berendezésrészek határfokainak folyamatos kiadása folytán a berendezések gazdaságosabban üzemeltethetők, ill. használhatók.
4. A fenntartási és helyreállítási költségek csökkennek, mert az egyes berendezésrészekben a hibák korábban felismerhetők.

I Számítógépes termelésirányítás szakaszos technológiájú üzemekben

E kötet négy fejezetében olyan példákat mutattunk be, melyek folyamatos technológiájú üzemek folyamatba iktatott (on-line) rendszerű irányítására alkalmas számítógépekkel kapcsolatosak. Szakaszos technológiájú (pl. műanyagtárgyak fröccsöntése, forgácsolt alkatrészecskék kis- és középsorozatú gyártása) üzemekben a számítógépek alkalmazása egészen a legutóbbi időszakig csupán a termelés adatainak utólagos feldolgozására szorítkozott. Legújában on-line jelleggel számítógépeket alkalmaznak a *szakaszos technológiával* jellemezhető termelés irányításában is.

Az automatikus számítógépeknek a termelő vállalatoknál való ilyen jellegű alkalmazása egyre nagyobb jelentőségű, ugyanis a gyors és rugalmas termelésirányítás a vállalat jó munkamenetének elengedhetetlen előfeltétele. Számos olyan terület van (pl. a 45. ábrán látható vázlat szerint is), ahol a termelő vállalatoknál felhasználhatók a számítógépek. Az a lehetőség, hogy egy és



45. ábra. Fóliahengerlés számítógépes irányítása

ugyanazon eredeti adatok nagy része felhasználható a termelés tervezése, irányítása és elsődleges nyilvántartása (számvitel) területén, arra kényszerítette a számítógépgyárat, hogy tervet dolgozzanak ki automatikus számítógépeknek a szakaszos technológiával jellemezhető szakterületek automatizálásához való felhasználására.

A függelékben röviden ismertetjük a ZUSE KG által alkalmazott rendszert, amely a termelés tervezéséhez és irányításához felhasználható, s olyan vállalatoknál alkalmazható, ahol a legfontosabb eredeti (elsődleges) adatok mindenekelőtt darabban és hosszsmértékben kerülnek kifejezésre, s ily módon önműködően regisztrálhatók az állásidőkre, ill. ezek okaira vonatkozó adatokkal. Az említett adatok lehetővé teszik a termelés menetének szakadatlan elemzését, a tervtől való eltérések megállapítását, s felhasználhatók a számvitel szükségleteire is.

A termelési adatok feldolgozására a ZUSE Z23, ill. Z25 típusú automatikus számítógépeket használják fel, mégpedig oly módon, hogy a kisebb vállalatok szükségleteinek kielégítésére egyetlen számítógép is elegendő, a nagyobb termelő vállalatoknál pedig két Z23 típusú, ill. három Z25 típusú számítógépet alkalmaznak egymással összekötve.

A ZUSE KG előirányozza a vállalat egyes részlegeinek a számítógépek közötti felosztását is. Ez a felosztás nagy vonalakban a következőképpen épül fel:

- a) az egyik számítógépen a termelés tervezésére vonatkozó adatokat,
- b) a másik számítógépen a termelés irányításának problémáit dolgozzák fel. Ehhez az adatfeldolgozáshoz alapként a méréssel vagy egyéb eljárással beszerzett elsődleges adatok szolgálnak, melyeket a számítógép memóriaegysége automatikusan regisztrál,
- c) a harmadik számítógépen kerülnek feldolgozásra a számviteli kérdések. Az egész rendszer vázlatos rajzát a 46. ábrán ábrázoltuk.

Az egész rendszer bevezetésének súlypontja mindenekelőtt a szervezeti előkészítésben áll, e területen ugyanis számos előfeltételt kell biztosítanunk.

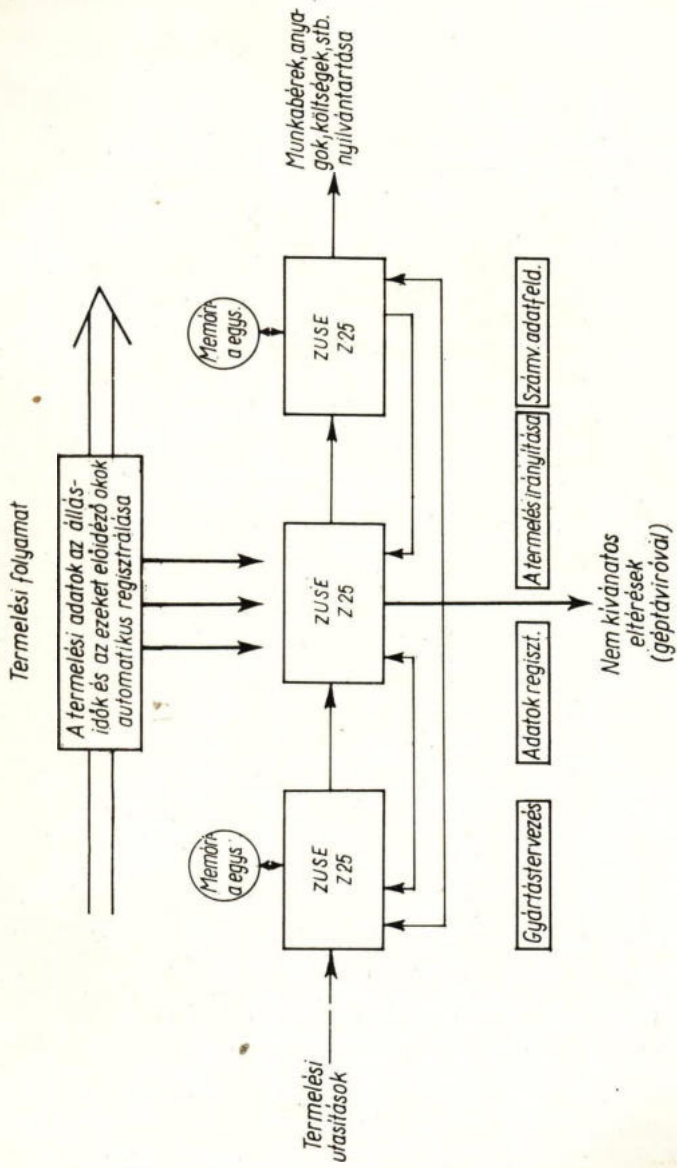
Az egyik ilyen előfeltétel az *elsődleges* információk és adatok *elemzése*.

Egy-egy termelési utasítás vonatkozásában a következő adatokról van szó:

- a termelési utasítás száma;
- tervezett darabszám;
- teljesítménynorma;
- a teljesítménynormák tervezett teljesítése;
- a termelő gép száma.

Ezeket az adatokat lyukkártyán vagy lyukszalagon kell rögzíteni.

A termelési utasítás számával a továbbiak folyamán össze kell kapcsolni annak a gépnek a számát is, amelyen a rendelést legyártották. Ugyanígy össze kell kapcsolni az utasítás számával a gépet kezelő munkás személyi számát is. Ezeket az adatokat azután csatolják a rendelésre vonatkozó adatokhoz. Ez vagy a gyáron belüli távgépíróhálózaton vagy távbeszélőn keresztül történik.



46. ábra. Számítógépes irányítás három ZUSE Z25 számítógéppel

Lehetőség van arra is, hogy minden termelő gépet külön billentyűzettel szereljünk fel, s ezt a billentyűzetet közvetlenül összekössük azzal a számítógéppel, amelyen az adatokat beállítjuk, s amelyről a másik számítógépre áttesszük.

Annak érdekében, hogy a termelésre vonatkozó elsődleges adatok teljeseek legyenek, ki kell egészítenünk azokat a legyártott darabszámmal, vagy a legyártott hosszakra vonatkozó adatokkal, az állásidőkre és a termelési időkre vonatkozó adatokkal (ez utóbbiakat egy másodperc körüli pontossággal kifejezve).

Az első adatfajta automatikusan adódik a termelő gép impulzusainak számolása útján. A közelebbi részletek mérlegelése a konkrét esetektől függ.

A termelési idők és az állásidők regisztrálására fényjelző berendezés van. A fényjelző berendezés, amely minden gépnél fel van szerelve, közvetlenül összeköttetésben van a termelésre vonatkozó, elsődleges nyilvántartást végző számítógéppel. Ha a termelő gép valamilyen oknál fogva megszakítja működését, a jelzőberendezés figyelmezteti a kezelőszemélyzetet, hogy a billentyűzetben állítsa be az illető gép jelét.

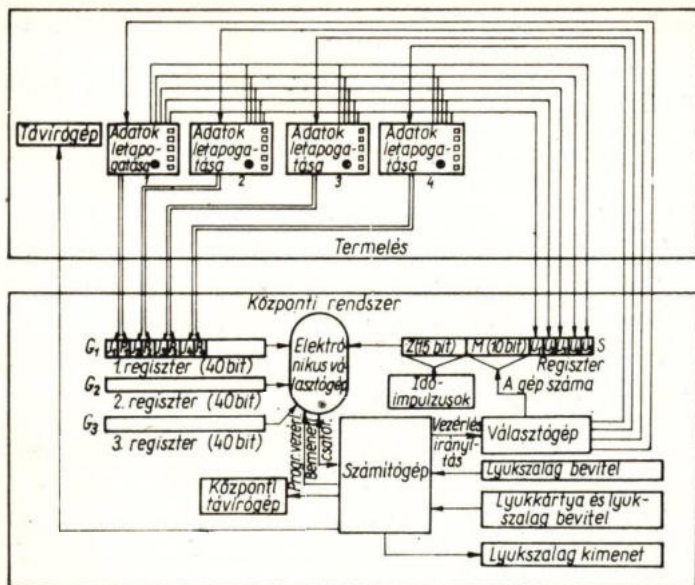
A kidolgozott rendszer feltételezi, hogy a termelés irányításakor minden gép alapvető munkaegységeit figyelemmel kísérik, s a tervtől való eltérést jelző szükséges számítások maximális követelmények mellett legalább 1 másodpercet vegyenek igénybe. Egy új fogalmat is bevezettek, az ún. nyilvántartási ciklust, amely függ a termelő gépek számától. Ha a gépek száma összesen 600, akkor az egyes alapegységek munkájára vonatkozó adatok 10 percenként egyszer állnak rendelkezésre, amennyiben eltérnek az előírt tervtől.

A rendszer terve (47. ábra) a számvitellel zárul, amely a termelési utasításokból indul ki, s az alábbi elsődleges adatokat használja fel:

- dátum;
- a műszak száma;
- rakodóközpont;
- a gép száma;
- a munka száma;
- a termelési utasítás száma;
- termelési idő;
- előkészítési idő;
- állásidő (négyféle ok szerinti bontásban);
- legyártott darabszám, ill. hossz;
- hulladék.

A fenti adatokat lyukszalagra vagy lyukkártyára lehet rögzíteni.

Mint már korábban említettük, a termelő gépek egyes billentyűzetei összeköttetésben vannak a számítógéppel. Ennek kivitelezése úgy történik, hogy 20—20 gépet (a ZUSE Z23 típusú számítógép esetében), ill. 9—9 gépet (a ZUSE Z25 típusú számítógép esetében) külön regiszterhez vezetnek ki. A regiszterek száma az észlelendő adatok számától függ. Így például 1 s-os észlelési időközök esetében egyetlen számítógéppel ezer termelő gép is kiszolgálható. Az információnak a számítógépek közötti átvitele 35 000 jel/s sebességgel történik, s az átvitt külön megszakító irányítja. Több kis számítógép összekapcsolása lehetővé teszi, hogy építőszekrényszerűen fokozatosan építsük fel

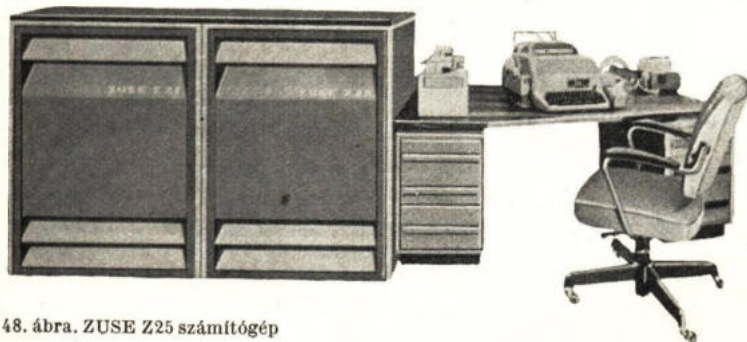


47. ábra. Három számítógépes rendszer terve

az egész rendszert. Így azután a termelés egy számítógéppel való tervezéséből indulhatunk ki, majd ehhez kapcsoljuk a termeléssel kapcsolatos elsődleges nyilvántartási adatokat feldolgozó második számítógépet, végül pedig az egész rendszert a számvitellel zárhatjuk le, melynek feldolgozását a harmadik számítógép végzi.

Újabban adatok váltak ismeretessé arról, hogy a ZUSE gyár Singenben (NSZK), alumínium hengerműben Z25-ös számítógép felhasználásával S 400 elnevezésű termelésirányító rendszert létesített.

A felhasználásra kerülő ZUSE Z25 típusú kisméretű automatikus számítógépet (48. ábra) a ZUSE cég többéves tapasztalatai alapján szerkesztették meg.



48. ábra. ZUSE Z25 számítógép

Felépítésekor az építőszekrény-elven kívül a következő fontosabb követelményeket tartották szem előtt:

optimális utasításrendszer, amellyel minimális számú művelet végrehajtásával maximum érhető el;

a rendszer nagy üzemi sebessége;

az operatív memória nagy kapacitása;

nagyszámú külső egység és nagykapacitású kiegészítő memóriaegységek csatlakoztatásának lehetősége;

több számítógépség összekapcsolásának lehetősége annak érdekében, hogy a rendszert nagykapacitású számítógéppé lehessen bővíteni.

Jellemző adatok. A ZUSE Z25 típusú számítógép soros működésű, bináris rendszerű gép 18 bit-szóhosszal. A 6 bit-es kód alkalmazása lehetővé teszi az egész memóriaegység teljes mértékű kihasználását, ami azt jelenti, hogy egy mondat, amely három 6 bit-es csoportból áll, közök nélkül kitölti az egész szókapacitást. A 18 bit-es szóhossz az előjelnek és 5 tízes számrendszerű helyértéknek felel meg. A számítógép azonban kettős szóhosszal való szorzásra és osztásra vonatkozó utasításokkal is dolgozhat.

A műveleti idők a következők:

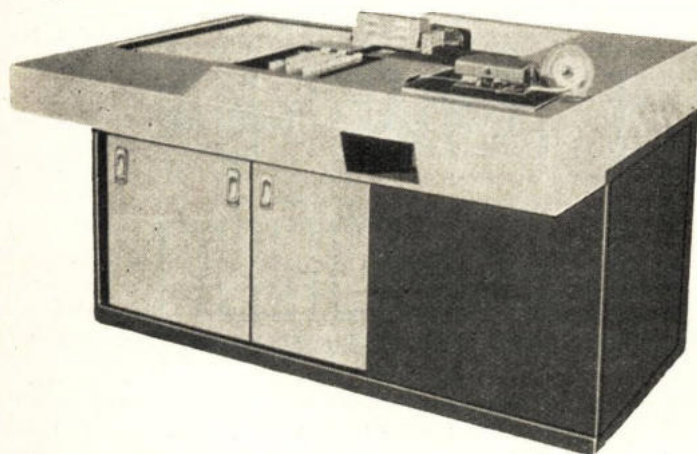
összeadáskor és kivonáskor	14 ms
szorzáskor	294 ms
osztáskor	308 ms

A Z25 típusú számítógép állandóan beépített ferrit program memóriaegységgel van felszerelve. A memóriaegység kapacitása 4096 szó, és két, egyenként 2048 szavas kapacitású egységből áll. Ezen kívül a számítógéphez 4×4096 szó, azaz összesen 16 384 szó maximális kapacitású, gyorsműködésű ferrites operatív memóriaegység is tartozik. A kiegészítő memóriaegységek szerepét a következők töltik be: mágnesdobos memóriaegység 17 664 szókapacitással, ami közelítőleg 90 000 tízes számrendszerű helyértéknek felel meg, miközben a mágnesdob kb. 6000/min fordulatszámmal forog úgy, hogy az átlagos kezelési idő kb. 5 ms. Mágnesszalagos memóriaegység, melynek kapacitása egy 170 méteres szalagra vonatkoztatva kb. 1 millió szó. A letapogatási és felvételi (rögzítési) sebesség mellett 100 000 jel másodpercenként. A Z25 rendszerhez összesen 3 mágnesdobos memóriaegység és 8 mágnesszalagos memóriaegység csatlakoztatható.

Az adatok betáplálására és kiadására a következő készülékek alkalmazhatók:

Siemens lyukszalagleolvasó és -lyukasztó, melynek teljesítménye	10 jel/s
Ferranti lyukszalagleolvasó, melynek teljesítménye	300 jel/s
Facit lyukszalagleolvasó, melynek teljesítménye	1 000 jel/s
Facit szalaglelyukasztó, melynek teljesítménye	150 jel/s
Burroughs lyukkártyaleolvasó, melynek teljesítménye	12 000 kártya/h
Siemens géptáviró, melynek teljesítménye	10 jel/s
Greed gyorsnyomtatógép, melynek teljesítménye	100 jel/s
Anelex sornyomtatógép, melynek teljesítménye	5 sor/s

A számítógép rendszerének a termelési folyamatok közvetlen irányítására való felhasználása esetén a géphez csatlakoztathatunk analóg-digitális átalakítókat (a bemeneten), valamint digitális-analóg átalakítókat is (a kimeneten). A kimenetre ezen kívül Graphomat ZUSE Z64 (49. ábra) típusú tranzistoros rajzológép is csatlakoztatható, amely a számítógéppel összekötve és önállóan egyaránt használható.



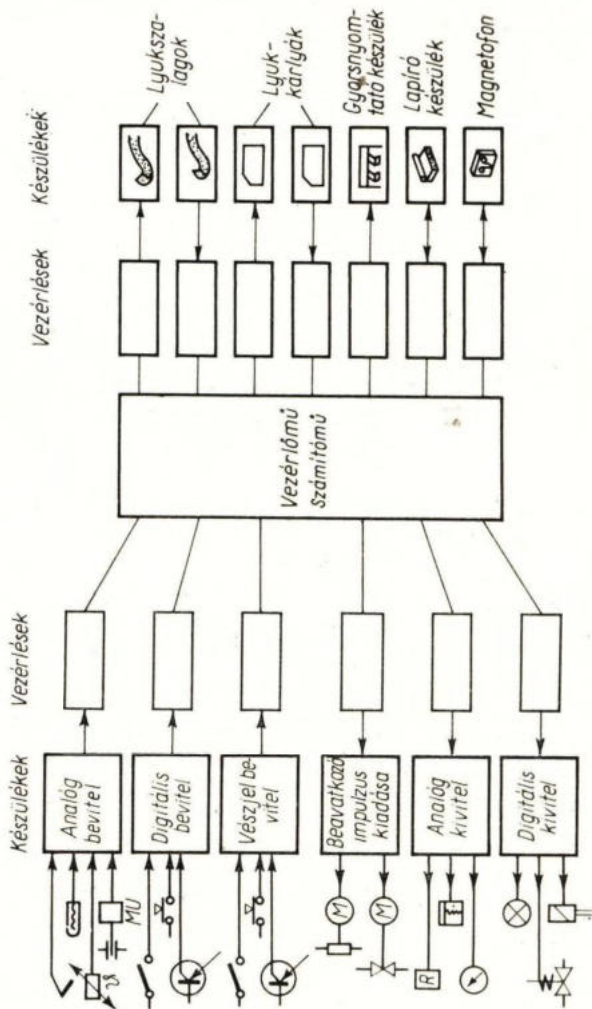
49. ábra. ZUSE Z64 rajzológép

A ZUSE Z25 típusú automatikus számítógép felépítéséhez elektronikus építőelemeket alkalmaztak. Az alkatrészek kb. 100×75 mm méretű kihúzható szerelvénylapokon vannak elhelyezve. A kihúzható szerelvénylapok nyomtatott huzalozásúak. Az alkalmazott tranzistorokat mesterséges öregítésnek vetették alá úgy, hogy jellemzőik az idő függvényében gyakorlatilag nem változnak. Ennek eredményeképpen a számítógép élettartama rendkívül hosszú, s ezzel együtt jár a nagy üzemi sebesség, valamint az egyszerű karbantartás. Az alapegységben összesen 1250 tranzisztor és 4500 dióda került felhasználásra. Ennek az egységnek a körvonalméretei: $85 \times 90 \times 95$ mm. Az alapegység teljesítményfelvétele 800 W.

A rendszer nagyszámú bővítési lehetősége lehetővé teszi, hogy az irányítás és az igazgatás csaknem valamennyi területén kívül a tudományos és műszaki számításoknál, valamint a termelési folyamatok irányításánál is felhasználjuk.

2 Példák folyamatirányító számítógépek perifériáinak felépítésére

Bár könyvünk alapvető célkitűzése a folyamatirányító számítógépek alkalmazásának ismertetése, mégis úgy véljük, függetlenül célszerű bemutatnunk a korszerű típusok néhány alapvető felépítésbeli jellemvonását, hogy olva-



50. ábra. Folyamathoz iktatott számítóberevezés elvi felépítése

soink képet alkothassanak maguknak arról: *milyen eszközökkel* valósítható meg az automatizált folyamatirányítás.

A folyamatba iktatott beadó- és kiadókészülékek. Az 50. ábrán a folyamatba iktatott számítóberendezés elvi felépítése látható. A tulajdonképpeni digitális számítóberendezésen és a kereskedelmi forgalomban kapható beadó- és kiadókészülékeken kívül a folyamatba történő beadás és a folyamatból származó adatkiadás céljára többféle megoldást ismerünk.

Ha felállítjuk azt a feltételt, hogy a program lefolyását a jeleknek a folyamatba iktatott bemeneti és kimeneti egységeken való átalakítása nem tarthatja fel, akkor elvileg két megoldás vehető figyelembe. Vagy igen gyors bemeneti és kimeneti egységeket alkalmazunk, úgyhogy a folyamatba irányuló adatbeadásra vagy folyamatból eredő adatkiadásra vonatkozó parancs a szokásos parancsokkal összehasonlítható időt vesz igénybe, vagy pedig lassú készülékeket használunk, s ez utóbbi esetben az átalakított jeleket közbenső memóriákban (puffermemóriákban) kell tárolni.

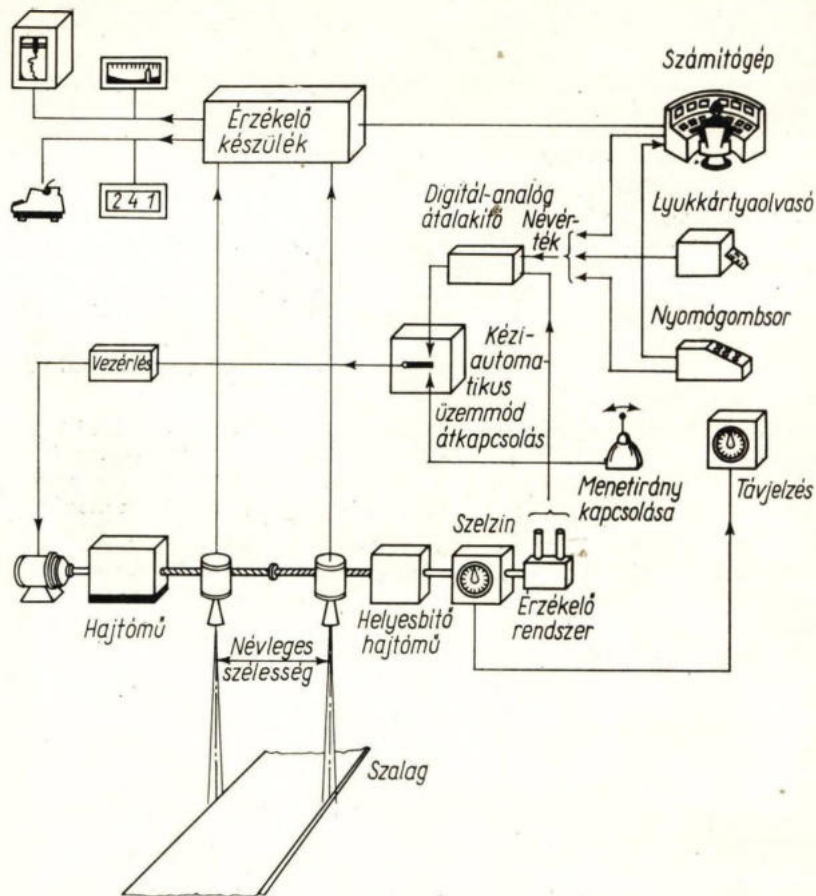
Ezekből a puffermemóriákból azután a digitális számítóberendezés ki tudja venni az információt, ha a programozó gondoskodott arról, hogy a jelek átalakítása elég korai időpontban következzen be, pl. úgy, hogy a puffertárolót ciklikus jellegtapogatással állandóan a legújabb helyzetnek megfelelő állapotban tartjuk.

Analóg adatbevitelt. Minden állapothatározót, amelyeket a folyamatszámító berendezés fel fog dolgozni, érzékelőknek és jelátalakítóknak villamos mennyiséggé kell átalakítani (51. ábra). Ismert érzékelők és jelátalakítók az ellenálláshőmérők, sugárzásmérő pirométerek, erőmérő cellák, ellenállás potenciométerek, valamint a nyomást, átfaragási mennyiséget, folyadékszintet stb. érzékelő jelátalakítók (jeladók).

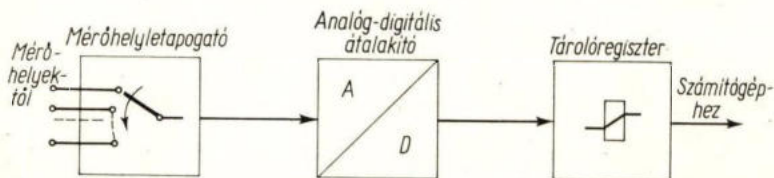
Az 52. ábrán egy analóg beviteli egység szerkezete látható. Először a mért értékeket egy mérőhelyletapogató készüléknek le kell tapogatnia. Ennek a letapogatásnak lehetőleg feszültségmentesen kell végbemennie, minthogy a vezérlő—szabályozó rendszerekben levő érzékelők és jelátalakítók jelei gyakran csatolásban vannak. Ilyen módon a saját biztonsággal szemben támasztott követelmények is könnyebben kielégíthetők.

A feszültségmentes *letapogatáshoz* a letapogatásnál kétpólusú kapcsolásra van szükség. Az érzékelőkhöz irányuló kétpólusú vezetékezés ezenkívül csökkenteni a földáramkörök következtében fellépő zavarbevittelt is.

A mérőhelyek letapogatása után az analógról digitálisra való *átalakítás* következik. A tulajdonképpeni átalakító elé többnyire még egy érzékeny erősítő is van iktatva, amelynek kettős feladata van. Egyrészt a kis villamos mérési tartományokat az analóg/digitális átalakítóban történő további feldolgozáshoz megfelelően fel kell erősíteni, másrészt pedig az analóg bemeneti készülék bemeneti ellenállását növeli. Ez a bemeneti ellenállás határozza meg ugyanis a vezetékek ellenállása által a mérési pontosságra gyakorolt befolyást. Nagy bemeneti ellenállás esetén sikeresen végrehajtható a mért érték szűrése, pl. ki lehet szűrni a vezetékeken bejutó zavarokat, vagy pedig csökkenteni lehet némelyik jelátalakító jeleinek felharmonikus-tartalmát.

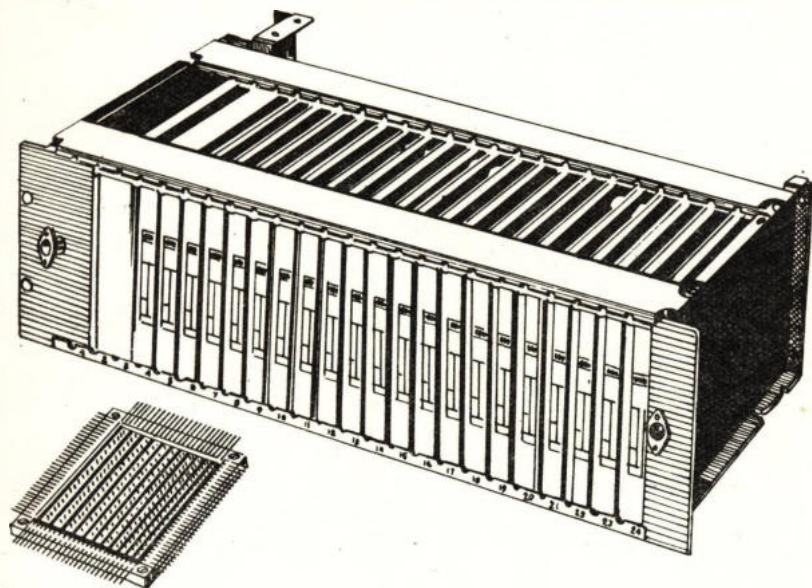


51. ábra. Példa gépi számítástechnikát szolgáló adatgyűjtésre: hengerelt szalaganyag szélességének megállapítása (AEG)



52. ábra. Az analóg bevétel felépítése

Az analóg/digitális átalakító után rendszerint *regiszter* következik, amely a kódolt mért értéket addig tárolja, amíg azt a digitális számítóberendezés átveszi, vagy az valamilyen puffermemóriának átadható (53. ábra).

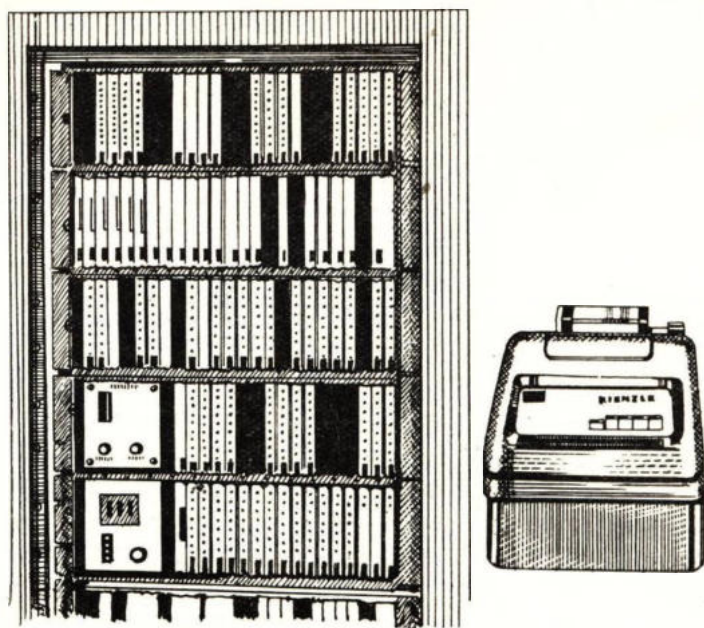


53. ábra. Lekérdezett adatok tárolása (128 ferritmagos tároló, egyenként 32 bitre; BBC)

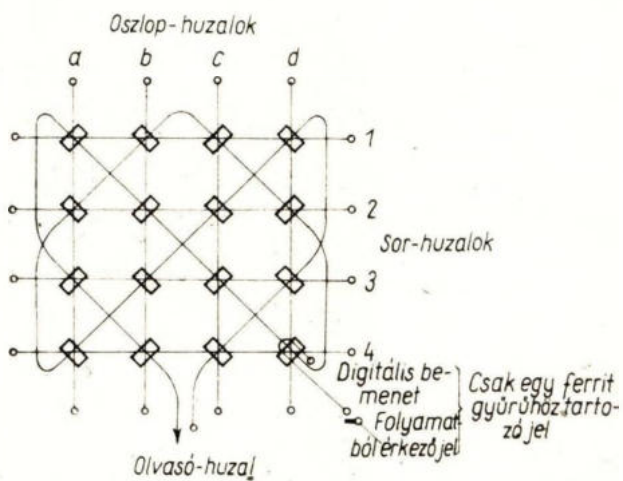
Az analóg beadókészülék és a digitális számítóberendezés között levő *vezérlés* gondoskodik a tevékenység rendeltetésszerű végrehajtásáról. Feladatai közé tartozik pl. egy bizonyos mérőhely letapogatásának kiváltása, a kódolt mért értékek a digitális számítógéphez való továbbítása, valamint az analóg adatbeadás helyes logikai és időbeli lefolyását célzó ellenőrző funkciók. A vezérlés a vezérlőműből kapja ehhez a szükséges parancsokat, amelyeket a programozó az analóg beadókészülék számára beprogramozott. A mérési tartományok linearizálása és nullaponteltolása a program által vezérelt beadás után következhet. Említést kell arról is tennünk, hogy a számítógéphez való továbbítástól függetlenül kerülhet sor a gyűjtött értékek jegyzőkönyvszerű kinyomtatására (54. ábra).

Digitális bevétel. Számos jel a folyamat részéről digitális (bináris) formában érkezik. Ilyenek pl. a kapcsolók, billentyűk és beavatkozó szervként működő végérintkezők kétpontos jelei, vagy digitális mérőműszerek, számolók vagy egyéb digitális rendszerek kimeneti értékei.

A digitális bevétel esetén is a jelek lehetőleg feszültségmentes letapogatására kell törekedni, hogy az igen kiterjedt berendezésekben fellépő földelési nehézségek kiküszöbölhetőek legyenek. Minthogy a jelek már bináris alakban állnak



54. ábra. Lekérdezett adatok kinyomtatása Kienzle nyomtatóval



55. ábra. Feszültségmentes digitális bevitel

rendelkezésre, a digitális bevitel műszerteknikai kialakítását lényegében véve a feszültségmentes letapogatás iránti követelmény határozza meg. A feszültségmentes letapogatás egyik megoldási lehetőségét mutatja az 55. ábra. Minden digitális bemenethez egy ferritgyűrű bemeneti tekerese tartozik (az 55. ábrán csak jobbra lent van feltüntetve).

A ferritgyűrűk *matrixban* vannak elrendezve. A bemeneti tekeresen át áram folyik, ha a szóban forgó jelérintkező a folyamatban zárva van. Ezzel megváltozik a ferritgyűrű mágneszettségi állapota. Ennek az állapotnak a lekérdezése a megfelelő ferritmagnak egy oszlop- vagy sorhuzal áramával történő kijelölésével történik (a 4. sor és a *d* oszlop, pl. a jobb oldali alsó ferritgyűrűt jelölik ki).

E *kijelölés* alatt az olvasóhuzalban impulzus jön létre, ha a folyamatból érkező impulzus befut. A megfelelő vezérlés feladata az, hogy a digitális jel beadására vonatkozó parancsokat értékelje, a helyes sort és oszlopot kijelölje, és az olvasójelet átadja a digitális számítóberendezésnek.

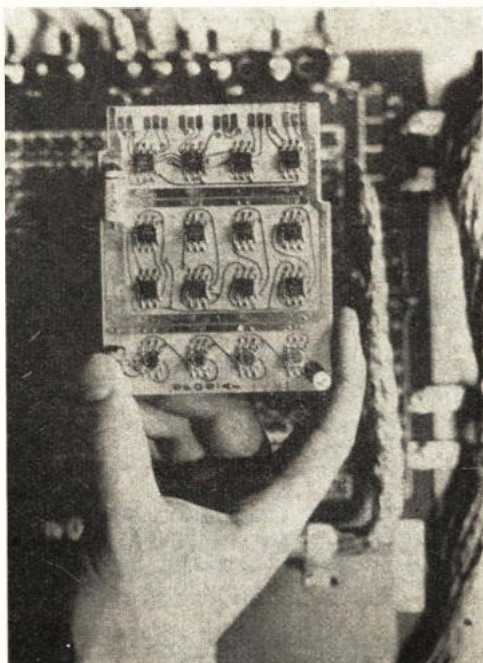
Minthogy a digitális jelek nem szorulnak időtrábló kódolásra, az elektronikus lekérdezésnél felesleges a puffermemória a digitális bemeneti egység és a digitális számítóberendezés között.

Vészjelbeadás. Az analóg és digitális beadás jellemzője volt, hogy a jel beadását mindig egy olyan parancs indította meg, amelyet a programozó kellő helyen beírt a programjába. Számos olyan fontos jel van azonban, amelyeknél nem elég a jelállapotok időnkénti lekérdezése.

Az ilyen vészjeleknek képeseknek kell lenniök a folyamatba iktatott számítóberendezés közvetlen befolyásolására, hogy gyors döntés jöhessen létre. Rendszerint tehát a vészjelek meg kell szakítani a programot és előnyadósos feldolgozást kell bevezetnie.

Ilyen jelek pl. beindíthatnak egy szükségprogramot vagy megindíthatnak egy jegyzőkönyvszerű nyomtatási folyamatot.

A jeladó készülékek rendszerint ugyanazok, mint a digitális bevitelnél, ugyanígy elvben ugyanazok a követel-



56. ábra. Integrált áramkörös kapcsolóáramkörök nanoszekundumos kapcsolási idővel (Siemens)

mények érvényesek a vészjelbevitelre is. A vészjelbevitel ezért pontosan ugyanúgy építhető fel, mint a digitális bevitel, azzal a kiegészítő feltétellel, hogy minden vészjel egy külön gyűjtővezetéken át megfelelő helyen meg tudja szakítani a digitális számítóberendezésben végbemenő program lefolyását.

A folyamatszámító berendezés *központi egységei* terén komoly műszaki fejlesztés tapasztalható. Az áramkörök újabban integrált áramkörökkel épülnek. Az 56. ábrán látott megoldás nanoszekundumos kapcsolási időket eredményez.

Befolyásoló impulzus kiadása. A folyamatba iktatott számítóberendezésnek alkalmasnak kell lennie arra, hogy folytonos működésű beavatkozó szervek hajtómotorjait vezérelje, valamint a szabályozók számára analóg alapjeleket adjon. A folyamatirányító berendezés kiesésének sem a folytonos működésű beavatkozó szerv helyzetét, sem pedig az alapjel nagyságát nem szabad zavarnia, úgyhogy a folyamat az utolsóként beállított értékekkel tovább folytathassék.

Ezt a feltételt a maguk módján villamos motorról hajtott beavatkozó szervek elégítik ki, ez alapjeleknél is elérhető, ha az alapjeleket pl. villamos motorról hajtott potenciométerek helyzetei jelentik. A hajtóművek a folyamatirányító berendezés kiesésekor maguktól állnak meg utolsó helyzetükben. Az alapjelek és a beavatkozó szervek helyzetei tehát mechanikusan tárolódnak.

A villamos motorokkal hajtott beavatkozó szervek átállításához a hajtóműveket olyan időközökkel kell bekapcsolni, amelyek általában arányosak a beavatkozási úttal. Az átállítás többnyire több másodpercig tart; ilyen hosszú ideig nem szabad a digitális számítóberendezést egyetlen művelethez feltartani. A beavatkozó impulzust kiadó készüléknek tehát az a feladata, hogy a vezérlőműnek minden szükséges információt tartalmazó parancsára egy bizonyos beavatkozó szervet egy megadott mértékben egyik vagy másik irányba (pl. magasabb vagy alacsonyabb értékre) átállítsa.

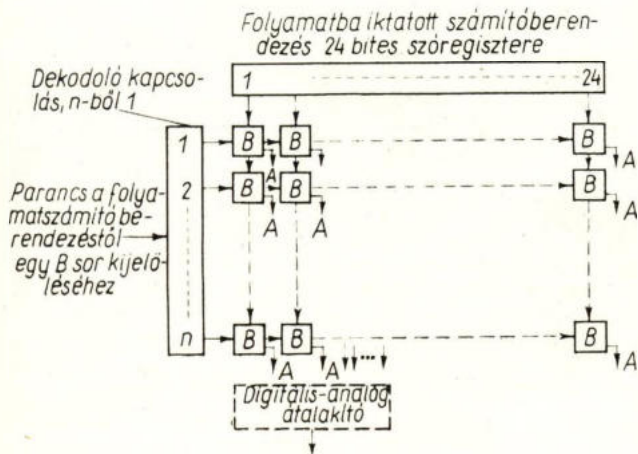
A beavatkozó impulzust kiadó készülék lényeges alkatrészei tehát az időtagok, amelyek meghatározott vagy számított időtartamú jeleket adnak. Maga a folyamatirányító számítóberendezés csak rövid ideig adja az ehhez szükséges információt. Többnyire hajtóművek vezérléséről van szó, amelyek hálózati vagy egyéb üzemi feszültségekkel működnek, tehát olyanal, amely nem egyezik a folyamatirányító számítóberendezés feszültségével. Ezen okokból kifolyólag a beavatkozó impulzust kiadó készülék és a hajtóművek között a jeleket csatolásmentesíteni kell, ami rendszerint elektromechanikus reléekkel érhető el.

Digitális kimenet. Bináris jelek kiadására nem folytonos működésű beavatkozó szervek, jelzőlámpák, digitális jelzőműszerek stb. vezérléséhez van szükség. Mint a digitális bevitelnél, úgy a digitális kimenetnél sincs már külön jelfeldolgozásra szükség, minthogy a folyamatirányító számítógép jelei is már binárisak.

A folyamatszámító berendezést a digitális kiadás céljára is csak rövid ideig szabad igénybe venni; minthogy azonban többnyire tartós jelekről van szó, minden digitális kimenetet közbenső memóriában kell tárolni. Itt viszont

csak olyan memóriák jönnek számításba, amelyeknél a jelet sztatikusan lehet levenni, pl. bistabil multivibrátorok.

Az 57. ábra egy digitális kimeneti kapcsolás felépítését mutatja. A folyamatirányító számítóberendezés szőregiszterében pl. egyidejűleg 24 bináris jel áll készen. Egy megfelelő utasítás, amelyet a programozó beírt a programjába, kijelöli a mindenkori 24 bistabil multivibrátor (B) egy sorát, azaz a multivibrátorok átveszik a szőregiszter információját. A kijelölési utasításnak rendszerint dekódoló kapcsoláson kell keresztülhaladnia. A bistabil multivib-

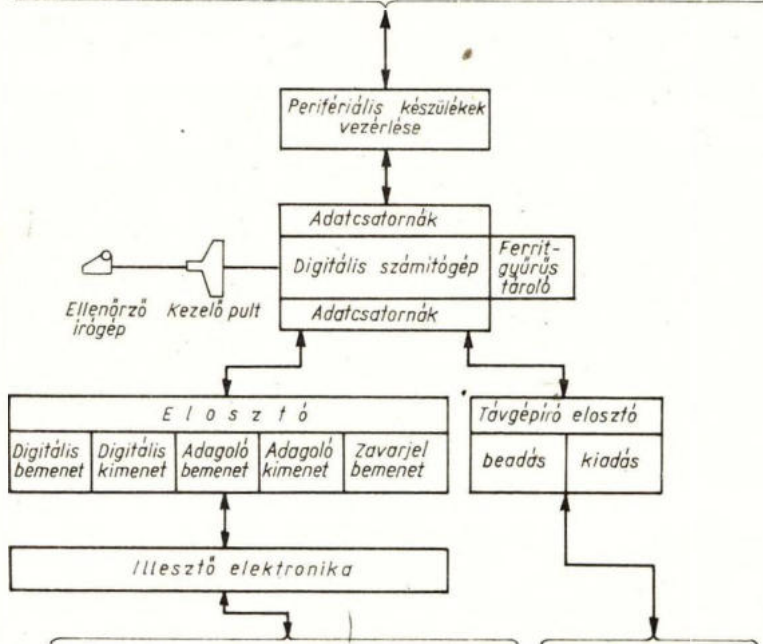
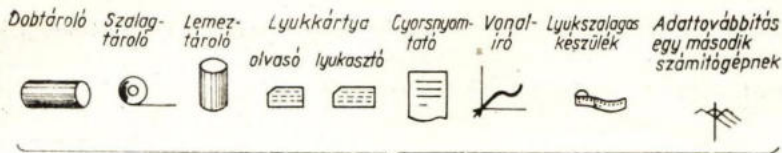


57. ábra. Digitális és analóg kimenet

rátorok most már önműködően tárolják az 1-bites jelet, és azt az A kimeneten át további feldolgozásra rendelkezésre bocsátják. Mint a beavatkozó impulzus kiadásánál, itt is a csatolásmentesítés vagy teljesítményerősítés célszerűen elektromechanikus relékkel történik.

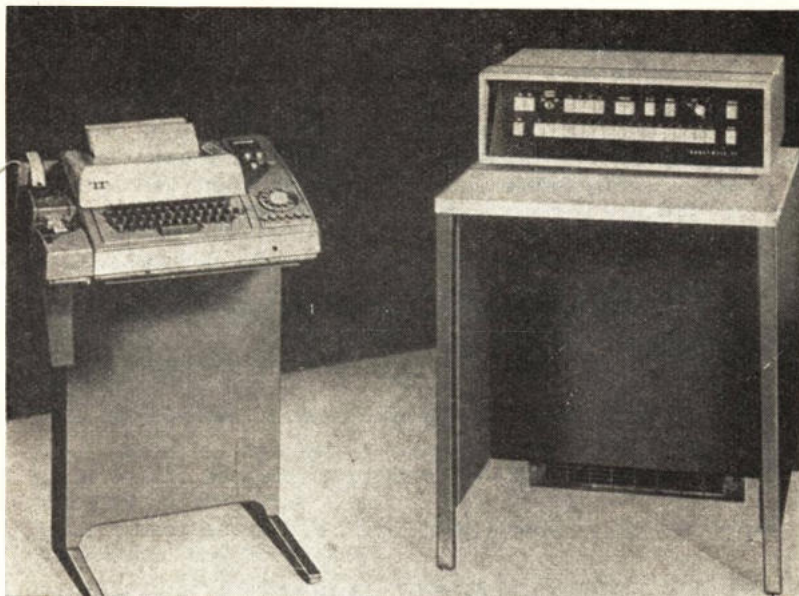
Analóg kimenet. Az analóg kiadás analóg működésű jelzőműszerek, írókészülékek vagy szabályozók vezérlésére való. Az analóg kimenet célszerűen a digitális kimenethez csatlakozik (lásd az 57. ábrát), azaz ennek megfelelően sok digitális kimenetnél kb. 0,4%-os pontosság érhető el, ami 256 fokozatnak felel meg. Az analóg értékke való átalakítás a kettes számrendszerben lépcsőzött áramok áramösszegezésével történik. Az 1, 2, 3, 4...8 digitális kimenetekhez tehát a relatív 1, 2, 4, 8...128 áramok tartoznak. A rákapcsolt áramok összege adja ki az analóg értéket. Az egységes ábrázolás kedvéért az 53. ábrán az analóg kimenetet és a digitális kimenetet külön vezérléssel rajzoltuk. A gyakorlatban azonban a fentiekben vázolt utat követjük.

Az 58. ábrán a bemenet és a kimenet különböző lehetőségeit együttesen mutatjuk be, míg az 59. ábrán példaként a Honeywell H20 gép központi egységeit látjuk az adatok be- és kiadására szolgáló villamos géptávíróval,



58. ábra. Be- és kimenet eszközeinek kapcsolata

Programok előnyadásos feldolgozása. Mint már a bevezetőben említettük, a folyamatirányító számítógép programjait sürgősségi fokozatokkal kell ellátni. Vannak olyan programok, amelyeket bemenő vészjelek indítanak meg,



59. ábra. Honeywell H20 központi egység be- és kimeneti géptáviróval

vannak olyanok, amelyeket más programok indítanak be, s végül vannak olyan programok, amelyeket a kezelő a kezelőmezőn vagy a kezelésre szolgáló lapírókészüléken át indít meg. Mindezen programokhoz egy-egy sürgősségi fokozat tartozik, amelyet a programozó határoz meg.

Így azután minden program elején van egy utasítás, amelyeknek a címét a digitális számítóberendezés pl. sürgősségi fokozatként értékeli. Ezenkívül az utasítások struktúrája olyan értelemben bővül, hogy a programozó beírhat a programjába olyan utasításokat, amelyek megszakíthatók, és beírhat olyanokat, amelyek nem szakíthatók meg. Ezenkívül a digitális számítóberendezés egy ún. szervezési programot tartalmaz, amely többek között az előnyadással feldolgozást vezérli.

A program beindítása ezután kb. a következőképpen megy végbe: vészjel érkezik és megszakítja az éppen folyamatban levő programot valamelyik megszakítható parancsnál. Ezután a digitális számítóberendezés utasítását automatikusan a szervezési programban folytatja. Ez az utasítás viszont úgy van megállapítva, hogy először az éppen megszakított program utasításszám-lálójának a helyzete tárolódik.

A következőkben a szervezési program megvizsgálja, hogy a megszakítást okozó jel, ill. az ezzel kapcsolatos program sürgősebb-e, mint az éppen megszakított program. Amennyiben igen, akkor megindul az új program, végbe-megy, és ezt követően befejeződik a megszakított program. Ha nem, akkor a megszakítást okozó jel, ill. program tárolódik.

Ezután végbemegy a megszakított program és ezt követően megindul a megszakítást okozó program. Ha több vészjel érkezik be egyszerre, akkor a megfelelő programok szintén a sürgősségi fokozat szerint kerülnek feldolgozásra.

A folyamatirányító számítógépek felhasználását elősegítő további teljesítményfokozás a bemeneti és a kimeneti készülékek vagy egyéb berendezésrészek egyidejű munkájával érhető el. A bemeneti és kimeneti készülékek egy parancs végrehajtásához többnyire aránylag hosszú időt igényelnek. Ezért a digitális számítóberendezés vezérlőművét úgy lehet felépíteni, hogy egy utasításnak egy ilyen bemeneti vagy kimeneti készülékre való ráadása után más programok felé fordul, amíg a megfelelő készülék az utasítás végrehajtását nem jelenti azért, hogy új utasítást vegyen át. Természetesen a bemeneti és kimeneti készülékek vezérléseinek szintén ezen egyidejű munkához szükséges kiegészítő eszközöket kell tartalmazniuk.

- [1] A Review of the Ferranti Automation Systems Division. Ferranti International News, 1965/3.
- [2] *Bjelosztockij, A. A.*: Primenenyije včisizlityeljnüh masin. Energija, Moszkva, 1964.
- [3] *Bondi, P.*: Fortschritt in der Automatisierung. Technica, 1963/18. p. 1331.
- [4] *Brower, Allen, S.*: The speed of computer control in steel mills. I.E.E.E. Transactions on Industrial Electronics and Control Instrumentation, Vol. IECI-13, No 1, 1966. ápr. p. 16—23.
- [5] *Byrne, A.—Van Kooten, L. C.*: Controlling a Process by Remote Computer, New Scientist, 1965. dec. 23. p. 866.
- [6] Computer Control of a Coal-fired Generating Set. Electricity, 1965. jan. 25. (különlenyomat, 4 o.)
- [7] Digital computers and the chemical industry. Control, 1966. jul. p. 382—383.
- [8] *James, K. W.*: Computers to run the grid. New Scientist, 1965. aug. 12. p. 398.
- [9] *Jones, J. T.*: Computer Control of Steelworks production. Proc. IEE, 1964. jun. p. 1183—1192.
- [10] *Kruse, H.*: Einsatz elektronischer Prozessrechenanlagen in Dampfkraftwerken. Brennstoff-Wärme-Kraft, 1965/5. p. 234.
- [11] *Mielentz, P.—Stiefken, H.*: Chronologische Erfassung von Prozessmeldungen mit dem Zeitfolgemelder. BBC Nachrichten, 1966. 4. sz. p. 255...259.
- [12] *Quack, R.—Kruse, H.*: Prozessregelung in einem Fernheizkraftwerk. Brennstoff-Wärme-Kraft, 1965/5. (Előadás az IFAC-IFIP 1964. évi stockholmi kongresszusán).
- [13] *Rumpel, D.*: Der Einsatz von Digitalrechnern in der Elektrizitätsversorgung der USA. Technische Rundschau, 1965. ápr. 9., p. 33.
- [14] *Ryan, F.*: Papermill computer keeps the books. Control Engineering, 1964. okt., p. 110.
- [15] *Tybak, T. B. M.*: Application of computers to process control. Chemical Processing Suppl. 1965. ápr. (Különlenyomat.)
- [16] *Schuh, R.*: Optimierung in Erdölraffinerien. VDI Nachrichten, 1965. november 3. p. 18.
- [17] *Kaltenecker, H.*: Digitale Prozessrechner. Archiv für techn. Messen 1965. február p. 39—42.



MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ

MÉRÉS- ÉS SZABÁLYOZÁS- TECHNIKAI ZSEBKÖNYV

Az első rész főként táblázatokat közöl. E táblázatok összefoglalják mindazokat az adatokat, melyekre üzemi mérések elvégzése során szükség van, elsősorban a vegyiparban, élelmiszeriparban, energiagazdálkodásban, kohászatban, továbbá különféle feldolgozó iparágakban. Ezt követően a mű részletes áttekintést nyújt különböző mérés technikai feladatok elvégzésének módszereiről, így: hőmérsékletmérés, szintmérés, áramlásmérés, nedvességmérés, gázösszetétel meghatározása. A második rész a távméréssel és a szabályozástechnika alapjával kezdődik. Az olvasó gyakorlati tájékoztatást kap a legfontosabb szabályozó típusok működéséről, a mérési adatok önműködő feldolgozásáról. A függelék néhány fontosabb műszerfajta, illetőleg szabályozó működésével kapcsolatos gyakorlati tapasztalatot foglalja össze. A kötet végén német – angol – magyar és angol – német – magyar mérés- és szabályozástechnikai szójegyzék található.

406 OLDAL

241 ÁBRA

KÖTVE 33,- Ft

Szádai Rezső

A SZABÁLYOZÁSELMÉLET ELEMEI

Az első részben a szabályozás elméletét és alapfogalmait ismerteti a szerző, majd a szabályozási körök felépítéséről ad áttekintést. Részletesen elemzi az egyes tagok szerepét (átvívó, arányos, integráló, valamint differenciáló tag). Az átmeneti függvény fogalmának tisztázása után a rajzoló eljárásokat ismerteti, majd kitér a szabályozással kapcsolatos rendellenességekre. A stabilitás feltételeit több, gyakorlatból vett példán világítja meg.

A könyv anyagának áttanulmányozása az olvasót egyszerűbb szabályozáselméleti feladatok megoldására képesíti, és bevezeti az önműködő szabályozások tervezésének módszerébe.

223 OLDAL

237 ÁBRA

KÖTVE 45,- Ft



MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ



Helm László szerk.

IPARI FOLYAMATOK MŰSZEREZÉSE

Népgazdaságunk fejlesztésének, egyes iparágakban a gyártási folyamatok részleges vagy teljes automatizálásának előfeltétele a korszerű műszerezés és a legmegfelelőbb műszerek, valamint mérési eljárások helyes alkalmazása. Ez a széles területet átfogó kézikönyv az üzemi szakemberek igényeit hivatott e téren kielégíteni.

Tartalom: A mérőműszerek és mérési eljárások általában – Fizikai mennyiségek mérési eljárásai és mérőműszerei (villamos áram, feszültség, teljesítmény, nyomás, áramlás, erő, nyomaték, szint hőmérséklet, fajsiúly, viszkozitás, vezetőképesség, pH, radioaktivitás, nedvesség, gázok összetétele, optikai jellemzők) – Mérőműszerek és üzemi műszerezés általános kérdései (mutató- és íróműszerek felépítése, távmérés, központi mérési adatfeldolgozás, üzemi műszerezés tervezése, üzemi műszerszolgálat szervezése).

1385 OLDAL

1458 ÁBRA

KÖTVE 231. – Ft

Bodnár Gy. – Kovács I.

VEZÉRLÉSTECHNIKA

Szakmunkás zsebkönyvek

A vezérléstechnika alapvető ismereteit foglalja össze jól áttekinthető rendszerben, számos táblázattal és kellő számú elvi működési vázlattal. A vezérléstechnika alapfogalmainak ismertetése után a villamos, pneumatikus és hidraulikus vezérlések építőelemeit, lényeges adataikat, ábrázolási módjukat tárgyalja. Rövid áttekintést ad a korszerű kapcsolási algebráról, a logikai elemekről, az analóg és a digitális technikáról. Az olvasók a közölt gyakorlati példákból és a kivonatossan megadott jeltáblázatokból gyakorlati munkájukhoz jó segítséget kaphatnak.

34 OLDAL

167 ÁBRA

KÖTVE 17. – Ft



Műszaki vezető: Tamás László
Műszaki szerkesztő: Kaszala József

A könyv formátuma: A5

Ívterjedelme: $8\frac{3}{4}$ (A5)

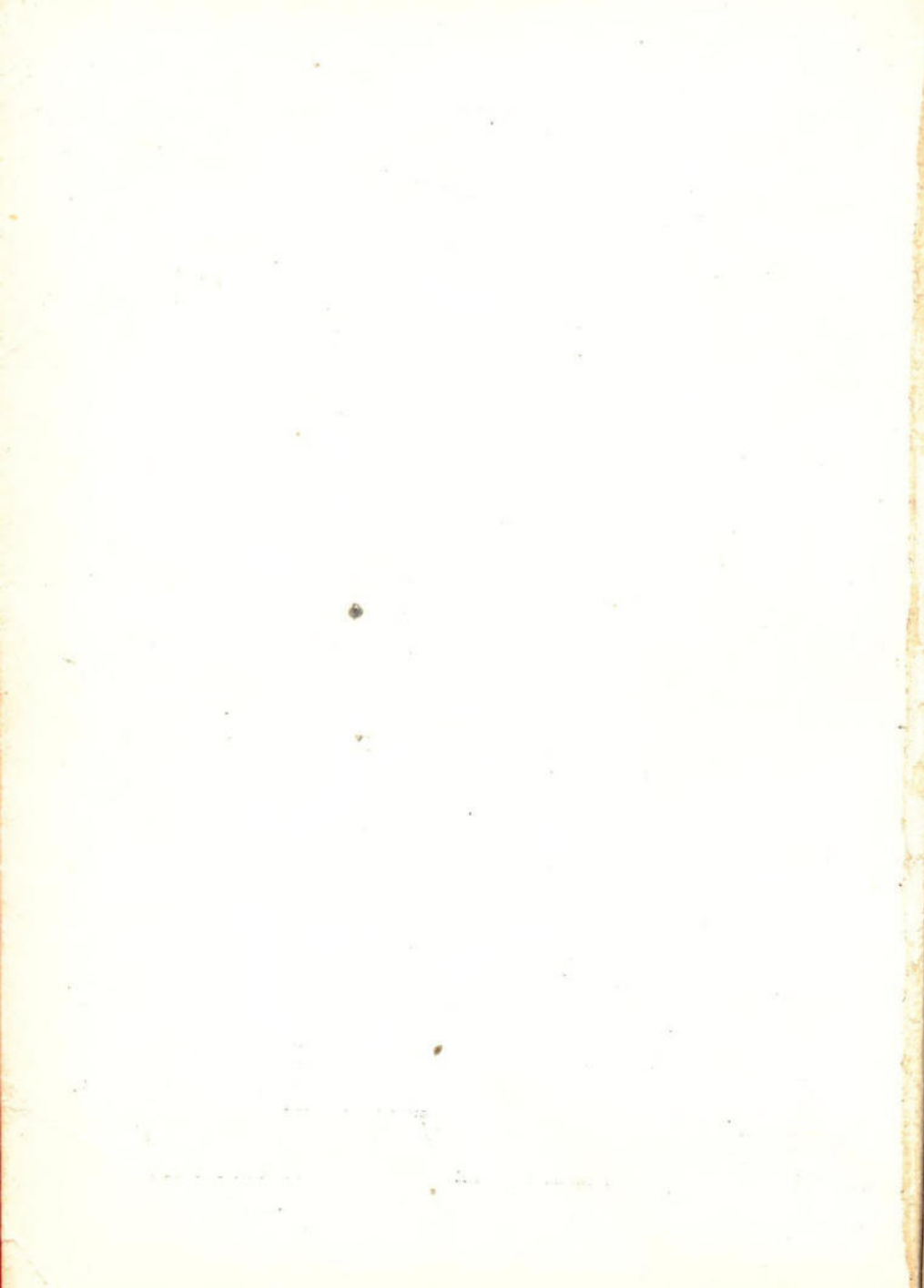
Ábrák száma: 59 — Példányszám: 1700

Papír minősége: 100 g Delta — Betűcsalád és méret: Extended pt/bg

Azonossági szám: 41 058 — MŰ: **948-i-6769**

Készült az MSZ 5601-59 és 5602-55 szerint

67/1643, Franklin Nyomda Budapest, Felelős: Vértes Ferenc igazgató



Ára: 13,50 Ft

AZ AUTOMATIZÁLÁS SOROZATBAN EDDIG MEGJELENT:

- Schwarze, G.*
Az automatizálás alapfogalma
- Berg, G. F.*
Hidraulikus vezérlések
- Majzel, L. M.*
Munkadarabok méreteinek automatikus ellenőrzése
- Lemberg, M. D.*
Pneumatikus automatika
- Gottschalk, H.*
A villamos vezérléstechnika építőelemei
- Gonulics, A. K.*
Modellezés elektronikus számológépekkel
- Juraszov, A. N.*
Jelfogós kapcsolások tervezése
- Jakovljević, L. G.*
Irányítástechnikai mérések hibái
- Schubert, G.*
Kis digitális számológépek
- Manahov, V. I.*
Áramló mennyiségek mérése
- Arhipov, G. V.*
Klímaberendezések szabályozása
- Vasziljev, R. R. — Sosztova, G. A.*
Telemechanikai információk átvitele
- Senbrot, I. M.*
Technológiai folyamatok központi ellenőrzése
- Majzel, L. M.*
Tömegcikkek önműködő számlálása
- Götte, K.*
Az automatizálás elektronikus építőeleme
- Litvak, V. I.*
A fotorelé alkalmazása az automatikában
- Schwarze, G.*
Szabályozási körök arányos és integrálósabályozókkal
- Peschel, M.*
Szabályozási körök PID-szabályozókkal
- ten Brink, J.—Kauffold, H.*
Vezérlő berendezések tervezése és kivitelezése
- Lemberg, M. D.*
A hidraulikus automatika építőelemei
- Grinstejn, M. M.*
Fényellenállások az automatikában
- Hallotronok alkalmazása az automatikában
- Rónky Miklós dr.*
Automatizálás a gépiparban
- Rezencvit, C. I.—Eigenbrot, V. M.*
Vezetőjel-képző szervek
- Dallos Kólmán—Máthé László*
Számjegyves programvezérlésű szerzőgépek
- Dittmann, H.*
Szabályozásköri tagok jellemzőinek meghatározása
- Schöpfli, H.*
Szabályozó berendezések tervezése
- R. Roerber*
Az önműködő ellenőrzés és irányítás mérő-berendezései

MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ