

A szerkesztő bizottság elnöke: HORVÁTH IMRE

Szerkesztő: ANGYAL LÁSZLÓ

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG

BHG

Laczkó Endre
Bernhardt Richárd
Eisler Péter
Dr. Gosztony Géza
Honti Ottó
Klug Miklós
Tölgyesi László

ORION

Jakubik Béla
Baracs Sándor
Csernoch János
Froemel Károly
Sass Károly
Szabó Károly

TERTA

Bánsági Pál
Baján Tibor
Benedek Elek
Egerszegi Béla
Hutter Mihály

BHG ORION TERTA

MŰSZAKI
KÖZLEMÉNYEK

XXVII. évfolyam

1981

10. szám

Nyomatott huzalozású áramkörök és ezekből felépülő alrendszerek számítógépes tervező-gyártó-ellenőrző (TGE) rendszere a Telefongyárban I. rész

KOVÁCS ANTAL
PÁL IMRE
HORVÁTH JÁNOS
TERTA

1. BEVEZETÉS

Korunkra a technika felgyorsult fejlődése jellemző. A hagyományosnak nevezhető iparágak fejlődése mellett néhány iparág gyors fejlődése még szembe-tűnőbb. Ezek közé sorolható elsősorban az elektronikai ipar. A gyors fejlődés hatást gyakorol az elektronikai ipar minden területére, így a kapcsolódó, illetve a peremterületekre is. A néhány évvel korábban még csak utópisztikusnak ítélt termékek gyors megjelenése, elterjedése és tömegszerű gyártása, illetve a professzionális elektronikus berendezések paramétereinek, teljesítőképességeinek ugrásszerű növekedése magával vonta a terület gyártástechnológiájának dinamikus fejlődését.

Az elektronikai ipar gyártmányainak többsége nyomtatott huzalozású áramkörök rendszeréből épül fel. Az áramkörök egymáshoz való elektromos és mechanikus hozzárögzítését a berendezés vázszerkezete, az abban helyet foglaló huzalozás, illetve csatlakoztatások rendszere látja el. A berendezéshez tartozó mozgó, mechanikus részek (perifériák, mechanikák stb.) nem szűk értelemben vett elektronikai termékek, ezek elsősorban a finommechanikai gyártás területéhez tartoznak. Az elektronikus berendezések gyártásának tehát tipikus és költségfordításban is túlnyomórészt képviselő része a nyomtatott huzalozású lapok gyártása, szerelése és bemérése. Súlyponti feladat továbbá az áramkörök tervezése, fejlesztése, valamint gyártásuk műszaki előkészítése.

A nyomtatott huzalozású áramkörök tervezésével és gyártásával szemben a követelmények egyre magasabbak, egyre kisebb helyen egyre bonyolultabb, több funkciót ellátó áramköröket kell elhelyezni. A lapokon elhelyezkedő elektronikus elemek, elsősorban az aktív elemek nagyfokú integrálása, miniatürizálása fokozott követelményeket támaszt a lapok gyártásával, szerelési technológiájával szemben. Egy-egy felületen egyre több összeköttetést kell létesí-

teni, a fóliázat egyre pontosabb, kiélezettebb geometriai kialakítását kell megvalósítani, sok esetben többrétegű technika alkalmazásával, ugyanakkor például a szerelés automatizálása szükségessé teszi a furatátmérő viszonyok és helyzetűrések szigorú előírását.

Általánosságban megállapítható, hogy az alkatrészgyártás műszaki-technikai színvonala meghaladja a szerelés színvonalát. A nyomtatott huzalozású áramkörök gyártásánál is az alkatrészek gyártása felett, kiforrott technikai színvonalon áll (pl. IC gyártás), indokolt tehát elsősorban a szerelés és a hozzá kapcsolódó folyamatok fejlesztése.

Az említett felismeréseken alapulva a 70-es évek elején egyes tőkés elektronikai vállalatoknál a nyomtatott huzalozású áramkörök és ezekből felépülő rendszerek előállítására megjelentek a számítógépes tervező-gyártó-ellenőrző rendszerek. Ezzel egy időben hazánkban is különböző programok indultak országos, illetve tárca szinten ipari automatizálás, illetve számítógépes TGE rendszerek fejlesztése területén. Az érintett vállalatok terveiben ezek a témakörök kiemelten szerepeltek, megvalósításukhoz központi alapokból finanszírozást kaptak.

A Telefongyár esetében a nyomtatott huzalozású áramköröket előállító számítógépes TGE rendszer megvalósításához különösen kedvező helyzet adódott. Eredményesen lezajlott a profiltisztítás, melynek következményeképp kedvező gyártmány szerkezet alakult ki. Az egységes termék konstrukció egységes lapméreteket eredményezett. A meglévő termelőeszköz-állomány erkölcsileg és fizikailag elavult volt, felújítására kedvezményes hitelfelvétellel párosulva rekonstrukciós és kapacitásbővítő beruházási lehetőségek nyíltak. A célkitűzések megvalósításához megfelelő színvonalú, kapacitású és szakmai eredményekkel rendelkező kutató-fejlesztő apparátus állt rendelkezésre, mely egyrészt a program eredményes lebonyolítását biztosította, másrészt alapot

teremtett a különböző pályázati lehetőségek elnyerésére.

A rendszer létesítéséhez a kutató-fejlesztő munkát, első lépésként a széles körű információgyűjtést és piacutatást 1972-ben kezdtük meg. Az 1974–76. években kapcsolódtunk a Távközlési Kutató Intézet irányításával folyó CF 22 célprogramhoz, mely alapvetően TGE rendszerünk „tervező” elemét érintette, illetve megteremtette a teljes rendszer integrálásának lehetőségét. Első működő „gyártó” elemként 1974–80 között a KGM és a Magyar Híradástechnikai Egyesülés támogatásával a nyomtatott huzalozású áramkörök szereléstecnológiájának átfogó fejlesztésére kutató-fejlesztő laboratóriumot hoztunk létre. Ennek keretein belül 1976–78 között a szocialista országok között elsőként telepítettük CNC beültető automatáinkat és a hozzájuk tartozó gépsort. Jelentős feladat volt ezen a téren az alapvetően tőkés alkatrészbázisra épült gépsor illesztése a hazai viszonyokhoz, melynek során kidolgoztuk a nyomtatott huzalozású áramkörök gépi szerelésének konstrukciós kritériumrendszerét. Ez a leírás a TGE rendszer egyik alapvető feltételrendszere. 1978–80 között telepítettük a nyomtatott huzalozású lapok gyártósorát és a fototechnikai üzemet, 1980–81-ben a számítógépes tervező és dokumentáló rendszert. A vállalati TGE rendszer létesítése mellett, és ehhez kapcsolódva társvállalatokkal és intézetekkel együttműködve jelentős részt vállaltunk az OMFB által koordinált, az elektronikai ipar technológiai részterületeit átfogó egységesítési munkában. A vállalatunknál létesült teljes kiépítésű rendszer az elvi koncepciók gyakorlati megvalósulását jelentette.

A rendszertől az alábbi alapvető előnyöket várjuk:

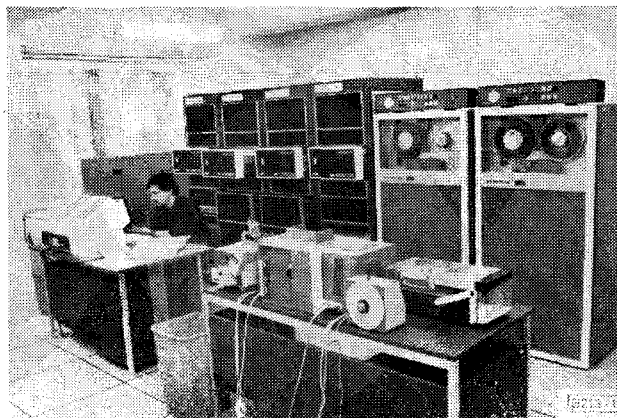
- termékek műszaki színvonalának növelése,
- átfutási idők csökkenése,
- kvalifikált munkaerőhiány csökkenése,
- egységes konstrukció, alkatrészfelhasználás, gyártástechnológia, dokumentációs rendszer,
- gyártás hatékonyságának növelése,
- fajlagos élömunkaráfordítás csökkenése,
- vállalati versenyképesség fokozása,
- nem számszerűsíthető hatások (hírnév, szociológiai előnyök stb.).

Rendszerünket cikksorozat formájában ismertetjük az alábbi tagolásban:

2. Tervezői rendszer
 - 2.1 Áramkörtervezés
 - 2.2 Technológiatervezés
3. Fototechnikai rendszer
4. Nyomtatott huzalozású lapgyártás
5. Nyomtatott huzalozású lapszerelés
6. Nyomtatott huzalozású áramkörök és ezekből felépülő alrendszerek mérése
7. A rendszer hatékonysági értékelése
8. Továbbfejlesztési elképzelések

2. TERVEZŐI RENDSZER

A nyomtatott huzalozású áramkörök tervezésének általános feladata az elvi kapcsolás, illetve a logikai funkciót meghatározó igazságtábla alapján a

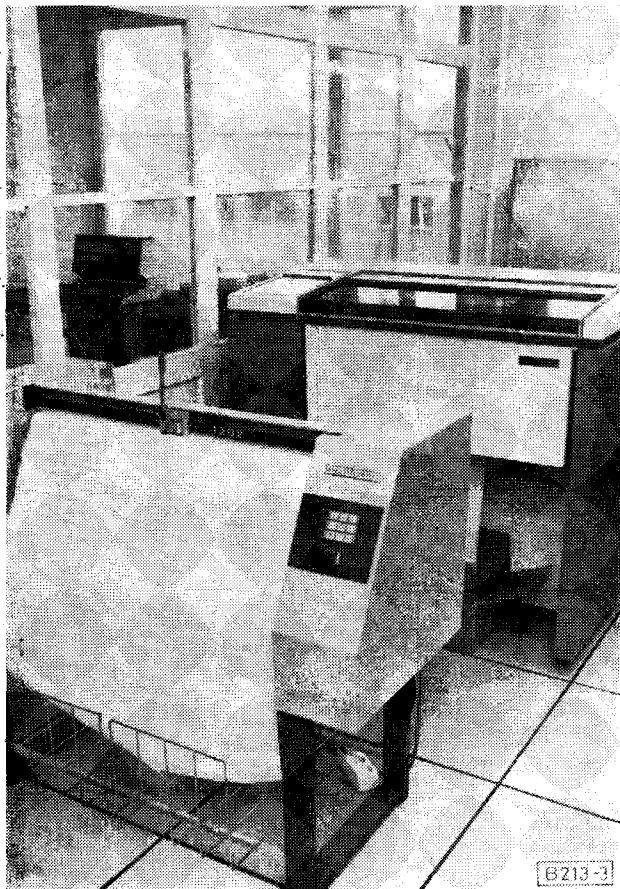


1. ábra. Számítógépterem központi egységgel, konzollal, mágneses perifériákkal és I/O eszközökkel



2. ábra. Tervezői munkahelyek

nyomtatott huzalozású lap rajzolatának és a hozzá kötődő járulékos dokumentációknak előállítására. A régebbi terminológia szerint ezt általában fejlesztésnek nevezték — ma még sok helyen alkalmazzák is, azonban az 1977-ben kiadott OMFB egységesítési irányelvek szerint a tervezés: az a módszer és rendszer, amellyel a nyomtatott huzalozás topológiája és gyártási dokumentációja előállításra kerül. Ezen folyamat automatizálására való törekvés világszerte megfigyelhető tendencia, melyet a feladatok bonyo-



3. ábra. On-line output egységek; Benson 1202 rajzgép és VT sornyomtató



4. ábra. Off-line adatbeviteli eszközök; Ferranti Freescan System 4 típusú digitalizáló

lultságának növekedése, a megbízhatóság iránti fokozott igény, valamint a kutatás-fejlesztési feladatok előmunka szükségletének csökkentése indokol.

A tervezési feladatok a nyomtatott huzalozású áramkörök tekintetében az esetek döntő többségében az elvi kapcsolási rajzból indulnak ki. Az ezt megelőző feladatok, úgy mint a berendezés algoritmusának kialakítása, a strukturális felépítés meghatározása, a blokkok specifikációja, a funkcionális vázlat elkészítése, a funkcionális részegységek specifikációja és a konstrukciós bontás szinte minden esetben azonosan folynak le a konstruktóri csoportok berendezésfejlesztési feladatainak keretén belül. Csúpn néhány, elsősorban USA tőkés nagyvállalat alkalmaz olyan rendszereket, melyek ezekből a fázisokból átvesznek néhányat.

A gyártmány műszaki jellemzőit, illetve a vele szemben támasztott követelményeket adótnak tekintve az első lépés a kapcsolási rajz kidolgozása, majd a nyomtatott huzalozású lapok konstrukciójának kialakítása. A tervezés módszerétől függetlenül már ebben a fázisban meghatározásra kerülnek a szerelendő alkatrészek, valamint előállítják a technológiai folyamat további szakaszaihoz szükséges alapidokumentációkat. A prototípus készítése és bevizsgálása, majd az esetleges módosítások átvezetése után a gyártási dokumentáció véglegesítése következik. Ezután kerül sor a nyomtatott huzalozású lapok gyártására, szerelésére és mérésére. Ebből adó-

dóan a technológiai szempontok figyelembevétele és a gyártási feltételek ismerete már a tervezési fázisban alapvető követelmény. A tervezéssel együtt készített összes technológiai alapidokumentáció az összes további folyamatlelemre döntő kihatással van.

A tervezési és dokumentációgenerálási folyamatnak a következő alapkritériumokat kell kielégítenie:

- alkalmas kell legyen a vállalati feladatok megoldására, figyelembe véve azok volumenét, valamint a vállalati profiltól következő, analóg és digitális technikából adódó különbözőségét,
- alkalmas kell legyen az interaktív tervezési eljárások ellátására, illetve biztosítania kell a folyamatlelemek közötti manuális beavatkozás lehetőségét,
- biztosítani kell a hagyományos módszer párhuzamos futtatásának és becsatlakoztatásának lehetőségét,
- biztosítani kell a kialakított információhordozók kompatibilitását a változtatások során a teljes technológiai folyamat menetében,
- el kell lássa a topológia-tervezés, a dokumentálás és a technológizálás folyamán felmerülő feladatcsoportok megoldását,
- illeszkednie kell a vállalatnál kialakult technológiai bázishoz,
- biztosítania kell az alkatrész, nyomtatott huzalozású lap és áramkör gyártó, szerelő és el-

lenőrző automaták adathordozóinak előállítását,

- biztosítania kell a gyártás és szerelés feladatainak ellátásához szükséges adatbázis kialakításának lehetőségét, illetve a vállalati törzsdatabank adatellátását.

Amint ez a feladatcsoportok körvonalazásából kintűnik, a tervezési folyamat fejlesztett változataként kizárólag automatikus tervezési rendszer, illetve ennek interaktív beavatkozást lehetővé tevő változata jöhet szóba. Rendszer, illetve software programcsomagok tekintetében a TKI és társintézetei által kifejlesztett AUTER rendszer az, amely hazai és nemzetközi viszonylatban (szocialista viszonylatban egyedülállóan) alkalmas műszaki igényesség, valamint software és hardware összeállítás oldaláról a feladatok ellátására.

Az AUTER rendszer programjai többféle számítógépes konfiguráción telepíthetők, amelyeknél azonban az alkalmazott operatív- és háttér memória alapvetően meghatározza az elvégezhető tervezési feladatok nagyságát és egymás mellett futtathatóságát. A Telefongyárban alkalmazott rendszer MSZR kompatibilis, a Központi Fizikai Kutatóintézet által kifejlesztett TPA 1140 típusú számítógépre települt.

A hardware konfiguráció alapvető egységei:

- 128 Kszó operatív memóriájú központi egység MMU, EIS és FIS opciókkal;
- 4 db mágneslemezes egység, egységenként 1 db; 2,5 Mbyte-os fix és 1 db 2,5 Mbyte-os cserélhető lemezzel;
- 2 db mágnesszalagos egység;
- 2 db lyukszalagos input/output egység;
- 1 db kártyaolvasó;
- 1 db sornyomtató;
- 1 db Benson 1202 rajzgép a checkplott részére;
- 5 db alfanumerikus display hozzácsatolt mátrixnyomtatóval, ebből 1 db mint konzol és 4 db mint tervezői munkahely.

Off-line input/output hardware eszközök:

- 2 db kártyalyukasztó;
- 2 db Ferranti-Cetec Graphics Ltd. Freescan System 4 digitalizáló tábla;
- 1 db Ferranti-Cetec Graphics Ltd. EP 430 fotofejes rajzgép.

A software konfiguráció alapvető egységei:

- DOS-RV operációs rendszer;
- ANAL—24 programcsomag lineáris hálózatok AC analízisére;
- ANAL—17 programcsomag digitális hálózatok szimulációjára;
- KONSTR-M programcsomag nyomtatott huzalozású lapok elrendezésére és huzalozására;
- FILM 3-F programcsomag digitalizált nyomtatott huzalozások feldolgozására;
- TECHN-T programcsomag nyomtatott huzalozású áramkörök technológiai feldolgozására;
- UNIVIC és UNIVAX programok nyomtatott huzalozású áramkör szerelő automaták adathordozó előállítására.

2.1 ÁRAMKÖRTERVEZÉS

A tervezői rendszerben a nyomtatott huzalozású lapokon megvalósuló áramkörök tervezésének folyamata a kapcsolási rajztól a gyártmánydokumentáció elkészüléséig a következőképpen bontható:

- 2.1.1 Kézi konstrukciós tervezés — gépi dokumentáció generálás;
FILM 3-F program használata;
- 2.1.2 Gépi konstrukciós tervezés — gépi dokumentáció generálás;
KONSTR-M program használata.

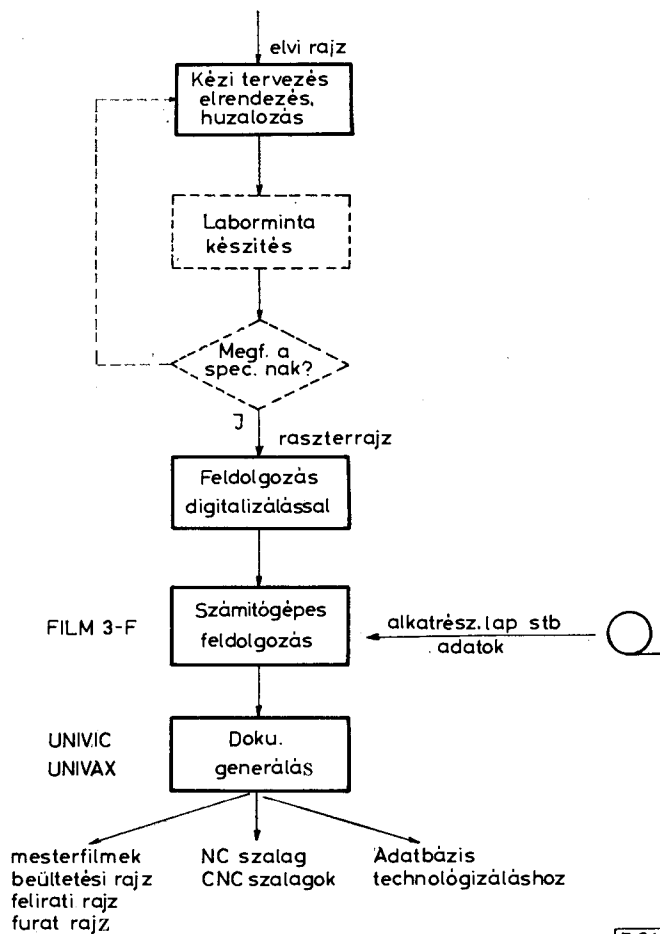
2.1.1 KÉZI KONSTRUKCIÓS TERVEZÉS — GÉPI DOKUMENTÁCIÓKÉSZÍTÉS

A nyomtatott huzalozású lapok kézi tervezése a „kártyabontású” elvi rajzból indul ki. Ezt „transzformálják” át valóságos alkatrészekké, illetve gyakorlatban a kettő közösen alakítja ki az elvi rajzot. Ennek alapján elrendezés és huzalozás jön létre kézi rajzolóval. Legtöbbször ezt 1:1 méretben labormintaként megvalósítják és így történik a bevizsgálás. Ennek megfelelőre alakítása után készül a nagyított méretű raszterrajz, mely a nyomtatott huzalozású lap topológiáját és alkatrészrendezését tartalmazza, valamint elkészül az azt kísérő darabjegyzék. A raszterrajzon külön ki kell emelni különböző színek és jelölések alkalmazásával a két oldal huzalozását, az eltérő vezeték és forrskeméreteket. Ezt a raszterrajzot manuálisan pontról-pontra digitalizálni kell, majd az így keletkező lyukszalagot kell bevinni a számítógépbe a FILM 3-F programmal történő feldolgozás céljából. A FILM 3-F program egy különösen jól használható lehetősége, hogy a többször ismétlődő alakzatok csoportosan is bevezethetők úgynevezett „makro”-ként definiálva és ezek közül az állandóan alkalmazottak „menülap”-ról választva feldolgozhatók.

A FILM 3-F programmal való feldolgozás után különböző output egységekhez lehet vezérlő adathordozókat előállítani, így a Benson és Ferranti rajzgépekhez, az NC fűrőgépekhez és a CNC szerelő automatákhoz. Az esetleges módosítások elvégezhetőek a hibás részlet javító digitalizálásával, illetve tervezői munkahelyen a számítógép adatmezejének módosításával.

2.1.2 GÉPI KONSTRUKCIÓS TERVEZÉS — GÉPI DOKUMENTÁCIÓKÉSZÍTÉS

Ez a módszer, mely alapvetően a KONSTR-M programcsomagra épül, a nemzetközileg elfogadott terminológiával CAD (Computer Aided Design = számítógéppel segített tervezés) eljárásnak felel meg. A kiinduló adatok a KONSTR-M programnál is jellemzően az elvi kapcsolási rajz, valamint az alkatrészjegyzék és a segédadatok, mint például a kiválasztott nyomtatott huzalozású lap típus. Lehetőség van azonban az áramkör előzetes analízisére, illetve szimulációjára is. Az ANAL programcsomagokkal a számítógép az egyes alkatrészek modelljét felhasznál-



5. ábra. Kézi konstrukciós tervezés — gépi dokumentációkészítés

va generálja az áramkör kanonikus egyenleteit, majd végrehajtja az áramkör analízisét, illetve szimulációját, így megállapítható, hogy az előírt specifikáció teljesül-e. Itt lehetőség nyílik interaktív beavatkozással kapcsolási lehetőségek összehasonlítására és toleranciák vizsgálatára. Ezután az áramkör összekötetési listáját adatlapra elkészítve, majd a minimális számítógépidő használata céljából kártyára lyukasztva és olvasóval bevívve a KONSTR-M programcsomag futtatása megkezdhető. A konstrukciós adattár elemeinek felhasználásával a rendszer elrendezi az áramköri elemeket és megtervezi a huzalozást közbenső manuális ellenőrzésekkel és interaktív beavatkozási lehetőséggel. A beavatkozás sikeres végrehajtása után a programrendszer post-processorai elkészítik a rajzgépek vezérlő adathorozóit a huzalozási, forrasztásgátló, furatozási és beültetési rajzolatainak előállításához, elkészítik az NC fúrógépek vezérlőszalagját, elvégzik az adatkonverziót az UNIVIC, UNIVAX és TECHN-T programcsomagok futtathatóságához.

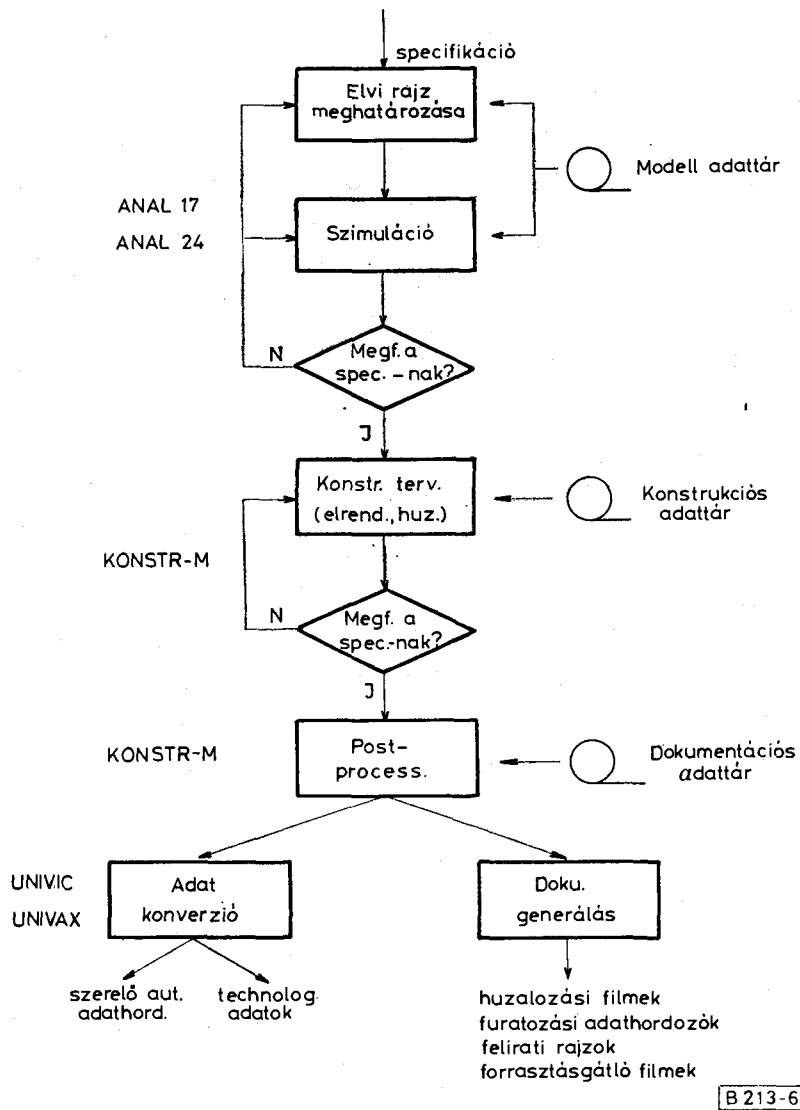
Ez a módszer gyorsan, kis élőköltség felhasználással elkészíti a nyomtatott huzalozású áramkörök előállításához szükséges valamennyi dokumentációt, biztosítja a változások gyors, pontos és mindenre kiterjedő átvezetését.

Az előzőekben ismertetett hardware konfiguráció

alkalmas a tervezői rendszer programcsomagjainak párhuzamos time-sharing futtatására az operációs rendszer software támogatása mellett. A telefongyári speciális programokkal kiegészített AUTER rendszer megfelel a számítógépek tervezéssel szemben támasztott követelményeknek, az alábbi fontosabb sajátosságok mellett:

- a rendszer a tervezési folyamatot átfogja a specifikáció funkcionális ellenőrzésétől, a nyomtatott huzalozású lapok tervezésén át a teljes dokumentáció generálásáig;
- a rendszer az alkatrészek modelljeit és a szabványadatokat, továbbá a technológiai korlátozókat adattárban tárolja, a tervezés során automatikusan lehívja és ellenőrzi a tervezési szabályok betartását;
- a rendszer interaktív, ami lehetőséget biztosít a tervezőnek ahhoz, hogy terminálról ellenőrizze és módosítsa a konstrukciót;
- a tervezés egyes fázisai között az adatforgalom automatikus, ami a dokumentációk kompatibilitásán keresztül jelentős tényező a gyártmány megbízhatóságának megalapozásában.

A konstrukciós tervezés folyamatában a tervezendő áramkör kapcsolási rajza és alkatrészjegyzéke, mint kiinduló adatok alapján:



6. ábra. Gépi konstrukciós tervezés — gépi dokumentációkészítés

- a kiválasztott nyomtatott huzalozású lap típus,
- a rendelkezésre álló alkatrész típusválaszték,
- a tervezéshez használandó technológiai adatárban tárolt adatainak felhasználásával

a rendszer az elrendezés és huzalozás megtervezése után elkészíti az áramkör dokumentációit:

- az alkatrész és forrasztás oldali huzalozási filmeket,

- a furatrajzot és az automata fűrógépek vezérlésére szolgáló NC szalagokat,
- mindkét oldali forrasztásgátló filmeket,
- a beültetési rajzot és az alkatrészbeültető, illetve előkészítő automaták vezérlő szalagjait,
- az esetleges felirati filmet.

A fenti dokumentációkon kívül az adatok olyan formába történő konvertálása is végbemegy, hogy a későbbi technológiai dokumentációkat generáló programcsomag azokat képes feldolgozni.

B 213-6