

Dr. Nikola Neidhardt — Zagreb

Gigantski strojevi za računanje

Uvod

U Geodetskom Listu br. 4-1949 opisao sam najstariju epohu računanja, a u broju 1—3 ovog godišta prikazao je Ing. B. Filatov rad s našim današnjim strojevima, koji su izgrađeni na mehaničkim (većinom zupčastim) principima. Pa ako su potonji strojevi i na električni pogon, po unutrašnjoj građi se bitno ne razlikuju od ostalih dosadašnjih strojeva (Leibnitzovi rebričasti valjci, Odhnerovi kotačići promjenjivih žbica, poluge proporcionalnosti itd. itd.).

Međutim, za vrijeme minulog rata izgrađeno je nekoliko gigantskih strojeva za računanje na posve novim principima. Pokušat ću ovdje dati kratak prikaz tih najnovijih tvorevina.

U članku P. De v e a u x-a »Vers un robot universel« (Nature, Paris 1949.) navodi se među ostalim, da bez elektronskog stroja za računanje ne bi nikad mogla biti izvršena računanja potrebna za stvaranje atomske bombe (»calculs de la Bombe atomique n'auraint jamais pu etre faits«).

Atomska energija toliko je golemo iznenađenje, da će taj izum u velikoj mjeri oblikovati i morati oblikovati novu epohu života ljudskog roda. Nove mašine za računanje, premda isprva nisu stvorene za svrhu atomske energije, omogućavaju i olakšavaju njeno rađanje i s njome i rađanje novog vijeka čovječanstva.

B o r e l, profesor francuskog sveučilišta u New-Yorku i predsjednik društva za uran i torij Kanade napisao je vrlo živ članak o izgledima atomskog doba. Energija postati će takorekući besplatna kao što su besplatni zrak i voda. Ni rudače, ni ugljen, ni vodena energija ne će više uslovljavati smještaj industrije. Ova će se podizati baš u zaostalijim zemljama, na obalama mora. Metali, vrijedniji od čelika, dobivati će se bez željeznih rudača, a organske tvari iz mora. Ugljikohidrati (najvažnija hrana) stvarati će se sintetički. Zaostale zemlje bit će u prednosti, jer će se industrijske boriti da održe postojeća svoja postrojenja. Ljude treba intenzivno početi pripravlјati na budući razvoj. Nauka i učenjaci igrati će najveću ulogu. Ali, ali, članak nažalost svršava: samo ako koji ludak ne prouzroči novi svjetski rat.

Netko će možda reći: šta se to tiče geodezije i stručno-geodetskog časopisa kakav je Geodetski List?

Geodetska struka, kao i svaka druga struka, nipošto nije samoživa, nije ekskluzivna, nije sama sebi svrhom, već je dio života. Ne može i ne smije biti dezinteresirana na općem razvoju. Mora život pratiti ne samo po utrtim stazama dosadašnjeg njenog razvoja već još više i intenzivnije, krčeći nove putove, tražeći nova sredstva, primjenjujući nova iznašaća drugih struka, jednom riječju učestvujući najintenzivnije u stvaranju novog, boljeg, savršenijeg.

Gigantske mašine za računanje mogu veoma unaprijediti rješavanje i čisto geodetskih zadataka. Na pr. za cjelovito izjednačenje (izravnanje) francuske temeljne državne triangulacije trebalo bi riješiti cca 800 jednadžbi s 800 nepoznanica i 640 000 podataka. Francuzi izgrađuju svoj gigantski stroj za računanje. Za koju godinu bit će gotov. Među ostalim se nadaju s njime rješavati i spomenuto izjednačenje triangulacije.

Dakle ima geodetskih zadataka, koji se neposredno namiču, a moći će ih rješavati gigantski strojevi za računanje. A siguran sam, da će mogućnost rješavanja stvoriti i nove stručne probleme, koji će se na sličan način rješavati, a na čije rješavanje se dosad nije moglo ni misliti.

Ponovno naglašavam. Geodezija je kao nauka i struka dio velike životne cjeline. Činjenica je, da se u njoj mnogo računa. Ali računanje je danas karakteristika cijelog tehničkog, pa i biološkog i ekonomskog života. Sve će se to još pojačati s novim mašinama za računanje. Ide se i dalje. Ako je već moguće konstruirati mašine, koje mogu da rješavaju vrlo složene matematičke operacije, a da se kod toga i same kontroliraju, zar nije moguće na istim principima konstruirati i robote, koji će opskrbljivati i kontrolirati tvorničke strojeve, njihov rad, njihovo posluživanje, podmazivanje, zamjenjivanje itd. Dakle izgrađivanje mamut strojeva za računanje može dovesti i do drugih još kompliciranijih i svrsishodnijih automata i mehanizama. Ako može stroj rješavati komplicirane jednadžbe, može rukovoditi i druge strojeve po jednadžbama i funkcijama, koje za njih vrijede.

Stvari su u rađanju. Ali se razvijaju brzim tempom. Namiče se pitanje: zar ne bi bilo korisno poslati kojeg mladog našeg talentiranog elektro-inženjera ili fizičara da ode u USA studirati, što je sve na tome području do sada postignuto. Dotični bi onda dalje pratio razvoj i sve novo nastojao makar u najskromnijem obliku prenijeti k nama. Pa ako i to ne, a ono bar da bude veza naše zemlje s gigantima računanja, konstruiranim u inozemstvu, s mamut strojevima, i da pismeno, telefonski ili slično tim strojevima prenosi naloge i od njih prima rješenja za naše probleme s područja geodezije, matematike, statistike, fizike, itd. itd. kako ih ove struke budu postavljale.

Univerziteti

Pogledajmo, tko su uglavnom stvaraoci novih gigantskih strojeva. U prvome redu sveučilišta, univerziteti, naučni zavodi. T. zv. analizator prof. Bush-a nastao je na Massachusetts Institut of Technology. Kon-

struktor i izumitelj t. zv. strojeva Mark I, II i III je prof. Aiken na univerzitetu Harvard. Mašinu od Belle Telephone konstruirala su tri inženjera uz pomoć prof. Stibitza sa univerziteta u Vermontu. Elektronska mašina ENIAC nastala je na univerzitetu u Filadelfiji.

Dakle, univerziteti su aktivni začetnici nove epohe u izgradnji strojeva za računanje. Ali, dogodilo se, što se već opetovano događalo u historiji čovječanstva. Iznašašće, koje su konstruktori namijenili unapređenju čovječanstva, najprije je upotrebljeno kod uništavanja i ubijanja ljudi. Prva veća upotreba gigantskih strojeva za računanje bila je ratna. Ti su strojevi u prošlom svjetskom sukobu upotrebljeni za balistička proračunavanja novih granata, novih oružja, za utvrđivanje aerodinamičnih linija aviona, računanje atomske bombe itd. Američka mornarica, avijacija, artilerija služili se njima. Zato su američke gigantske računске mašine za vrijeme rata i bile proglašene državnom tajnom. Ujedno je rat dao velika sredstva i golem poticaj za izgradnju tih mašina. One su gotovo djeca toga rata. Veo tajne skinut je sa njih tek po svršetku rata.

Učenjaci stvaraju, kako bi unaprijedili život čovječanstva, ali se u prvoj fazi plodovi njihova rada nažalost prečesto pretvaraju u pomagala uništavanja. Ta i olovo je iznađeno i stoljećima služilo ubijanju prije, nego li se počelo upotrebljavati za tiskarska slova i najmoćnije pomagalo nauke i napretka!

Analizator Bush-Caldwell

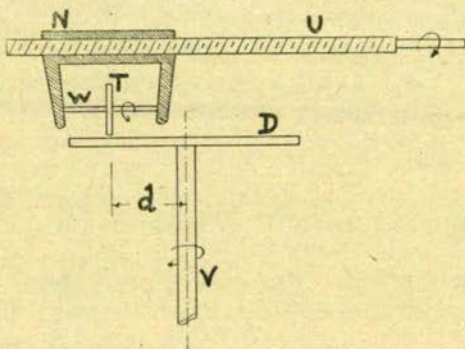
Gigante računanja možemo razdijeliti u dvije grupe. U prvoj se matematski iznosi, matematičke veličine, prikazuju kontinuiranim fizičkim veličinama, u drugoj aritmetički kao sume jedinki, a iz jedinke do jedinke je diskontinuiran skok kao i kod običnih naših strojeva za računanje.

Bushov stroj spada u prvu kategoriju. Zbog toga mu je točnost ograničena. Potpuno analogno kako je ograničena na pr. kod naših običnih polarnih planimetara, teodolita, optičkih mikrometara itd, jer sve su to zapravo sprave, koje iznose prvenstveno daju kao kontinuirane veličine, kao dužine, kao kutne zaokrete osovine i slično, a tek zatim ih pretvaraju u brojeve.

M. Berry u članku »Les machines mathématiques modernes« (Technique moderne, Paris 1948, br. 15/16, str. 246) kaže: »prvi diferencijalni analizator — stroj za integraciju diferencijalnih jednažbi — konstruiran je između 1925 i 1930.« Ako se uzme u obzir analitičke gigante računanja, onda navedene godine rođenja mogu odgovarati, ali zapravo je i polarni planimetar sprava za integraciju, harmonički analizator također, pa u stvari je i obično mjerenje dužina integracija. Dakle analizatori su zapravo mnogo stariji od Busha.

Negdje sam jednoč pročitao englesku poslovicu »The book of history is the bible of irony — knjiga historije je biblija ironije«. Zar nije i to ironija, da se Bushov gigant zove »diferencijalni«, a na njemu se uglav-

nom ne može diferencirati. Morao bi se zvati integrirajući, jer su mu glavni element naprave za integriranje. Potonja naprava šematički izgleda kao što je u sl. 1 prikazano.



Slika 1

S osovinom **W** spojen je kotačić **T** (analogno kao kod polarnog planimetra). Leži na okrugloj ploči **D**, čija osovina **V** se također može okretati. Treća osovina **U** ima navoje, po kojima se kolica **N** s osovinom **W** i kotačićem **T** mogu približiti ili udaljiti od središta okrugle ploče **D** odnosno osovine **V**.

Ako se osovina **W** zaokrene za neki mali kut Δw , pitajmo se, za koji kut Δv se uslijed toga zaokrene osovina **V**? Neka je **r** polumjer kotačića **T**, a **d** njegova udaljenost od osi **V**. Jasno je, da dužina, koju kotačić **T** kod okretanja na svojoj periferiji odvijuje, mora biti jednaka dužini, koju ispod kotačića odvijuje ploča **D**, dakle:

$$r \Delta w = d \Delta v$$

odnosno:

$$\frac{\Delta w}{\Delta v} = \frac{d}{r} \quad (1)$$

Kod toga je **r** konstantno. Naprotiv **d** je ovisno o osovini **U**. Neka je nulti položaj potonje osovine, kad je kotačić **T** upravo iznad **V**. Onda je jasno da je **d** proporcionalno zaokretanju osovine **U**. Neka je potonja okrenuta za **u**, pa možemo formulu (1) pisati kao

$$\frac{\Delta w}{\Delta v} = k u \quad (2)$$

gdje je **k** izvjesna konstanta.

Ako Δw i Δv pređu u diferencijalne veličine **dw** i **dv**, imamo:

$$\frac{dw}{dv} = k u$$

odakle slijedi:

$$w = k \int u \, dv$$

Dakle kut w , za koji se je u svemu zaokrenuo kotačić T , predstavlja gornji integral.

Bushov novi stroj, konstruiran 1942, ima 18 integratora. Predviđa se povećanje i na 30.

Zbrajanje ili odbijanje članova diferencijalnih jednažbi, koje treba integrirati, stroj vrši uz pomoć posebnih prenosila t. j. algebarski sumira kutove, za koje su se zaokrenule razne osovine. Množenje izvodi na način:

$$pq = \int p \, dq + \int q \, dp$$

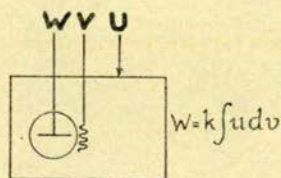
t. j. osovine U i V dvaju integratora odgovarajući se zaokrenu za p i q i rezultati integracija automatski zbroje.

Dijeljenje se svodi na množenje s recipročnim vrijednostima.

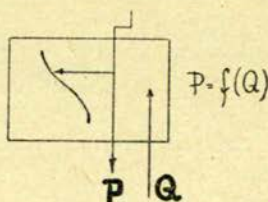
Numeričke vrijednosti raznih funkcija (goniometrijske, kvadratne, recipročne i t. d.) dobivaju se uz pomoć posebnih naprava. Na pr. krivulja funkcija je u velikom mjerilu nanosena na ploču (ili valjak), operator s dva vijka pomiče jedan indeks po njoj, ili se to kretanje vrši posve automatski fotoelektričnim putem.

Prije početka računanja mora matematičar sastaviti šemu, po kojoj treba stroj da izvrši rad.

Označimo simbolički »integrator« kao u sl. 2, a napravu za funkcije



Slika 2



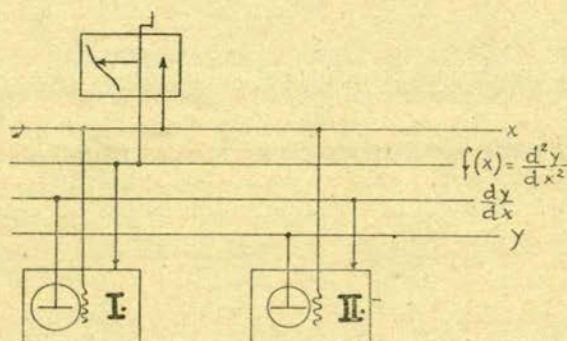
Slika 3

kao u sl. 3. Onda bi na pr. šemu za rješavanje diferencijalne jednažbe:

$$\frac{d^2 y}{d x^2} = f(x)$$

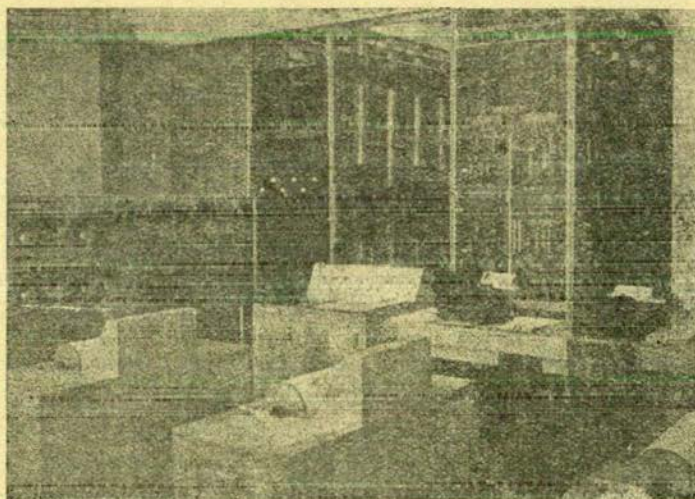
prikazivala slika 4.

Osovina x se okreće. Preko »naprave funkcije« daje $f(x) = \frac{d^2 y}{dx^2}$,
 putem integratora I daje $\frac{dy}{dx}$, a x sa $\frac{dy}{dx}$ na integratoru II daje traženi y .



Slika 4.

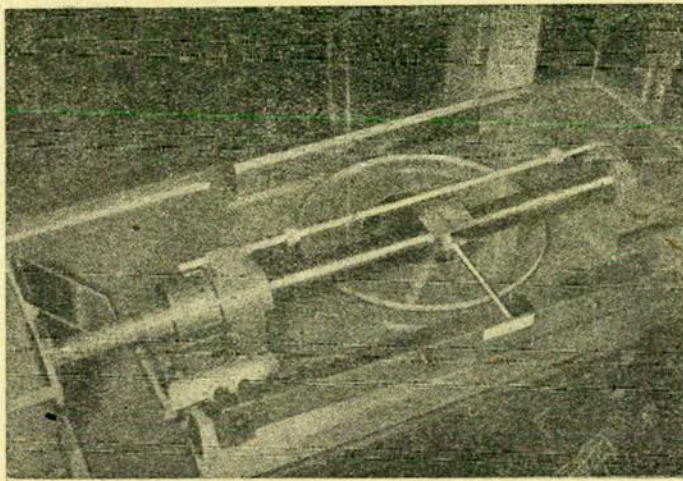
Ovo je samo najjednostavniji primjer. Već sam spomenuo, da Bushov stroj ima do 30 integratora pa se već iz toga broja može dobiti slika o složenosti zadatka, koji se na stroju mogu rješavati, kad naš jednostavan primjer traži samo 2 integratora.



Slika 5.

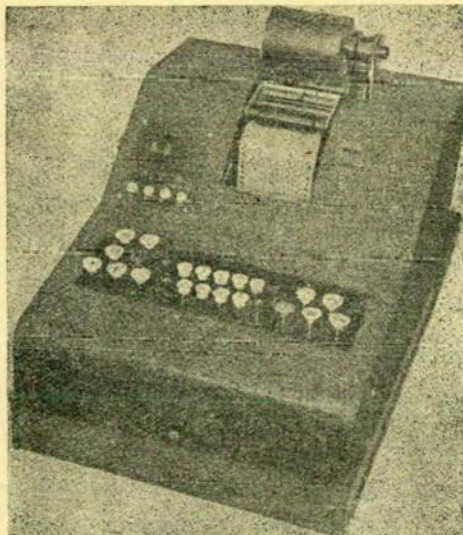
Slika 5 prikazuje čitav stroj. Sličnih mašina je dosad izgrađeno oko 6 (USA, 1 Engleska, 1 Njemačka, 1 SSSR.) Stroj je težak oko 100 tona, ima 2000 elektronskih cijevi, više tisuća releja, 150 motora!

Slika 6 prikazuje za primjer dio stroja, koji smo gore nazvali integratorom.



Slika 6.

Slika 7 prikazuje komandni dio. To je mašina za tipkanje, na kojoj se bušenjem rupica (perforiranjem) izdaju nalozi. Perforirane karte ulaze onda u analizator, ovaj ih automatski čita i izvršuje operacije, koje mu one naređuju.



Slika 7.

Točnost Bushovog stroja nažalost iznosi po Berry-u samo oko 1:10 000, po Brillouin-u (*Les grands machines mathématiques américaines*, Atomes, Paris 1948; *Les machines américaines*, Annales de telecommunications, Paris 1948) 3 do 4 znamenke. Kod jednih rješavanja je veća, kod drugih manja. Ovisi o tome, koliko se operacija mora izvršiti kod izvjesnog zadatka.

Berry u citiranom članku kaže: »Usprkos veoma složene građe, Bushov stroj u dugim vremenskim intervalima funkcionira bez ikakvog kvara. Vrijeme, izgubljeno na popravke, ne prelazi 5%. Novim poboljšanjima bit će i to uglavnom uklonjeno.« Do rata su se diferencijalnim analizatorima služili gotovo jedino matematičari i elektroinženjeri.

Usprkos tome, što Bushov stroj još nije gotovo niti 20 godina star, noviji su ga strojevi daleko premašili. Ali, historijska uloga mu je golema, jer je vremenski prvi mamut i jer je povodom njega došlo do pobuda i ideja za stvaranje savršenijih giganata.

Harvardica

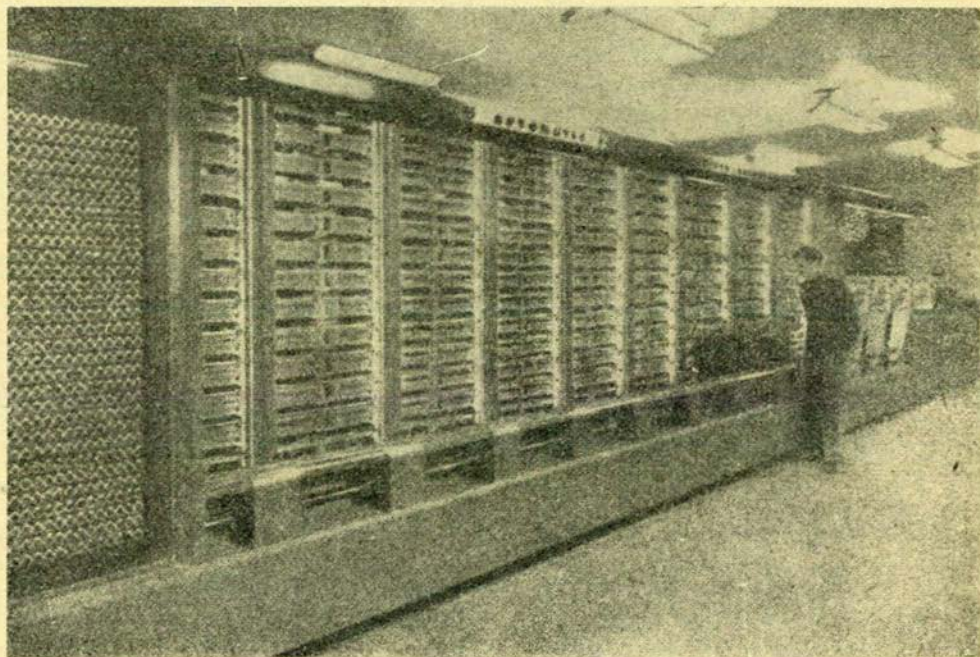
Nazvat će je tako po mjestu njena rođenja, univerzitetu Harvard u Americi. Ovaj stroj spada u onu drugu grupu, koja s veličinama operira brojčano, a ne u vidu fizičkih kontinuiranih dimenzija. Konstruktor joj je profesor A i k e n. Točnost je takorekući neograničena odnosno ograničena jedino veličinom stroja. Brojila imaju po 23 mjesta, ali mogu se i po dva vezati, pa se dobivaju rezultati i sa 46 znamenaka.

Aiken je svoju prvu mašinu počeo graditi 1938, a svršio 1942/43. Dobila je naziv M a r k I. Druga je izgrađena za američku mornaricu i nazvana M a r k II. Obe su izgrađene uglavnom sa elektro-magnetskim releima. Sada se izgrađuje M a r k III s elektronskim cijevima. Brzina rada bit će na potonjoj 50 do 100 puta veća nego li kod prve dvije. Cijena izrade bila je kod prve pola miliona dolara, dok kod treće ne će prijeći desetinku toga iznosa t. j. samo cca 50 000 dolara.

Stroj automatski po potrebi zbraja, odbija (zbrajanjem dekadskih dopuna), množi, dijeli, radicira, integrira, diferencira, računa s raznim funkcijama, interpolira, rješava jednadžbe i t. d. Integriranje svodi na računanje vrijednosti funkcije za dovoljno guste intervale i zbrajanje, diferenciranje na računanje omjera malog prirasta funkcije i prirasta varijabile. Funkcije stroj računa tako, da između poznatih njihovih vrijednosti, koje ima u sebi registrirane, interpolira tražene. Može se automatski rješavati više jednadžbi s više nepoznanica, zatim diferencijalne jed-

nadžbe i slično (vidi Aiken-Hopper: The Automatic Sequence Controlled Calculator, Electrical Engineering 1946, dotično prijevod na ruskome jeziku od Bihovskoga u »Uspehi matematičkih nauka«, tom III, vipusk 4—26, Moskva, Leningrad 1948).

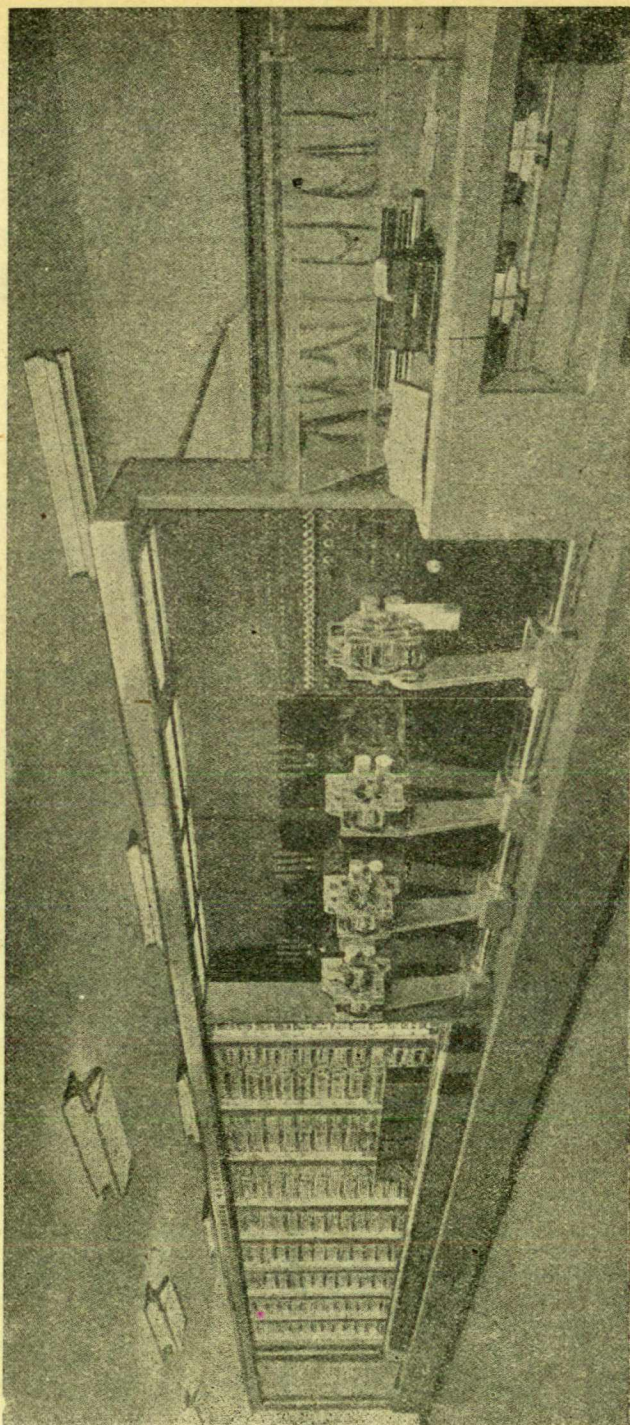
Nalozi se stroju daju u vidu perforirane trake papira. Stroj čita tu traku i automatski izvršuje njene naloge. Daljni važan dio je t. zv. memorija stroja. Zbog nje su neki i prozvali gigantske strojeve »gigantskim mozgovima računanja«, »elektronskim mozgovima« i slično. Kao što si matematičar posebno pribilježi međurezultate, isto tako i stroj u svojoj memoriji zabilježi takove rezultate i kad u toku daljnijeg računanja primi nalog, da s tim rezultatima ima opet računati, on će automatski povući međurezultat iz memorije i s njime dalje računati.



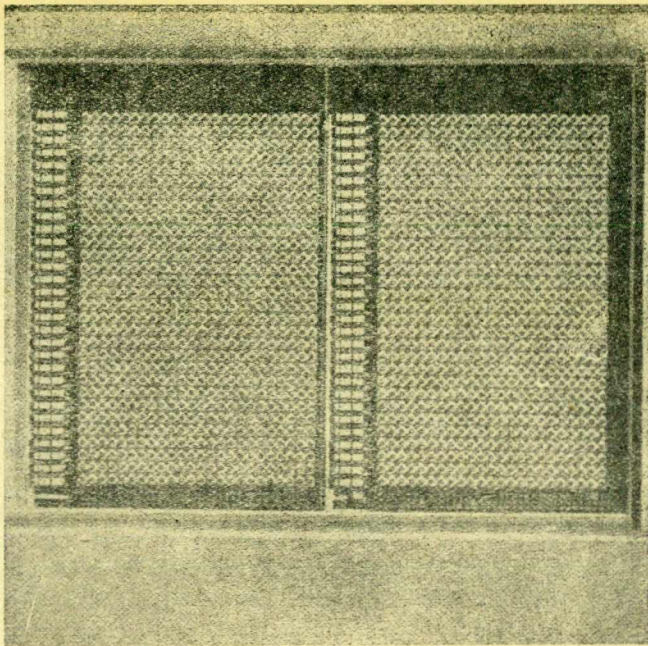
Slika 8.

Završni dio stroja su pisaae mašine, koje otipkavaju gotove rezultate.

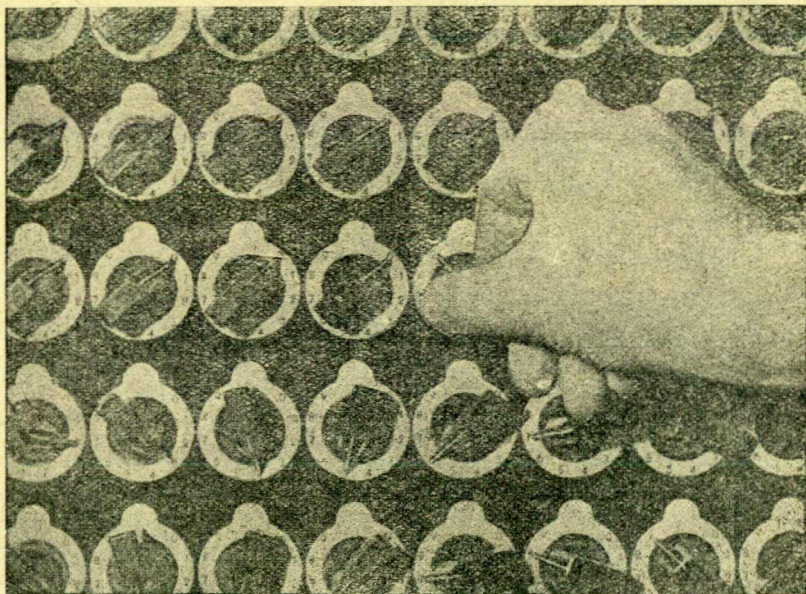
Slike 8 i 9 prikazuju pogled na Harvardicu. Prvi dio (lijevi) prikazan je posebno na sl. 10 i 11. To je niz šaltera, s kojima se brojčani podaci (konstante) unose u mašinu. Može se odjednoč unesti do 60 konstanti svaka sa po 23 znamenke.



Slika 9.

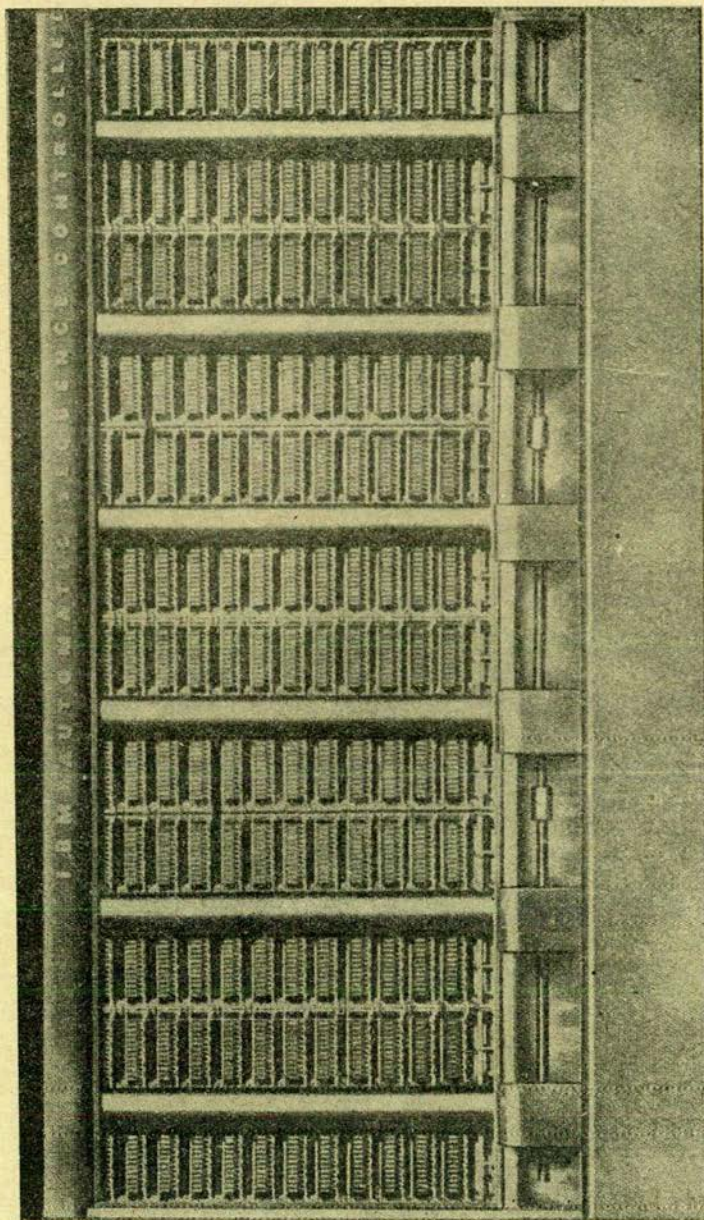


Slika 10.



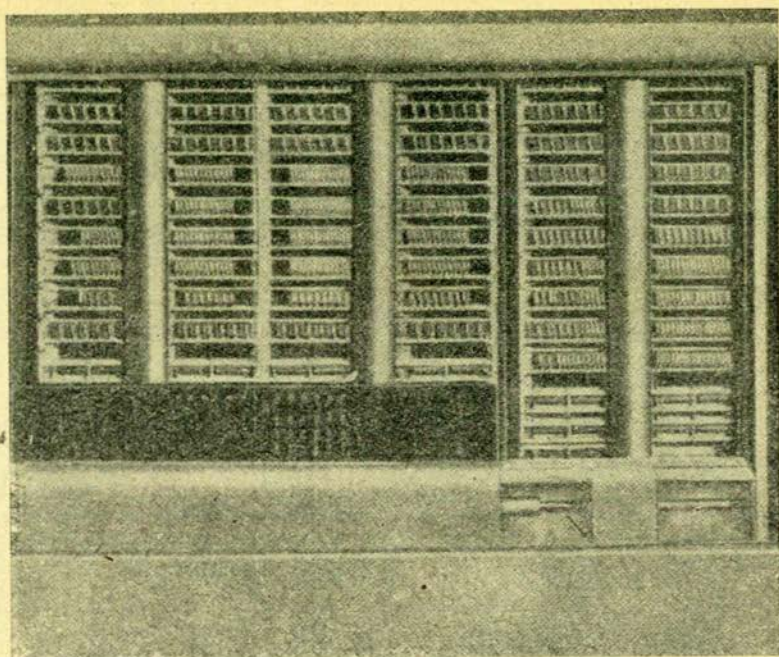
Slika 11.

Dalnji dio prikazan je na sl. 12. To su 72 rezervna brojila sa po 23 mjesta. Slika 13 daje lijevo dio za zbrajanje, množenje i dijeljenje, a desno za logaritmičke i trigonometrijske funkcije.

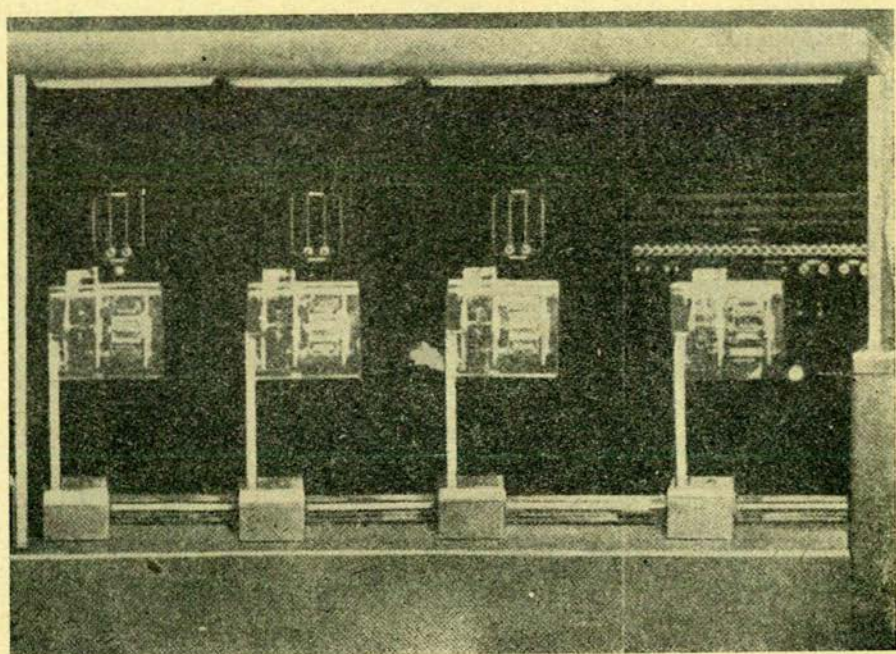


Slika 12.

Slika 14 prikazuje dalnji dio stroja. To su interpolatori i memorija stroja.

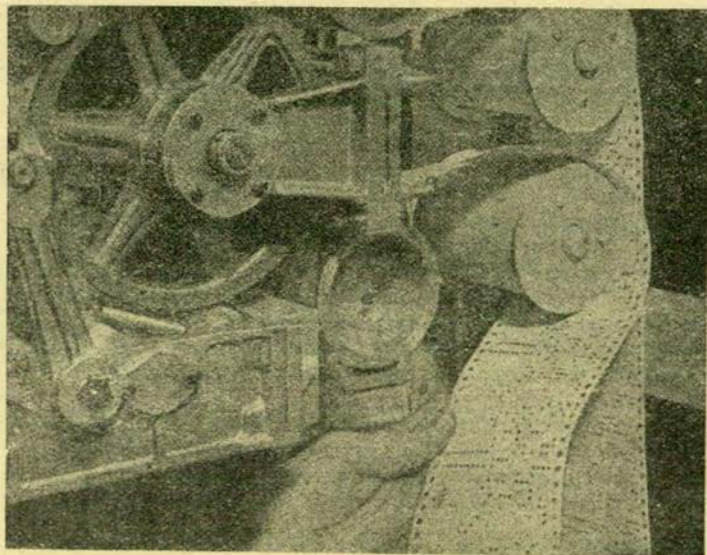


Slika 13.



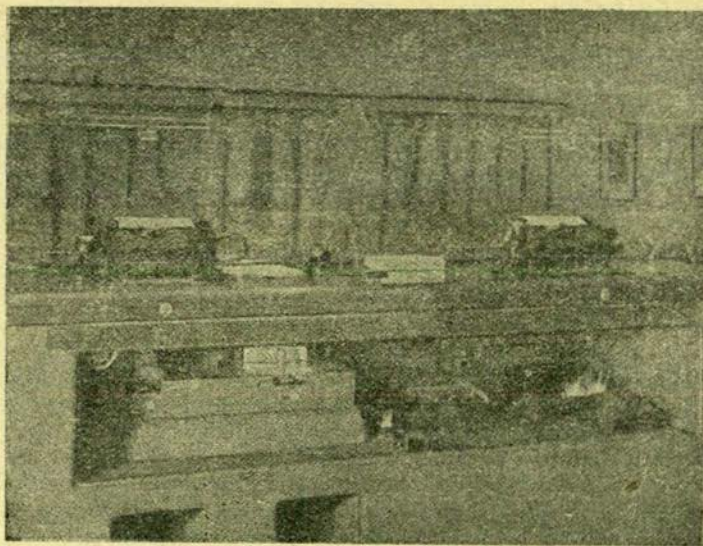
Slika 14.

Slika 15 prikazuje napravu s perforiranom trakom papira, pomoću koje stroj prima naloge.



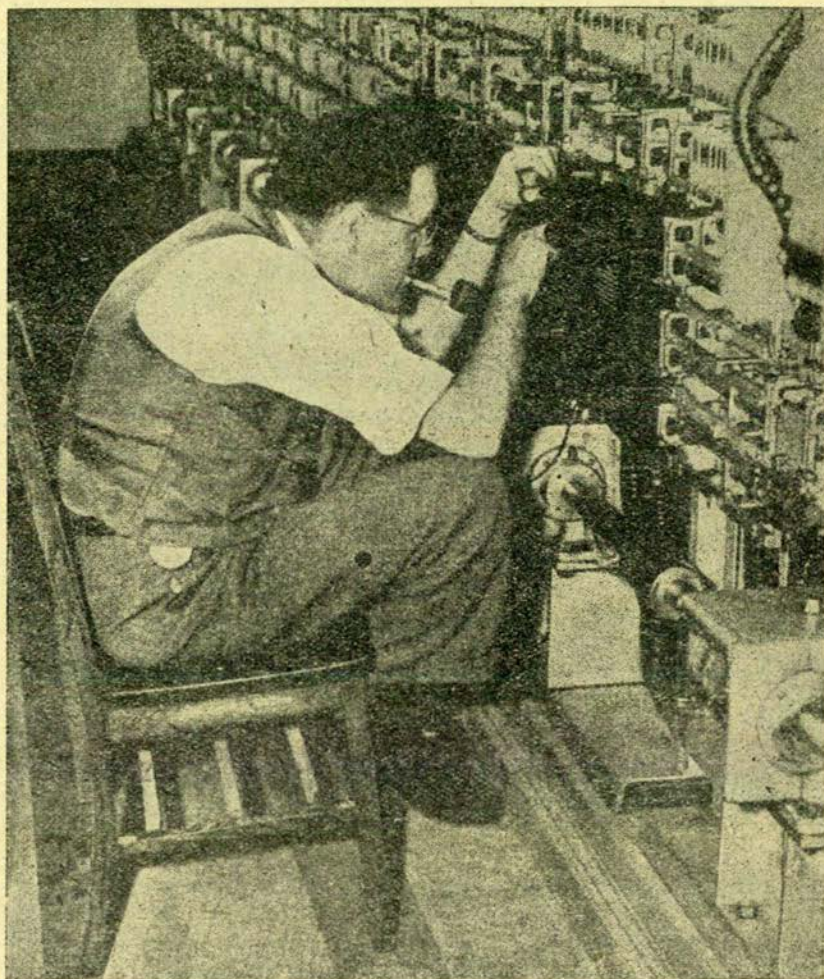
Slika 15.

Sl. 16 prikazuje završni dio stroja t. j. pisaće mašine, koje automatski tipkaju rezultate. Konačno slika 17 prikazuje stražnju stranu stroja i



Slika 16.

njenog operatora, kako vještom rukom uz slatku lulicu popravlja komandni dio stroja.

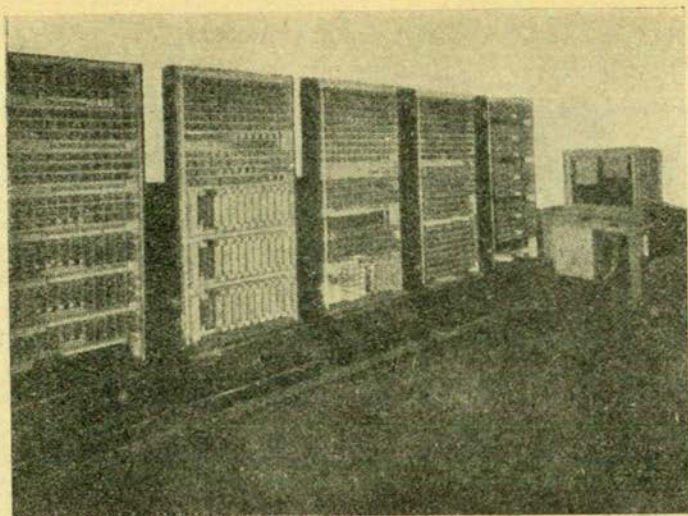


Slika 17.

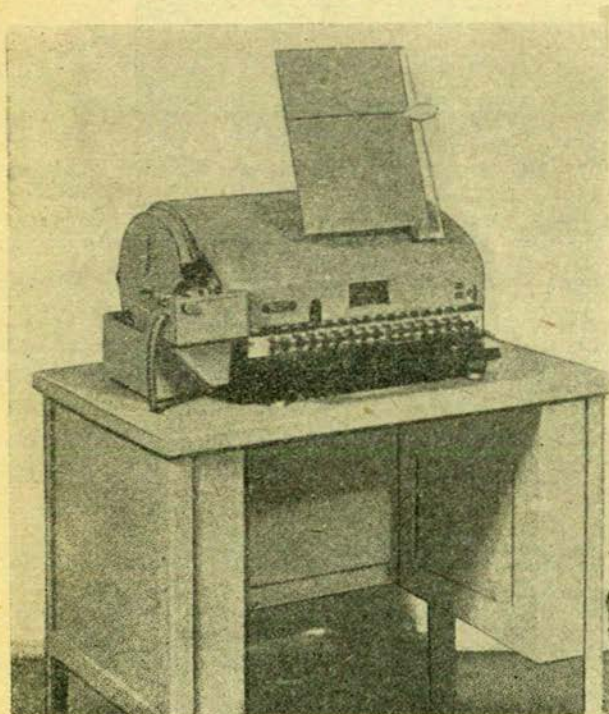
Za razliku od Bushovog stroja Harvardica traži mnogo rjeđe popravke. Radi 24 sata dnevno, a popravci troše tek po 20 minuta na desetak dana.

Telefonka

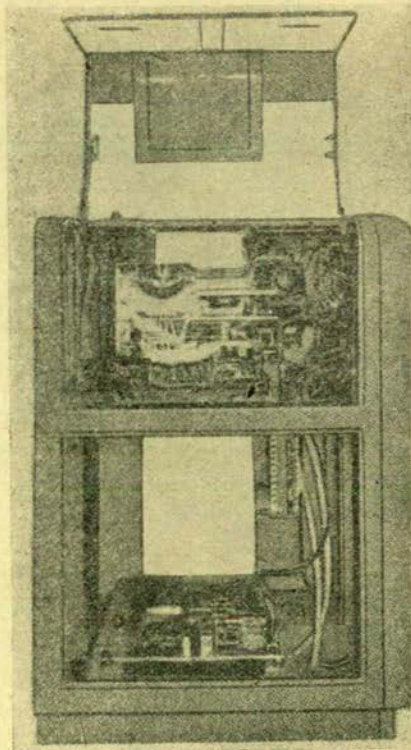
Prozvati ću tako stroj, koji je konstruiran s materijalom i na način automatskih telefonskih centrala, a konstruiralo ga je poduzeće Bell Telephone u USA uz pomoć univerziteta u Vermontu.



Slika 18.



Slika 19.



Slika 20.

Slika 18 prikazuje skupan pogled, sl. 19 mašinu za izdavanje naloga t. j. perforiranje papira, a sl. 20 za otipkavanje rezultata.

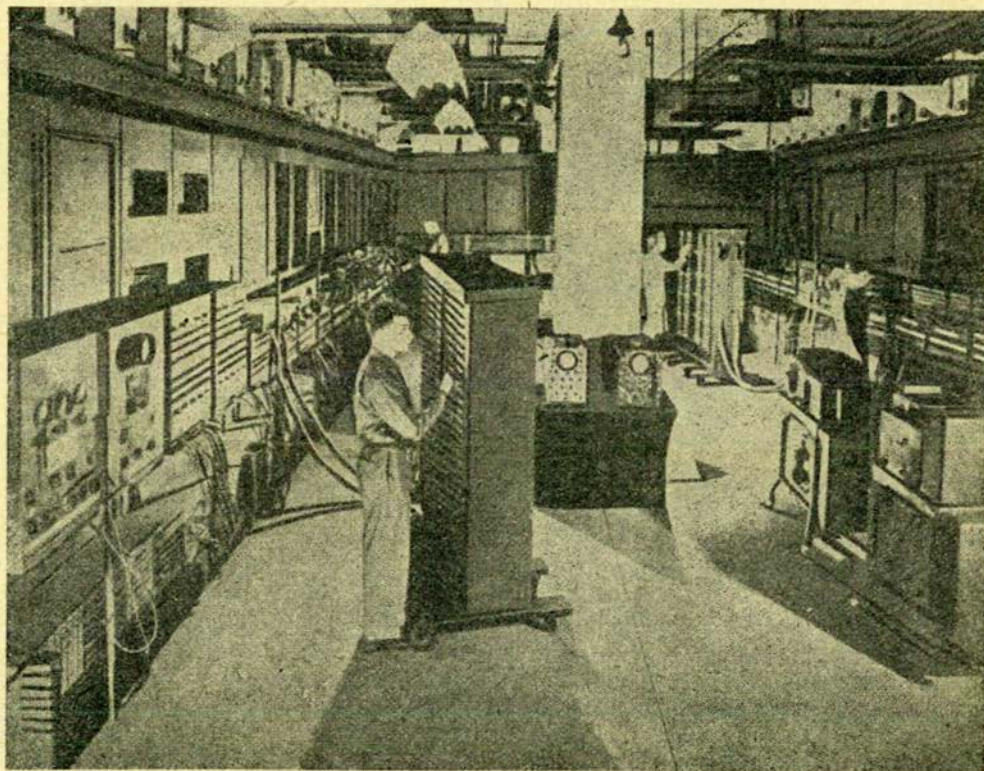
Na potonjoj slici podignut je stražnji poklopac da se donekle vidi unutrašnjost.

Citav stroj konstruiran je prvenstveno za balistička računanja. Radi na 10 znamenaka (a ne kao Harvardica normalno na 23).

ENIAC

Naziv stroja označuje kraticu od Electronic Numerical Integrator and Computer.

Sl. 21 daje skupni izgled. To je elektronska mašina s 18 000 elektronskih cijevi. Brzina računanja fantastična. Konstruktori su se hvalili, da



Slika 21.

su u stanju brže izračunati balističku putanju kakovog metka nego li metak stigne na odredište. Na pr. zbrajanje dvaju mnogoznamenastih brojeva traži samo oko 0,0003 sekunde.

Elektronske cijevi smještene su okolo naokolo prostorije. Posebne instalacije su uvedene za hlađenje i ventilaciju, jer se uslijed silnog broja cijevi prostor odviše zagrijava.

Osnovni sastavni dijelovi su sistemi od po dvije elektronske lampe t. zv. »flip-flop«. U jednom položaju prva je na nuli, druga u maksimumu, u drugom položaju obratno, a impulzom prelaze iz položaja u položaj.

Oko ENIAC-stroja dignuta je silna reklama. Međutim Brillouin piše: — Usprkos svemu i usprkos mišljenju njegovih konstruktora to je model, koji ne bi trebalo imitirati. Jest, stroj daje prvorazredno iskustvo: na njemu je dokazano da se elektronske cijevi sa sigurnošću mogu upotrebiti u velikom broju operacija i računa, ali kod drugih operacija nisu postignuti sigurni rezultati. Za vrijeme diskusija s autorima, koje su se vodile u Harvardu, više nas je postavljalo vrlo indiskretna pitanja. Istakli smo, da se taj stroj i odviše često kvari i da prema tome ne računa uvijek ispravno. Pritisnuli smo autore ENIAC-a da priznaju, kako njihov stroj katkada daje ispravne rezultate samo u 20% slučajeva, dakle u 80% slučajeva da griješi. Na to su oni odgovorili: »Ali zato računamo 1000 puta brže od sviju drugih strojeva i dovoljno repetiramo da budemo sigurni.«

Ali, ako već griješi, može stroj i opetovano da griješi na isti način!

Izgleda, da stroj griješi baš u onome svome dijelu, koji je najsmionije i najgenijalnije zamišljen t. j. u memoriji. Zato će prof. Aiken treći model Harwardice MIII konstruirati s elektronskim cijevima, ali memoriju na način MII.

Zašto sam istakao genijalnost konstrukcije memorije ENIAC-a? Evo u čemu je stvar. Brojeve, koje mašina treba memorirati, predstavljaju nizovi impulza, koji se transformiraju u ultrazvučne signale. Ovi se puštaju u cijevi ispunjene živom, razvodnjenim alkoholom ili slično. Na kraju cijevi oživljuju, odbijaju se k ulazu, odakle opet kruže natrag i t. d. Dakle cirkuliraju u cijevi, dok ih ne ustrebamo. A kad se signal zaželi, sačeka se momenat, dok dođe k izlazu, hvata i koristi.

Nažalost kretanje impulznih valova (zvukova) unutar žive ili koje druge tekućine odviše ovisi o toplini. Živa se ugrije, znakovi kroz nju putuju drugom brzinom, pa kad treba, ne uhvati se pravi signal, već eventualno krivi i mašina griješi.

Evo tu je rak-rana stroja. A baš taj dio stroja je otkrio neobičnu analogiju. Slučaj je htio, da su se sastali konstruktori ENIAC-a s liječnicima fiziolozima, specijalistima za živčani sustav. I gle čuda. Potonji su ustvrdili, da i u čovječjem mozgu analognu funkciju imaju čelije za memoriranje. Primaju impulze, pretvaraju ih u laganu cirkulaciju, pa kad ih vlasnik mozga ustreba, prihvati ih kao da su u kakovom pretincu bili pohranjeni, spremljeni, gotovo zaprašeni. A kad tamo, oni su se gibali, polagano, i čekali čas upotrebe.

I postale su konstruktorima stroja jasne neke stvari a i obratno neurolozima neke. Kontakt pokazao se korisnim za obe strane.

Ovu analogiju mozga s jedne i memorije stroja s druge strane smatram naročito zamašitom i interesantnom. Ništa ne smeta, što ENIAC griješi. Ta to je prvi stroj takove vrste. Začudno bi bilo, kad ne bi grije-

šio. Ali mislim, da je s njime počeo velik put stvaranja, jer se stvara nešto, što naliči mozgu, tom najosjetljivijem i najzagonetnijem dijelu tijela.

Istraživanje i konstrukcije ići će dalje. Dokle će se doći, teško je reći. Ali sigurno je, da se napreduje i da se stvaraju i pripremaju velika iznašaća.

Čudno je, da su računске mamute odmah prozvali gigantskim »mzgovima« računanja, jer zamijenjuju ne samo jednog već čitave legije računčija, ali evo odjednoč je naziv mozga postao gotovo i fiziološki dotično konstruktivno opravdan!

Binarni sustav

Dolazimo još do jedne genijalnosti. Kod dosadašnjih strojeva nije doduše potpuno iskorištena, ali je Francuzi misle kod svôga stroja konzekventno upotrebiti. To je binarni sistem računanja. U čemu je? Postavimo si pitanje nešto drugačije: kako bismo računali, kad ne bismo imali 10 prstiju nego samo dva? Poznato je, da je dekadski sustav nastao iz prstiju naših ruku. Deset takovih prstiju jedinica je višeg stupnja t. j. desetica, deset desetica stotica i t. d. Dakle $10^0=1$, $10^1=10$, $10^2=100$, $10^3=1000$ i t. d. Broj, koji nastaje, ako se osnovka sistema digne na nultu potenciju, je obična jedinka; broj, koji nastaje dizanjem osnovke na prvu potenciju, jedinka je višeg stupnja i piše se s jednom ničicom na kraju (10) t. j. tako, da se poziciono jednostavno jedinka pomakne na drugo mjesto lijevo. Broj, koji nastaje kvadriranjem osnovke t. j. množenjem sa samom sobom, bilježi se u takovom pozicionom sistemu kao 100 i t. d. Već sam jednom naveo kako je Laplace smatrao pozicioni sistem pisanja brojeva jednim od najgenijalnijih pronalazaka ljudskog roda. Ali, kako matematika teži poopćavanju, u njenom razvoju je iskrslilo i pitanje: zašto baš desetica da bude osnova sistema računanja i pisanja brojeva. Zar to ne može biti bilo koji drugi broj? Pozicioni sistem nastao je doduše nakon hiljada godina razvoja iz 10 prstiju naših ruku, ali isto tako je mogao nastati sistem po 5 iz prstiju samo jedne ruke ili po 20 iz prstiju ruku i nogu! A smiono je bilo prekinuti s duboko ukorijenjenom činjenicom prstiju te otkrivati i istraživati nove sisteme, s novim bazama. Tako je već Leibnitz istraživao binarni sustav, u kome je osnovka pisanja brojeva 2, a ne 10. Ali do gigantskih strojeva za računanje taj sustav nije naišao na praktičnu primjenu, nije izašao iz okvira interesantnih teorija, ali teorija kao što su mnoge, koje se prvi čas a često i čitava stoljeća od većine ljudi smatraju nepotrebnima, beznačajnima. Odviše često se sve ono, što se neposredno ne može u praksi primijeniti, što se ne može takoreći odmah unovčiti, odmah pojesti ili popiti, smatra suvišnim teoretisanjem, a učenjaci i umjetnici, koji na tome rade, fantastima. A evo! Odjednoč se čitavi giganti grade na plodovima nekadašnjeg fantaziranja. Tako je i s binarnim sistemom.

Pročitao sam više rasprava o velikim mašinama za računanje. U njima se ističe važnost binarnog sistema za buduću njihovu građu. Ali

nigdje se ne spominje Leibnitzovo ime. Držim, da to nije ispravno. Tim više, što je Leibnitz konstruirao i prvu multiplikacionu mašinu za računanje (1671).

A u čemu je binarni sustav? Vrlo jednostavno. Pozicioni sistem upotrebiti s osnovkom 2. Dakle 2^0 da bude opet jedinka, 2^1 jedinka višeg stupnja s ničicom na kraju (odgovara desetici u dekadskom sistemu), a 2^2 da je jedinka još višeg stepena i da se piše s dvije ničice i t. d. Prema tome u svemu da se piše:

$$2^0 = 1, 2^1 = 10, 2^2 = 100, 2^3 = 1000, 2^4 = 10\ 000 \text{ i t. d.}$$

Broj 1 bi se dakle pisao u tome sistemu sa 1, broj 2 sa 10, broj 3, pošto je $3 = 2 + 1$, pisao bi se $10 + 1 = 11$, broj 4 sa 100, $5 = 2^2 + 1$ sa 101 i t. d.

Da koji bilo broj iz dekadskog sistema transkribiramo u binarni, poslužimo se ovakovom tablicom:

$$2^0 = 1, 2^1 = 2, 2^2 = 4, 2^3 = 8, 2^4 = 16, 2^5 = 32, 2^6 = 64, \\ 2^7 = 128, 2^8 = 256, 2^9 = 512, 2^{10} = 1024, 2^{11} = 2048 \text{ i t. d.}$$

Pokušajmo transkribirati na pr. 213. Pošto je:

$$213 = 128 + 64 + 16 + 4 + 1 = 2^7 + 2^6 + 2^4 + 2^2 + 2^0$$

broj 213 pisao bi se u binarnom sistemu kao:

$$1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1$$

Broj 1326 jednak je po gornjoj tablici

$$1326 = 1024 + 256 + 32 + 8 + 4 + 2 = 2^{10} + 2^8 + 2^5 + 2^3 + 2^2 + 2^1$$

i pisao bi se kao:

$$1\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 1\ 0$$

Na prvi pogled će možda čitalac reći: »ta to je zbrka a ne genialnost. Tako mali broj kao što je 1326 pisati na 11 mjesta! Očito je dekadski sistem u prednosti, jer se brojevi pišu mnogo kraće i brže.« Sigurno je, da kod takovog prigovora i navika igra golemu ulogu. Ali zar je za stroj, za mašinu, za naše gigante svejedno, da li će biti izgrađeni dekadski ili binarno? Jest, u binarnom sustavu su brojevi duži, evo četveroznamenkasti broj 1326 postao je jedanajsteroznamenkast, troznamenkasti 213 dobio je 8 mjesta. Dakle općenito broj mjesta se je povećao na okruglo trostruko. Ali zato se je broj cifara od 10 smanjio na cigle dvije t. j. na jedinicu i nulu. A zar moramo i nule pisati? Možemo jednostavno pisati samo jedinice i davati im pozicije, a nule uopće ne pisati. Onda u dekadskom sistemu postoje cifre 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, a u binarnom samo 1. Dakle broj cifara se svodi od devet na jednu t. j. smanjuje deveterostruko. Prema tome s jedne strane trostruko povišenje pozicija, a s druge deveterostruko smanjenje cifara! Dakle u svemu ipak takorekući trostruko smanjenje!

Ne ću tima da kažem, da u svemu napustimo dekadski sistem i pređemo na binarni. Daleko sam od toga. Ali jasno je, da za stroj, za mašinu, za mehaničko, električko ili elektronsko računanje binarni sustav

ima goleme prednosti. Samo jedan znak trebam. Za jedinku. I ništa više. Koliko li jednostavno prostim ubodima, jednolikim rupicama poziciono perforirati papir i napisati brojeve kojegod želimo. Da li velik broj mjesta kod toga igra veću ulogu? Ne. Jer ubod ili fototočkica ili kakav drugi znak može biti posve sitan. I za pisanje na perforiranom papiru i za računanje samog giganta binarni sistem je nadasve praktičan. Radi se naime samo o jednom znaku ili impulzu za jedinku i ništa više. Šta mari trostruko povećanje cijelih mjesta, ako impulzi lete brzinom miliontina sekunde.

Kad sam čitao studiju Couffignal-a, koju ću niže citirati, i naišao u njoj na izraz »millionieme de seconde« bio sam uvjeren, da se radi o štamparskoj pogrešci. Umjesto »millionieme« da mora biti »millieme« što će reći tisućinka, a ne miliontina. Već i tisućinka vremenske sekunde je užasno mali vremenski interval, a kamo li ne miliontina t. j. tisućinka tisućinke. A ipak je to mjera za utrošak vremena kod strojeva, koji su sada u izgradnji.

Samo jedan znak (za jedinku), samo jedna vrst impulza, naročito dobro odgovara i sistemu »flip-flop«, koji je gore spomenut, te sistemu elektromagnetskih relea.

U binarnom sistemu se računске operacije pojednostavnjuju. Zbrajanje je prosto prebrojavanje jedinki na pr. spomenuti naši brojevi zbrojeni (1326 + 213) daju:

$$\begin{array}{r} 10100101110 \\ \quad 11010101 \\ \hline 11000000011 \end{array}$$

Ako zbroj stupca daje 1, u rezultatu ostaje 1, ako 2, piše se nula i jedna jedinka prenosi na više mjesto i t. d.

Množenje? Pošto se može množiti samo jedan sa jedan i jedan s nulom, opet se svodi na prosto zbrajanje jedinica. Zar može postojati jednostavniji jedamputjedan nego li je ovaj:

	1	0
1	1	0
0	0	0

Dekadski sustav je vrlo jednostavan, ali evo binarni je za stroj mnogo jednostavniji. Ni stroju ni djetetu nije teško naučiti tako jednostavan jedamputjedan kao što je $1 \times 1 = 1$

Binarni sistem podsjeća me sa svojom silnom jednostavnošću na jezike, koji su sasvim drugačije građeni nego što su naši indoevropski. Malo dijete izgovara najprije ma-ma, ta-ta i t. d. dakle glasovno sasvim jednostavne slogove. Ima jezika, koji su građeni na tom jednostavnom principu. Sigurno se je koji od nas već čudio na pr. kineskim imenima, koja su nastala superponiranjem jednosložnih riječi. Zar to malko ne podsjeća

na jednostavnost binarnog sistema. Naši evropski jezici kao da su analogni dekadskom, a istočno-azijski binarnom sistemu.

Predlažem, da se u školsku nastavu uklopi računanje i u binarnom sistemu, Time bi se proširili vidici i suzbilo krivo — makar i neizricano — uvjerenje, kao da je dekadski sustav jedini moguć sistem računanja.

Daljnji projekti

Ima više novih projekata za izradu računskih giganata. U Princetonu u Americi projektira se stroj pod rukovodstvom slavnog matematičara J. V. Neumanna. Bitan dio bila bi specijalna elektronska cijev t. zv. selektron, koja bi preuzela funkciju komandnog dijela a i memorije stroja. Analogija s mozgom opet je frapantna. Istovremeno i rukovoditi operacije i potrebno memorirati. Brillouin kaže »kad će takove cijevi biti ostvarene, revolucionirati će izgradnju matematskih strojeva... ali treba još sačekati.« Do sada pokusi nisu dovoljno uspješni. Iskre odjednoč sve kvare i brišu.

Već sam spomenuo, kako su giganti računanja mladi. Analizator Bush je prvi pokušaj, a jedva je 20 godina star. Otac je sviju ostalih. Prva Harvardica navršila je tek 6 godišta. Zar su to starci, kad Brillouin već govori o revoluciji, koja da će ih srušiti i zamijeniti.

Kod selektrona impulzi (svjetlosni signali) bi se pretvarali u mrljice (točkice). Ove bi bile suzdržavane sekundarnim emisijama i opet u potrebnom času preuzimane.

M. I. T. (Massachusetts Institute of Technology) bavi se projektima oko izgradnje manjih strojeva, koji bi bili razmjerno jeftini i davali rezultate na 3 do 4 znamenke.

E. C. C. (Electronic Control Company) gradi stroj zvan EDVAC kao modifikaciju i usavršenje ENIAC-a.

Kod Kodaka u Rochesteru ekipe stručnjaka ispituju kako bi filmske vrpce zamijenile perforirane. Pokušava se i s magnetskim vrpčama i t. d. i t. d.

Francuski projekat

Prikazat ću još i francuske ideje. Gigant, koji se upravo rađa u Parizu, vjerojatno će nam doskora biti najbliži predstavnik iz obitelji računskih giganata, pa nas već i iz toga razloga mora naročito zanimati.

Prva mehanička mašina za računanje, koja indijski sistem računanja prenosi u mehanizam, bila je — kako je poznato — mašina za zbrajanje velikog francuskog matematičara, fizičara i filozofa Blaisa Pascala. Svoj stroj je konstruirao 1642 g. U Parizu postoji poseban institut »Laboratoire de calcul mecanique« nazvan imenom Pascala. Taj si je institut stavio u zadatak da izgradi francuski »univerzalni« stroj za računanje. Istraživanja vodi Louis Couffignal, koji se je još prije Amerikanaca bavio problemom gigantskog stroja, ali ga je rat omeo u realizaciji. Sadašnje njegovo projektiranje predstavlja — izgleda — karakterističan korak naprijed u izgradnji strojeva (vidi L. Couffignal:

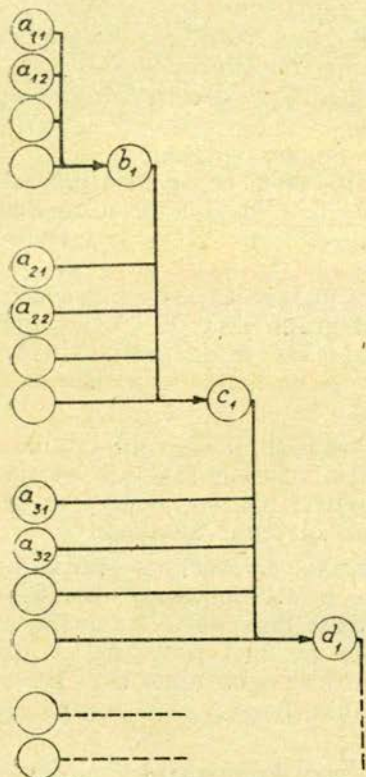
»Les travaux français sur les machines mathématiques«, časopis *Atomes*, Paris 1948; zatim od toga autora pod istim naslovom u *Annales des telecommunications*, Paris 1948), gotovo bih rekao oplodivanje dosadašnjih strojeva francuskim duhom.

Couffignal smatra, da je projektiranje dispozicije pojedinih organa stroja u prvome redu problem naučne organizacije rada.

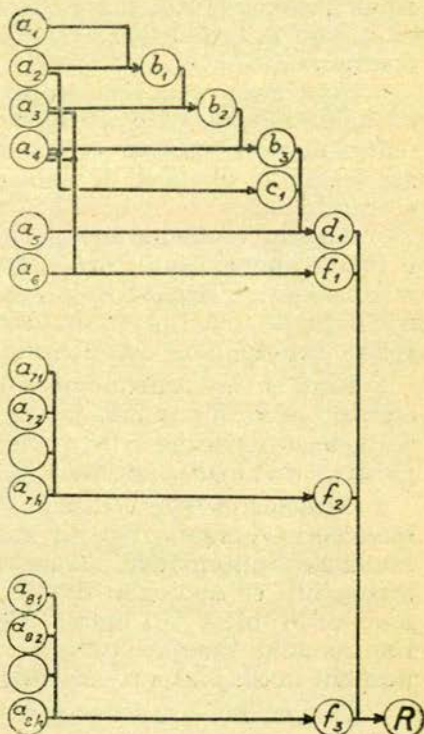
Dosadašnje mašine kod rješavanja pretežnog broja problema upotrebljavaju za računanje zapravo malo brojila, ali trebaju veliku memoriju t. j. vrlo mnogo njih za registriranje međurezultata. Engleska mašina imati će 5000 rezervnih brojila (memorija), a ni to nije dosta. Izvjesni problemi fizike tražili bi 10 000, 20 000 pa i preko 50 000 brojila.

Couffignal je uočio disproporciju između broja brojila, koja kod dosadašnjih strojeva aktivno računaju i onih, koja samo registriraju i memoriraju. Francuska mašina imati će stoga povećane komandne i glavne računске komponente. Moći će se istovremeno staviti u stroj i mnogo računa, više zadataka, da se u danom momentu njihova parcijalna rješenja povežu i iz njih daljnjim računom dobije konačan rezultat.

Računanja mogu biti ili u »lancu« ili »kompleksna«. Slika 22



Slika 22.



Slika 23.

prikazuje za primjer najjednostavniji lanac. Podaci a_{11}, a_{12}, \dots daju međurezultat b_1 , ovaj s podacima a_{21}, a_{22}, \dots daje c_1 i t. d. dok se na kraju ne dobije konačan rezultat. Kompleksniji lanac bio bi na pr. u sl. 23. Podatak a_1 s a_2 daje b_1 , ovaj s a_3 daje b_2 , potomji s a_4 daje b_3 , ali a_2 i a_4 opet c_1 , koji s b_3 i a_5 daje d_1 i t. d.

Računanje na pr. najjednostavnijeg zadatka:

$$a + b + c + \dots + n$$

je u običnom lancu. Ali mogu ga računati i:

$$(a + b) \text{ pa } (c + d) \text{ i t. d. } (n - 1 + n)$$

međurezultate pohraniti u memoriju stroja i kasnije zbrojiti.

Francuski stroj moći će paralelno dobivati čitav niz međurezultata bez upotrebe memorije, unaprijed utvrđenim planom te međurezultate vezivati i računati dalje dok ne dođe do konačnog rezultata. Time se aktivizira znatno veći broj brojila (parcijalnih strojeva za računanje) a smanjuje nužnost velike memorije. Odnosno, s istom memorijom stroja može se učiniti mnogo više nego li na dosadašnjim gigantima.

Stari giganti računaju istovremeno samo jednu računsku operaciju. Analogno čovječjem mozgu. Ali zamislimo, koliko bi silno porasao kapacitet, kad bi mozak mogao istovremeno računati na pr. desetak ili stotinu operacija.

Couffignal zamišlja francusku mašinu i mnogo elastičnije, nego li su američanske. Stroj će moći rasti. Po potrebi moći će se priključivati daljnji dijelovi, memorije, funkcije, interpolatori i t. d., i t. d. A ako se šta pokvari, iskopčat će se samo odgovarajući bolesni dio, a sve ostalo će raditi dalje.

Ali, zar ne bismo mogli s tom zamisli ići i korak dalje. T. j. povezati u danim momentima razne strojeve u raznim gradovima pa i državama međusobno i rješavati tako goleme zadatke kao što je na pr. izjednačenje državne temeljne triangulacije sa više stotina linearnih jednadžbi, isto toliko nepoznanica i stotinama tisuća podataka?

Kad su se osnivale prve električne centrale ili prve radio-stanice, sigurno nitko nije pomišljao na vezivanje i zajedničke emisije, ali vrijeme je doneslo i riješilo i taj problem. Vrlo vjerojatno biti će slično i sa gigantima računanja, premda je to zasada samo skromna zamisao.

Francuzi će svoju mašinu izgraditi — kako je već rečeno — posve na binarnom sistemu. Stroj će imati poseban dio, koji će preuzete dekadške komande automatski transkribirati i prenositi binarno. Na izlasku iz stroja biti će analogan dio, koji će binarni sustav opet pretvarati u dekadski. Problem je i brzina. Unutar stroja biti će pogon silno brz. Davanje komandi stroju naravno ne će moći biti tako brzo, pa se predviđaju posebni uređaji za prijelaz brzine.

Novost kod francuskog stroja bit će i posebni komparatori, naprave, koje će komparirati brojeve t. j. koji je veći i automatski dalje upućivati stroj na ono, što iz toga slijedi.

Literatura

- (1) Berry: Les machines mathématiques modernes, Technique Moderne, Zaris 1948;
- (2) Deveaux: Vers un robot universel, Nature, Paris 1948;
- (3) Brillouin: Les grands machines mathématiques, Atomes, Paris 1948;
- (4) Aikan-Hopper: The Automatic Sequence Controlled Calculator, Electrical Engeneering 1946, dotično prijevod Bihovskog u »Uspehi matematičeskikh nauk, izdanje Akademije nauka, tom III, viipusk 4—26, Moskva—Leningrad 1948;
- (5) Couffignal: Les travaux francais sur les machines mathématiques, Atomes, Paris 1948;
- (6) Brillouin: Les machines americains, Annales des telecommunications, Paris 1948;
- (7) Couffignal: Les travaux francais sur les machines mathématiques, Annales des telecommunication, Paris 1948.
- (8) Slike su preuzete iz citiranih publikacija: (1) br. 5, 6, 7; (6) br. 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21; (3) br. 9, 15, 16; (7) 22, 23.

Dr. Nikola Neidhardt — Zagreb

LES MACHINES À CALCULER GIGANTESQUES

L'auteur décrit les gigantesques machines à calculer américaines et expose les idées françaises sur la construction d'une machine française spéciale. Les possibilités de l'évolution sont grandes.

Actuellement chaque machine gigantesque fonctionne indépendamment sans liaison directe avec les autres machines analogues. Au début les centrales électriques ainsi que les stations de T. S. F. travaillaient séparément aussi, tandis qu'à présent leur travail est souvent fusionné. Ne pourrait-on pas imaginer, par analogie, dans l'avenir les machines gigantesques à calculer réunies de temps en temps malgré la distance en un supergigantesque travail commun et simultané dans l'intérêt de la science et pour le bien de l'humanité?

Geodetska poduzeća trebaju propagirati
naš list među stručnjacima, osigurati saradnju
u listu i povećati broj pretplatnika.
