

# **HISTORIE AP V BRNĚ**

**Historie AP na VA v Brně**

**Historie skupiny AP na FE VUT v Brně**

## Historie AP na VA v Brně.

Výuka počítačů se na VA v Brně, jako na jediné vysoké škole u nás, prováděla od jejího zřízení v roce 1951. Byla zaměřena na jednoúčelové analogové počítače, které armáda užívala pro řízení protiletadlové střelby. V roce 1956 se z této výuky vyčleňuje výuka univerzálních analogových počítačů, která se postupně rozšiřuje do všech studijních oborů školy. Přednáší ji Ing. mjr. M. Bobek (později prof. a vedoucí samostatné katedry počítačů), z prvních absolventů specializace studijního oboru Vojenské počítače přicházejí v roce 1961 na katedru Ing. kpt. B. Jůza, Ing. mjr. M. Lukeš a následně Ing. B. Miniberger, kteří zjišťují především výuku. Ing. Bobek od roku 1957 přednáší i na elektrotechnické fakultě VUT Brno a spolu s některými pracovníky katedry pomáhá zavádět výuku počítačů na této škole.

Pro cvičení jsou na VA k dispozici dva počítače AP1 a později jeden AP 4 (vše Tesla Pardubice). V roce 1961 vzniká Analogová laboratoř jako výpočetní středisko. Vedoucím laboratoře je Ing. I. Serba (absolvent VA z roku 1958). Spolu s Ing. mjr. M. Soudkem a s dalšími zajišťují výpočty pro celou VA (především pro věd. aspiranty) a kooperující brněnské výzkumné organizace. Skupina pedagogů a výpočtářů se navzájem prolínají. Společně zajišťují nejen vedení diplomových prací, ale také externí výuku a tvorbu pedagogických textů a vývoj přístrojového vybavení. Průběžně vznikají jako kolektivní dílo dvojce obsáhlá skripta.



Obr.1. Vznikající laboratoř AP a pracovníci Jůza, Serba a Lukeš před AP4

V roce 1963 odjíždí ing. Serba přednášet vojenské analogové počítače na MTC (později MA) do Káhyry. Po návratu je v roce 1964 spolu s Ing.mjr. Lukešem přebírají v Tesle Pardubice kompletní počítač AP 3M, který je záhy na VA instalován.



Obr.2. Dobový článek v brněnském tisku.

#### Tet článku:

Má tajuplný název AP3-M. Když jej dešifrujeme, dozvíme se, že jde o analogový počítač, výrobek Tesly v Sezemicích u Pardubic. Přestože od jeho zrodu uplynulo několik let, je jeho mohutné elektrotechnické zařízení, obsahující 1200 elektronek, 20000 radiotechnických součástek aj. svými parametry na vynikající úrovni.

„Bez analogového počítače si dnes nelze vůbec představit seriózní návrh složitější regulační soustavy“, říkají o svém pomocníkovi vědečtí pracovníci. VAAZ v Brně“, inženýři Ivo Serba a Bohumil Jůza.

Konstruktér potřeboval donedávna dlouholeté zkušenosti k tomu, aby v poměrně úzkém oboru získal správný názor na chování navrhované soustavy a na potřebnou volbu jejích parametrů. Například při návrhu podvozků vozidel musel konstruktér pro daný typ vozidla a jeho určení správně volit parametry pružin a tlumičů a jejich vhodné uspořádání. Takový návrh podvozku se neobešel bez dlouhých výpočtů a nákladných experimentů. Matematické vyjádření, pokud mělo být dostatečně přesné, předpokládalo při klasických metodách několik výpočtářů a práci trvající jim několik týdnů. Experimenty byly nákladné, protože každá varianta parametrů předpokládala nové zařízení.

Dnešní konstruktér, který má možnost použít analogové výpočtové techniky, je na tom nesrovnatelně lépe. Na analogovém počítači je totiž možné vytvořit úplný matematický model řešeného systému a v krátkém čase obdržet výsledek. A to ne jeden. Je-li do počítače vložena úloha, potom různé varianty řešení představují jen nepatrné zásahy do chodu počítače. Tím na počítači splýnul původní experiment a matematický výpočet. Během několika vteřin

získáme jeho řešení. Výpočet další varianty podvozků představuje již jen nepatrný zásah do vytvořeného modelu a opakované řešení. Z takového množství alternativ již poměrně snadno vybere počítač nebo konstruktér nejhodnější.

Tím, že konstruktér je nucen dělat rozbor velké řady variant, musí hlouběji proniknout do podstaty řešení úlohy. Tím se zásadně mění charakter jeho práce. Místo zdlouhavých a pracných výpočtů nastupuje opravdová, vlastní tvůrčí práce.

VÍTĚZSLAV HULÁK

V roce 1964 odjíždí do Egypta Ing. mjr. Jůza a skupinu posiluje Ing. J. Kunovský (dnes doc. Na FIT VUT). V laboratoři pak vznikají v rámci diplomových prací unikátní projekty. Např. generátory funkcí, adaptace AP1 pro ultrarychlé výpočty vedená Ing. Kunovským. Je úpraven AP3-M pro repetiční výpočty (řešení diferenčních rovnic vedené Ing. mjr. Soudkem. Je realizováno spojení AP3-M a číslicového počítače MINSK 22 pro hybridní výpočty, které vedl doc. Serba spolu s Ing. mjr. V. Zikešem atd.

Všechny tyto aktivity jsou po roce 1968 postupně rozmetány a řada pracovníků nuceně opouští VA (údajně hnízdo kontrarevoluce). Připravená učebnice AP je po značných průtazích na MŠ schválena až v roce 1980 a vychází v SNTL a ALFA v roce 1982 (Analogové počítače Bobek, Haška, Serba, Lukeš v Knižnici výpočetní techniky). To je analogové počítání již za zenitem a modelování dynamických systémů je realizováno v simulačních jazycích na číslicových počítačích.

## Skupina analogových počítačů FE VUT

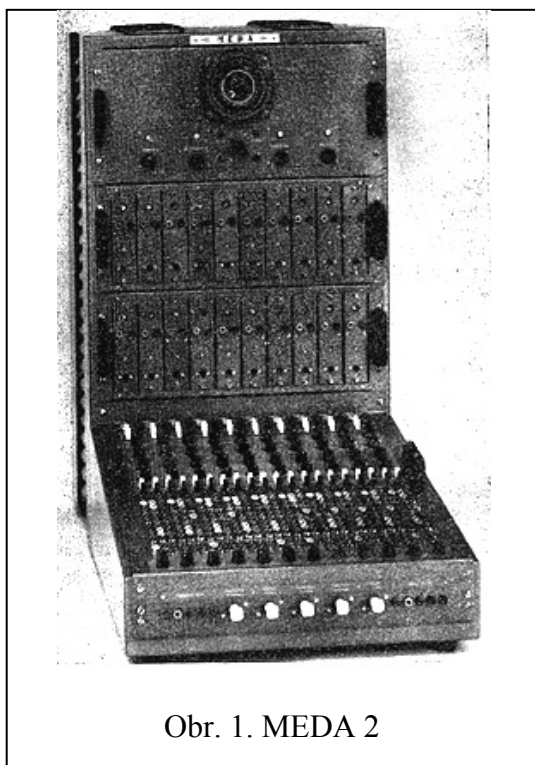
Skupina analogových počítačů vznikla na katedře samočinných počítačů FE VUT v Brně na přelomu let 1968 a 1969. Její jádro tvořili Josef Haška, Ivo Serba, Helena Vášová a František Zbořil, ke kterým se v průběhu roku 1969 připojili Jaroslav Kačmařík, Jiří Kunovský a Silvius Schmalz a v roce 1971 Jaroslav Studenka. Později ve skupině pracovali Milan Bárta, Eva Kapplerová, Karel Kappler, Hedvika Suchomelová, Jaroslav Zendulka a Josef Zukal.

Skupinu analogových počítačů vedl do roku 1971 Josef Haška, od roku 1971 do roku 1974 Ivo Serba a od roku 1974 František Zbořil. V roce 1981, kdy již byl zřejmý brzký zánik univerzální analogové výpočetní techniky, byla skupina zrušena.

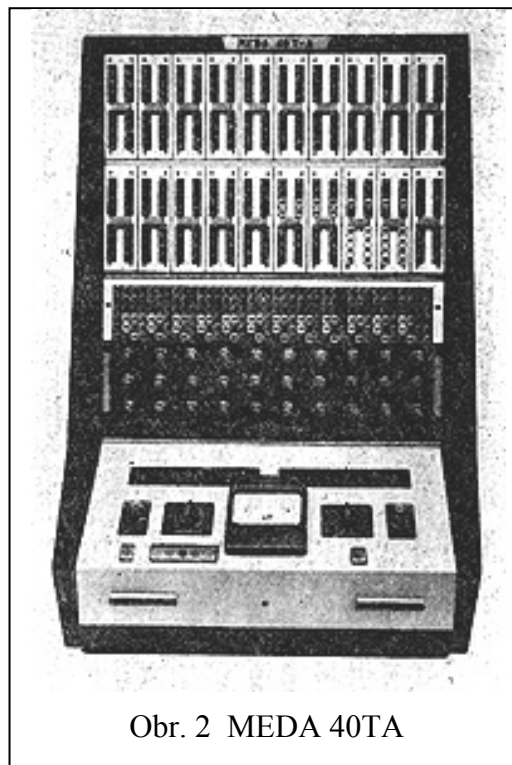
V době vzniku skupiny začínal prudký rozmach analogové výpočetní techniky, a právě tato technika byla jednou z mála oblastí, ve které se tehdejší Československo pohybovalo na světové špičce. V této době se zde vyráběly analogové počítače dokonce ve dvou závodech. Prvním byla ARITMA v Praze-Vysočanech a její výrobky nesly označení MEDA (Malý Elektronkový/Elektronický Diferenciální Analyzátor). Druhým závodem byla pardubická TESLA, jejíž výrobky nesly označení AP (Analogový počítač). Přestože výrobky TESLY se zdály být pokročilejšími, byla na počátku sedmdesátých let výroba v Pardubicích zastavena a výroba analogových počítačů zůstala výhradně v pražské ARITMA. Pro představu o rozsahu tehdejší výroby může sloužit firemní údaj z roku 1974 uvádějící, že do konce roku 1973 bylo vyrobeno více než tisíc počítačů MEDA.

Skupina analogových počítačů měla po celou dobu své existence dvě velmi dobře vybavené laboratoře – výukovou a výzkumnou.

Ve výukové laboratoři skupiny byly nejprve čtyři elektronkové počítače MEDA 2 (Obr.1) se servomechanickým systémem pro přesné nastavování potenciometrů. Jako výstupní zařízení těchto počítačů se používaly pomaluběžné elektronkové osciloskopy ODA a servomechanické zapisovače BAK II. Již v roce 1969 byly všechny elektronkové počítače MEDA 2 nahrazeny jejich tranzistorovými verzemi: Čtyřmi počítači MEDA 40TA (Obr. 2) a jedním počítačem MEDA 40TB (propojení počítače MEDA 40TA s počítačem TB tvořilo systém MEDA 80 T).



Obr. 1. MEDA 2



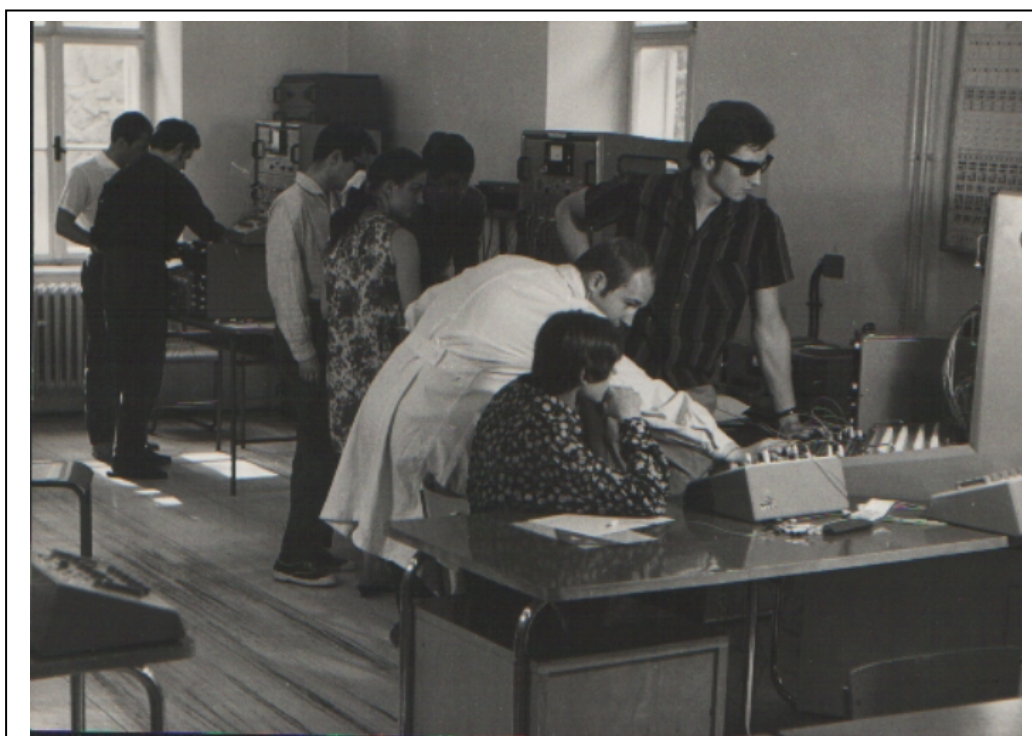
Obr. 2 MEDA 40TA

Rovněž výstupní zařízení těchto výukových počítačů byla modernizována. Servomechanické bubnové zapisovače BAK II byly nahrazeny novějšími plošnými servozapisovači BAK 4T a podobně elektronkové osciloscopy ODA byly nahrazeny jejich novějšími tranzistorovými verzemi ODA 250. Pro diplomové práce studentů byly v polovině sedmdesátých let zakoupeny ještě tři iterační počítače MEDA 41TC.

Pracovníci skupiny analogových počítačů zajišťovali výuku týkající se analogových počítačů pro tři obory elektrotechnické fakulty VUT: Technickou kybernetiku, Sdělovací techniku a Silnoproudou elektrotechniku. V době největšího rozkvětu analogových počítačů, přibližně v polovině sedmdesátých let, probíhala ve výukové laboratoři výuka i sedmi dvouhodinových kurzů denně (Obr. 3).

Pro specializaci Samočinné počítače (SAPO) v rámci oboru Technická kybernetika a později pro nový obor Elektronické počítače (od školního roku 1974/75) zajišťovali pracovníci skupiny výuku těchto „analogových“ předmětů (v závorkách jsou uvedeni pouze přednášející):

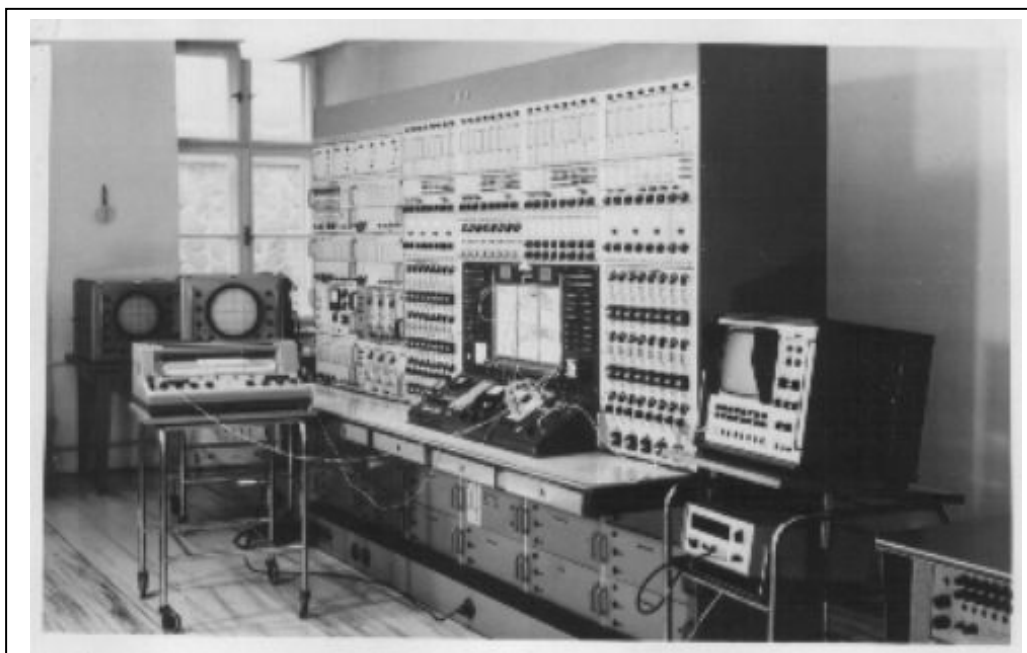
- Analogové počítače I (Haška)
- Analogové počítače II (Haška),
- Hybridní počítače (Serba, Zbořil)
- Modelování na počítačích (Serba, Zbořil)
- Hybridní systémy (Zbořil)



Obr. 3. Výuka ve výukové laboratoři analogových počítačů

Ve výzkumné laboratoři byly až do poloviny sedmdesátých let tři elektronkové počítače: Počítač AP3M-L (samostatně práce schopná levá polovina počítače AP3M, Obr. 4), počítač AP4 (oba byly vyrobeny v TESLA Pardubice) a počítač SOLARTRON SC 30 (výrobce Solartron Electronic Group, Farnborough, Hampshire, UK, Obr. 5). Výstupními zařízení

těchto počítačů byly opět pomaluběžné osciloskopy ODA a servomechanické zapisovače BAK II, počítač SOLARTRON již byl vybaven i reléovým číslicovým voltmetrem.



Obr. 4. AP3M-L (v pozadí 2 pomaluběžné elektronkové osciloskopy ODA, před nimi na vozíku bubnový servomechanický zapisovač BAK II a vpravo od počítače na vozíku tranzistorový osciloskop ODA 250)



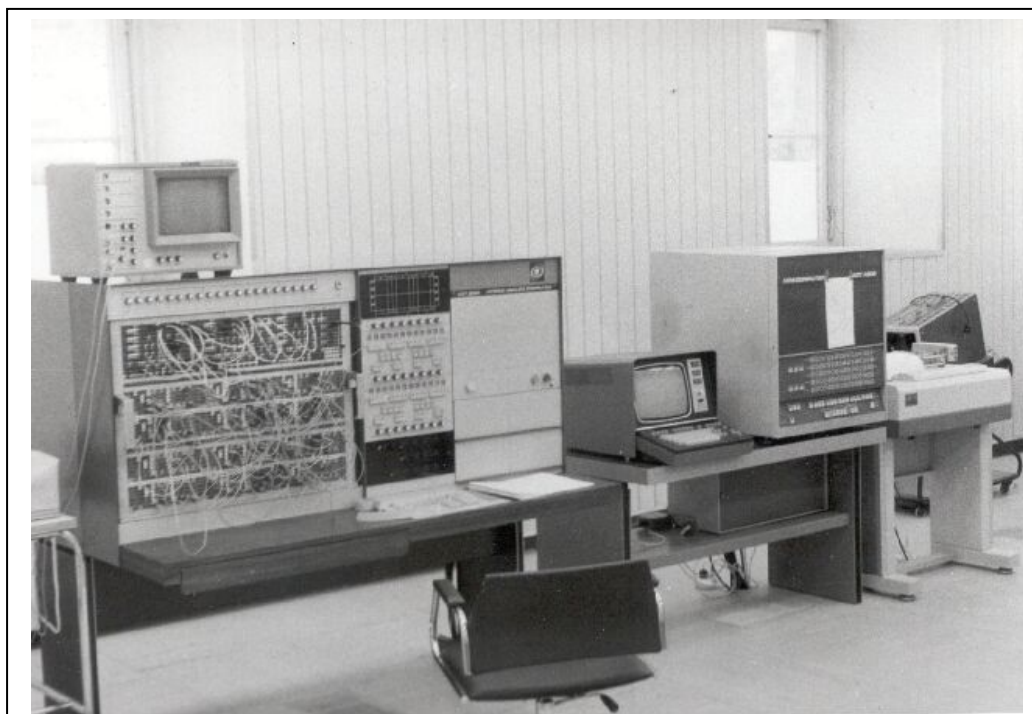
Obr. 5. SOLARTRON SC 30 (a Helenka Vášová)  
V pozadí AP3M-L

V roce 1972 byla podepsána dohoda o vzájemné spolupráci mezi VUT v Brně a ZPA Praha, která byla zaměřena především na vývoj hybridního systému ADT 7000. Tento systém se skládal z analogového, resp. hybridního počítače ADT 3000, a z číslicového počítače ADT 4000 (později ADT 4316 a ADT 4500). Díky zmíněné spolupráci byl ve výzkumné laboratoři skupiny analogových počítačů umístěn jeden z prvních prototypů systému ADT 7000 (Obr. 6).

Posledním výpočetním prostředkem ve výzkumné laboratoři skupiny analogových počítačů byl pak prototyp číslicového diferenciálního analyzátoru DDA 4500, který sice používal analogové přístupy k programování, ale „spojité“ operace včetně integrování již prováděl číslicově.

Výzkumná činnost skupiny započala v roce 1969 řešením fakultního úkolu pod vedením Ivo Serby. V rámci tohoto úkolu, který byl úspěšně ukončen v roce 1972, byly vzájemně propojeny všechny tři počítače výzkumné laboratoře a byly provedeny jejich úpravy umožňující repetiční a iterační výpočty. Dále byl tento systém počítačů doplněn o tehdy nestandardní jednotky, převodníky DA a AD, a díky tomu se pak na katedře samočinných počítačů podařilo uskutečnit i zřejmě první hybridní výpočty v ČSSR (týkaly se řešení parciálních diferenciálních rovnic).

Další tři roky se pracovníci skupiny analogových počítačů aktivně podíleli na vývoji hybridního počítače ADT 3000, vyvíjeného ve VÚMS Praha. Pro tento počítač navrhli a realizovali prototypy několika funkčních měničů s původním přístupem ke kompenzaci teplotní závislosti realizovaných funkcí (Kunovský, Studenka, Zbořil: Zdroj s přesně definovaným teplotně nezávislým napětím, 1975, AO č. 173234). Navrhli a realizovali i unikátní zapojení programovací desky počítače ADT 3000, které umožňovalo úplný test všech jeho analogových i číslicových prvků.



Obr. 6. Hybridní systém ADT 7000 (vlevo hybridní počítač ADT 3000, vpravo číslicový počítač ADT 4000)



Hybridní počítač ADT 3000 tvořil i analogovou část hybridního systému HRA 7000, ve kterém číslicovou část představoval počítač PRS 4000/42000 (VEB Robotron, NDR). Pracovníci skupiny analogových počítačů (Kunovský, Studenka, Zbořil) se zúčastnili instalace a předvádění systému HRA 7000 na jarním veletrhu 1975 v Lipsku, kde tento exponát obdržel zlatou medaili.

Pracovníci skupiny analogových počítačů pracovali i na dvou státních úkolech. Prvním byl úkol III-2-1/8 (1970-1975, zodpovědný řešitel Ivo Serba), který byl ukončen obhajením dvou závěrečných zpráv:

- Kunovský, J., Studenka, J., Zbořil, F.: Modelování nelineárních funkcí.
- Zbořil, F.: Řešení parabolických parciálních diferenciálních rovnic na hybridních systémech.

Výzkumná práce (nejen) na tomto úkolu však byla v roce 1974 těžce poznamenána odchodem vůdčího pracovníka skupiny Ivo Serby, který z politických důvodů byl donucen školu opustit.

Druhým státním úkolem, který pracovníci skupiny řešili, byl úkol III-2-1/2 (1975-1978, zodpovědný řešitel F. Zbořil). Rovněž tento úkol byl úspěšně ukončen obhajobou dvou závěrečných zpráv:

- Zbořil, F., Kačmařík, J., Suchomelová, H.: Řešení parciálních diferenciálních rovnic (hyperbolických a eliptických).
- Bárta, M., Haška, J., Kunovský, J., Zbořil, F., Zendulka, J.: Modelování nelineárních elektrických obvodů na hybridních systémech.

Z předchozích názvů zpráv je zřejmé, jakými problémy se pracovníci skupiny analogových počítačů v rámci těchto dvou úkolů zabývali.

Nezanedbatelnými výzkumnými, resp. tvůrčími pracemi skupiny byly i práce na výzkumných úkolech pro různé podniky a organizace v rámci tzv. VHČ (vedlejší hospodářské činnosti). Z těchto prací stojí za zmínku zejména práce na vybraných problémech s:

- INORGA Brno (grafické výstupy z analogových počítačů),
- ČKD Blansko (modelování kmitání hřídelů turbin při nábězích a dobězích),
- VÚSH Brno (modelování činnosti mlýnic cementu),
- Tatra Kopřivnice (modelování kmitů pružícího systému vyvíjeného automobilu TATRA 815)
- SAV Bratislava (aplikace hradlových polí)

Pracovníci skupiny analogových počítačů se také aktivně zúčastňovali národních i mezinárodních konferencí, zejména konferencí MEDA (mezinárodní konference konající se od r. 1963 do roku 1982 každoročně v Praze), konferencí Jahrestagung Grundlagen der Modellierung und Simulationstechnik, konajících se každoročně v Rostocku (tehdy NDR), severomoravských seminářů/kolokvií a konferencí pořádaných INORGA Brno. V roce 1973 se podíleli na organizaci konference AICA (Association Internationale pour le Calcul Analogique), která zřejmě byla první podobnou akcí v druhé polovině minulého století na východ od Chebu.

Z pracovníků skupiny analogových počítačů dosud působí na FIT Eva a Karel Kapplerovi, Jiří Kunovský, František Zbořil a Jaroslav Zendulka (současný děkan FIT), kteří každoročně pořádají setkání s ostatními bývalými kolegy (Obr. 7).



Obr. 7 Pracovníci skupiny analogových počítačů dnes – zleva: Jaroslav Kačmařík, Jiří Kunovský, František Zbořil, Ivo Serba, Eva Kapplerová, Hedvika Suchomelová, Helena Vášová, Jaroslav Zendulka, Josef Zukal, Jaroslav Studenka a Karel Kappler

Na závěr této kapitoly (pro zájemce a nepamětníky) uvádíme stručnou ukázkou principů „analogového počítání“:

Základními jednotkami analogového počítače byly inventory/sumátory, (sumační) integrátory a potenciometry (Obr. 8). Doplnujícími jednotkami pak byly především násobičky, děličky a komparátory.

Inventory a integrátory se skládaly z operačního zesilovače (stejnoseměrného zesilovače s vysokým ziskem a vysokým vstupním odporem) a ze vstupní a zpětnovazební impedance.

Pro pracovní rozsah operačního zesilovače (například  $\pm 100$  V u počítačů AP3,  $\pm 10$  V u počítačů MEDA) bylo jeho vstupní napětí v řádech  $\mu\text{V}$ , a proto bylo zanedbatelné. Stejně tak byl zanedbatelný i vstupní proud tohoto zesilovače a prakticky platilo, že  $i_1 = -i_0$ . Byly-li obě impedance čistě odporové, pak pro proudy platilo  $i_1 = u_1/R_1$  a  $i_0 = u_0/R_0$ , a pro výstupní napětí pak vztah  $u_0 = -R_0/R_1 u_1 = -k u_1$ . Pro stejné odpory byla konstanta (koeficient přenosu)  $k = 1$  a výstupní napětí se rovnalo zápornému vstupnímu napětí; obvod invertoval znaménko, a proto se nazýval invertor. Pro více vstupních odporů se výstupní napětí zřejmě rovnalo součtu vážených vstupních napětí ( $u_0 = -R_0/R_1 u_1 - R_0/R_2 u_2 - \dots = -(k_1 u_1 + k_2 u_2 + \dots)$ ) a takový obvod se pak nazýval sumátorem.

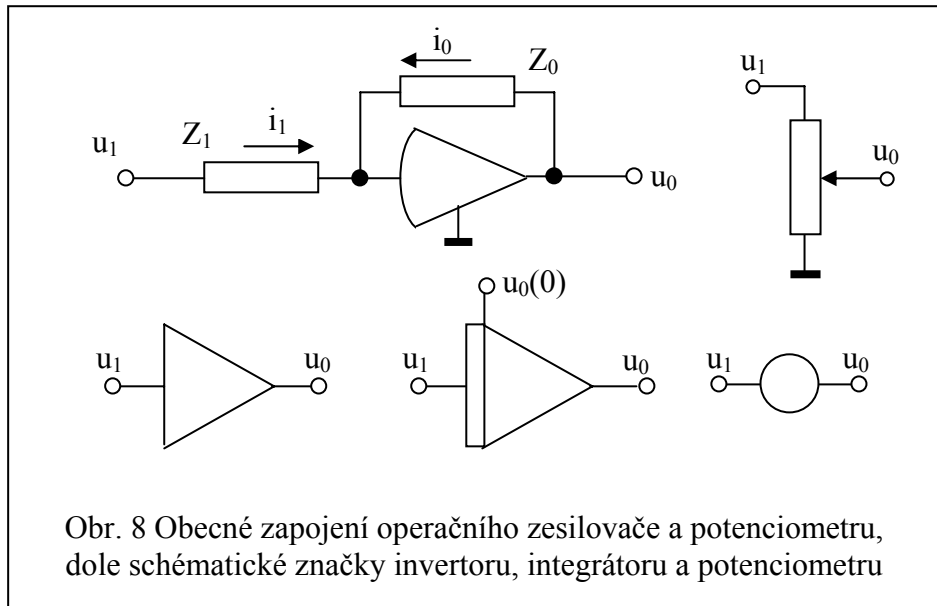
Vztah pro výstupní napětí v případě, že zpětnovazební impedancí byla kapacita (kondenzátor), bylo možné odvodit stejným postupem:

$$u_0 = -1/(R_1 C_0) \int u_1 dt + u_0(0) = -k \int u_1 dt + u_0(0),$$

resp. pro více vstupních odporů

$$u_0 = - (1/(R_1 C_0) \int u_1 dt + 1/(R_2 C_0) \int u_2 dt + \dots) + u_0(0) = - (k_1 \int u_1 dt + k_2 \int u_2 dt + \dots) + u_0(0)$$

a obvod se pak nazýval integrátorem, resp. sumačním integrátorem.



Obr. 8 Obecné zapojení operačního zesilovače a potenciometru, dole schématické značky invertoru, integrátoru a potenciometru

Při programování se všechny proměnné řešené úlohy a napětí výpočetních prvků normalizovaly, a to podělením svou (alespoň) maximální hodnotou. Tím se normalizované hodnoty pohybovaly v intervalech  $\langle -1,1 \rangle$ , staly se bezrozměrnými a bylo možné je vzájemně přiřazovat. Je zřejmé, že vynásobením/vydělením koeficientů přenosu u všech integrátorů úlohy stejným číslem (například číslem  $c$ ) bylo možné řešení  $c$ -krát zrychlit/zpomalit.

Uvažujme dále jednoduchou úlohu simulace průběhu proudu sériového RLC obvodu ( $R = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $L = 1 \text{ H}$  a  $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$ ) po přiložení skokového napětí  $u = 0.5 \text{ V}$ . Uvažujme dále, že kondenzátor je v počátečním stavu vybitý, tj. že  $u_C(0) = 0$ .

Můžeme postupně psát (programovat analogovou úlohu):

Základní rovnice:

$$u_L + u_R + u_C = u$$

Po nahrazení napětí proudem:

$$L di/dt + Ri + 1/C \int i dt = u$$

Po zavedení nové proměnné  $y = \int i dt$  ( $i = dy/dt$ ):

$$L d^2 y/dt^2 + R dy/dt + 1/C y = u$$

Po dosazení hodnot prvků a zjednodušení zápisu derivací:  $y'' + 10^3 y' + 10^6 y = u$

Po převodu na systém rovnic 1. řádu:

$$y'' = -10^3 y' - 10^6 y + u$$

$$y' = \int y'' dt \quad (y' = i)$$

$$y = \int y' dt$$

Po normalizaci pomocí normalizovaných proměnných ( $[y''/0.5]$ ,  $[y'/(5 \cdot 10^{-4})]$ ,  $[y/10^{-6}]$ ,  $[u/1]$ ):

$$0,5 \cdot [y''/0.5] = -10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-4} [y'/(5 \cdot 10^{-4})] - 10^6 \cdot 10^{-6} \cdot [y/10^{-6}] + [u/1]$$

$$5 \cdot 10^{-4} [y'/(5 \cdot 10^{-4})] = \int 0,5 \cdot [y''/0.5] dt$$

$$10^{-6} \cdot [y/10^{-6}] = \int 5 \cdot 10^{-4} [y'/(5 \cdot 10^{-4})] dt$$

po úpravě:

$$[y''/0.5] = -[y'/(5 \cdot 10^{-4})] - 2 \cdot [y/10^{-6}] + 2 \cdot [u/1]$$

$$[y'/(5 \cdot 10^{-4})] = 10^3 \cdot \int [y''/0.5] dt$$

$$[y/10^{-6}] = 500 \cdot \int [y'/(5 \cdot 10^{-4})] dt$$

A konečně po stonásobném zpomalení:

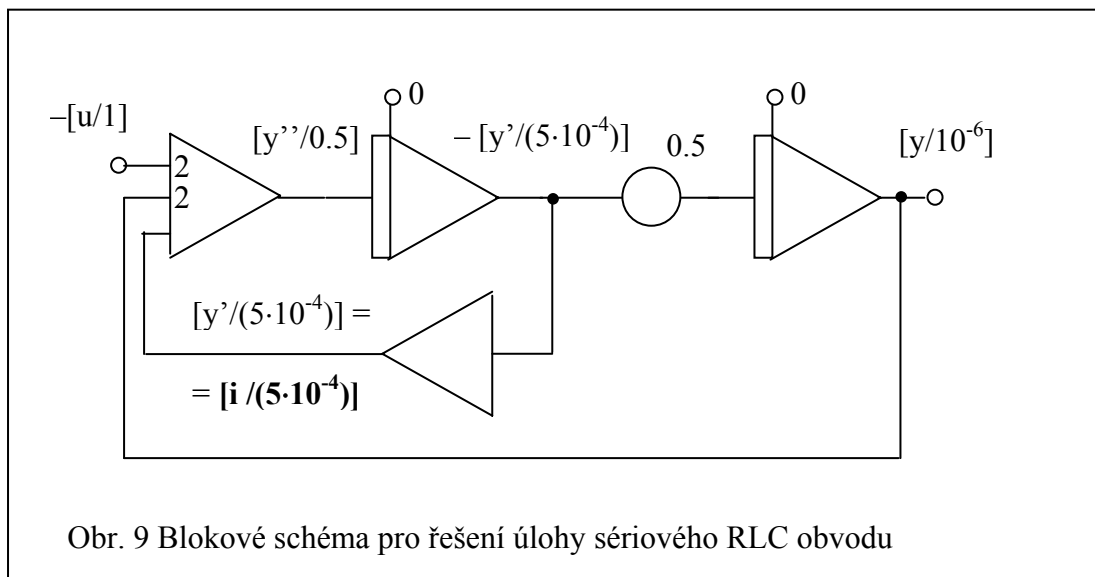
$$[y''/0.5] = -[y'/(5 \cdot 10^{-4})] - 2 \cdot [y/10^{-6}] + 2 \cdot [u/1]$$

$$[y'/(5 \cdot 10^{-4})] = \int [y''/0.5] dt$$

$$[y/10^{-6}] = 0.5 \int [y'/(5 \cdot 10^{-4})] dt$$

Posledním třem rovnicím odpovídá blokové schéma uvedené na Obr. 9 (analogové sumátory a integrátory obracely polaritu !!!)

U počítačů s tzv. strojovou jednotkou 100 V (např. AP3M) pak například 100 V výstupního napětí na invertoru odpovídalo proudu 0.5 mA v modelovaném RLC obvodu. U počítačů se strojovou jednotkou 10 V (např. MEDA) pak například napětí -5 V přiložené na horní vstup sumátoru odpovídalo 0.5 V vstupního napětí modelovaného RLC obvodu.



Stačilo pak nastavit přenosy příslušných jednotek (výběrem impedancí u operačních zesilovačů a nastavení poloh jezdců potenciometrů) a pomocí několika vodičů jednotky podle schématu propojit. Vše bylo jednoduché a názorné.