

## **Používanie analógových počítačov vo výskume mechanických sústav v ÚMS/ÚMMS SAV**

***Ing. Juraj Stein, CSc.***

Bývalý zamestnanec ÚMS/ÚMMS SAV

Dnešnej mladej generácii, odchovanej na smartfónoch, už analógový počítač vôbec nič nehovorí. Avšak v minulosti (60. a 70. roky) sa viedli vážne vedecké diskusie o tom, ktorý z vtedy existujúcich počítačov je vhodnejší na aké úlohy a prečo.

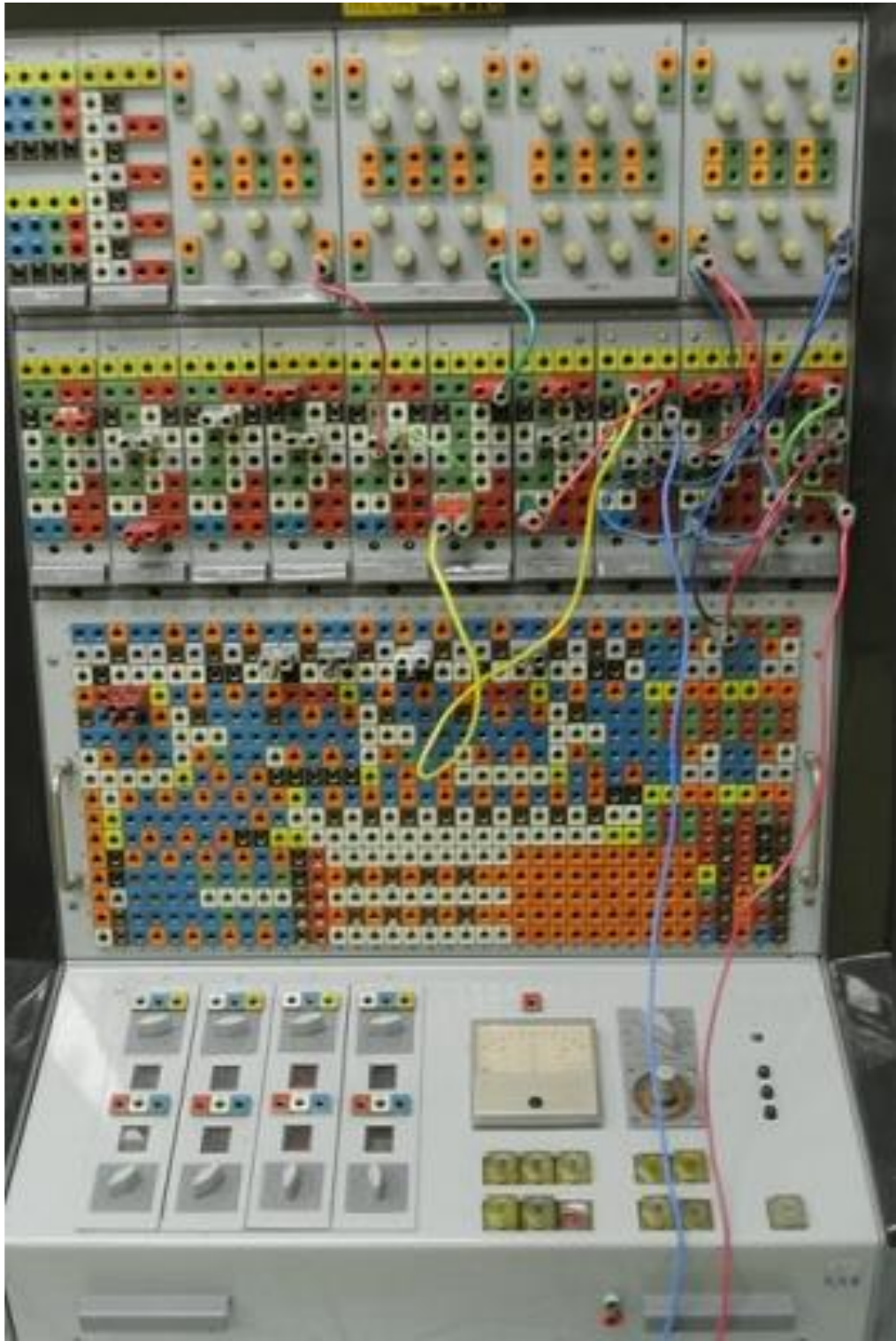
Analógový počítač je vlastne fyzikálny systém, modelujúci prírodné deje, teda ich analógiu. Ešte pred druhou svetovou vojnou sa používali mechanické analógové počítače, skladajúce sa z koliesok, diskov a hriadeľov, a to najmä pre výpočet parametrov strelby na bojových lodiach. Počas druhej svetovej vojny vymysleli prvý elektrónkový operačný zosilňovač, z ktorého sa dali poskladať jednoduché analógové počítače, ktoré sa používali v USA v spojení s radarom na riadenie strelby. Nemci používali analógové zariadenia pri vývoji povestných zbraní V1 a najmä V2. Po druhej svetovej vojne sa začali stavať výskumné elektrónkové analógové počítače, z ktorých je v SAV známy počítač Ivan z roku 1958 konštruktéra akad. Plandera [1]. Tieto počítače boli veľké, rozmerné, spotrebovali veľké množstvo elektrickej energie a boli málo spoľahlivé. Vytvorili však základ pre pochopenie spôsobu programovania a na riešenie množstva úloh, na ktoré vtedajšie číslicové počítače svojou rýchlosťou a kapacitou pamäte nestačili a výpočtom na papieri sa nedali dosť dobre riešiť. Používali sa aj v kozmickom a leteckom výskume ako simulátory.

Až s príchodom prvých tranzistorov a zvládnutím výroby spoľahlivých tranzistorových operačných zosilňovačov a ďalších presných komponentov sa rozbehla priemyselná výroba tranzistorových analógových počítačov. Vo vtedajšom Československu sa výskumom zapodieval Výskumný ústav matematických strojov (VUMS) v Prahe a výrobou podnik ZPA Čakovice, Praha. Ten postupne v 60. rokoch uviedol na trh rad analógových počítačov MEDA T (malý elektronický diferenciálny analyzátor – tranzistorový). Počítače MEDA T, typov 40 TA, 40 TB, 41 TC, 43 HA boli spoľahlivé, zmestili sa na pracovný stôl a pomocou káblikov a zásuvných modulov sa dal na nich riešiť celý rad úloh.

Čo je analógový počítač (AP)? Je to technický systém (mechanický, elektrický), ktorý realizuje matematické vzťahy medzi časovo premennými veličinami. Ukazuje sa totiž, že mnohé technické a prírodné deje sú opísané rovnakými diferenciálnymi rovnicami, a preto možno matematické riešenie „na papieri“ preniesť do mechanického alebo elektrického zariadenia. Preto sa AP nazývali aj diferenciálne analyzátory. Jedinou otázkou je presnosť takéhoto riešenia (0,1 – 0,2 percenta), ktorá však v danej dobe bola pre praktické účely vyhovujúca. Okrem toho AP umožnil zrýchliť alebo spomaliť modelovanie reálnych fyzikálnych dejov, čo sa v programátorskej praxi často využívalo. AP je tzv. paralelný počítačový stroj, t.j. v celej počítačovej sieti je riešenie matematického problému a všetky premenné okamžite a bez časového skreslenia k dispozícii.

Ako výstupné zariadenie sa používal pomalobežný osciloskop alebo súradnicový zapisovač.

Treba si totiž uvedomiť že prvé číslicové “elektronické počítače”, ako sa im vtedy hovorilo, boli z dnešného pohľadu veľmi pomalé – vykonávali okolo 10 000 operácií za sekundu, ich taktovacia frekvencia neprekročila 1 MHz a mali obmedzenú pamäť okolo 4 maximálne 8 kslov veľkosti 8- 48 bitov s pevnou rádovou čiarkou.



Obr.1: Analógový počítač MEDA 41TC (1965)



Obr

2: Analógový súradnicový zapisovač BAK5T



Obr.3: Pomalobežný osciloskop TESLA OPD 280U (1970) ako výstupná jednotka analógového počítača

Programovali sa v strojovom kóde, alebo v assembleri. Vtedajší programátori museli byť veľmi erudovaní, aby sa vyrovnali s obmedzenou pamäťou a komplikovaným spôsobom programovania. Ďalej, väčšina číslicových počítačov sú tzv. sériové počítaacie stroje, t.j. v jednom okamihu vykonávajú len jednu inštrukciu. Program sa skladá z množstva inštrukcií, a teda od začiatku výpočtu do konca výpočtu prebehne určitý čas, ktorý bol v tej dobe pri tzv. dynamických úlohách limitujúci. Vzhľadom na vtedajšiu malú počítačovú rýchlosť sa nehodilo na modelovanie alebo riadenie dynamických sústav v „reálnom čase“, t.j. tak rýchlo, ako prebiehali dynamické deje v skutočnosti. V tom období sa viedli vážne diskusie, aký typ počítača (číslcový, analógový, hybridný) je vhodný na aké dynamické úlohy [2].

Teraz sa vráťme k histórii používania AP na bývalom Ústave mechaniky strojov SAV. Ústav mechaniky strojov SAV vznikol v roku 1966 po rozdelení Ústavu strojov a automatizácie SAV na dva ústavy – Ústav technickej kybernetiky SAV a Ústav mechaniky strojov SAV. Oba ústavy spoločne sídlili v novopostavenej budove v areáli SAV na Dúbravskej ceste. Prvý riaditeľ Ústavu strojov a automatizácie SAV a neskorší riaditeľ Ústavu mechaniky strojov SAV: akademik Ján Gonda, pôvodom letecký inžinier, mal veľký vzťah k výpočtovej technike. Na ústav kúpil jeden z prvých počítačov dostupných vo vtedajšom socialistickom bloku – počítač ZRA 1 z bývalej NDR, veľký francúzsky analógový počítač DJINN a neskôr AP3M z Tesly Pardubice [1, 3].

Ústav mechaniky strojov SAV sa od začiatku svojej existencie venoval výskumu zložitých mechanických sústav, a preto bolo prirodzené, že sa vybavil radom analógových počítačov, pomalobežných osciloskopov a súradnicových zapisovačov. Využívali sa najmä tranzistorové analógové počítače MEDA T, najprv typu TA a TB a neskôr repetičné počítače MEDA 41 TC a 43HA. Tie mali, okrem typických analógových jednotiek, ako sú sumátory, integrátory, potenciometre, aj štvorkvadrantové elektronické násobičky, komparátory, a najmä množstvo logických obvodov. Umožňovali podľa potreby riadiť priebeh výpočtu pomocou logických operácií.

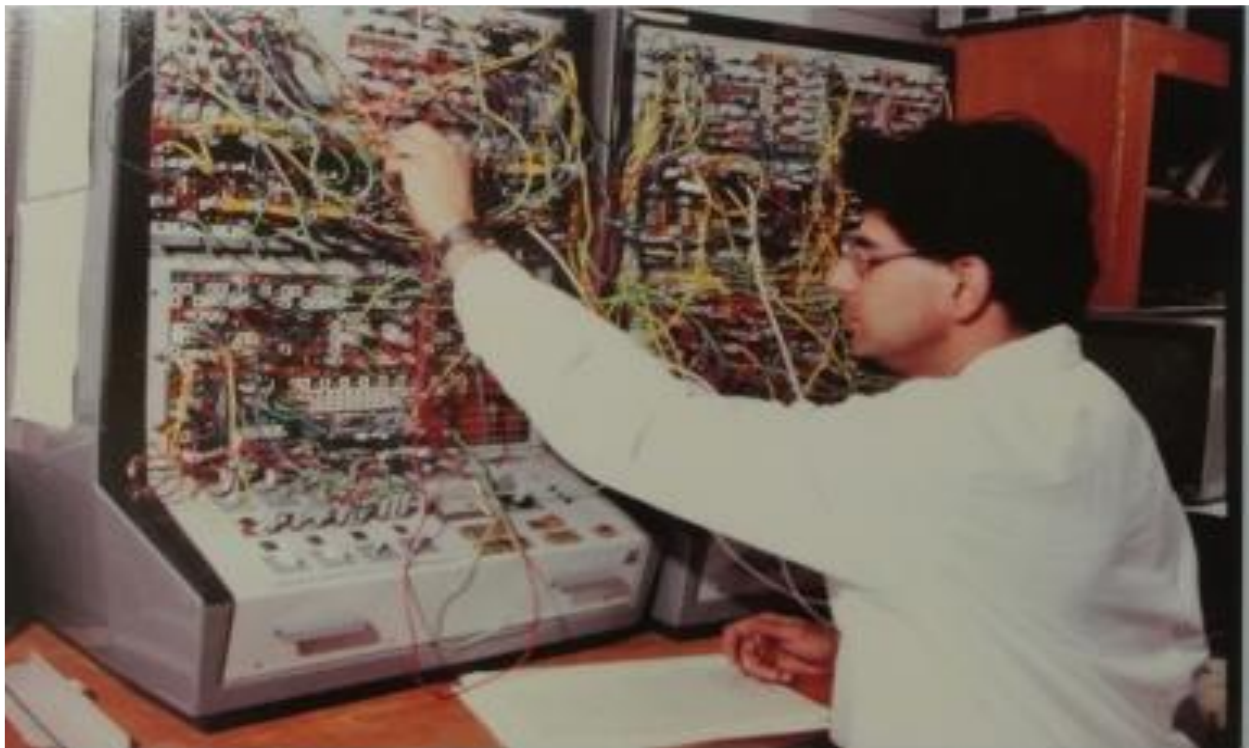
V Ústave mechaniky strojov SAV pôsobilo v 60. až 80. rokoch viac skupín, ktoré využívali AP:

1. Skupina Ing. Vladimíra Oravského, CSc., v ktorej boli ešte Ing. Jozef Mudrik, CSc. a Ing. Ivan Ružička. Skupina riešila zložitý problém nerovnomernosti kľukového mechanizmu so zohľadnením suchého trenia. Okrem zjednodušeného analytického riešenia sa problém riešil aj na AP [4, 5].
2. Skupina Experimentálnej mechaniky: Ing. Vladimír Giba, CSc. a Ing. Ján Hergott, CSc., ktorá sa zapodievala meraním nelineárnych mechanických sústav v laboratórnych podmienkach s použitím kombinácie meracích prístrojov a AP. V tom čase neboli u nás k dispozícii prístroje na tzv. frekvenčnú analýzu, a teda sa nahrádzali vhodnou počítačovou sieťou na AP. Dynamické charakteristiky skúmanej mechanickej sústavy sa vykresľovali na súradnicovom zapisovači a následne vyhodnocovali.
1. Technický úsek: Ing. Dušan Laciak, Dionýz Kratochvíla, Miloslav Dušík, v ktorom sa okrem iného konštruovali nízko-frekvenčné meracie prístroje na báze operačných jednotiek a modulov AP. Neskôr sa starali o inštaláciu a prevádzky hybridného počítača ADT 7000.
1. Skupina Doc. Igora Balla, CSc., v ktorej sa riešila problematika tzv. aktívnych vibroizolačných sústav, pracujúcich na servoregulačnom princípe, budených úzkopásmovým náhodným signálom [6]. Neskôr sa o AP staral Ing. Juraj Stein, CSc., ktorý sa zo začiatku venoval vyhodnocovaniu signálov nahratých na magnetofónovej páske, a neskôr modeloval vlastnosti jednej aktívnej vibroizolačnej sústavy [7]. Ing. Stein riešil v rámci svojej kandidátskej dizertačnej práce meranie dynamickej sústavy budenej náhodným signálom z generátora GENAP, výrobku partnerského ústavu UTIA ČSAV, Praha [8]. Vyhodnocovanie bolo digitálne, pomocou analógovo-číslcových prevodníkov, postavených na AP MEDA 41 TC a špeciálnej číslicovej deličky, vyrobenej v rámci diplomovej práce [9][1].



Ďalej sa pod vedením doc. Ing. Igora Balla, CSc., riešila problematika elektro-hydraulickej aktívnej vibroizolačnej sústavy, a to tak teoreticky ako aj experimentálne s použitím dvojkanálového zaťažovacieho stroja EDYZ a AP [10, 11]

Neskôr sa prešlo na použitie stlačeného vzduchu ako pracovného média. Ing. Marián Gajarský v rámci svojej dizertačnej práce riešil teoreticky a modelovaním na AP elektro-pneumatickú aktívnu vibroizolačnú sústavu [12, 13]. Následne, po zadovážení elektropneumatických prevodníkov zo zahraničia a k tomu riadiacej elektroniky zo ZPA Krížik, Prešov sa intenzívne skúmala takáto sústava experimentálne na zaťažovacom stroji EDYZ. Riadiace obvody bol postavené na AP [14]. Až neskôr sa zhotovila riadiaca jednotka na báze bežných elektronických súčiastok. K predmetnej problematike existuje celý rad ústavných výskumných správ.



Obr.4: Inžinier Juraj Stein pri programovaní zložitého modelu na dvoch analógových počítačoch  
[\[1\]](#) Z tohto obdobia je fotografia na stene, prebratá z mienkotvorného denníka Pravda

[1] Kol.: 50 rokov kybernetiky, výpočtovej techniky....., Bratislava 2006.

[2] Kotva, M.: Automatizace 1978, Vol. 21, č. 4, str. 112.

[3] Gonda, J.: 20 rokov Ústavu mechaniky strojov SAV. Strojnícky časopis 1975, Roč. 26, č. 6, str. 593-594.

[4] Oravský, V., Ružička, I., Mudrik, J.: Vplyv strmosti charakteristiky motora na nerovnomernosť chodu kľukového mechanizmu. Strojnícky časopis 1975, Roč. 26, č. 6, str. 643-663.

[5] Oravský, V., Mudrik, J.: Príspevok k dynamike agregátov s asynchrónnym pohonom. *Strojnícky časopis* 1984, Roč. 35, č. 1-2, str. 158-163.

[6] Ballo, I., Hergott, J.: Analýza dynamických vlastností sústavy aktívnej izolácie kmitania. *Strojnícky časopis* 1974, Roč. 25, č. 6, str. 637-645.

[7] Stein, J., Ballo, I., Dalžuffo, J.: Investigation of model active vibration-isolating system on an analogue computer. *12. konferencia o dynamike strojov*, Vysoké Tatry, apríl 1979.

[8] Stein, J.: Príspevok k metodike merania charakteristík elektrického signálu pomocou AP. (Kandidátska dizertačná práca). ÚMMS SAV, Bratislava 1979.

[9] Stein, J., Ballo, I.: Možnosti použitia sériovej číslicovej deličky „DEDEL”. *Elektrotechnický časopis* 1978, Roč. 29, č. 6, str. 450-455.

[10] Ballo I., Szuttor, N., Stein, J.: Experimentálny výskum dynamických vlastností pracoviska riadiča zemného stroja s aktívnou vibroizolačnou sústavou. *Strojnícky časopis* 1984, Roč. 35, č. 1-2, str. 7-16.

[11] Stein, G. J., Ballo, I.: Active vibration control system for the driver's seat for off-road vehicles. *Vehicle System Dynamics*. Vol. 20, No. 2 (1991), p. 57-78.

[12] Gajarský, M.: Niektoré vlastnosti elektropneumatického aktívneho vibroizolačného systému. *Strojnícky časopis* 1984, Roč. 35, č. 1-2, str. 51-66.

[13] Ballo, I. – Gajarský, M. – Stein, J.: Aktívna elektropneumatická vibroizolačná sústava pre sedadlo vodiča-operátora. In: *Sixth International Conference on Theory of Machines and Mechanisms*. Liberec: Technická univerzita, 1992, str. 11-16.

[14] Stein, G. J., Ballo, I.: Výsledky výskumu elektropneumatickej aktívnej vibroizolačnej sústavy. *Strojnícky časopis*, 1996, Roč. 47, č. 5, str. 281-299.

Bratislava, august 2017