ÚJV 2535 - P

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE VĚD

ÚSTAV JADERNÉHO VÝZKUMU

ŘEŽ

INFORMAČNÍ A ŘÍDICÍ SYSTÉM SEISMOLOGICKÝCH EXPERIMENTŮ NA MATERIÁLOVÉM ANALYZORU

Ing. J. Málek

CZ7100066

ÚJV 2[illegible]5 - P

INFORMAČNÍ A ŘÍDICÍ SYSTÉM SMYČKOVÝCH EXPERIMENTŮ NA MATERIÁLOVÉM REAKTORU

Ing. J. Blažek

Obsah.

1. Úvod.
2. Poznatky ze zahraničních reaktorů provozovaných s pomocí počítačů.
2.1 Zkušenosti z provozu počítačů na jaderných reaktorech.
2.2 Přehled funkcí počítačů na jaderných reaktorech.
2.3 Cenové relace mezi různými informačními systémy.
3. Požadavky na měřicí a řídicí systém.
3.1 Pracovní postup při smyčkových experimentech.
3.2 Požadavky vyplývající z provozu smyčky.
4. Varianty řešení informačního systému.
4.1 Popis variant.
4.2 Porovnání variant.
4.3 Předpokládaný způsob práce navrhovaného systému.
5. Závěr.
6. Dodatek.
Výpočty parametrů počítače.
Literatura.

Seznam tabulek.

Tab.1 Přírůstky kabeláže při použití počítače.
Tab.2 Parametry základní jednotky a periferií.
Tab.3 Složení a ceny interface pro plynové smyčky.
Tab.4 Složení a ceny interface pro vodní smyčku.
Tab.5 Složení a ceny interface pro sodíkovou smyčku.
Tab.6 Složení a ceny interface pro pomocné hospodářství.
Tab.7 Sestava počítačů pro plynové, vodní a sodíkovou smyčku.

Seznam vyobrazení.

Obr.1 Obecné schema kybernetické techniky.
Obr.2 Rozsah kybernetické techniky při použití analogové techniky.
Obr.3 Rozsah kybernetické techniky při použití počítače pro řízení.
Obr.4 Rozsah kybernetické techniky při použití počítače pro sběr dat.

1. Úvod.

Zpráva je pokračováním prací na přípravě projektu československého materiálového reaktoru (MR) se zaměřením na smyčkové experimenty, které mají být prováděny na třech plynových, jedné vodní a jedné sodíkové smyčce. Součástí těchto experimentálních zařízení je i t.zv. pomocné hospodářství, které se skládá z vloženého vodního okruhu a okruhů pro dochlazování, doplňování, vakuování a vyprazdňování. Předpokládá se, že pomocné hospodářství bude podle potřeby rozděleno mezi smyčky. Druhou velkou skupinu experimentů na MR tvoří ozařovací experimenty, kterými se zabývá L5.

Zpráva se opírá o výsledky průzkumu potřeb kybernetické techniky /L3,4/, který byl proveden v roce 1969. Při průzkumu byly informační kanály měřícího a řídicího systému (MŘS) klasifikovány podle jedenácti vlastností (a1 až a11), přičemž se uvažovala koncepce řízení a ochrany reaktoru, jak je uvedena v L2. Takovým způsobem vznikl model MŘS, který je v této práci využit.

Cílem práce bylo shromáždit, na základě současných představ o MŘS, podklady pro rozhodnutí, jakou koncepci MŘS zvolit. Otázky, které je nutné posoudit, se týkají funkcí, rozsahu, cen a struktury moderní kybernetické techniky (t.j. počítačů) a specializované (t.j. převážně analogové) techniky (ST). Vzhledem k tomu, že v ČSSR nejsou zkušenosti s rozsáhlými aplikacemi počítačů v reálném čase, je při posuzování některých otázek využito zahraničních poznatků. Tyto poznatky vyplývají především z provozu počítačů na jaderných elektrárnách. U experimentálních reaktorů bývá počítač součástí vybavení MŘS, avšak z důvodů nižších pořizovacích nákladů a nutnosti časté modifikace zařízení nenahrazuje počítač zcela specializovanou techniku.

Při vlastním zpracování získaných podkladů bylo ve velké míře použito počítače, vzhledem k rozsáhlosti souboru měřících a ovládacích kanálů. Na základě takto získaných informací byla sestavena celková schemata potřeb kybernetické techniky.

Řada otázek je posouzena pouze kvalitativně a jsou uvedeny faktory svědčící pro nebo proti navrhovanému řešení.

2. Poznatky ze zahraničních reaktorů provozovaných s pomocí počítačů.

Dnes existují desítky jaderných reaktorů, které jsou provozovány s pomocí počítačů. O řadě zkušeností z jejich provozu bylo referováno na semináři v norském městě Sandefjord v září 1968 /I 1/. Řada poznatků je však zkreslena skutečností, že počítačové systémy vznikaly dodatečně, až po realizaci klasické měřicí techniky. Zařízení, která jsou plánována a realizována s použitím moderní kybernetické techniky, budou uvedena do provozu až na začátku 70. let. Přičemž však v převážné většině jde o výkonové reaktory.

Některé zahraniční zkušenosti zde uvedeme.

1. U složitých systémů, kdy na jeden, např. střední počítač, je napojeno více zařízení, musí vedle štábu programátorů existovat autoritativní orgán, který povoluje změny a zodpovídá za správnou funkci systému (programing manager).

2. Neosvědčuje se vysvětlovat způsob práce systému obsluze. Zřejmě je třeba, aby se obsluha aktivně podílela na programování.

3. Hlavní část programování, ladění a modifikace programů je možné provést až po instalaci počítače.

4. Programování počítače na experimentálním reaktoru UHTREX trvalo 7 člověko-let, přitom plná třetina času byla věnována rozboru, co vlastně má počítač dělat. (Počítač má paměť 4k a je k němu připojeno 600 analogových kanálů a přibližně 600 binárních kanálů, realizuje se 5 regulačních smyček).

5. U velkých systémů, které mohou pracovat dlouho bez poruchy, dochází k tomu, že obsluha zapomíná jak použitý hardware a software pracuje, což prodlužuje dobu opravy a zvyšuje možnost výskytu dalších chyb.

6. Důkladně je třeba posuzovat otázku spolehlivosti systémů s počítači. V současné době není již rozhodující otázkou skutečnost, zda analogový regulátor je méně či více spolehlivý než počítač (dnes se spolehlivost základní jednotky počítače blíží spolehlivosti analogových zařízení). Hlavní potíž používání počítačů spočívá v komplexnosti poruchy, která vznikne při selhání počítače, a kterou je možné u klasických zařízení přirovnat jen k vypadnutí sítě. Vedle toho existuje i možnost chyby v programu, která se projeví, až za jisté kritické situace. Oprava chyby může stát velké množství času i způsobit velké zásahy do systému. Situaci poněkud zlepšuje skutečnost, že na rozdíl od většiny analogových zařízení, existuje u počítače možnost vlastní kontroly.

Na základě zkušenosti je možné určit zařízení, která jsou nejméně spolehlivá a omezit jejich používání v systému. Co do spolehlivosti nejhůře jsou na tom psací stroje jako vstupní zařízení, na druhém místě reléové přepínače a na třetím rotační paměť. Avšak vedle nespolehlivých zařízení jsou velkým zdrojem chyb různé změny propojení v systému, ke kterému bude docházet na experimentálním pracovišti. Proto stojí velké úsilí různé prověřování na začátku vlastní práce, přičemž požadavek rozsáhlých možností kontroly zvyšuje nároky na programování.

2.2 Přehled funkcí počítačů na jaderných reaktorech.

Úkoly informačního systému na jaderných zařízeních můžeme rozdělit do těchto skupin:

1. Ochrana zařízení, která se opírá o analýzu poplachové situace vzniklé z překročení mezí nebo selhání určitého zařízení. Po vyhodnocení situace provádí zásahy odpovídajícího stupně. K tomuto bodu patří i kontrola hlavních a pomocných zařízení před startem.

2. Souhrnný sběr dat s jejich analýzou, zobrazováním na alfanumerické obrazovce (CRT) a různé druhy záznamů (periodický, na vyžádání, atd.).

3. Realizace sekvenčních automatik pro často se opakující postupy s vlastním zastavením a fixací parametrů při zjištění nesprávných podmínek. Sebekontrola akcí počítače.

4. Výpočty, např. termodynamických limitů a charakteristik, exposice neutronovým tokem atp. Výpočty různých zásahů a stanovení časově prostorového chování zařízení.

5. Řízení nastavováním žádaných hodnot nebo přímé řízení in-line.

6. Předběžné výpočty pracovních režimů plánovaných zařízení.

7. Aplikace moderních metod identifikace soustav, statistického vyhodnocování, korelační analýzy nebo optimalizace.

2.3 Cenové relace mezi různými informačními systémy.

V tomto odstavci uvedeme některé cenové údaje o různých informačních systémech, které vyplynuly z ekonomických rozborů provedených na skotském rychlém reaktoru "Thurso". Dále uváděné relace nemusí plně platit v ČSSR. Reaktor "Thurso" má výkon 250 MW a bude uveden do provozu roku 1971, takže jde poměrně o čerstvé údaje. Ukazuje se, že nejmenší náklady na MŘS vychází při použití konvenční techniky s malou centralizací. Pouze zvýšená centralizace stojí 5% a vybavení MŘS prostředky pro záznam dat dalších 15% nákladů. O 20% vychází dražší systém s 1 počítačem, obrazovkovým zobrazováním a centralizací. V případě, že se použijí dva počítače, t.zn. prakticky bez ST s naprostou centralizací a obrazovkovým zobrazováním, cena se zvyšuje o 30%.

Dále jsou uvedeny relativní náklady na koncová zařízení pro styk s obsluhou (cca 50-60%), kabeláž (cca 15-20%), čidla (cca 10%) a instalaci (cca 20%). Přitom se zdůrazňuje, že relace jsou závislé na rozsahu souboru, který je uvažován.

3. Požadavky na měřicí a řídicí systém.

3.1 Pracovní postup při smyčkových experimentech.

O průběhu experimentu se předpokládá, že proběhne v následujících etapách:

1. Formulace úkolu experimentu, výběr smyčky a místa pro experiment v reaktoru.

2. Konstrukce vlastního experimentálního kanálu, včetně potřebné kybernetické techniky umístěné v kanálu, která musí odpovídat možnostem měřicího a řídicího systému.

3. Předreaktorové zkoušky zahrnující dosažení požadovaných parametrů v neaktivním provozu. Výpočet režimu experimentu a jeho ověření.

4. Sestavení a vložení experimentálního kanálu do reaktoru. Vyladění experimentu spolu s prověrkami signalizací a havarijní ochrany.

5. Provoz experimentu.

6. Odstavení do chranliště, natlakování kanálu nebo připojení na dochlazovací okruh. Po určité době vizuální, mechanické, chemické a j. vyhodnocení.

Z uvedeného postupu vyplývá, že kybernetická technika příslušející k jednotlivým smyčkám musí především zajistit všechny požadavky plynoucí z bodu 5 a dále z bodů 3 a 6. Protože se předpokládá nepřerušovaný chod reaktoru v trvání 3 týdnů, mezi kterými je 1 týden příprav a přestavování experimentů, musí být během 1 týdne provedena převážná část práce související s bodem 3. Část kybernetické techniky musí neustále pokrývat potřeby plynoucí z bodu 6.

Protože reaktor bude využívat velký počet experimentátorů, je řízení a ochrana reaktoru navržena tak, že netvoří jeden celek s experimenty. Tři malé počítače universálního typu, zcela samostatně zajišťují požadovaný způsob práce reaktoru /L2/. Za tohoto předpokladu bude nutné, aby před spouštěním reaktoru se veškerá experimentální zařízení uvedla do chodu, a teprve potom byl spuštěn reaktor. Proto je nutné, aby prověřování experimentálních zařízení bylo rychlé se snadnou identifikací chyby a možností závady rychle odstranit.

3.2 Požadavky vyplývající z provozu smyčky.

Podle druhu provozu můžeme rozlišit dva případy.
V prvém případě experimentátor zadá způsob provedení a parametry experimentu obsluze a aktivně se nezúčastní vlastního experimentálního procesu. Příkladem takového experimentu může být zkoumání vlastností konstrukčních materiálů nebo paliva. Experimentátorova práce nastává, až po vyjmutí materiálu z reaktoru, kdy musí vyhodnotit ozářené vzorky. Pro takový druh provozu je výhodné vytvářet velké centralizované informační systémy s minimální obsluhou.

Uvedený způsob provozu se blíží standartním provozům ve velkých energetických zařízeních, kdy informační systém nepodléhá velkým změnám, přičemž jsou známy a při jeho konstrukci zakalkulovány téměř veškeré požadavky na systém.

V druhém případě experimentátor se aktivně zúčastní provozu, chce znát okamžitý stav experimentu a měnit jeho parametry v reálném čase. Za této situace bude vyžadovat autonomnost svého pracoviště a rychlou možnost úprav bez zásahu prostředníka (kapitola 2. bod 1.). Příkladem takového experimentu může být zkoumání palivových článků z hlediska jejich teplosměnných vlastností nebo zjištění mezních hodnot palivových elementů. Informační systém nebude tolik centralizovaný a obsluha bude rozsáhlejší.

4. Varianty řešení informačního systému.

4.1. Popis variant.

Z různých variant informačního systému si zde všimneme tří.

Na prvém místě je varianta označovaná jako klasická, t.j. veškerá měření a regulace jsou prováděna pomocí analogové techniky s běžnými provozními přístroji. Obsluha provádí

pravidelný zápis měřených hodnot, neboť vyhodnocování zápisů na zapisovačích je obtížnější. Naměřené výsledky jsou děrovány pro zpracování na počítači off-line.

Druhá varianta počítá s nasazením tří malých počítačů na jednotlivé typy smyček, přičemž pomocné hospodářství je rozděleno mezi jednotlivé smyčky. Stejně jako u prvé varianty předpokládá se, že složitější a rozsáhlejší výpočty se budou provádět na středním počítači off-line. O hierarchickém systému budeme mluvit v případě, že střední počítač bude přímo napojen na malé počítače. S tímto připojením se výhledově počítá při konečném dobudovaní informačního systému.

Ve třetí variantě se používá, na místo tří malých počítačů, střední počítač pro více zařízení MR, než představují tři smyčky s pomocným hospodářstvím.

4.2 Porovnání variant.

Podrobnější rozbor ukazuje, že všechny tři varianty vyžadují střední počítač, avšak liší se jednak v čase nasazení počítače během výstavby systému, a jednak spojením s experimentálními procesy na reaktoru.

Prvá varianta, vzhledem k tomu, že je počítač stejně její nezbytnou součástí pro předběžné výpočty a zpracování výsledků, se zdá být finančně nevýhodná a neperspektivní. Proto se jí nebudeme podrobně zabývat.

Pro porovnání variant nám budou sloužit výsledky průzkumu potřeb kybernetické techniky /L3,4/ a dále řada kriterií.

Abychom mohli dospět ke konkrétním závěrům, byl zvolen pro variantu tří malých počítačů typický malý počítač Varian 620/i, o kterém byly k disposici potřebné údaje.

Obecné schema kybernetické techniky se stručným popisem je na obr.1 a odpovídá programu 1416U, kterého se používalo pro vyhodnocování různých variant. Ovládací pult je rozdělen na čtyři sekce. Číslo u písmene S znamená počet signalizací,

u písmene I počet indikací, u písmene Z počet záznamů. V sekci označené R je maximální počet žádaných hodnot (r 2) spolu se všemi ovládacími kanály, vedoucími do experimentu (r 1). Nároky na koncové zařízení počítače pro styk s obsluhou jsou rovněž uvedeny. Dále je na schematu rozsah potřebného interface počítače, počet prvků ovládaných počítačem (r 3) a maximální počet žádaných hodnot zadávaných počítačem r 4.

Jak je ze schematu patrné, předpokládá se, že počítač pracuje v t.zv. režimu "set point control", který je náročný na vybavení experimentů analogovými regulátory. Dnes nelze jednoznačně rozhodnout, jestli bude možné používat počítače v režimu "direct digital control". Pokud by zkušenosti potvrdily výhodnost tohoto řešení, potom by analogové regulátory byly pouze u nejdůležitějších veličin, pro zajištění nouzového provozu v případě vypadnutí počítače. Schema se změní tak, že se zvýší počet kanálů r 3 a sníží počet žádaných hodnot r 2 zadávaných ST. Důležité je, že ať zvolíme jeden nebo druhý systém řízení, zůstává rozsah interface stejný.

Na obr.2 jsou potřeby kybernetické techniky pro první variantu. Schema vzniklo na základě průzkumového materiálu, ve kterém se neuvažoval parametr a10 - vazební propojení.

Přihlédneme-li k rozdělení podle parametru a10, vznikne schema na obr.3, které pokud se týče interface, odpovídá oběma dalším variantám. Úspory ve specializované technice nejsou dány pouze snížením počtu přístrojů pro záznam a ostatní funkce, jak je zřejmé z porovnání schemat na obr.2 a obr.3, ale také snížením jejich potřebné kvality, neboť slouží pouze k zajištění nouzového chodu. Tato skutečnost umožní, např. používat ve větší míře vícebodových zapisovačů, než by bylo možno z hlediska pracnosti a nepřehlednosti při vyhodnocování trvale používat.

Protože pro variantu se středním počítačem by bylo velmi výhodné použít počítač pouze pro pasivní funkce, jako je sběr dat, byl pro tento případ stanoven interface, který je na obr.4. Cena tohoto interface je přibližně 83.000 $.

V tabulce 1 jsou uvedeny vypočtené poměrné přírůstky kabeláže u variant s počítači oproti klasické variantě. Z tabulky je patrné, že při použití počítačů musíme počítat v průměru se 75% zvýšením rozsahu kabeláže. Tato okolnost vede k závěru, že by bylo velmi výhodné použít lokálních převodníků, t.j. takových, které jsou umístěny blízko u experimentu. Používání těchto převodníků není ještě běžné, avšak počítá se s tím, že budou brzy zaváděny do počítačových systémů.

Při dalším vyhodnocování varianty s malými počítači a varianty se středním počítačem budeme přihlížet k těmto 6 kriteriím:

1. Funkční dokonalost.
2. Spolehlivost.
3. Celkové pořizovací náklady.
4. Počáteční pořizovací náklady.
5. Náklady na programování.
6. Požadavky na pružnost systému.

V kapitole 2 jsou vyjmenovány funkce, které informační systém na reaktorech plní. Obě varianty mohou splnit požadavky plynoucí z bodů 1, 2, 3, 5, 6, přičemž ochrana zařízení se vztahuje pouze na zařízení smyčky a zásahy jsou uvažovány jen v rámci samotné smyčky. Varianta tří malých počítačů neumožňuje používat během experimentů složitější matematické modely, za účelem znalosti parametrů a charakteristik v reálném čase, proto je z hlediska bodu 4 méně výhodná.

Spolehlivost informačních systémů se zvyšuje použitím vhodného zálohování, které umožní rozšíření funkcí systému na úkor ST. Avšak 100% zálohování velkého počítače je podstatně dražší než několika menších počítačů, u kterých bez 100% zálohování dosáhneme dostatečného stupně spolehlivosti vhodnou strukturou.

Celkové pořizovací náklady na interface, který je stejný pro obě varianty, činí přibližně 204.000 $. Rozpis cen interface je uveden v tabulkách 3 až 6. Náklady na základní jednotky tří malých počítačů spolu s komunikačními zařízeními činí 135.000 $ (tabulka 7). Úspory v případě

použití jedné velké základní jednotky typu Varian, se stejně velkou feritovou pamětí jako mají 3 počítače, činí 19.200 $ (tabulka 7), což je necelých 6% celkových nákladů na variantu se třemi malými počítači. Nahrazení středního počítače typem Varian 620/i s rozsáhlou pamětí a vyčíslení rozdílu cen není přesné. V případě užití středního počítače bude jeho základní jednotka, vybavená multiprogramováním a větším množstním operačních registrů, podstatně dražší, takže uvedený rozdíl 19.200 $ bude ještě menší.

Velkou výhodou systému s malými počítači jsou počáteční náklady. Vezmeme-li v úvahu, že práci na materiálovém reaktoru zahájíme s menším rozsahem plánovaného experimentálního zařízení, potom jestliže např. na materiálovém reaktoru bude z počátku k dispozici pouze vodní smyčka, bude počáteční náklad na informační systém 74.000 $, t.j. 22% celkových nákladů v době konečné realizace bez hierarchické struktury.

Ve vyčíslených nákladech není započtena cena software. Můžeme očekávat, že tato cena bude větší u varianty se středním počítačem. Na druhé straně náklady na programování pro tři malé počítače budou větší než pro konkurenční variantu, a to hlavně z důvodů chudších možností software a nezbytnosti tvorby několika programů pro v podstatě stejné funkce. Výhodou varianty malých počítačů je snadné zapojení obsluhy zařízení do programování, čímž se splní jeden z požadavků uvedený v kapitole 2.

Pod požadavkem pružnosti systému rozumíme snadnost spolupráce obsluhy případně experimentátora se zvoleným informačním systémem. Tuto spolupráci ovlivňují především dva faktory.

1. Snadná modifikovatelnost systému na různé experimentální uspořádání a sestavy. Přihlédneme-li ještě ke dvěma skutečnostem, že chyby při modifikacích by měly mít co nejmenší dosah ve svých důsledcích na systém a k rozdílnosti problematik řešených na plynové nebo sodíkové smyčce, vychází nám z úvah požadavek autonomnosti experimentálních pracovišť.

Tento požadavek splňuje lépe varianta tří malých počítačů než varianta se středním počítačem, neboť vlivem vnějších interruptů se budou vzájemně ovlivňovat programy pro experimentální pracoviště.

2. Během přípravy experimentu bude nutné provádět řadu úkolů, jako příprava děrných pásek, výpisů programů, ladění programů atp., které jsou snadno realizovatelné na středním počítači vybaveném snímačem děrné pásky, děrovačem, řádkovou tiskárnou a jinými periferiemi. I když se počítá s tím, že řada úkolů tohoto druhu se bude provádět na středním počítači off-line, přesto jde o skutečnost nevýhodnou pro variantu tří malých počítačů a s konečnou platností tyto těžkosti může vyřešit jen hierarchická struktura.

Po zhodnocení všech výše uvedených skutečností je navržena varianta se třemi malými počítači. Důvody spočívají v tom, že řada problémů týkajících se hlavně programování, které dnes nejsou zcela jasné, se rozdělí na menší celky. Kromě toho se zdá, že systém skládající se z menších celků dává lepší záruky toho, že při realizaci materiálového reaktoru se informační systém nestane brzdou uvedení do chodu. Jisté nedostatky tohoto systému se odstraní postupným přechodem na hierarchickou strukturu se středním počítačem. Částka za tři počítače, které by v konečné realizaci byly navíc, oproti variantě se středním počítačem, činí 45.000 $. Tato částka se zaplatí spolehlivějším uvedením systému do chodu a uvolněnou kapacitou středního počítače, který bude dostávat informace z experimentů v ušlechtilejší formě.

4.3 Předpokládaný způsob práce navrhovaného systému.

O dozorných smyček se předpokládá, že jsou vybaveny specializovanou technikou, která obsahuje mnemotechnické schema se signalizacemi, panel s ovládacími prvky a panel s měřícími prvky. Dále je zde pult pro styk s počítačem, ve kterém je alfanumerická obrazovka s klávesnicí pro bezprostřední

styk s experimentem a psací stroj pro vedení protokolu experimentu.

Analogové regulátory pro dvě základní veličiny, např. výstupní teplotu plynu z článku a tlak plynu ve smyčce, zajišťují nouzový chod smyčky, i při vypadnutí počítače. Řada dalších regulací (např. stabilizace vstupní teploty plynu do článku) bude realizována počítačem, a to postupně během zdokonalování práce systému. Stejně tak se počítá s postupným zdokonalováním úrovně vedeného protokolu a s realizací různých sekvenčních automatik pro často se opakující situace.

Vlastní rozsah specializované techniky pro měření bude zajišťovat nouzový chod s možností neztratit veškerou informaci o experimentu. Nepočítá se s provozem bez počítače, přitom se bere v úvahu, že jde o experimentální práci, kterou je většinou možné opakovat a často se tak děje i z jiných důvodů (nevhodné uspořádání, neprokazatelnost jevu atp.). V případě cenného nebo dlouhodobého experimentu bude nutné počítat s možností zvláštních dodatečných opatření jak ve směru k zvětšení rozsahu specializované techniky, tak i ve směru zálohování nejdůležitějších funkcí nadřazeným počítačem po ukončení výstavby hierarchického systému.

Navrhovaný způsob práce je umožněn tím, že havarijní ochrana reaktoru je zajištěna prostředky mimo vlastní kybernetickou techniku smyčky.

Závěr.

Z celé řady hledisek byly porovnány tři varianty části informačního systému pro smyčkové experimenty na materiálovém reaktoru. Z těchto tří variant byla vybrána jako optimální varianta s malými počítači na jednotlivých smyčkách. Celková cena potřebného hardware bez náhradních dílů byla stanovena na 340.000 $.

V případě schválení stavby materiálového reaktoru je další práce, jako upřesnění rozsahu specializované techniky pro nouzový chod, ověřování algoritmů, zvláčnutí programování počítačů pracujících v reálném čase, závislé na tom, zda bude k dispozici řídicí počítač. Instalace počítače by měla být provedena na některém ze zařízení úseku reaktorové techniky, které je podobné těm, která budou na MR. Při předpokládaném rozsahu 4k paměti, 32 - 64 analogových vstupů, 32 binárních vstupů a výstupů, 2 analogové výstupy, 8 interruptů, hodiny, psací stroj, by se jeho cena pohybovala okolo 35.000 $.

Dodatek

Výpočty parametrů počítače.

V tabulce 2 jsou uvedeny některé parametry základních jednotek a periferií pro variantu malých počítačů.

Rychlost snímání analogových dat za sec.

Počet operací za sec. - počítá se pouze ze vstupních kanálů. Počet operací na binárních kanálech je dělen 12, neboť se předpokládá hromadné zpracování binárních kanálů seřazených do slov. Příspěvek jednotlivých kanálů je počítán z odhadnutého počtu elementárních operací a ze vzorkování, bez ohledu na to, je-li vzorkování podmíněné.

Využití počítače Varian. Počítač Varian má cykl paměti 1.8 sec. Při výpočtu jeho využití pokládáme elementární operace, ve kterých vychází předchozí parametr, rovné 3 cyklům t.j. 5.4 sec. Poměr potřebných cyklů paměti k celkovému počtu cyklů za jednotku času udává využití počítače.

Vnější paměť pro záznam provozu 1 hod. Aby obsluha mohla reprodukovat určitý časový úsek provozu (např. před nebo po havarii) jsou data z provozu zaznamenávána do vnější paměti. Rozsah vnější paměti pro tyto účely je dán u kanálů, které neslouží k regulaci,vzorkováním. U kanálů sloužících k regulaci se počítá každá desátá hodnota. Binární kanály nejsou započteny, neboť jsou většinou odvozeny od analogových signálů. Předpokládá se, že by byly zaznamenány pouze jejich změny a patřičný čas.

Velikost feritové paměti pro data. Za účelem odhadu potřebného rozsahu feritové paměti byla tato paměť rozdělena na tři části.

1. Pevná část paměti - obsahuje podprogramy pro vstup a výstup, převody binárně-dekadické a dekadicko-binární, interrupt, časování, ochranu a rozdělení paměti atp. V případě použití disku nebo bubnu, patří sem i jejich operační systém. Část této paměti slouží jako vyrovnávací paměť pro vstupní a výstupní zařízení. Podle celkové velikosti feritové paměti.

bývá pevná část paměti v rozsahu 500 slov u počítačů se 4k slov celkové paměti až 4000 slov u počítače s celkovou pamětí 16k slov.

2. Paměť pro uživatelské programy - obsahuje programy pro regulaci, shromažďování dat, logické operace a kontrolní programy pro správnou funkci počítače. Tato část paměti není příliš závislá na počtu kanálů, které jsou připojeny na počítač, ale vzrůstá s počtem funkcí, které má počítač plnit. Proto se dá říci, že se vzrůstající dobou provozu a stálým zdokonalováním systému budou nároky na tuto část paměti neustále stoupat. Do této části musíme zahrnout části programů pro výpočet bilancí, žádaných hodnot, extrémních hodnot atp., dále sekvenční automatiky a diagnostické programy. Řada z těchto posledně jmenovaných programů nebo jejich částí, budou uloženy na bubnu nebo disku.

Jsou známy některé údaje /L 1/, např. o programu pro spouštění turbiny, která se rovná 300 slovům, jiný takový program má 500 slov. Z těchto údajů můžeme utvořit závěr, že pro řízení celých agregátů je nutné počítat s programy, které se skládají z několika set slov.

3. Paměť pro data. Na rozdíl od předešlé části feritové paměti, která závisela hlavně na funkcích vyžadovaných na počítači, a nikoliv na množství kanálů připojených na počítač, část feritové paměti pro data je úměrná počtu kanálů. Z tohoto důvodu bude její rozsah s časem jevit určité nasycení.

Protože prováděný průzkum nám poskytl obraz o požadavcích na tuto část paměti, bylo jej využito pro odhad její velikosti. Odhad byl proveden na základě hodnot dvou parametrů: a7 t.zv. požadovaný druh zpracování a a9 t.zv. styk s obsluhou.

Při odhadu příspěvku od parametru a7 se vycházelo z následujícího přehledu potřebných míst ve feritové paměti - v závorce jsou uvedeny počty slov.

1. Historie proměnné Y(n). Vektor hodnot v paměti o rozměru n, který slouží k regulaci nebo filtraci.

2. Historie odchylky (n1). Vektor hodnot v paměti o rozměru n1 který slouží k regulaci.

3. Vektorový operátor W (n nebo n1) vektor hodnot v paměti o rozměru n nabo n1. Slouží-li k regulaci, potom je různý pro každou regulační smyčku, neboť v něm jsou obsaženy konstanty regulovaného objektu. Používá-li se pro filtraci, může být společný pro řadu kanálů.

4. Žádaná hodnota (1).

5. Mezní hodnoty (m1). Mezní hodnoty kontrolované proměnné, které budou obvykle dvě. V paměti musí být místo jen pro libovolně přestavitelné meze, neboť řada veličin bude mít pevné meze.

6. Uložení výsledku operace $Z = W \circ Y$ (1).

7. Adresa uložení výsledků (1).

8. Uložení výsledku kontroly (2/8).

9. Adresa uložení výsledku kontroly (2/8).

10. Adresa vstupního nebo výstupního kanálu (1).

11. Adresa vstupního nebo výstupního binárního kanálu (1/8).

Jak je patrno z počtu slov uvedených v závorce, byly binární kanály řazeny po osmi, aby zaplnily polovinu 16-ti bitových slov.

Další postup spočíval v tom, ke každé hodnotě parametru a7 přiřadit potřebný počet slov ve feritové paměti. Např. pro a7 = 3 (požadovaný druh zpracování je regulace) je třeba počítat s místy danými těmito body: 2,3,4,6,7,10 což činí 2.n1 + 4 slov.

Pro parametr a9 - požadavky na styk s obsluhou, se vycházelo z následujícího přehledu:

1. Identifikátor (4).

2. Adresa identifikátoru (2).

3. Akce (blokování, kontrola) (2).

4. Adresa uložení do vnější paměti (2).

5. Forma záznamu (4).

6. Adresa výstupního zařízení (1).

Stejným způsobem, jako pro parametr a7, se přiřadil každé hodnotě parametru a9 potřebný počet slov.

V tabulce 2 ve sloupci "Rozsah feritové paměti pro data" jsou uvedena konkrétní čísla odhadu, získané na počítači programem 1416U - paměť, pro maximální odhad, kde n=6, n1=6, m1=1 a minimální odhad, kde n=3, n1=3, m1=1, přičemž vektor pro filtraci se považuje za společný.

Navrhované celkové feritové paměti pro všechny tři počítače na smyčkách jsou v tabulce 7.

Literatura

/L1/ OCDE - Seminar on the Application of On-line Computer to Nuclear Reactors.
Sandefjord, Norway, 2nd-6th September, 1968.
Referáty OLC 1 - 33 .

/L2/ P.Kovanic, J.Rygl: Studie řídicího systému reaktoru pro materiálový výzkum.
Zpráva ÚJV 2375-RPA.

/L3/ J.Blažek, J.Vavřín: Výsledky průzkumu potřeb kybernetické techniky na experimentálních pracovištích úseku reaktorové techniky ÚJV.
(vydáno pro vnitřní potřebu ÚJV, 1969).

/L4/ J.Blažek, J.Vavřín: Metodika průzkumu potřeb kybernetické techniky. Zpráva ÚJV 2359-P.

/L5/ J.Vavřín: Informační a řídicí systém ozařovacích experimentů na materiálovém reaktoru. Zpráva ÚJV (v tisku).

Tab.1 Přírůstky kabeláže při použití počítače.

Zařízení:		Plyn.sm.	Vod.sm.	Sed.sm.	Pom.hosp.
ST	Počet kanálů	385	130	264	117
	%	100	100	100	100
ST+P sběr dat	Počet kanálů	502	163	320	154
	%	130	125	121	131
ST+P včetně řízení	Počet kanálů	624	226	492	223
	%	162	174	186	190

Tab.2 Parametry základní jednotky a periferií.

Zařízení	Rychlost snímání anal.dat za sec	Počet operací za sec	Využití počítače Varian [%]	Vnější paměť pro záznam provozu 1 hod.	Rozsah feritové paměti pro data min - max
Plyn.smyčky	25	7.091	4	60k	2.972 7.145
Vodní smyčka	9	2.349	1,2	13k	941 1.916
Sodík.smyčka	9	2.301	1,12	12k	2.151 4.342
Pomocné hosp.	3	1.820	1	9k	975 1.974

Tab. 3 : Složení a ceny navrhovaného interface pro plynové smyčky.

Požadov. počet kanálů	Navrh. počet kanálů	Počet	a označení částí interface		Cena všech kusů ℊ	Celkové ceny ℊ
189 analogové vstupy nízká úroveň	192	3	Analog. systém	620/i 85	15.120	
		9	Přídavný přepínač	85-1	18.180	
		30	Konektory	92-8	840	34.140
130 analogové vstupy vysoká úroveň	128	1	Analog. systém	85	5.040	
		3	Přídavný přepínač	85-1	6.060	
		10	Konektory	92-8	280	11.380
66 binární vstupy	80	4	Releový blok, vstup-výstup	83-3	6.720	
		1	Releový blok, vstup	83-2	1.120	7.840
0 binární výstupy	64		Releový blok 83-3 obsahuje 16 relé vstupních a 16 relé výstupních			započteno
47 analogové výstupy	4	2	Dvojitý převodník D-A	87	11.200	11.200
		4	Chassis pro řídící jed.	01	1.120	
		5	Zdroje	95-5	2.800	
		7	Systém konektorů	95-6	3.920	
		3	BIS	20	1.680	
		1	Skříň pro bloky s ventilací	90	1.795	11.315
				Celková cena		81.875

Tab. 4: Složení a ceny navrhovaného interface pro vodní smyčku.

Požadov. počet kanálů	Navrh. počet kanálů	Počet označení částí interface		Cena všech kusů $	Celkové ceny $
48 analogové vstupy nízká úroveň	64	1 Analog. systém 620/1	85	5.040	
		3 Přídavný přepínač	85-1	6.060	
		8 Konektory (44)	92-8	224	11.324
54 analogové vstupy vysoká úroveň	64	1 Analog. systém	85	5.020	
		1 Přídavné přepínače	85-1	2.020	
			95-5	560	
			95-6	560	
		6 Konektory (44)	92-8	168	8.328
28 binární vstupy	32	1 Releový blok, vst.-výst.	83-3	1.680	
		1 Releový blok, vst.	83-2	1.120	2.800
4 binární výstupy	16				započteno
17 analogové výstupy	2	1 Dvojitý převodník D-A	87	5.600	5.600
		3 Zdroj	95-5	1.680	
		2 Systém konektorů	95-6	1.120	
		2 BIS	20	1.120	
		2 Chassis pro řídící j.	01	560	
		1 Skříň pro bloky s ventilací	90	1.795	7.275
		Celková cena			35.319

Tab. 5: Složení a ceny navrhovaného interface pro sodíkovou smyčku.

Požadov. počet kanálů	Navrh. počet kanálů	Počet a označení částí interface		Cena všech kusů $	Celkové ceny $
76 analogové vstupy nízká úroveň	80	2 Analog. systém 620/1	85	10.080	
		3 Přídavný přepínač	85-1	6.060	
		14 Konektory (44)	92-8	392	16.532
111 analogové vstupy vysoká úroveň	128	1 Analog. systém	85	5.040	
		3 Přídavný přepínač	85-1	6.060	
		10 Konektory (44)	92-8	280	11.380
70 binární vstupy	80	5 Releový blok, vst.-výst.	83-3	8.400	8.400
30 binární výstupy	80				započteno
53 analogové výstupy	6	3 Dvojité převodníky D-A	87	5.600	5.600
		4 Zdroj	95-5	2.240	
		6 Systém konektorů	95-6	3.360	
		3 BIS	20	560	
		1 Skříň s ventilátorem	90	1.795	
		3 Chassis pro řídící jedn.	01	840	8.795
			Celková cena		50.707

Tab.6 Složení a ceny navrhovaného interface pro pomocné hospodářství

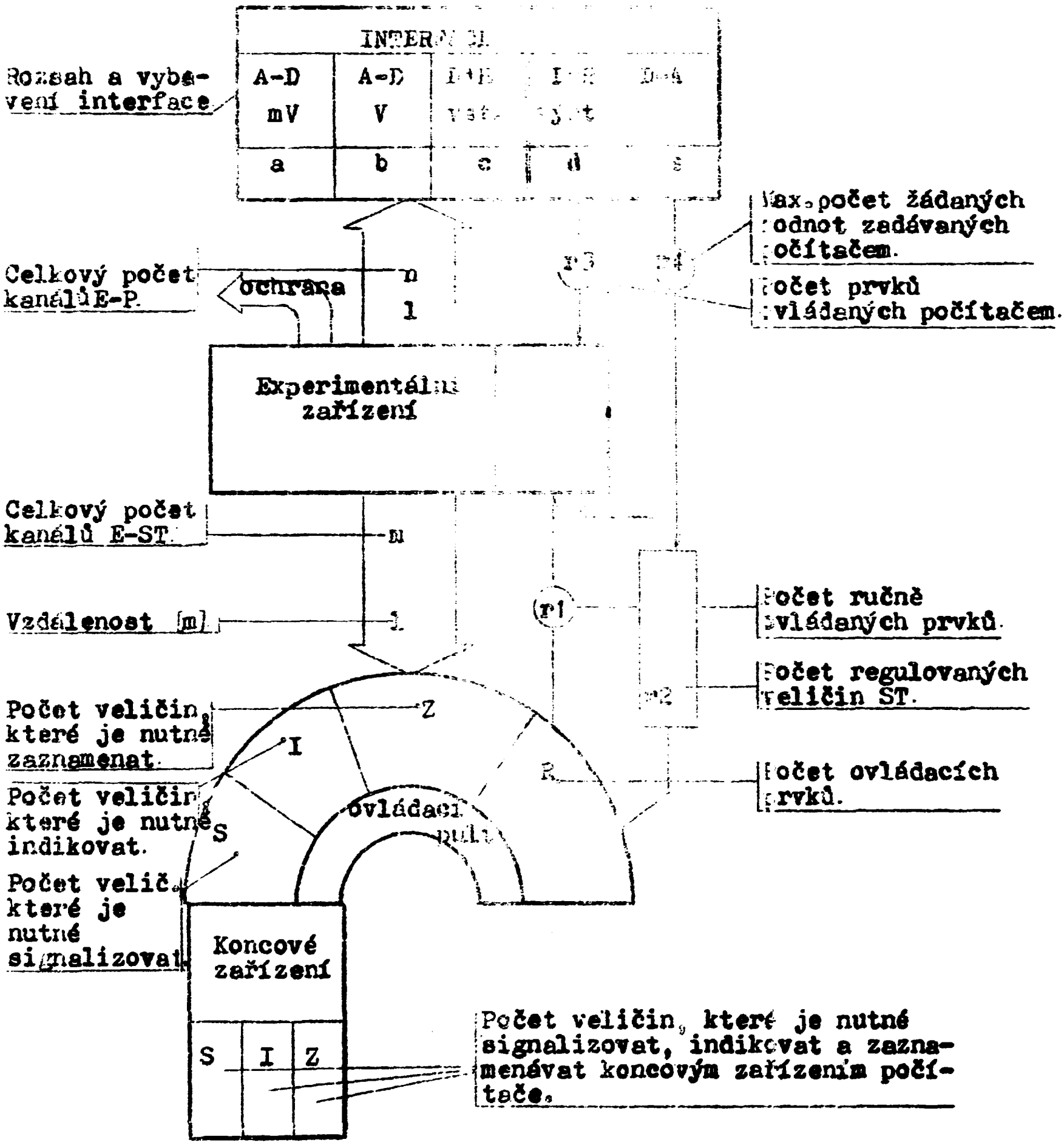
Požadov. počet kanálů	Navrh. počet kanálů	Počet a označení částí interface		Cena všech kusů Kč	Celkové ceny Kč
29 analog. vstupů nízké úrovně	32	1 Analogový systém 620/i	85	5.040	
		1 Přídavný přepínač	85-1	2.020	
		8 Konektory	92-8	224	7.284
68 analog. vstupů vysoké úrovně	96	1 Analog.systém	85	5.040	
		1 Přídavný přepínač	85-1	2.020	
		8 Konektory	92-8	224	7.284
29 binárních vstupů	32	2 Releový blok vst.-výst.	83-3	2.360	2.360
1 binární výstup	48	1 Releový blok výstup	83-1	1.345	1.345
36 analog. výstupů	4	2 Dvojité převodníky DA	87	11.200	11.200
		2 Zdroj	95-5	1 120	
		3 Systém konektorů	95-6	1.680	
		1 BIS	20	560	
		2 Chassis pro řídicí jedn.	01	560	
		1 Skříň s ventilátorem	90	1.795	5.695
		Celková cena			36.168

Tab.7 Sestava počítačů pro plynovou, vodní a sodíkovou smyčku.

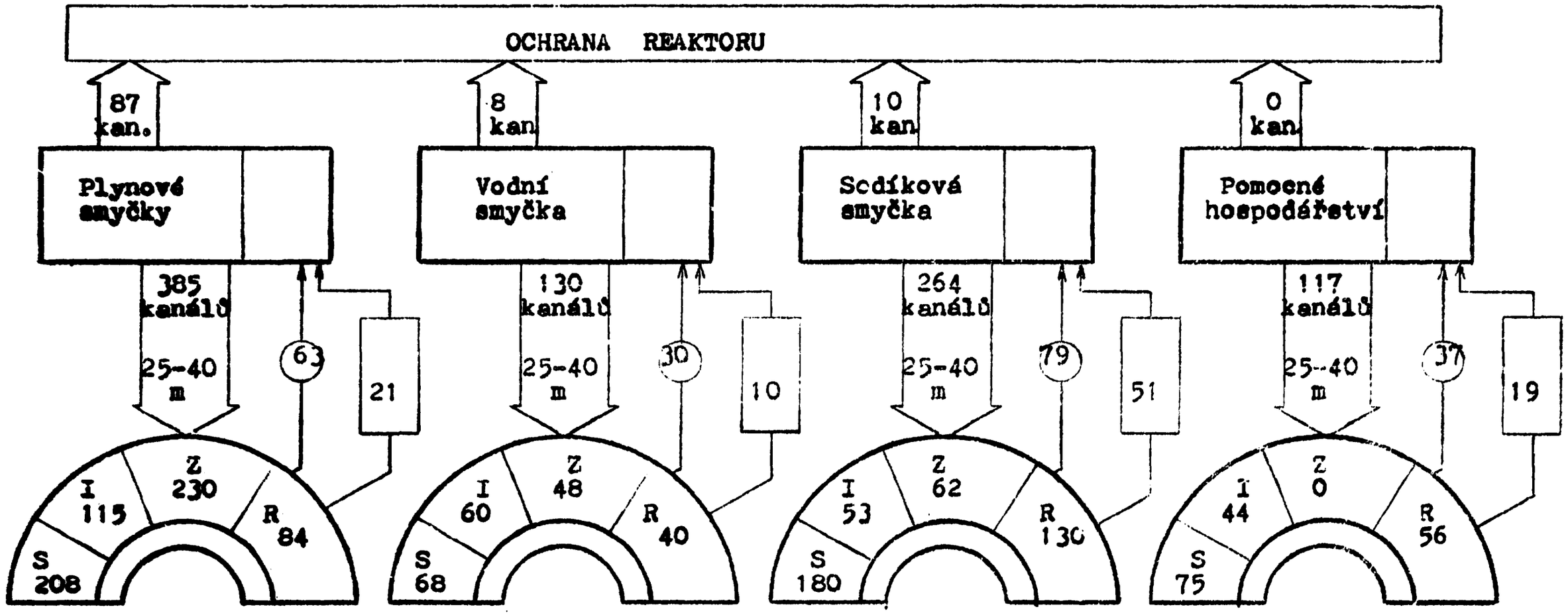
Název zařízení	Označení 620/i	Cena kusu $	Počet kusů pro plyn. smyčky	Počet kusů pro vodní smyčku	Počet kusů pro sodík. smyčku
CPU se 4k slov	00	11.150	1	1 +	1 +
Model paměti 4k	02 A,B	5.040	2	0	1
Blok rychlého násob.	10	1.120	1	1 +	1 +
Chassis pro paměť a říd. jednotky	01	280	1	0	0
Ochrana paměti	05	1.680	1	1 +	1 +
Hodiny	13	336	1	1 +	1 +
Zařízení pro zpětný start	14	336	1	1 +	1 +
Blok interruptů (8)	16	336	3	1	2
Obrazovkový display *	-	6.000	1	1	1
Psací stroj KSR35	07	3.730	1	1	1
Bubnová paměť 30k	44	12.660	0	1	1
Bubnová paměť 123k	46	14.900	1	0	0
Zařízení pro blokový přenos BIS	20	560	2	1	1
Zdroj	95-5	560	2	1	1
Celkové ceny	-	-	52.860	38.468	43.844
Úspory při použití jednoho počítače	-	-	-	9.582	9.582

+ Zařízení, která by byla společná v případě varianty se středním počítačem.

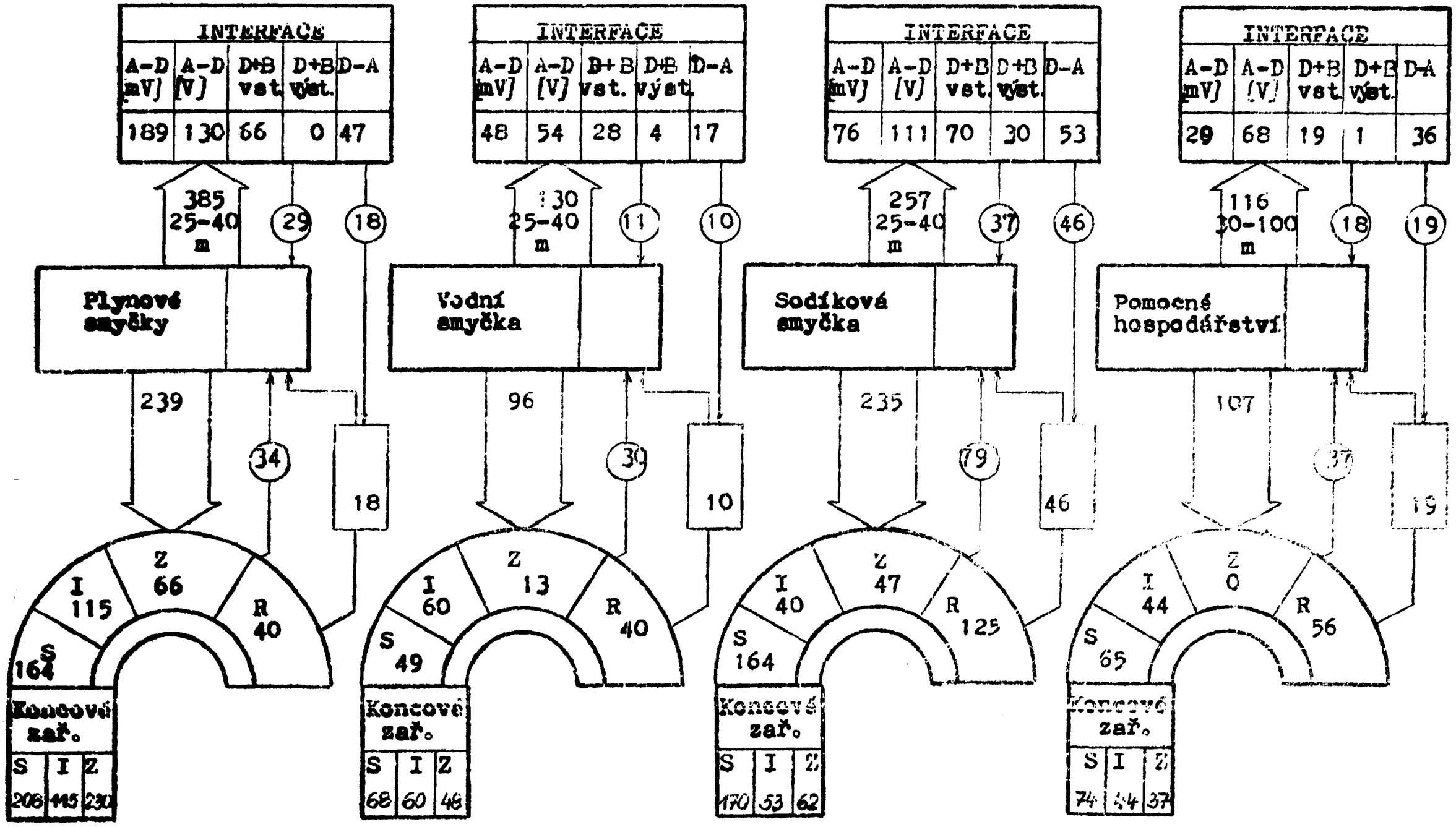
* není v sestavě počítače Varian 620/i.



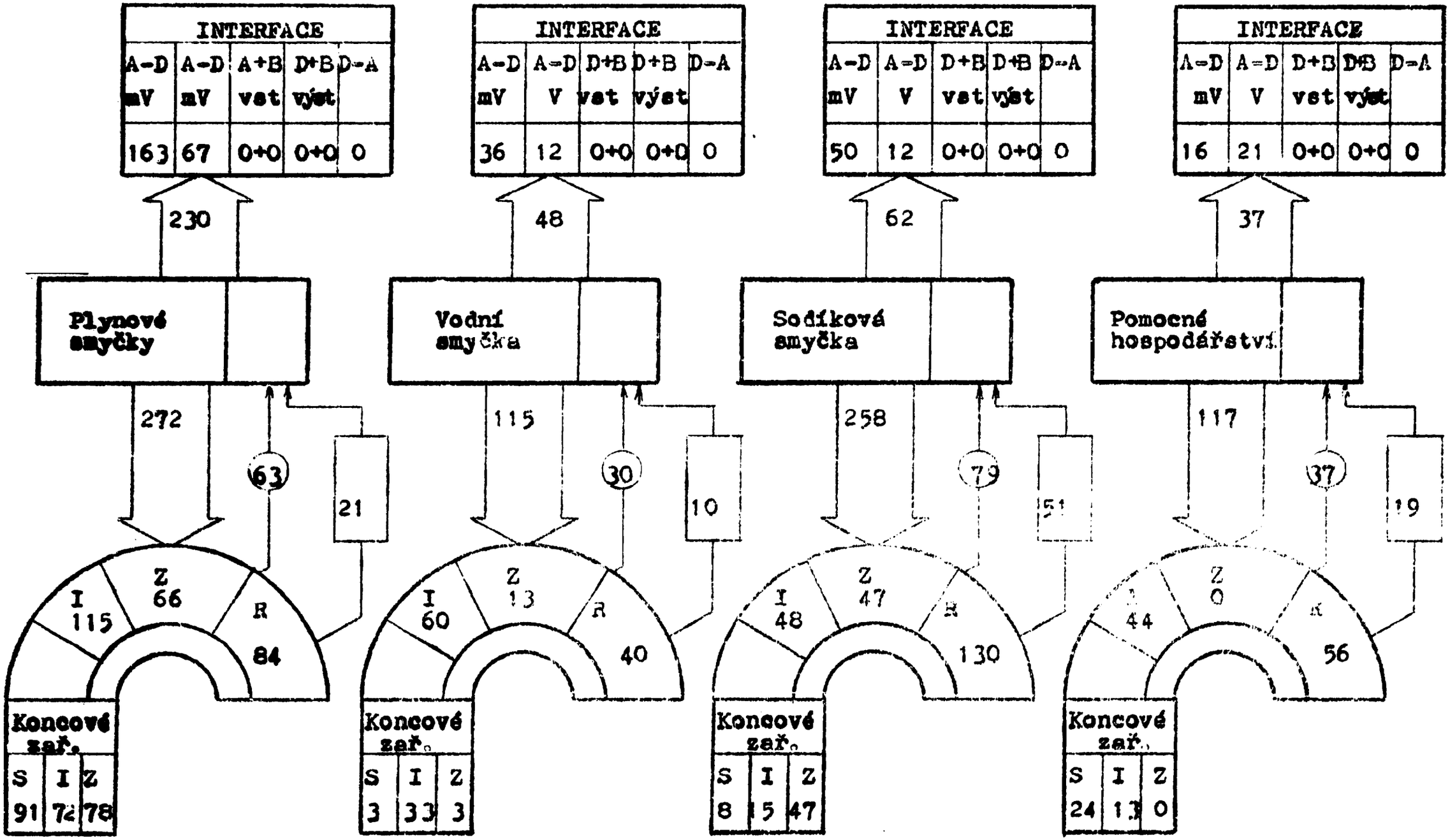
Obr. 1: Schema kybernetické techniky pro jeden experiment.



Obr. 2: Potřeby kybernetické techniky při použití jen ST.



Obr. 3: Rozsah ST a interface při použití počítače pro řízení.



Obr. 4: Rozsah ST a interface při použití počítače pro sběr dat.