

**ASOCIACE  
STROJNÍCH INŽENÝRŮ**



**VÍTKOVICE**

1828 - 1998

*170 let a.s. VÍTKOVICE*

**Bulletin Asociace strojních inženýrů vydává pro své členy**

**Adresa: ASI, Technická 4, 166 07, Praha 6**

**Motto:**

**Nedovedem e-li mluvit pravdu sami sobě,  
ztrácíme svoji samostatnost.**

Dr. Rašín

**OBSAH**

Ing. Václav Pastrňák 170 let a.s. Vítkovice .....	4
Prof. Ing. Jaroslava Trnka Vývoj naftových motorů v ČKD Praha .....	5
Prof. Doc. Jiří Nožičkové DrSc. CSc., senior a junior Stavba letadel v předmnichovském Československu .....	8
Daniel Schaffer - ABB Švýcarsko Elektrická síť obsahující asynchronní stroje s dvojnásobným buzením .....	21
<b>ZE SVĚTA I Z DOMOVA</b>	
Prohlášení vedoucích pracovníků evropského jaderného průmyslu .....	28
Modernizace 330 tušimických megawattů .....	29
<b>Z ČINNOSTI KLUBŮ</b>	
Klub ASI Brno .....	29
<b>SPOLEČENSKÁ KRONIKA ČLENŮ ASI</b> .....	33

**Redakční rada**

Ing. Václav Cyrus, DrSc., Ing. Václav Daněk, CSc., Doc. Ing. František Drastík, CSc.,  
Ing. Josef Vondráček

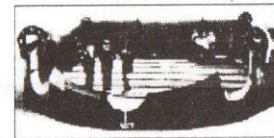
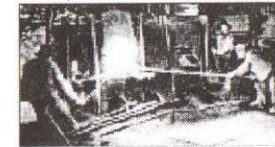
**1828**

byly ve vesničce Vítkovice o 157 obyvatelích založeny VÍTKOVICE.



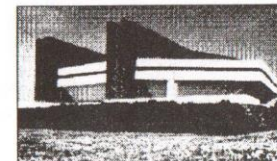
**1830** ve VÍTKOVICÍCH poprvé mimo Anglii vyrobeno kujné železo v pudlovací peci.

**1847** přivádějí železárny ve VÍTKOVICÍCH železnici do Ostravy  
**1894** VÍTKOVICE zabývají dodávky pro rakousko-uherské válečné námořnictvo.



**1928** VÍTKOVICKÉ borní a hutní těžišťstvo je největším hutním celkem v Československu a má zastoupení v 60ti zemích světa.

**1952** VÍTKOVICE staví Novou buť Ostrava s veškerým metalurgickým vybavením.

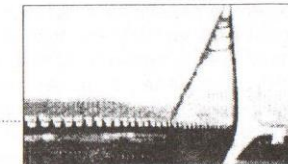


**1986** VÍTKOVICE dávají do provozu Palác kultury a sportu.

**1991** VÍTKOVICE dokončují Žižkovský vysílač

**1996** VÍTKOVICE dokončují tankoviště ropy u Kralup

VÍTKOVICE dodávají ocelovou konstrukci mostu přes Labe.



**1998**

Deset generací si předává štafetu umu a dovedností. V době, kdy byly VÍTKOVICE založeny, se lidstvo teprve učilo využívat páru. Ale svět se měnil...  
Na počátku éry elektřiny byly již vítkovické výrobky zapsány v dějinách naší země i celého světa.  
Dnes jsou VÍTKOVICE hutnicko-strojrenským komplexem s tradicí hloubou 170 let a perspektivou pro další generace.



**VÍTKOVICE**  
170 let a.s. Vítkovice

## 170 let a.s. Vítkovice

VÍTKOVICE jsou největším metalurgicko-strojírenským komplexem s uzavřeným výrobním cyklem v České republice a náleží k největším svého druhu v Evropě.

Nová doba a klima, včetně nové podoby státu, s sebou přinesly podstatné změny, které zasáhly všechna odvětví hospodářství a nevyhnuly se ani nám.

Od 1. února 1992, kdy se VÍTKOVICE staly akciovou společností, procházejí postupným procesem transformace a privatizace, na jehož konci bude stát moderní, dynamická a prosperující společnost.

Současná podoba společnosti VÍTKOVICE, s tradicí sahající až do roku 1828, je dána divizním uspořádáním, které spolu s koncentrovanou vědeckovýzkumnou základnou, včetně projekčních a konstrukčních kapacit, tvoří výrobní cyklus.

Metalurgická produkce je orientována především na výrobu tlustých plechů a jakostních ocelí, bezešvých trubek, profilů a pásů válcovaných za studena.

Produkce strojírenských divizí potvrzuje tradiční vysokou úroveň našeho strojírenství a strojírenské metalurgie a nezastupitelnost při dodávkách velkých investičních celků. Originální kusová výroba unikátních zařízení je nyní rozšířena o nové programy ekologického a energetického strojírenství. Právě tyto výrobky a technologie se podílejí značnou měrou na dobrém jménu společnosti VÍTKOVICE na světovém trhu a otevírají možnosti další mezinárodní spolupráce.

Naším cílem je být integrovaným metalurgicko-strojírenským producentem evropského významu, který uspokojuje potřeby a požadavky zákazníků dodávkami vysoce kvalitních a spolehlivých výrobků z naší produkce.



**Ing. Václav Pastrňák**  
předseda představenstva  
výkonný ředitel a.s. VÍTKOVICE  
nar. 12.7.1950  
absolvent VŠE Praha

Do a.s. VÍTKOVICE nastoupil v březnu 1970 do tehdejšího závodu 6, provozu 640. Zde prošel v průběhu deseti let funkcemi rýsovače, referenta tvorby cen, normovače a ekonoma provozu. Od roku 1980 přechází do vedení závodu 6 do funkce vedoucího plánu a o dva roky později nastupuje jako vedoucí práce a mezd. V tomto období ukončil studia na VŠE v Praze. V letech 1985 - 1989 byl ve funkci ekonoma závodu 5. Od roku 1989 přechází na vedení podniku do funkce vedoucího cenového odboru a odboru operativní řízení ekonomiky. Se vznikem nové organizační struktury VÍTKOVIC byl od 1.1.1992 jmenován do funkce ředitele představenstva a jmenován výkonným ředitelem a.s.

Je místopředsedou DR Union Group, a.s. Ostrava,  
členem DR Ferromet Steel Inc., USA,  
členem představenstva Hospodářské komory ČR,  
Regionální hospodářské komory Ostrava,  
Hutnictví železa, Praha  
Ferromet, Praha  
Investičního fondu Union, Ostrava  
člen představenstva a viceprezident Svazu průmyslu a dopravy ČR, Praha  
člen Rady ředitelů České podnikatelské rady pro trvale udržitelný rozvoj, Praha  
člen Rady Sdružení pro obnovu a rozvoj severní Moravy a Slezska, Ostrava  
a člen vědecké rady VŠB - Technické univerzity, Ostrava.

## Vývoj naftových motorů v ČKD Praha

*Prof. Ing. Jaroslav Trnka - Univerzita Pardubice*

Vývoj spalovacích motorů různých velikostí, pracujících s různými pracovními oběhy a palivy, je podmíněn vysokou úrovní znalostí z různých vědních disciplín, invencí a delší praktickou zkušeností konstruktérů i manuálních pracovníků, přiměřenými finančními možnostmi podniku a dalšími činiteli. Lze proto s hrstí konstatovat, že průmysl českých zemí tyto požadavky splňoval a mohl se úspěšně zapojit do vývoje a produkce spalovacích motorů již na konci 19. tého století a do dnešního vyvinout a vyprodukovat stovky tisíc pístových i proudových motorů na různá paliva většinou dobré technické úrovně. Z řady výrobců, kteří tyto motory produkovali pro různá použití, lze na př. jmenovat alespoň továrny Laurin a Klement, Tatra, RAF, Škoda Českomoravské strojírny, Breifeld a Daněk, Českomoravská Kolben Daněk, Walter, JAWA, Praga, Zbrojovky v Brně a Strakonících, Wichterle a Kovařík, Orion, Pujman, Královopolská strojirna, I. Brněnská strojirna, AZN Mladá Boleslav, LIAZ, Avia a řada dalších. Během let se tyto strojírny různě spojovaly a přeměňovaly. Dále bude krátce uveden přehled vývoje naftových motorů v ČKD Praha se zvláštním zřetelem na období po druhé světové válce, kdy se tento podnik stal největším výrobcem dráhových motorů v Evropě. Nebude sledován vývoj velmi spolehlivých spalovacích motorů pro silniční vozidla (i když automobilka Praga součástí koncernu ČKD byla), pro letadla a tanky.

První naftový motor v tehdejší Českomoravské strojírně v Libni zkonstruoval po návratu od fy. Sulzer (Švýcarsko) Ing. Jan Košťál (pozdější profesor na ČVUT Praha). Jeho, tzv. "kompresorový" motor s rozprašováním paliva do válce vzduchem o vysokém tlaku (6 až 8 MPa) s výkonem 60 k (= 44,2 kW) byl vystavován v r. 1913 na hospodářské výstavě v Praze. Do konce r. 1918 však vyrobila tato továrna naftových motorů jen šest.

Po první válce zavedla výrobu kompresorových motorů i strojirna Breifeld-Daněk v Praze, která přešla k výrobě motorů

rychlomějnějších ponorkového typu. Obě tyto továrny vyrobily v první polovině dvacátých let větší počet stacionárních naftových motorů i několik reversních lodních o výkonu až 400 k (= 294,4 kW). Od roku 1924 tyto závody, které se staly členy koncernu ČKD (= Českomoravská-Kolben-Daněk), začaly používat (místo otevřených stojanových skříní a kompresorového vstřikování) skříně motoru uzavřené a přímý vstřik naftý čerpadlem do spalovacího prostoru tvaru Hesselmann, vytvořeného v pístech motoru. Do začátku druhé světové války bylo vyvinuto a vyráběno několik řad stacionárních, lodních, průmyslových a elektrárenských naftových čtyřdobých motorů s vrtáním až 420 mm a s výkonem podstatně přesahujícím 1000 k (= 736 kW). Pro pohon silničních válců i pro jiné účely se vyráběly od r. 1925 i menší dvoudobé naftové motory. Mnohé z těchto výrobků byly exportovány a využívaly se na lodích, v bagrech, v elektrárnách i jinde.

V meziválečném období byly dále vyvinuty pro pohon motorových vozů ČSD rychloběžné motory s vrtáním 150, 170 a 220 mm v řadovém, plochem (podlahovém) i vidlicovém uspořádání válců. Byly vesměs na vysoké technické úrovni, i když některé z nich měly menší životnost. Používaly totiž řadu velmi moderních prvků, se kterými nebyly zkušenosti, jako vstřikovací jednotek, nitrídaných vložek válců, svařovaných skříní, kalených čepů hřídelů, přímého i komůrkového vstřikování různého typu atd. Jejich výkon dosahoval téměř 500 k (= 368 kW). Vývoj těchto motorů byl začátkem války přerušen při projekci nových dvou typů vidlicových motorů. Prvý z nich o vrtání 150 mm se vcelku v motorovém voze osvědčil. Prototypová série druhého z nich - osmiválce vrtání 170 mm s úhlem rovin válců 90° - byla dokončena až po válce; v železničním provozu byla v důsledku silného torsního kmitání velmi poruchová. I když byla problematika tohoto kmitání urychleně prostudována, nepodařilo se poruchy jím vyvolávané odstranit a motory byly nahrazeny

nově vyvinutými vidlicovými motory téhož vrtání.

Krátce po skončení války byly urychleně zprovozněny dráhové motory ČKD v motorových vozech ČSD, které byly po větší část války pro nedostatek nafty odstaveny z provozu. Byla rozjeta výroba všech předválečných typů motorů vrtání 150, 220, 275, 300 a 420 mm pro tuzemsko i pro export na východ i jinam (Francie, Turecko, Argentina aj.), přičemž některé z nich byly - ne vždy šťastně - inovovány. Už koncem roku 1945 byl zahájen vývoj nových dráhových motorů pro ČSD (pro motorové vozy s vrtáním 170 mm a o něco později pro posunovací lokomotivy s vrtáním 310 mm) a speciálních pro Jugoslávii (pro válečná plavidla s vrtáním 310 mm a s přeplňováním). Se zřetelem k velké časové tísní probíhaly příprava výroby, objednávky odlitků, výkovek i dalších subdodávek současně s konstrukčním vývojem těchto motorů. Tento riskantní krok u motorů 12 V 170 DR s výkonem 500 k (= 368 kW) při otáčkách  $n = 1400$  ot/min, jichž bylo objednáno najednou 50 kusů, vcelku vyšel a náklady na pozdější úpravy byly přiměřené. Bylo to důsledkem značných zkušeností vlastních z vývoje dříve zmíněných vidlicových motorů, ale i tím, že v závodě byly k dispozici tři podobné motory sovětské a německé výroby i zkušenosti z provozu na ČSD. Prototypová série motorů 6S 310 DR s vrtáním 310 mm a s výkonem 750 k (= 552 kW) při  $n = 750$  ot/min byla v posunovacích lokomotivách značně poruchová a byl proto dán příkaz k jejich sešrotování, k zastavení další výroby a k náhradě v lokomotivách dvojicemi motorů 12 V 170 DR. Naštěstí se proti tomuto příkazu konstruktér Mžík tvrdě postavil, motor úspěšně překonstruoval a umožnil tím v Evropě největší export motorových lokomotiv do SSSR i jinam. Bylo jich (včetně těch, které použily tento motor s přeplňováním) asi 15 000 a jejich dnešní cena by se řádově blížila jednomu bilionu Kčs.

Současně vyvíjená série jednoho sta motorů (na kterou už byla v závodě řada subdodávek) stejného vrtání a otáček s osmi válci a s přeplňováním výkonu asi 2000 k (= 1472 kW) byla s přihlednutím ke změně vztahů k Titově Jugoslávii zrušena. Byl

dokončen pouze jeden motor, na kterém mohl být proveden rozsáhlý vývoj přeplňování a dalších uzlů, neboť v tehdejší obtížné energetické situaci továrna ČKD Sokolovo využívala "na černo" vyrobené energie ke krytí vlastní spotřeby. Později bylo vyrobeno pro tuzemsko i pro export několik desítek lokomotiv s tímto motorem. Výsledky experimentálního vývoje byly plně využity při vývoji přeplňovaného šestiválce.

Dobré výsledky pracovníků ČKD Sokolovo ve vývoji motorů způsobily, že na začátku padesátých let na příkaz "shora" byl proveden pro SSSR rozsáhlý vývoj lodního hnacího agregátu, tvořeného dvěma dvoudobými motory 8 DR 43 s vrtáním 430 mm, vyrobeného podle dodaných sovětských výkresů. Po odstranění hrubých konstrukčních chyb byl tento agregát vyráběn ve větším počtu kusů v závodě Škoda - Hradec Králové - Plotiště.

Několikere reorganizace průmyslu v padesátých letech silně poškodily a značně omezily vývoj naftových motorů v ČKD Sokolovo. V něm byly ponechány pouze vývoj a výroba motorů dráhových - všechny ostatní typy motorů ČKD byly předány do Škodových závodů a jejich výroba byla zrušena. Navíc byl zřízen Výzkumný ústav naftových motorů, do kterého přešla větší část erudovaných konstruktérů, pracovníků vývojové zkušebny a značná část pracovníků aplikovaného výzkumu, zabývajících se problematikou spalovacích motorů. Do tohoto ústavu přešly i dva vývojové úkoly, které se jevíly tehdy jako perspektivní a zajímavé. Ani jeden z nich však nebyl v ústavu VUNM splněn. Vývoj vzduchem chlazeného motoru vrtání 150 mm byl pro neúspěšnost zrušen a ani aplikace přeplňování na motor řady 170 nedosáhla stanovených parametrů. To se povedlo teprve Závodům těžkého strojírenství (ZTS) Martin, kam z nařízení ministerstva byly motory tohoto vrtání předány. Dalším příkazem byla velká část konstruktérů motoru, kteří ještě ve vývoji motorů zbyli, převedena do vývoje kompresorů, jichž se stalo ČKD hlavním výrobcem.

Na vývoji a výrobě dráhových motorů se pak VUNM nepodílel a spolupráce s vývojem v Sokolovu byla často konfrontačního charakteru.

Vzniklá tristní situace v oblasti vývoje

dráhových naftových motorů v ČKD Sokolovo se změnila s příchodem ředitele Ing. Pavlíčka, který dobře odhadl výhledové exportní možnosti těchto motorů, příp. vozidel, které je použijí. Přes negativní, málo pochopitelné, stanovisko VUNM, začali konstruktéři a zkušebníci usilovně vyvíjet přeplňované motory K 6 S 310 DR (mající velkou část dílů totožných s motory nepřepřítovanými stejného vrtání) pro průmyslové i drážní posunovací lokomotivy a ve spolupráci s odborníky-olejaři jako první v ČSSR i pro ně vhodné aditivované oleje. Z jeho popudu se začalo uvažovat přes stejné negativní postoj VUNM o vlastním vývoji lokomotivního motoru podobného typu, jaký vyráběla pro export Zbrojovka Brno. Začátkem šedesátých let byla ustavena vývojová skupina, která v krátké době vyvinula ve dvou verzích vidlicový dvanáctiválec K 12 V 220 DR s výkonem 1000 až 1500 k (= 736 až 1104 kW), který vyhověl v několika typových zkouškách. Prototypová série lokomotiv s těmito motory se plně v provozu osvědčila. Při vývoji tohoto motoru vývojová skupina jako první v ČSSR, \* ve spolupráci s Ing. Brandtem (ČKD Trakce) sestavila a aplikovala výpočtový program pro výpočet torzního spektra složitých soustav klikového mechanismu na počítači URAL, který zakoupila ČSAV, \* ve spolupráci s Ing. Vencovským, CSc. (výpočtové středisko ČKD) zpracovala program na počítači IBM pro výpočty ložisek staticky neurčitě uloženého klikového hřídele na pružných podporách metodou Hollanda podle hydrodynamické teorie, \* ve spolupráci s VÚKV podrobně proměřila tensometricky napjatost skříně motoru, \* použila řadu dalších výpočtových a experimentálních metod při vývoji plnicího okruhu, pístové a dalších skupin atd.

Tento slibně se rozvíjející vývoj naftových motorů v ČKD Sokolovo byl zcela paralyzován zrušením oddělení a násilným přeložením konstruktérů do Závodů naftových motorů Smíchov, převedením většiny vývojových a výzkumných pracovníků do závodu Lokomotivka a okamžitým odevzdáním veškerých zkušebních jednotek i výpočtových programů do VUNM, což nařídil technický ředitel Smíchova Ing. M.K., nechvalně známý konfident StB. Tím byli

vysoce erudovaní konstruktéři a experimentátoři degradováni na lepší kresliče a zkušebníky. Negativní přístup složek i celého osazenstva Smíchova k programu, který byl závodem nucen, vedl k dalšímu rozpadu skupiny a k novému podivnému přístupu k dalšímu vývoji motorů vrtání 220 mm. Toto bylo bez větších úvah zvětšeno na 230 mm a zvětšeny byly i zátěžové a rychlostní parametry motoru, který byl rozvinut v řadu. To vše vedlo k citelnému růstu poruchovosti a poklesu životnosti, přičemž jeho použití pro jiné účely než dráhové neznamenalo význačnější růst výroby. Skutečný další vývoj motorů na Smíchově se prakticky zastavil na konci šedesátých let, kdy už patřil tento závod do koncernu ČKD Naftové motory Praha. Vývoj naftových motorů v ostatních závodech a institucích, které přešly do tohoto koncernu, probíhal hlavně s pomocí VUNM. Tak vznikly např. lodní devítiválec vrtání 275, motor s vrtáním 380 mm, vidlicové motory vrtání 150 a 275 a několik typů s menším vrtáním. Jejich výrobní počty byly však malé.

Vlastní vývoj a výroba velkých sérií motorů vysoké kvality probíhaly v dalších podnicích a koncernech, např. ve Zbrojovce Brno, v Tatě Kopřivnice, v LIAZu, v ZTS Martin a jinde.

Nynější stav vývoje a výroby nových naftových motorů ve většině závodů v ČR je na bodu mrazu. Výzkumné a vývojové kolektivy jsou buď rozpuštěny vůbec anebo decimovány na složky, zajišťující servis pro dříve vyrobené motory, případně jejich drobnou modernizaci. Je málo pravděpodobné, že v dohledné době bude možno v ČR realizovat vývoj nových vlastních moderních naftových přeplňovaných motorů pro dopravu i pro jiné účely. Přítom český průmysl by mohl úspěšně konkurovat v exportu nákladních automobilů, trakčních železničních vozidel, říčních lodí a jiných výrobků, ve kterých je naftový motor hlavním zdrojem výkonu, do zemi bývalého SSSR, do Číny, Indie, Jižní Ameriky i jinam.

Závěrem lze uvést, že přínos vývoje a výroby naftových i jiných spalovacích motorů k úrovni našeho průmyslu i k úrovni znalostí jeho technických i manuálních pracovníků byl značný. Tento přínos lze např.

jen v závodě ČKD Libeň charakterizovat takto:

\* Konstrukteři a další pracovníci ČKD vyvinuli velký počet typů kvalitních naftových (i jiných) spalovacích motorů z velké části exportovaných v různých investičních celcích do řady zemí (např. do Jižní Ameriky, Turecka, Rumunska, SSSR, Číny, Egypta, Iránu, Iráku, Francie, Polska, NDR aj.). Byli v popředí zavádění a vývoje plicních systémů na motory, určené hlavně pro kolejová vozidla, která byla v obrovských číslech aplikována na ČSD i v zahraničí.

\* Výroba těchto motorů si vynutila řadu moderních výrobních postupů, jako svařování či odlévání složitých skříní z různých materiálů, vyhotovování jemných a přesných dílů, různé povrchové úpravy a pod.

\* Vývojová konstrukční skupina motorů a oddělení aplikovaného výzkumu zavedly větší počet moderních výpočtových a experimentálních metod ke zjišťování napjatosti, životnosti a deformací složitých částí, metodu třídění pístních kroužků s využitím jejich magnetických vlastností, dále pak realizovaly různé výpočtové programy pro výpočet torzních spekter a poměrů v ložiskách, v rozvodu a pod., zajistily vývoj aditivovaných olejů pro naftové motory s vyšším stupněm přeplňování, spolupracovaly při vývoji plicních, vstříkovacích, filtračních okruhů s řadou podniků aj.

\* Pracovníci ČKD Sokolovo, včetně té části, která odešla do VÚNM, uveřejnili výsledky většiny svých prací v periodikách našich

i zahraničních, v knihách a ve sbornících; tato činnost zintenzivnila po vzniku VÚNM. Po roce 1989 publikační činnost v oblasti motorů a v celém technickém oboru ustala a byla nahrazena pokleslými publikacemi v oblasti porna a jiných "kulturních" oblastí.

\* V odděleních, zabývajících se výzkumně-vývojovými problémy v oboru tepelných strojů z výrobního programu ČKD Libeň, vyrostla řada vynikajících odborníků, uznávaných i mimo rámec ČR. Někteří z nich se stali vysokoškolskými pedagogy (na př. profesori Košťál, Vrba, Maštovský, Janatka, Budinský, Souček, Macek, Höschl, Dvořák, Ak. Němec, Trnka aj., doc. Rippl a další).

Z těchto i z dalších skutečností vyplývá, že přínos pracovníků ČKD Libeň, kteří zajišťovali rozvoj oboru spalovacích motorů, jejich výrobu a aplikaci v různých investičních celcích, pro hospodářské výsledky ČSR a ČSSR byl značný. Umožnil, že i v době tvrdého embarga mohla ČSSR vyvážet obrovské počty zařízení s motory bez jakýchkoliv licencí do řady států světa i na domácí trh. Dnešní stav v oblasti výzkumu a vývoje motorů prakticky vylučuje nejen dnes, ale i do daleké budoucnosti, náš průmysl v tomto oboru z vyspělých států, které jsou schopny spalovacích motorů vyvíjet. To ho odsuzuje do pozic těch, kteří vyrábějí motory jen podle licencí, většinou zastaralých, jako je tomu v Rumunsku, v Polsku a v dalších průmyslově méně vyvinutých zemích.

posledním technickým oborem, který může hrát roli tažného koně ve vědecky fundovaném strojním inženýrství, rádi jsme nabídku přijali. Méně povzbudivý byl požadavek, abychom dodali rukopis do deseti dnů. I na tuto podmínku jsme přistoupili s upozorněním, že v tom případě bude hlavním podkladem náš současný názor na historii letectví a naše paměť, na prohlubující studium prostě nezbývá čas. Věříme, že náš článek je příležitostí k projevu úcty k dílu našich leteckých průkopníků a nadšenců, nikoliv nekrologem nad českým letectvím.

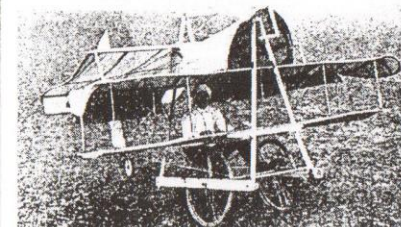
*Omlouváme se, že výkon motorů uvádíme v koních (1 k = 0,736 kW), nějak to však patří ke koloritu doby.*

### 1. Rakousko - uherské preludium

Do 28. října 1918 byly země koruny české vlastně kolonií Rakouska, zatímco Slovensko mělo podobné postavení v uherské části habsburské monarchie. Každý národ, i ten nepřilíš samostatný, si pěstuje legendu o nějakém tajuplném úspěšném letci v dávné minulosti. Antice vyhovovali hrdinové Daidalos a Ikaros, naši mentalitě vyhovuje spíše potrhlý švec Vit Fučík - Kudlička. Avšak legendami se zde zabývatí nebudeme stejně jako epochou aeronautiky. Pro československé a současné české letectví je typická aviatika tj. dynamické létání na strojích těžších než vzduch.

Ing. Pavel Beneš ve své autobiografické publikaci [1] rozlišuje tři generace aviatických průkopníků. Do té první řadí inženýra **Gustava Fingera**, který v r. 1895 uveřejnil ve své publikaci "Studie aeronautické" projekt svého letadla "Cyklon" s trupem ve tvaru trubice v podélné ose, v níž hodlal pomoci "turbin" vytvořit "nosnou osu", která podle jeho názoru měla vytvářet vztlak i zajišťovat stabilitu. Fyzikální podstata je nejasná, snad se v tomto projektu skrývá nepochopení Helmholtzových vět o vírech a Magnusova efektu. Tento projekt byl patentován v r. 1909. Podobně nejasné pozadí má i projekt inženýra **Emila Žižky** z téhož roku tzv. "gyroskopického letadla", které má na výložnicích vybihajících z boků trupové konstrukce místo pevných křidel motoricky poháněné rotující kotouče připomínající obrácené talíře, které měly svými

gyroskopickými účinky zajišťovat stabilitu i řízení (gyroskopické účinky rotujících hmot se v letectví považují spíše za jev nežádoucí, který je nutno kompenzovat; v ojedinělých případech se jich využívalo jako ctnosti z nouze, příkladem může být pověsta Bigglesova zatáčka - nemůžeme se dohodnout, zda byla levá či pravá - podpořená gyroskopickým momentem rotačního motoru). A tak pravděpodobně prvním českým aviatikem, konstruktérem i letcem v jedné osobě, byl dejvický strojník **Štěpánek**, který v polovině devadesátých let (tj. v době Lilienthalově!) konal v Šáreckém údolí pokusy v klouzavém letu prý až do dálky 60 až 80 m, až mu byly pro nebezpečí veřejného ohrožení policejné zakázány. Dochovaná fotografie Štěpánkova letadla z r. 1897 (obr.1.) nezbuzuje mnoho důvěry.



Obr. 1. Štěpánekův kluzák (1897).

Druhou průkopnickou generaci tvoří nadšenci, kteří byli uchváteni úspěchy francouzských "báječných mužů na létacích strojích" hlavně po Blériotově přeletu kanálu La Manche 21.7.1909. Setkáváme se zde se jmény **Jana Čermáka** z Velkého Meziríčí a později z Plzně, Vídně a mnoha dalších měst rakousko - uherského mocnářství, **Františka Šimůnka** z Nuslí, inženýra **Otto Hieronymuse** z mladoboleslavské Laurinky, **Karla Tučka**, **J. Černíka** a **Ludvíka Očenáška** z Plzně, vedou však Pardubičáci inženýr **Jan Kašpar** (1883 až 1927) a jeho bratranec **Evžen Čihák**, k němuž se později připojil bratr Hugo. Všichni tito nadšenci chtěli především létat. Ti majetnější si dovezli z Francie hotové letadlo, ti méně majetní alespoň motor a letadlo stavěli kutilským způsobem sami většinou podle francouzských vzorů. Tak se Čechy hemží

## Stavba letadel v předmnichovském Československu

Príspevek k 80. výročiu československého a českého letectví  
Část I.

Prof. Ing. Jiří Nožička st., DrSc., doc. Ing. Jiří Nožička ml., CSc.

Dne 15. září 1998 jsme byli vyzváni vydavatelem tohoto bulletinu, abychom napsali příspěvek ke zmíněnému výročí. Protože oba máme letectví rádi, při různých příležitostech

j jsme se s ním na amatérské i profesionální úrovni setkali, a uvědomujeme si, že po ztrátě šancí v hardwareové technice kybernetiky a po zpochybnění jaderné energetiky je letectví

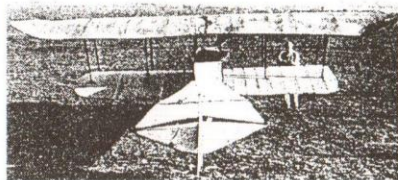
různými variacemi na blériotovské téma, vzácnějším vzorem je Santos - Dumondova Demoiselle nebo typ Morane (zahraniční piloti občas předváděli i typy Farman a Wright). Generální útok na české publikum zahájil především Jan Kašpar. Nejprve začal konstruovat letadlo vlastní, pak dovezl z Francie blériota, i toho však přestavoval podle vlastních představ. To bylo v letech 1909 a 1910. Velkou popularitu získal dálkovým přeletem Pardubice - Praha 13.5.1911 s redaktorem Kalvou jakožto pasažérem, což byl tehdy nejdelší přespolní let v monarchii. Po řadě veřejných produkcí pro široké publikum (vstupné bylo jediným "leteckým" zdrojem příjmů tehdejších českých aviatiků, "vyřábět letadla pro rakouskou vládu nemohl žádný Čech a nikdo na to ani nepomyslel" napsal P. Beneš) si zřídil v r. 1911 v Pardubicích aviatickou školu. Evžen Čihák získal pilotní diplom v r. 1911. Stavěl vlastní letadla podobná vzorům Morane - Saulnier. Na obr. 2 je jeho



Obr. 2. Čihákovo letadlo "Rapid" (1913).

typ "Rapid" z r. 1913, pravděpodobně nejvyspělejší předválečné letadlo české konstrukce. Vyskytli se i konstruktéři speciálních leteckých motorů. Již zmíněný L. Očenášek zkonstruoval a postavil v letech 1903 až 1907 osmiválcový rotační motor o výkonu 15 koní při váze 75 kg, dnes je exponátem Národního technického muzea (NTM) v Praze. Otto Hieronymus postavil v závodech Laurin a Klement v Mladé Boleslavi letecký stojatý čtyřválec o obsahu 5,2 l, výkonu 50 koní při 1400 otáčkách za minutu, jeho měrná hmotnost byla 2,12 kg na koně (dnes v Technickém muzeu ve Vidni). Zdá se, že v té době měl k profesi leteckého konstruktéra nejbližše Stanko Bloudek (1890 až 1959). Jeho otec byl český důlní inženýr, matka Slovinka. Jako student strojíního inženýrství na pražské technice konstruoval v r. 1910 pro J. Čermáka hornoplošník

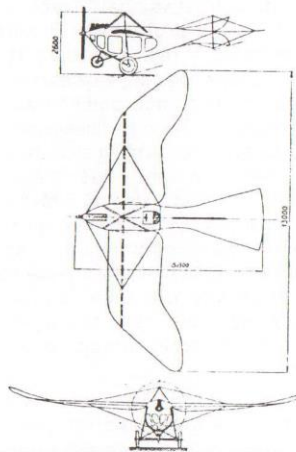
připomínající letadlo "Demoiselle", rok nato originálně řešený dvojplošník "Libelle" o rozpětí 8,5 m s ležatým dvouválcovým motorem Darracq 30 koní (obr. 3), který zajistil Čermákovu aviatickou slávu. V roce 1911 získal Bloudek zaměstnání jako konstruktér u Etrichovy firmy.



Obr. 3. Dvojplošník "Libelle", konstrukce S. Bloudka (1911).

Přes Bloudka jsme dospěli k neuralgickému bodu české letecké historie, k leteckému průkopníkovi světového formátu **Dr. Ing. h.c. Igo Etrichovi** (1879 až 1967). Igův otec **Ignaz Etrich** byl úspěšným textilním průmyslníkem, jehož hlavní závod byl v Horním Starém městě u Trutnova (další závody později vlastnil v Bohuslavicích, v Havlíčkově Brodu i v zahraničí). Byl Lilienthalovým obdivovatelem a po Lilienthalově tragické smrti zakoupil z pozůstalosti kluzák č. 10 "Sturmflügelmodell" a typ č. 17 "Großer Schlagflü-gelapparat". Ve své továrně pak vybudoval zhruba v r. 1900 leteckou laboratoř, v níž vyvinuli spolu se synem Igem nepříliš úspěšný kluzák trojúhelníkového půdorysu o rozpětí 10 m s trubkovou konstrukcí a podvěšeným vozíkem, který startoval z nakloněné roviny. V r. 1903 angažovali jako výzkumníka, technika a konstruktéra **F. X. Welse**. Igo spolu s Welsem objevili v brožuře hamburgského profesora Fr. Ahlborna rozbor letových vlastností okřídlených semen jávské palmy zanonía macrocarpa. To prý dokáže ve větru doklouzat stabilním letem až do vzdálenosti 1000 km od mateřského stromu. Jeho tvaru pak využili v r. 1903 ke stavbě nejprve malého kluzáku o rozpětí 6 m, který dobře létal se zátěží asi 25 kg, v r. 1906 jej opatřili motocyklovým motorem o výkonu 3,5 koně (dnes je jedním z nejceněnějších exponátů NTM v Praze). V též roce postavili velký kluzák o rozpětí

10 m, který vyzkoušeli nejprve s umělou zátěží 75 kg, v roce 1907 pak v něm provedl Wels jakožto pilot první prokázaný klouzavý let člověka v Rakousku - Uhersku. V roce 1909 byl přestavěn na letoun motorový (Antoinette 24 koní) a opatřen příďovou vodorovnou řídicí plochou, let se uskutečnil v Pratu a ve Wiener Neustadtu, kam Igo Etrich přenesl své letecké aktivity a kde získal nového spolupracovníka Karla Illnera. Tam vznikla první Etrichova letadla "Taube", trupové vyztužené jednoplošníky s modifikovaným půdorysem křídle "zanonie", snad nejslavnější letadla rakouského a později i německého předválečného období. Na letadla "Taube" získal Etrich zakázky od rakouské armády, později prodal licenci do Německa Rumplerovi, avšak o svá práva v jakýchkoli licenčních sporech přišel, takže téměř každá německá továrna autostabilní letadla "Taube"



Obr. 4. Etrichova "Luftlimusine" z r. 1912.

vyráběla. Čech se však týkali Etrichova letadla "Schwalbe" (v r. 1911 nejrychlejší letadlo Rakouska - Uherska s rychlostí 163 km/h) a "Luftlimusine" (jednoplošník pro pilota a dva cestující v uzavřené oválné kabině, obr. 4), která vznikla opět v Trutnově a zalétána byla na továrním letišti v Josefově. Je zajímavé, že do českých leteckých dějin Etrich nebývá zahrnut. Pravděpodobně by o to ani nestál, "cítit se Rakušanem a Němcem a neměl styky

s lidmi naší společnosti" (citát z [1]). Podrobnější poučení o Etrichovi lze najít ve výborné historické monografii H. Salze [3].

Pak jsou zde čeští průkopníci třetí generace. Ti již mohli vyhodnotit poznatky a zkušenosti svých předchůdců a absorbovat příval nových inspirací ze Západu, jako byla aerodynamicky jemná letadla Ponier, Nieuport, Déperdussin či Antoinette. Do třetí generace našich leteckých pionýrů zařazujeme zejména **Pavla Beneše** (1894 až 1956), **Miroslava Hajna** (1894 až 1963) a **Antonína Husníka** (1896 až 1947). Díky autobiografické publikaci [1] známe názorový vývoj prvního z nich. Nejprve jej zaujaly problémy stability letu kluzáku i motorového plošníku. Vyzkoušel je na řadě modelů bezmotorových i s motorem gumovým či na stlačený vzduch. Stabilní problémy jej přivedly i k etrichovským křídly tvaru zanonie a šípovým samokřídly podle vzoru Angličana Dunnea (1910!). Zkoušel různé profily křidel a v jeho zápisniku z r. 1913 se objevuje cosi, co silně připomíná autostabilní profil s esovitou střední čarou. Zabýval se rychlostními profily křidel s nízkým součinitelem odporu a dospěl k poznatku, že nemusí být nijak zvlášť tenké. Odtud byl jen krůček k ideji tlustého profilu, který by mohl skrývat nosnou konstrukci samonosného křídla. Do zápisniku z r. 1914 letadla se samonosnými křídly nakreslil. Od roku 1913 konstruoval a v dílně vinohradských truhlářů



Obr. 5. Benešův bezocasý kluzák "Albatros" (1915).

Bližila a Průcknera stavěl lehké jednosedadlové letadélko "Fregatka" s etrichovským křídlem. Fregatku nedokončil, protože vypukla první světová válka, do níž oba truhláři narukovali a oba hned v prvních bojích padli. V roce 1914 vyprojektoval a do jara 1916 P. Beneš postavil své první "velké" letadlo - bezocasý kluzák "Albatros" s poměrně tlustým profilem, avšak ještě s vnějším vyztužením křidel (obr. 5). Zkoušel na něm bez předchozích pilotních zkušeností

i opatrně vzlietnout, avšak bezúspěšně. Letadlo se naštěstí rozbilo při samovolném vzletu bez pilota ve větrném poryvu. P. Beneš ještě stihl postavit lehký závěsný klizák "Lili". Doklouzal na něm do vzdálenosti asi 30 m, při čemž dosáhl výšky asi 7 m a doby letu 4,5 s (podotkněme, že v tomto období bylo u nás modelářů i konstruktérů závěsných kluzáků více a že právě při těchto aktivitách se Beneš s Hajnem spřátelili). Pak však přišel povolávací rozkaz a i P. Beneš odešel do války. Do třetí generace patří i skupina Plzeňských naděnců **Rudolf Polanecký**, **Viktor Brune** a **Jaroslav Samek**, kteří vytvořili aviatické sdružení "Bohemia" a poletovali v r. 1914 na wrightu a blériotu, které získali z druhé ruky, avšak i jejich činnost se po vypuknutí války zastavila.

Za války ustala veškerá civilní letecká činnost i amatérská stavba letadel. Po nějaký čas stavěl v Průmyslovém paláci své dvoumotorové letadlo konstruktér **Šťastík**, avšak již bez praktického výsledku. Muži věkem a zdravotním stavem odpovídající leteckým nárokům odešli do armády, avšak v rakouské armádě zřídka kdy k letectvu, celý český národ byl politisch verdächtig (celkem sloužilo v rakousko - uherském letectvu asi 500 Čechů a Slováků; mezi rakouskými esy s větším počtem sestřelů se najde tu a tam nějaký Čech). Rakouská armáda se stala zdrojem sil československého zahraničního vojska - legií. Tak v legiích ruských vznikly dvě letecké skupiny, jedna vedená tehdy poručíkem **Vlastimilem Fialou**, druhá poručíkem **Melčem**. Obě se pak spojily v r. 1918 v oddíl připravený podporovat boj legií o udržení transsibiřské magistrály. Několik původních letadel bylo nahrazeno americkými typy LWF "Tractor", z nichž jeden můžeme vidět v NTM. Osamělý český letec sloužil i u britského expedičního sboru v Archangelsku. Devět československých letců sloužilo rozptýleně ve francouzských leteckých jednotkách, jejich reprezentantem byl vojník, poručík, major a konečně generál "sous titre de mission", Slovák **Dr. Milan Rastislav Štefánik** (1880 až 1919), jeden z trojice zahraničních tvůrců československého státu.

## 2. Za deset let od nuly až ke světové úrovni

Samostatná Československá republika, která byla dohodovými mocnostmi již uznána a měla od léta 1918 svou zahraniční vládu, byla vyhlášena 28.10.1918 českou domácí politikou reprezentací za spontánní účasti českého lidu. Neměla to od samého počátku lehké. Historické hranice českých zemí se pokusili nejprve rozvrátit příslušníci silné německé menšiny. Již 29.10. vyhlásili němečtí poslanci vznik provincie "Deutschböhmen" s hlavním městem Reichenberg, již hodlali spojit ve společný stát s německy mluvícím zbytkem Rakouska - Uherska, který se měl nazývat "Deutschösterreich". 30.10.1918 vyhlásili severomoravští a slezští Němci "Sudetenland" s hlavním městem Troppau, podobně vznikla i "Deutschsüdmähren" v okolí Znojma a "Böhmerwaldgau", proti vzniku Československa protestovali i brněnští a jihlavští Němci. V Těšíně vznikla 1.11.1918 "Rada narodowa ksienstwa czieszynskega" a pozvala si na pomoc polskou armádu. Slováci se sice tzv. Svatomartinskou deklarací přihlásili ke společnému státu s Čechy, avšak administrativa i ozbrojené složky na Slovensku byly v rukou Maďarů a Maďarsko - ať to původní károlyjovské nebo od března 1919 khunovské komunistické - se své Severní země vzdát nechtělo. Nově vzniklé Československé republice zbývala jen vojenská cesta upevnění své existence, k čemuž potřebovalo armádu a armáda letectvo.

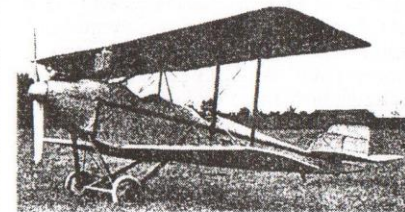
Německý puč se podařilo téměř bez boje zlikvidovat několika praporům domácího vojska, avšak spor o Těšínsko i pozvolné prosazování československé státní moci na Slovensku vedlo k ozbrojeným konfliktům. Zde poskytla první pomoc Itálie, která umožnila rychlý návrat do vlasti dvou divizí československých legionářů a zformovala ze zajatců příslušných do Československa a dobře vyzbrojila a vystrojila 30 domobraneckých praporů a zajistila transport divize francouzských legionářů přes Itálii a Rakousko do vlasti. Polomír - poloválka byl provázen četnými leteckými provokacemi na Liberecku, ve Slezsku a hlavně z maďarské

strany. Československá strana mohla proti tomu postavit jen několik opotřebovaných letadel Brandenburg a stihacího berga. Když pak došlo po 20. květnu 1919 k útoku Maďarské republiky rad na Slovensko, stálo na československé straně asi pět sotva bojeschopných letadel proti 37 letadlům protivníka. Situaci pomohla řešit až francouzská eskadrila s dvanácti dvoumístnými Bréguety XIV a dvěma stíhacími SPADy XIII.

Jak však ono československé chudické letectvo vzniklo? Jeho jádrem se stali bývalí rakousko - uherští letci, kteří se dali k dispozici vznikající československé armádě. Již 30. října 1918 založil **kpt. Jindřich Kostrba**, rakouské eso s osmi potvrzenými sestřely a současné aktivní účastník domácího protirakouského odboje, tzv. "Letecký sbor čs. armády". Tomu se podařilo uvést do jakž takž letuschopného stavu tři letadla Brandenburg, z nichž dvě byla zkompletována v pražské letecké opravně Al-Ma, a zříditi provizorní letiště v Praze Strašnicích. Dobrodružnou výpravou do Chebu, který byl dosud v rukou německého "Volkswehru" (tam bylo jediné rakouské vojenské letiště a letecká posádka v českých zemích), ve dnech 9. až 13. října 1918 se podařilo získat asi dvacitku ještě letuschopných letadel různého typu a další draky i motory, které byly uskladněny na Starém výstavišti, čímž vznikl tzv. "Letecký arsenál". Odsud pocházela výzbroj dvou leteckých setnin operujících na Těšínsku a pak na Slovensku. Neutěšenou materiální situaci pomohl na čas vyřešit francouzský dar z let 1919 - 20 padesáti stíhaček SPAD, padesáti zvědných letadel Salmson a čtrnácti bombardovacích "pusherů" Voisin 10. K nim přibyla i výzbroj zmíněné francouzské eskadrily z války s Maďarskem. Ozývaly se tenkrát vlivné hlasy, že leteckou technikou nás budou i nadále zásobovat naši spojenci.

Přes všechny tyto zmatky přichází 27. dubna 1919 překvapivá zpráva z Plzně. Tam vzlétlo první letadlo zkonstruované v Československu. Nazývalo se Bohemia B - 5, zkonstruoval je inženýr **Oldřich Haller** a postavila skupina Brune, Polanecký a Samek, o nichž již byla řeč v předchozí

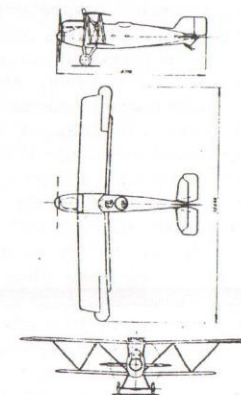
kapitole, a která se po válce znovu sešla, aby pokračovala ve své letecké zálibě. Bohemia byl ladný dvoumístný dvojpláničec dřevěné



Obr. 6. První letadlo postavené v Československu - Hallerova "Bohemia" (1919).

konstrukce s motorem NAG 40 k, který zbyl z předválečného wrighta. Dosahovala rychlosti 110 km/h, viz obr. 6. Asi před patnácti lety jsme viděli na regálu v depozitáři kbelského leteckého muzea štůsek latí a křídla - vše co z prvního československého letadla zbylo, avšak co by se dalo zrestaurovat (co vy na to, páni sponzoři?).

Vraťme se však na Staré výstaviště, kde pod náčelnictvím setníka (kapitána) **Karla**



Obr. 7. Pozorovací a bombardovací letadlo Šmolik Š - 1 (1920).

**Adamce** se v "Leteckém arsenálu" opravovala vojenská letadla. Tam působil i tehdy poručík **Alois Šmolik**, který strávil válku v rakouském leteckém arsenálu ve Fischamendu. Tam se seznámil s konstrukci

letadel a pojal záměr zkonstruovat vlastní letadlo. Realizoval je v "Leteckém arsenálu" pod označením Š.A. a v dubnu 1920 je kapitán Adamec ve Kbelích úspěšně zalétal. Byl to vyztužený dvojímístný dvojplošník celodřevěné konstrukce s oválným trupem skořepinové konstrukce, mezikřídlelní vyztužení bylo pouze vzpěrové. Šestiválcový jednořadový stojatý motor Hiero o výkonu 230 koní (vývojový typ z původního motoru inženýra Hieronymuse, vyráběl se u firmy Breitfeld - Daněk) mu dával rychlost 194 km/h. Letadlo bylo navrženo jako pozorovací nebo lehké bombardovací, viz obr. 7. Armáda něco takového potřebovala, byla zadána seriová výroba pod označením Š - 1 (spolu s variantou Š - 2 s motorem Mercedes dosáhla 90 kusů) a MNO učinilo moudrý závěr, že jsme schopni si vyrábět vojenskou leteckou techniku převážně sami. To byl rozhodující krok ke vzniku našeho leteckého průmyslu. Z "Leteckého arsenálu" se stal státní výrobní podnik nazvaný „Hlavní letecké dílny“ a od roku 1922 „Československá vojenská továrna na letadla“ známá spíše pod zkratkou „Letov“. Ing. Šmolík byl jejím šéfkonstruktérem. Vznikly zde během deseti let asi dvě desítky typů převážně vojenských letadel, i když byly zkonstruovány dva jednomotorové typy dopravní, které se neprosadily, několik závodních speciálů, velmi úspěšný byl školní dvojplošník Š - 18 s hvězdicovým pětiválcem Walter NZ 60 (číslo udává výkon v koních). Pokud se týče konstrukčního schématu, byly to převážně dvojplošníky (některé z nich i s tlustým profilem), objevuje se i několik vyztužených hornokřídlelních jednoplošníků (podrobnější údaje o všech československých letadlech se najdou v jednom ze tří vydání díla Československá letadla od V. Němečka [2]). Od celodřevěné konstrukce přešel Šmolík ke konstrukci smíšené s dřevěnými křídly a trupem z ocelových trubek, postupně přibývalo i duralových prvků. Výsledkem vývoje byla celokovová nosná konstrukce s plátěným potahem, již se Letov zařadil mezi tehdy technologicky nejvyspělejší závody zabývající se stavbou draků letadel. Za vyvrcholení této etapy lze považovat dálkový zvědný a bombardovací dvojplošník Letov Š - 16,

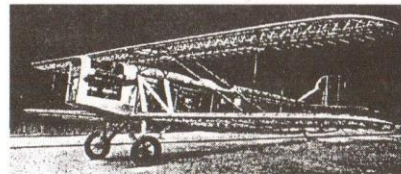
v němž se spojila pokroková konstrukce s vysokými výkony a výbornými letovými vlastnostmi.

Š - 16 byl jednomotorový dvojsedadlový dvojplošník s pevným podvozkiem, který byl přizpůsoben k zabudování snad kteréhokoliv motoru o výkonu okolo 500 koní, nejtípichtější



Obr. 8. Zvědné a bombardovací letadlo Letov Š - 16 (1926).

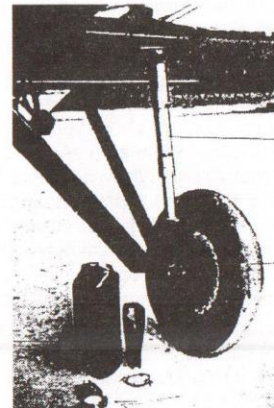
byl trojřadový vodou chlazený dvanáctiválec Lorraine Dietrich 450 k vyráběný licenčně v ČKD, existovala i varianta s motorem 750 k (varianty s různými motory se značily Š - 16, Š - 116, ... Š - 916). Standardní varianta s Lorrainem dosahovala maximální rychlosti



Obr. 9. Nepotažená celokovová konstrukce letadla Š - 16.

230 km/h, dostup 7000 m a vytrvalosti přes 5 hodin. Váha prázdného letadla byla 1230 kg, užitečné zatížení 450kg. Konstrukce trupu byla z ocelových trubek spojovaných zděření, křídla o rozpětí 15,3 m a ocasní plochy z duralu. Podvozek o velkém rozchodu byl dělený s u nás tehdy pravděpodobně poprvé použitým olejopneumatickým tlumením. Na obr. 8 je fotografie prototypu, na obr. 9 fotografie jeho nepotažené konstrukce, na obr. 10 konstrukce podvozku. Prototyp Š - 16 byl zalétán koncem roku 1926. Letadlo se dodávalo do Lotyšska, Turecka, Jugoslaviie (dokonce v plovákové verzi), československé letectvo používalo asi sto kusů většinou s motory Lorraine Dietrich od roku 1928 a z obnovené výroby v r. 1930. Sloužily

spolehlivě až hluboko do třicátých let. Šestnáctky zvítězily v mnoha závodech,



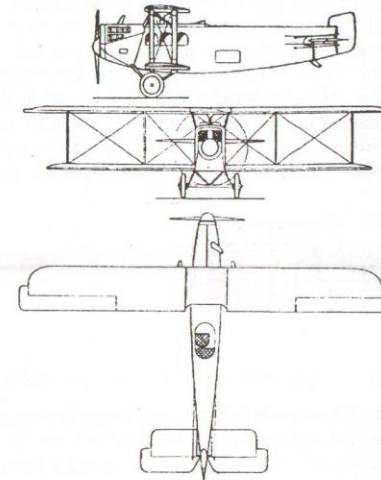
Obr. 10. Podvozek letadla Š - 16 s olejopneumatickými tlumiči.

získaly světové i národní rekordy např. v r 1927 rychlostní rekord 230,929 km/h na trati 500 km se zatížením 1000 kg, v témž roce se podařil i dálkový etapový let do Tokia. Na konstrukci Š - 16 se významným způsobem podílel Ing. František Novotný.

V roce 1919 - prakticky současně s Letovem - vznikl druhý československý letecký závod "Aero, továrna letadel s.r.o." Iniciátorem jejího založení byl prý sociálně demokratický politik a v letech 1919-20 i ministerský předseda Vlastimil Tusar, spoluzakladatelem dnes již polozapomenutý pan Kouřil, podílníci Karel Merta a JUDr. Vladimír Kabeš. Začínali s kapitálem 300 000 Kč v jakési dílně v Bubenči se dvěma dělníky s opravami letadel, konstruktérem i provozářem byl Ing. Antoním Vlasák. Podle požadavku Leteckého sboru čs. armády sestrojili podle vzoru letadla Hansa Brandenburg B - 1 kopii nazvanou v konečné symbolice Aero A - 1, od něž armáda objednala 35 kusů. Aerovka získala prostory již zmíněné opravy Al - Ma. Počet zaměstnanců se rozrostl na několik set, přibýli konstruktéři Antonín Husník, na čas i němečtí konstruktéři Karl Rösner a Rudolf Blaser z Gothaer Wagonfabrik, kde stavěli za války pověstné bombardovací gothy. Od roku 1923

sidlila Aerovka v nových objektech ve Vysočanech. K tomu však vedla ještě dlouhá cesta.

Po čtyřech konstrukcích prototypů prvních tří konstruktérů vytvořil Blaser pozoruhodné



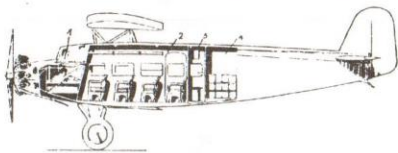
Obr. 11. Dopravní limusina Aero A - 10 (1922).

dopravní letadlo Aero A - 10 celodřevěné konstrukce s prostorným dýhou potaženým trupem, v němž bylo dostatek místa pro čtyři cestující sedících na čalouněných křeslech či na pohovce (piloti seděli ještě v otevřeném kokpitu za kabinou pro cestující), viz obr. 11. Letadlo bylo poháneno motorem Maybach IV a o výkonu 240 koní, s nímž dosahovalo rychlosti 140 km/h. Prototyp byl úspěšně zalétán počátkem roku 1922 a krátce nato byla vyrobena čtyřkusová serie pro tehdy nově založenou "Československou leteckou akciovou společnost". Ta se však rozpadla dříve, než mohla letadla odebrat. Naštěstí vláda i armáda cítily potřebu vnitrostátní letecké dopravy. 1. března 1923 zahájila armáda zkušební poštovní lety na trati Praha-Bratislava. Použila k tomu mírně upraveného dvojímístného vojenského letadla zvaného "velký brandenburg", které se v Aerovce vyrábělo pod označením A - 14. Po pozitivních zkušenostech byla 6. října 1923 založena státní dopravní společnost



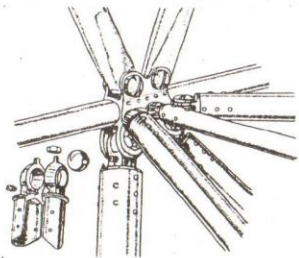
„Československé státní aerolinie“, která letadla A - 10 obebrala a létala s nimi na trati Brno - Bratislava.

Dopravní letadla zůstala i nadále ve vývojovém programu továrny Aero. V r. 1925 zareagovala spolu s továrnou Avia na soutěž Ministerstva veřejných prací na dopravní dvojplášník pro pět až šest cestujících s motorem Lorraine Dietrich. Aerovka zkonstruovala letadlo smíšené konstrukce s plátěným potahem s pilotním prostorem za kabinou pro cestující. Projekt Avie byl pokrokovější s pilotním prostorem před kabinou



Obr. 12. Dopravní letadlo Aero A - 38 (1929).

a překřížkovým potahem, avšak Avia nestačila dostatečně rychle zareagovat na změnu požadovaného motoru na hvězdicový vzduchem chlazený Jupiter. Zvítězila továrna Aero, zalétala prototyp v r. 1926 a získala zakázku na šest seriových strojů pro ČSA. V roce 1929 vyvinula Aerovka zdokonalený



Obr. 13. Uzel ocelové trubkové konstrukce trupu letadla A - 38 (spojování nýtové a šroubové)

typ Aero A - 38 pro 8 cestujících a dvojčlennou osádku v uzavřené kabině před prostorem pro cestující, viz obr. 12. Na obr. 13 je ukázka uzlu ocelové trubkové konstrukce trupu letadla A - 38. ČSA odebraly prototyp a dva další seriové stroje, další dva koupila francouzská společnost CIDNA. A - 35 byl prvním

16

jednoplošníkem továrny Aero. Byl to původně dálkový typ zkonstruovaný v r. 1928 pro "Fond čs. letu Praha - New York" vedený známým leteckým akrobatem kpt. Malkovským. Ten inspirovaný letem Lindberghovým shromažďoval prostředky k československému transatlantickému letu - dosavadní úspěchy našeho letectví povzbuzovaly k optimismu. Američti Češi darovali motor Wright Whirlwind, doma se však nepodařilo potřebnou částku shromáždit a z programu sešlo. Aerovka přestavěla A - 35 na dopravní letadlo. ČSA zakoupily prototyp a šest seriových strojů, Baťovy závody dalších pět se zvětšenými křídlymi nádržemi.

Nejlukrativnějším zákazníkem Aerovky však byla armáda. Pro ni se vedle letadel podle vzoru Brandenburg Aerovka pokoušela vyvíjet stíhačky. Mezi prvními prototypy byly dvě, na jaře roku 1923 přibyla třetí, prototyp stíhacího letadla Aero A - 18. Byl to maličký jednopříhradový dvojplášník smíšené konstrukce (trup z ocelových trubek a dřevěná křídla) s rozpětím pouhých 6 m a délkou 5,9 m a motorem BMW IIIa o výkonu 185 koní. Při poměrně velkém průměru dvoulisté vrtule měl relativně vysoký podvozek, takže vypadal nepřirozeně nohaté, avšak létal dobře, takže byla objednána dvacetikusová serie. Bylo to první stíhací letadlo domácí výroby zavedené v armádě. Zúčastnilo se armádních závodů o cenu presidenta republiky, pro které továrna připravila speciální modifikace s ještě menším rozpětím (např. u typu A - 18 C z r. 1924 na pouhých 5,75 m); letadlo s překomprimovaným motorem Walter W 4 o výkonu 300 koní a s povrchovým chladičem na spodních křídlech mělo maximální rychlost 275 km/h), takže závody v letech 1923 i 1924 vyhrálo.

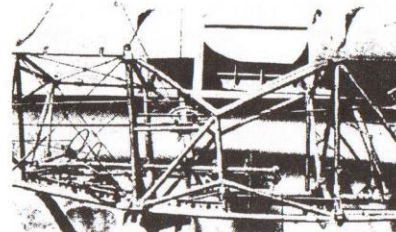
Prvním pronikavým úspěchem továrny Aero byl typ A - 12, který se stal základem více než dvacetičlenné rodiny lehčích průzkumných, bombardovacích, bitevních a cvičných letadel s různými motory o výkonu asi 250 koní. Byly to vesměs jednopříhradové dvojplášníky s trupem svařeným z ocelových trubek, křídla pak s dřevěnou kostrou, potah byl plátěný. Letadlo A - 12 mělo motor Maybach o výkonu 260 k. S motorem Walter W - IV o výkonu 240 k se nazývalo A - 11 (obr. 14), bombardovací

verze s motorem Perun 240 k se značila Ab - 11, vodní pozorovací verze s plováky A - 29, dvojpláštní stíhací verze s motorem Walter



Obr. 14. Dvojpláštní vojenské letadlo Aero A - 11 (1924).

Jupiter 420 k (!) A - 32. Celkový počet vyrobených strojů v různých modifikacích dosáhl 440 kusů. Letadla této rodiny vykonala četné dálkové a předváděcí lety, výborně se umístila v nejrůznějších závodech a získala národní i mezinárodní rekordy. Exportních zakázek nebylo mnoho, avšak dodneška se letadla této rodiny uvádějí v historických publikacích o letectví, i v takových, kde se

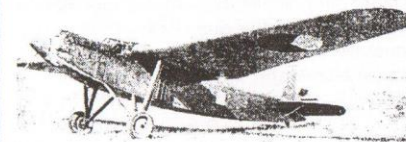


Obr. 15. Svařovaná ocelová konstrukce trupu s diagonálním vyztužením lanky (Aero A - 34).

o československém letectví příliš nemluví. Na obr. 15 je ukázka svařované trubkové konstrukce trupu s diagonálním vyztužením ocelovými lankami letadla A - 34, které bylo vyráběno podobnou technologií.

Továrna Aero vyvíjela pro československou armádu i těžší bombardovací dvojplášníky smíšené konstrukce např. A - 30 se vzletovou hmotností 2700 kg, později A - 100 s 3220 kg a A - 101 dokonce s 4350 kg, které byly vyráběny seriově. Za podrobnější zmínku však stojí dva prototypy. První z nich se nazýval A - 24 a byl postaven v r. 1924. Byl to trojpláštní dvojplášník se dvěma Maybachy Mb IVa po 240 koních

o rozpětí 22,2 m, délce 13,7 m o vzletové hmotnosti 4500 kg s tří- až čtyřčlennou osádkou a byl navržen pro nosnost 1000 kg bomb. Maximální rychlost byla vypočtena 155 km za hodinu, dostup 3600 m. Vzhledem připomínal poněkud těžkopádnou gothu, jeho výkony nebyly nijak oslnivé, avšak bylo to první dvoumotorové letadlo postavené Československu. Druhý zajímavý bombardovací letoun se jmenoval Aero A - 42 a jeho dva exempláře se zúčastnily bez zvláštního úspěchu závodu kolem Malé dohody a Polska v r. 1930, tedy na konci období, jemuž je věnována tato kapitola. Na výkonech bylo znát, že je ušit horkou jehlou. Krátce nato však oslnil serii šestnácti národních a pěti světových rekordů v rychlosti na okruhu 1000 km s nákladem 500kg a 1000 kg, kdy dosáhl rychlosti 253,428 km/h. Byl to aerodynamicky jemně propracovaný samonosný hornokřídý jednoplošník s jedním motorem Isotta Fraschini Asso RV (jeho licenční výroba se připravovala v ČKD) o výkonu 8000 k s pevným jednoduše vyztuženým a podle některých fotografií event. i kapotovaným podvozkem, obr. 16.



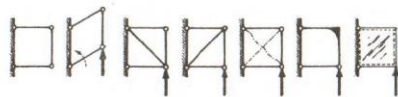
Obr. 16. Bombardovací jednoplošník Aero A - 42 (1930).

Rozpětí křídla bylo 20,8 m, délka 13,8 m, vzletová hmotnost 4750 kg. Nosnost byla 1000 kg pum, maximální rychlost 270 km/h, dostup 7000 m a dolet 1200 km. Konstrukce byla smíšená tj. trup z ocelových trubek spojovaných nýty a šrouby (podobně jako na obr.13), křídlo bylo dřevěné dvounosníkové s nosným dýhovým potahem. Bylo to letadlo na tehdejší dobu velmi moderní, vymykající se z dosud konvenčně pojatých konstrukcí továrny Aero. Mělo však řadu dětských nemocí, v příští kapitole se dovíme, jak při pokusech o jejich léčení své tvůrce trápilo.

Třetím leteckým závodem byla **Avia**, která se měla stát největší československou

17

leteckou továrnou. Její skrovné začátky však připomínají spíše inteligentní studentskou recesi než důstojné podnikání. U jejího zrodu stála dvojice kamarádů Pavel Beneš a Miroslav Hajn, které jsme již v první kapitole zařadili do třetí generace našich leteckých průkopníků. Ti se coby čtyřladvacetiletí mladíci vrátili z války a pokusili se uskutečnit své předválečné sny o konstrukci letadla. Konstatovali, že jejich idea o tlustém samonosném křídle se během války realizovala především na německé straně barikády v konstrukcích Junkersových a Fokkerových. Protože u nás nic takového neexistovalo, pokusili se ji využít alespoň na lehkém sportovním letadle. Především založili v polovině roku 1919 "továrnu", již pojmenovali Avia a M. Hajn nakreslil dodnes známý emblém s albatrosem (povídalo se, že když Avii kupovala koncem dvacátých let Škodovka, zaplatila prý za něj částku se šesti předmichovskými nulami). Jakési malé prostředky do Avie vložil obchodník **Václav Malý**, takže si společníci mohli pronajmout malou dílnu v opuštěném cukrovaru ve Vysočanech, kde jeden (to je čísloka!) truhlář vyráběl modelářské potřeby, vrtulky a bumerangy a pak dvouválcový modelářský motorek na stlačený vzduch Hajnovy konstrukce. Za peníze pana Malého koupili starý motor Austro Daimler z r. 1909 o výkonu nanejvýš 40 k při váze 70 kg (3500 Kč) a od E. Čiháka rotační Gnôme 50 k (5000 Kč) a v Hajnově bytě začali konstruovat svůj typ BH Exp. Byl to polosamonosný dolnoplošník celodřevěné konstrukce původně se zmíněným motorem Austro Daimler. Pro trup zvolili rámovou konstrukci, kde diagonální vyztužení bylo nahrazeno dýhovým potahem (na obr. 17 se pokoušíme znázornit, jak logiku



Obr. 17. Způsoby vyztužení kloubového čtyřúhelníku, jak je vykládal prof. Hajn.

dosažení tuhosti konstrukce vysvětloval prof. Ing. Dr. Miroslav Hajn ve svých přednáškách ze stavby letadel v Učebním běhu pro letectví na ČVUT v Praze kolem roku 1950). Trup volili

až k ocasiní partii stejně vysoký, takže mohli upustit od kýlové plochy. Křídlo bylo tvořeno dvěma skříňovými nosníky, žebry s plnými stojinami z překližky a překližkovou torzní skříní mezi předním nosníkem a naběžnou hranou. Křídla byla k trupu připojena kloubově a vzepřena dutými dřevěnými profilovanými vzpěrami ke kloubům v horní části hlavních přepážek trupu. Obě horní závěsná oka byla vytvořena v průběžném ocelovém pásu (to byla podmínka zalétávacího pilota, pro nějž byl dolnokřídový jednoplošník neslýchaná novinka). Tloušťka profilu byla proměnná podél rozpětí, u hlavního žebra v místě upevnění vzpěr zhruba dvacetiprocentní. Potah křidel a ocasiních ploch byl plátěný (později byla dýhou překryta skoro celá křídla). Chladič motoru byl upevněn pod přední motoru v tunelovém uspořádání (!). Letadlo bylo postaveno ve vysočanské dílně, na dochovaných fotografiích se to hemží už sedmi dělníky. Zalétal je zkušební pilot Aerovky Josef Novák - s ohledem na finanční možnosti konstruktérů skoro zadarmo. Letadlo BH Exp. bylo vystaveno na Mezinárodní letecké výstavě v Praze jako jediný jednoplošník téměř bez vnějších výztuh mezi samými bohatě zevně vyztuženými dvojplošníky. Jeho originalitu ocenil prezident republiky mimořádným finančním darem 100 000 Kč, aby konstruktéři mohli pokračovat ve vývoji. K pokrytí dvěstěpadesátilicových dluhů to nestačilo, firmu Avia však převzali bratři **Miloš a Karel Bondyové**, Beneš s Hajnem v ní zůstali jako šéfkonstruktéři. Tak bylo možno pokračovat v přebudování letadla na dvojsedadlovku tentokrát s motorem Gnôme. V tomto provedení se zúčastnilo v září 1921 závodu "Okružní let republikou" s pilotem **Munzarem** a dalším novým společníkem Avie **Kochem** jakožto pasažérem. Letadlo zvítězilo průměrnou rychlostí 125 km/h nad letadly s motory často pětikrát silnějšími. Na obr. 18 je fotografie letadla BH Exp v původní podobě, na obr. 19 rekonstrukce třípohledového výkresu obou variant.

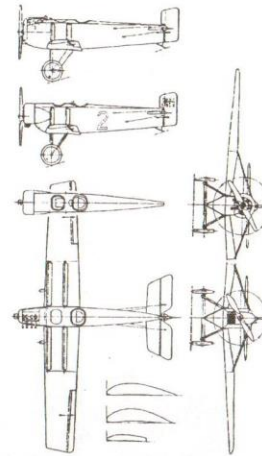
Pokrokový přístup ke konstrukci letadel závodu, který se nyní jmenoval "**Avia - Miloš Bondy a spol. - továrna na letadla**", pokračoval. Armáda projevila zájem o dolnoplošnou stíhačku a tak vznikl letoun

BH -3 nejprve ve třech prototypch a pak v desetikusové serii, byl to první seriové



Obr. 18. BH Exp. ve své původní podobě s motorem Austro Daimler (1920).

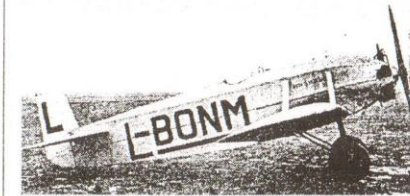
vyráběný stíhací dolnoplošník na světě. S motorem BMW IIIa o výkonu 185 k dosahoval rychlosti 240 km/h a dostupů 8000 m. Tovární piloti byli těmito výkony nadšeni, avšak u jednotek bylo nadšení menší pro obtížnější



Obr. 19. Rekonstrukce třípohledového výkresu obou variant BH Exp. (1919, 1921).

pilotáž, sklon k vývrťce a snad i kvůli nezvyku na odlišné letové vlastnosti dolnoplošníku. Dolnoplošná koncepce však triumfovala v našem sportovním letectví. V Avii vznikla řada sportovních, školních, kurýrních a cvičných letadel jedno- i dvojímístných poháněných většinou vzduchem chlazeným pětiválcem Walter NZ 60. Jejich tovární označení bylo BH - 5, 9, 10, 11, armádní B - 9, 10, 11 a Bk - 11 A, B, C, p, z nichž devítka, desítka a jedenáctka byly vyráběny seriové. Říkalo se jim "bosky" podle imatrikulace L -

BOSA typu BH - 5, s nímž létal populární sportovní pilot **dr. Zdeněk Lhota**. Seznam úspěchů bosek na závodech a soutěžích a jejich mezinárodních i světových rekordů by vydal na samostatný článek. Bohužel řada pilotů, mezi nimi i zde uvedený **Munzar** a **Lhota**, zaplatila létání na dolnoplošnicích životem. Uveďme na obr. 20 fotografii typu BH 11 B,



Obr. 20. Závodní varianta "bosky" BH - 11 B z r. 1927.

jemuž nelze upřít s ohledem na rok výroby 1927 kus elegance.

Beneš s Hajnem ve svém neutuchajícím boji za aerodynamickou čistotu letadla se snažili i nadále prosadit jednoplošník v armádě. Zkonstruovali v r. 1923 samonosný stíhací hornoplošník - parasol BH - 7A poháněný tenkrát u nás nově zaváženým vidlicovým osmiválcem Hispano - Suiza 8 Fb o výkonu 300 k, který se vyráběl licenčně ve Škodovce a letadlu dodával rychlost 270 km/h, o rok později tvarově vyspělý stíhací polosamonosný dolnoplošník BH - 19 s týmž motorem a stejně velikou rychlostí, avšak marně, armáda trvala na stíhacích dvojplošnicích, pravděpodobně k tomu přispěla i tragická havarie typu BH - 19 (škoda, že neměli BH šanci vylákat nedostatky tehdejších dolnoplošníků a umožnit tak pilotům poznat jejich specifické letové vlastnosti; bylo by se to hodilo později našim stíhacím pilotům, když vsedali za knyplý moranů, dewoitin, hurricanů, spitfirů a lavoček). Z praktických důvodů se tedy podrobili a po mezitypech BH - 6, BH - 8 a BH - 17 zkonstruovali vynikající stíhačku Avia BH - 21, obr. 21. Byl to jednopříhradový dvojplošník s průběžným horním křídlem bez křídélek, které bylo k trupu připojeno na jednoduchém kozlíku. Spodní křídla byla dělená o poněkud větším rozpětí (8,9 m) a nesla křídélka. BH pro ně navrhli nový rychlostní profil. Konstrukce křidel byla

dvounosníková s překližkovým potahem až k zadnímu nosníku, celek byl navíc potažen



Obr. 21. Stiháčka Avia BH - 21 (1924).

plátnem. Trup byl rovněž celodřevěný čtyřhranného průřezu se zaoblenou horní stranou a celý potažený překližkou. I zde chyběla kýlová plocha, stabilizátor a výškové kormidlo byly dřevěné, směrové kormidlo bylo svařeno z ocelových trubček. Rovněž mezikřídelní vzpěry ve tvaru N byly z profilovaných ocelových trubek, výztužná lanka byla zdvojnásobena. Podvozek s průběžnou osou byl vypružen gumovými provazci. Motor byl opět HS 8 Fb, vodní chladič byl pod trupem a zatažitelný. Výzbroj tvořily dva synchronizované kulometry. Maximální rychlost byla 246 km/h, dostup 7700 m, dolet 550 km. Výkony a hlavně letové vlastnosti byly vynikající, pozoruhodná byla akrobatická schopnost letadla. Československá armáda měla poprvé plnohodnotnou stiháčku. Objednalo jich celkem 137 kusů. Varianta BH - 22 byl akrobatický speciál se slabším motorem HS 8 Aa 180 k a bez výzbroje. BH - 21 i BH - 22 svými letovými vlastnostmi umožnily vznik československé akrobatické školy, jejíž sláva trvala donedávna. Rychlostní speciál BH - 21 R se zmenšenou nosnou plochou umožnil překročit rychlostní hranici 300 km/h. Belgie zakoupila licenci typu BH - 21, u firmy SABCA bylo vyrobeno 39 kusů. Existovaly ještě jednotlivé specializované a vývojové varianty, které vedly až k nové stiháčce BH - 33 z r. 1928 s hvězdicovým motorem Walter Jupiter o výkonu 450 k se speciálními přílbovitými kryty jednotlivých válců o konečně i k zavedení kýlové plochy a trupu svařeného z ocelových trubek s oblou nástavbovou karoserií. BH - 33 se dostala do výzbroje čs. letectva kolem roku 1930, tři kusy této "Avia metalique" létaly v Belgii, licenční výroba probíhala v Polsku u firmy PWS.

20

Komerční úspěch měla i celodřevěná dopravní Avia BH - 25. Mluvili jsme o ní už v souvislosti s konkursem na pěti- až šestimístné dopravní letadlo pro ČSA v roce 1925, v němž zvítězilo Aero A - 23. Avšak Avia BH - 25 J s motorem Jupiter se uplatnila u nově vzniklé „Československé letecké společnosti“, která odebrala šest exemplářů, dalších šest kusů koupila rumunská letecká společnost SNNA. Lze říci, že továrna Avia a konstruktérská dvojice Beneš - Hajn se stali v leteckém odborném světě spolu s našimi leteckými akrobaty z Československa nejznámější. Dvojice BH zkonstruovala i několik typů dvojmístných vojenských letadel, žádné z nich se však nedostalo do seriové výroby.

Ještě je třeba pochválit československé vojenské letectvo za to, že již v roce 1922 založilo „Vojenský letecký ústav studijní“ a vytvořilo tak snad první státní výzkumnou instituci, která postavila naši leteckou techniku (a nejen ji) na solidní vědecký základ.

Zakončíme tuto kapitolu skupinovou fotografií nejvýznamnějších našich leteckých konstruktérů prvního desetiletí československého letectví, obr. 22.



Obr. 22. Naši slavní letečtí konstruktéři dvacátých let. Zleva Alois Šmolík, Miroslav Hajn, Antonín Husník, Pavel Beneš.



## Elektrická síť obsahující asynchronní stroje s dvojitým buzením

Daniel Schafer, ABB Power Generation Ltd, Birr/Switzerland

### Úvod

Již dlouho je známo, že vodní turbina může pracovat s lepší účinností při částečném zatížení, je-li možno přizpůsobit otáčky tomuto částečnému zatížení. Při standardním uspořádání, tj. je-li vodní turbina přímo spojena se synchronním generátorem připojeným přímo na síť, není ovšem takováto změna otáček vůbec možná.

Použití statického měniče frekvence vloženého přímo mezi stator a síť je známým řešením, jehož pomocí lze dosáhnout přizpůsobení otáček stroje. Pohonné systémy s proměnnými otáčkami byly již v minulosti použity u vodních elektráren. Až dosud byly převážně používány pro rozběh čerpadel nebo reverzních turbin. Jelikož se jednalo o malé výkony (menší než 30 MVA) byly tyto měniče frekvence poměrně malé.

Je-li statický měnič frekvence zabudován ve statoru, musí být dimensován na plný elektrický výkon stroje. Proto není pro velké výkony (nad 250 MVA) toto řešení ekonomické.

V posledních několika letech se věnovalo značné úsilí vývoji systému, který neuzivá velké měniče, a který má značné výhody i na straně sítě. Ověřovací (pilotní) elektrárna s novou ABB technologií byla postavena a úspěšně uvedena do provozu ve Španělsku.

Tento článek obsahuje popis asynchronního stroje s dvojitým buzením a cyklo - měničem v elektrickém obvodu rotoru. Tato konfigurace umožňuje v určitém rozsahu otáček provozovat stroj s proměnnými otáčkami. Rozměry potřebného měniče jsou mnohem menší, než u srovnatelného řešení se synchronním strojem. Maximální jednotkový elektrický výkon, který lze s tímto systémem realizovat je omezen na 450 MVA.

Jelikož přednosti zvýšené účinnosti systému při částečném zatížení jsou dobře známy a lze je snadno vypočítat, zmíníme se zde

o nich jen stručně. Hlavní část článku je věnována chování systému s generátorem s proměnnými otáčkami ve vztahu ke stabilitě a přechodovým jevům v síti.

Ukážeme nejdříve obecné principy tohoto řešení s proměnnými otáčkami (v ABB označováno jako "VARSPPEED"). Přednosti VARSPPEEDu nejsou omezeny jenom na zvýšení celkové účinnosti při částečném zatížení, ale spočívají v tom, že rovněž

- umožňuje aktivní řízení výkonu v čerpadlovém režimu,
- umožňuje reagovat na řízení výkonu v místě připojení k síti,
- umožňuje okamžité zvýšení do sítě dodávaného výkonu využitím energie akumulované v rotující hmotě,
- snižuje abrazi turbinových rotorů v silně znečištěné vodě.

Uvedené přednosti budou dokumentovány na příkladu.

V dalším pak ukážeme pomocí simulačního softwaru jak se tyto přednosti projeví v elektrické síti. Takto lze simulovat proudy, napětí, kroutící momenty a otáčky, jakož i příslušné harmonické VARSPPEEDu v síti při přechodovém a ustáleném provozu. Síť bude vystavena různým případům spojení nakrátko, i různým změnám zatížení, a na nich budou ukázány přednosti presentovaného systému.

Lze rovněž určit charakter harmonických, které se dostanou do sítě při ustáleném provozu. V jednom provozním bodě generátoru bude provedeno srovnání 6-ti a 12-ti pulsního cykloměniče.

### 1. Proměnné otáčky pro velké motor-generátory

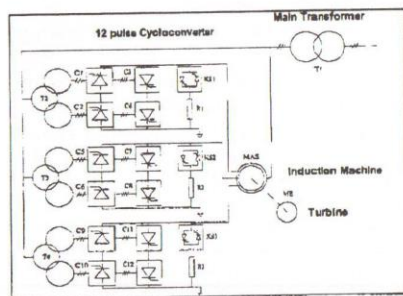
Koncepce VARSPPEED je pro velké elektrické stroje optimálním řešením jedná-li se o velkou změnu spádů (dopravních výšek) na turbině, nebo na čerpadle, umožňuje řídit zatížení při

čerpádlovém provozu, vede na nejlepší celkovou účinnost a zdokonaluje stabilitu celého systému dodávky energie. Vysvětlení těchto výhod je ve schopnosti provozovat celý systém v daném rozsahu otáček a provozních podmínek vodní turbíny při optimálních otáčkách. Při dopravě kalů umožňuje VARSPEED výrazně snížit abrazi turbinových rotorů.

ABB jako výrobce hydrogenerátorů disponuje dvěma různými systémy:

- systémem se synchronním strojem a statickým měničem frekvence (SFC) typu LCI (Load Commutated Inverter), viz [5],
- systémem s asynchronním strojem s kroužkovým rotorem s dvojitým buzením, který je buzen na straně rotoru buď cykloměničem (řešení typu DASM), nebo GTO měničem. Právě toto druhé řešení má nejlepší dynamiku a veliký rozsah otáček.

V dalším budeme uvažovat pouze řešení typu DASM, které se přesně hodí na náš případ. Jeho uspořádání je patrné z jednoduchého schématu na obr.1.



Obr. 1

Tento systém s proměnnými otáčkami, známý rovněž jako sub- nebo supersynchronní kaskáda používá asynchronní stroj s kroužkovým rotorem s dvojitým buzením (DASM). V tomto případě je stator DASM přímo připojen na síť, zatímco rotor je buzen třífázovým, sinusovým proudem s klouzavou frekvencí, umožňující provozovat jednotku v daném rozsahu otáček kolem otáček synchronních.

U velkých jednotek VARSPEEDu je asynchronní stroj jejich kritickou částí a proto mu budeme věnovat hlavní pozornost.

### 1.1 Návrh asynchronního stroje s dvojitým buzením pro VARSPEED

Ve srovnání s konvenčním synchronním strojem s vyjádřenými póly se liší pevnostní návrh asynchronního stroje s vinutým rotorem pouze u rotoru. Všechny statické části, jako jádro statoru, kostra statoru, statorové vinutí, ložiska, konzola ložiska, atd. jsou v obou případech navrhovány stejným způsobem. Vzhledem k malé vzduchové mezeře asynchronních strojů se zde uplatní přednosti ABB - pojetí pevnostního návrhu se šikmými prvky, a to zejména co se týče kruhovitosti a koncentricity statoru a rotoru.

Rotor má konvenční třífázové vinutí s buzením přes tři sběrací kroužky třífázovým proudem při skutečné skluzové frekvenci. Návrh musí splňovat tyto požadavky:

- věnec rotoru s třífázovým vinutím musí být navržen tak, aby i při uvážení klouzavé frekvence byly ztráty v železe minimální, a byla splněna omezení daná vzrůstem teploty a mechanických napětí.
- věnec musí být opatřen radiálními kanálky pro chladič vzduch.
- přesah rotorového vinutí musí být vhodně zajištěn pro všechny mechanické a teplotní podmínky.

U asynchronních strojů do průměru cca 3 m je přesah rotorového vinutí normálně zajišťován předpjatou bandáží z nerezového ocelového drátu. Usazení této bandáže je dosti obtížné mají-li být splněny všechna mechanická a tepelná omezení a při porušení rotorového vinutí musí být celá bandáž odstraněna. Navíc chlazení přesahu je výrazně sníženo.

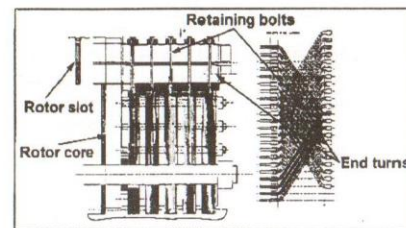
U větších strojů se užívá nový způsob vyztužení konců vinutí pomocí pojistných šroubů.

Abyste se minimalizovaly ztráty v železe je rotorový věnec složen a stažen dohromady z ocelových plechů o vysoké pevnosti a tloušťce menší než 1 mm. Laminovaný prstenec připevněný k čelu speciálními klíny

obsahuje radiální chladič kanálky. Klíny jsou uspořádány po obvodě tak, aby umožňovaly koncentrický radiální pohyb rotorového věnce v důsledku odstředivé síly. Na vnějším obvodu věnce jsou drážky, v nichž je umístěno třífázové vinutí, které je zajištěno proti silám působícím v radiálním směru antimagnetickými klíny.

Nalisované čepy zajištěné proti odstředivým silám šrouby, přitaženými ke koncovým deskám věnce, zajišťují rovnoměrné rozložení axiálního tlaku, působícího na rotorový věnec a zuby mezi drážkami. Tlak na tyto čepy vzniká nalísováním prstenců po obou stranách rotorového věnce a zajištěných předpjatými axiálními svorníky.

Z elektrikařských důvodů (cirkulační proudy) jsou tyto svorníky umístěny na vnitřní hraně věnce a uspořádány tak, aby umožňovaly radiální cirkulaci vzduchu. Celý tento systém podpěr a stažení konců vinutí je patrný z obr.2.



Obr.2

Homogenní podpěrný prstenec vznikne složením ze 2 až 6 mm silných ocelových plechových segmentů stažených dohromady předpjatými svorníky. Jednotlivé prstence jsou pak od sebe odděleny speciálně navrženými mezeríky. Chladič vzduch proudí mezi prstenci do přesahu vinutí. Kolem vnějšího obvodu jsou v osovém směru T-drážky, do nichž jsou zasunuty závitové šablony. Do těchto šablon jsou zašroubovány radiální svorníky, procházející prostorem mezi horními a spodními nosníky vinutí. Izolační podložky pod hlavami svorníků zajišťují rovnoměrné rozložení tlaku ve vinutí v oblasti jeho přesahu.

Pomocí náročných výpočtových postupů jsou jak věnce rotorů, tak i uvedený systém podpěr a prstenců navrženy tak, aby se rovnoměrně roztahovaly v radiálním směru.

Nová koncepce návrhu podpěr přesahu třífázového rotorového vinutí umožňuje velmi jednoduchou montáž a demontáž rotorového vinutí, popř jeho jednotlivých členů.

### 1.2 Kaskáda měničů asynchronního stroje s dvojitým buzením

Stroj spřažený s turbínou je připojen k 50 Hz síti na straně statoru a buzen pomocí cykloměničů na straně rotoru. Otáčky i výkon jsou řízeny odpovídajícím řídicím vybavením třífázových cykloměničů, dodávajících proud do třífázového rotorového vinutí přes sběrací kroužky. Cykloměniče poskytují třífázový, téměř sinusový zdroj proudu, jehož amplituda i fáze mohou být volně nastaveny. Cykloměniče připojené k síti sestávají ze dvou antiparalelních třífázových proudových můstků pro každou fázi, provozovaných bez cirkulačních proudů a napájených z 50 Hz sítě pomocí měničových transformátorů. Měnič je provozován s řízenými fázemi. Spouštěcí pulsy jsou řízeny tak, aby vzniklo vstřední napětí, které je sinusové se skluzovou frekvencí v základním modu, a s amplitudou a polohou fáze, nastavitelnými podle potřeby. Magnetický tok vzniklý jako důsledek rotorových proudů rotuje se skluzovou frekvencí vzhledem k rotoru a se síťovou frekvencí vzhledem ke statoru, přičemž generuje odpovídající magnetický tok ve statoru.

Amplituda a poloha fáze statorového proudu a tedy i spotřeba činného a jalového proudu jsou určeny měřením rotorového proudu, a tyto parametry mohou být nastaveny ve všech čtyřech kvadrantech na libovolnou požadovanou hodnotu.

Při supersynchronních otáčkách dodává cykloměnič energii rotoru, při subsynchronních otáčkách je energie rotoru odnímána a vrácena do sítě.

Prostřednictvím indikátoru polohy rotoru, umístěném na hřídeli, je generován třífázový sinusový signál, kterým je řízen rotorový proud. Frekvence tohoto signálu odpovídá otáčkám a poloha fáze odpovídá poloze rotoru asynchronního stroje. Od tohoto signálu a odpovídajícího třífázového sinusového signálu ze sítě je vytvořen nový třífázový sinusový

signál kalkulátorem skluzové frekvence. Amplitudu a fázi tohoto signálu lze měnit a nastavit tak předvolbu rotorového proudu. Jak při subsynchronním, tak i při supersynchronním provozu je výkon činného a jalového proudu na satoru stroje řízen nezávisle na otáčkách prostřednictvím rotorového proudu, jehož amplituda i frekvence je měnitelná.

Kromě regulace činného a jalového výkonu, umožňuje kaskádový řídicí systém i regulaci dalších parametrů podle konkrétní potřeby, jako např.

- regulaci výkonu/frekvence
- regulaci síťového napětí
- regulaci otáček.

Asynchronní stroje s dvojitým buzením a cykloměničem se užívají již po řadu let pro regulaci výkonu v měnících, dodávajících 16,7 Hz proud pro trakční účely ze 50 Hz sítě. ABB získala v této oblasti mnohaletou zkušenost.

Nově bylo instalováno šest takových měnících a měniče i řídicí jednotky jsou dodávány i pro další zařízení. Z nich jsou dvě největší v Seebachu ve Švýcarsku a měníma při obecní elektrárně Neckar II v Neckarwestheimu v Německu. Zařízení v Seebachu, které má dva 80 MVA stroje, je úspěšně provozováno již přes 15 let, v Neckarwestheimu jsou dvě jednotky po 82,5 MVA úspěšně provozovány 8 let.[1]

V uváděných případech pracují v trakční síti 16,7 Hz jednofázové synchronní generátory. Proud je sem dodáván z 50 Hz sítě, pracující s asynchronními stroji s dvojitým buzením. Frekvence trakční sítě kolísá v rozmezí +/- 5% nominální frekvence, a tudíž synchronní stroje musí být schopny pracovat s proměnnými otáčkami, podle měniče se frekvence. Přenos výkonu v obou směrech je uskutečňován právě pomocí tohoto pružného frekvenčního spojení obou sítí.

Ve vodní elektrárně Compuerto ve Španělsku přestavěla ABB jeden ze dvou 10 MW synchronních generátorů na jednotku s proměnnou frekvencí. [2]

K tomuto účelu byl rotor s vyjádřenými póly nahrazen novým rotorem s třífázovým vinutím.

Tento rotor je napájen střídavým proudem se skluzovou frekvencí prostřednictvím sub a supersynchronního kaskádového statického měniče. Na této modelové jednotce lze získat provozní zkušenosti s vlastnostmi a interakcí regulačních systémů turbíny a asynchronního stroje a nadřazeného regulačního systému. Tyto zkušenosti pak bude možno využít v dalších aplikacích.

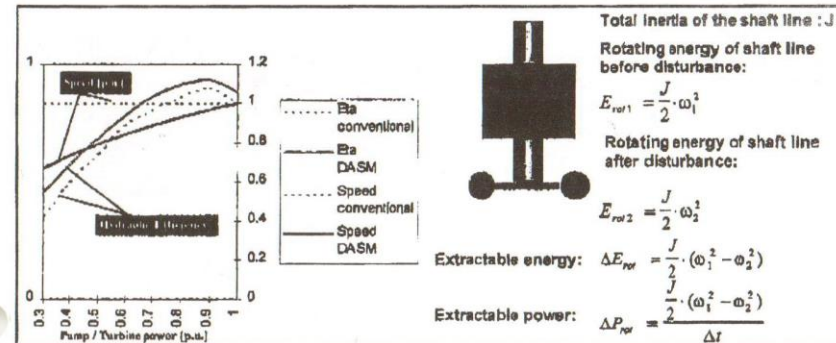
### 1.3 Důvody pro použití asynchronních strojů s dvojitým buzením v hydroelektrárnách

- Otáčky lze měnit v dostatečně velkém rozsahu, běžně ±10% synchronních otáček. Tato změna otáček odpovídá změně výkonu v rozsahu ±30%. Díky této schopnosti lze provozovat s optimální účinností čerpadlo při proměnném zatížení, popř. generátor při částečném zatížení. Na obr.3 je uvedena účinnost a otáčky reverzní turbíny při částečném zatížení a využitelná energie při změně otáček.

- Měnič musí být dimenzován podle skluzového výkonu. Čím větší je rozsah změny otáček ve vztahu k synchronním otáčkám, tím větší je skluzový výkon a tudíž i požadovaná velikost měniče. Cykloměnič musí být dimenzován na uvažovaný výkon a rozsah otáček. Omezení výkonu v rotorovém obvodu je dáno tepelnými napětími v rotoru. Rovněž je třeba uvažovat mechanické zatížení třífázového rotorového vinutí.

- Činný a jalový výkon sítě může být regulován podle potřeby a nezávisle na sobě, a to podle požadavků sítě. Tato vlastnost může být zajímavou i v případech, kdy instalace VARSPEDU není určena primárně k dodávce jalového výkonu do sítě.

- Vzhledem k tomu, že otáčky mohou být měněny v určitém rozsahu, může být zařízení okamžitě připojeno plným výkonem na síť. Takto lze snížit pohotovostní rezervu existující sítě. Podstata této úvahy je patrná z obr.3. Předpokládáme-li setrvačnost 1500 tm2, snížení otáček z ns + 10% na ns -10%, pak 12 MW výkonu může být dodáno do sítě během 30 sekund.



Obr. 3

## 2. Simulace zavedení VARSPEDU s asynchronním strojem s dvojitým buzením a 12ti pulsním měničem

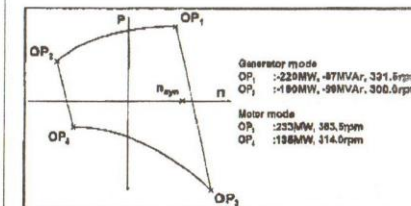
V následujícím uvedených simulovaných případech uvažujeme tyto parametry stroje a sítě:

jmenovitý výkon	MVA	230
synchronní otáčky	1/min	333.33
rozsah změny otáček		300 / 366
jmenovité napětí	kV	15.75
napětí v síti	kV	245
zkratový proud v síti	MVA	1120
frekvence	Hz	50
setrvačnost na hřídeli	tm2	1410

Simulace byla provedena pomocí simulačního programu SIMSEN, vyvinutého na ETH v Lausanne. Stručný popis tohoto programu je uveden v dodatku k tomuto článku. Program je užíván v ABB Power Generation přes dva roky.

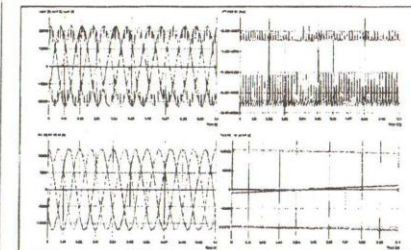
### 2.1 Ustálený stav

Při výpočtu ustáleného stavu byly uvažovány 4 rozdílné provozní stavy v provozním rozsahu asynchronního stroje. Tyto body jsou definovány maximem jmenovitého výkonu na satoru a maximem výkonu na výstupu z měniče. Na obr.4 jsou tyto body znázorněny, spolu s vyznačením výkonu reverzní turbíny (výstup/vstup), a odpovídajících otáček



Obr. 4

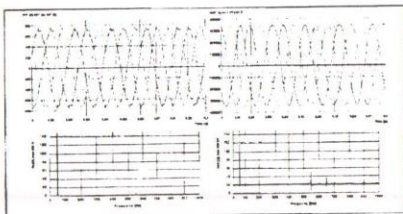
Následující obrázek pak ukazuje výsledky simulace pro jeden z definovaných provozních stavů. Z diagramu je patrné napětí na satoru, činný a jalový výkon na satoru, satorový a rotorový proud. Vzhledem k tomu, že provozní bod byl zvolen v blízkosti synchronních otáček je frekvence rotorového proudu velmi nízká.



Obr.5

Na následujícím obrázku jsou napětí na straně sítě a Fourierova analýza proudů a napětí na

síti, která ukazuje, že v důsledku 12ti pulsního uspořádání cykloměniče je počet harmonických na straně sítě velmi nízký i bez jakéhokoliv filtru. Osa y ve znázornění výsledku Fourierovy analýzy byla zvolena tak, aby bylo možno znázornit amplitudy 11-té a 13-té harmonické.



Obr.6

Srovnání simulovaného 12-ti pulsního měniče s jednodušším 6-ti pulsním měničem ukazuje, že v obou případech je 11. a 13. harmonická zhruba 0,5% základní amplitudy. 5. a 7. harmonická obnáší zhruba 45 základní amplitudy pro 6-ti pulsní měnič, zatímco u 12-ti pulsního měniče se nevytvořila na straně sítě žádná 5. a 7. harmonická.

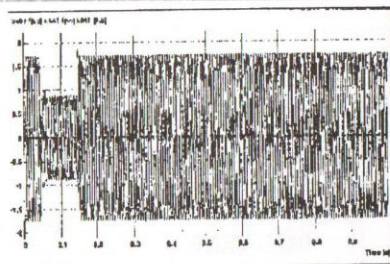
## 2.2 Simulace přechodového chování

V následujícím odstavci je ukázáno přechodové chování VARSPEEDu. Technické parametry jsou shodné s parametry pro simulaci ustáleného stavu, použité v odst. 2.1. Před zavedením poruchy je soustrojí v ustáleném stavu, do něhož je pak zavedena tato porucha:

1. 50-ti procentní pokles napětí v síti,
2. okamžitý trvalý zkrat v síti
3. okamžitá změna výkonu dodávaného do sítě snížením otáček na nový ustálený stav

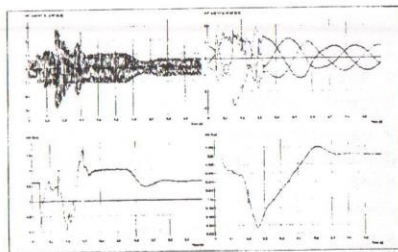
### 2.2.1 50-ti procentní pokles napětí v síti

Ke snížení napětí v síti na 50% jmenovité hodnoty dojde během 100 ms ve všech třech fázích. Po tomto poklesu napětí napětí opět naroste na jmenovitou hodnotu. Průběh síťového napětí je znázorněn na následujícím obrázku.



Obr.7

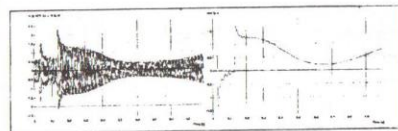
Simulaci byly vypočteny statorové a rotorové proudy, elektromagnetický kroutící moment a otáčky asynchronního stroje:



Obr.8

Snadno nahlédneme, že soustrojí s VARSPEEDem má na síť stabilizující vliv. Po velmi krátkém čase pracuje soustrojí opět v podmínkách, odpovídajících provoznímu bodu před zavedením poruchy a síť není nepříznivě ovlivněna oscilacemi, jak by tomu bylo v případě s klasickým synchronním strojem.

Pro srovnání je na následujícím obrázku uvedeno chování klasického synchronního stroje ve stejném provozním bodě, jako před zavedením poruchy. Setrvačnost stroje byla uvažována stejná, jako u asynchronního stroje s dvojitým buzením (viz výše).



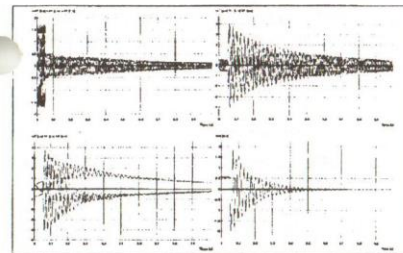
Obr.9

Výsledky simulace ukazují, že konvenční

synchronní stroj potřebuje delší čas k ustálení po zavedené poruše. Oscilace s pólovým rotorem přetrvává po několik sekund. Soustrojí má proto menší stabilizační efekt na síť, než asynchronní stroj s dvojitým buzením.

### 2.2.2 Okamžitý, trvalý zkrat v síti

Následující simulace ukazuje chování soustrojí s VARSPEEDem při okamžitém, trvalém zkratu v síti.



Obr.10

### 2.2.3 Okamžitá změna výkonu dodávaného do sítě

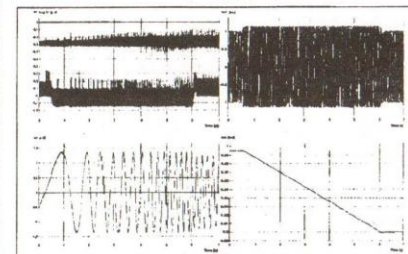
Před okamžitou změnou dodávaného výkonu do sítě pracovalo soustrojí při jmenovitých otáčkách. Pak se otáčky snížily na 0,9 p.u. a energie rotace se využila k okamžité dodávce do sítě. Provoz soustrojí se poté stabilizoval na nových ustálených otáčkách 0,9 p.u. Během tohoto okamžitého zvýšení výkonu je statorový proud omezen na 1,1 p.u. V závislosti na tomto omezení lze po určité zvolenou dobu zvýšit, ev. snížit okamžitou dodávku do sítě.

Z výsledků simulace, uvedených na obr.11, vyplývá

- během 6 sekund lze zvýšit okamžitou dodávku do sítě o 0,1 p.u. (23MW),
- jalový proud produkovaný systémem VARSPEED zůstává na nízkonapěťové části transformátoru nezměněn,
- turbinou dodávaný výkon se během celé této akce nemění,
- proud ve statoru je po odebrání výkonu přibližně stejný jako před ním vzhledem k tomu, že stator musel dodat trochu

větší jalový proud pro měnič při nižších otáčkách.

Vzhledem k uvedeným vlastnostem má soustrojí při nutnosti pokrytí rychlých změn výkonu (odběru) stabilizující vliv na síť. Paralelní elektrárny pracující do stejné sítě nemusí využívat akumulované páry a mohou tudíž pracovat s lepší účinností. Roli regulátora sítě tak částečně přebírá jednotka VARSPEEDu.



Obr.11

## 3. Závěry

V článku byly popsány obecné principy VARSPEEDu, který umožňuje přizpůsobení otáček soustrojí motor-generátor, s aplikací na vodní elektrárny.

Byl simulován ustálený i přechodový provozní stav jednotky 230 MVA s instalovaným VARSPEEDem. Simulace přechodového stavu ukázala, jaké přednosti tento systém skýtá pro stabilitu sítě.

- Po 50ti procentním poklesu napětí na všech fázích v síti během 100 ms se soustrojí vrátilo na svůj provozní stav ve velmi krátké době. Nevznikly přitom žádné oscilace statorového proudu a elektromagnetického kroutícího momentu. Systém VARSPEED má velmi dobrou autostabilitu vzhledem ke své vlastní regulaci a možnosti změny provozních otáček.
- Chování soustrojí během zkratu je srovnatelné s chováním konvenčních synchronních strojů.
- Soustrojí může být užito k pokrytí okamžité špičky v síti tím, že se sníží otáčky z jednoho ustáleného stavu na jiný. Tato možnost regulace sítě byla rovněž demonstrována na příkladu.

- Možnost přizpůsobení otáček umožňuje také snadnou regulaci čerpacího výkonu. I tato vlastnost příznivě ovlivňuje regulaci sítě.
- Kromě právě uvedených předností je tu i jedna "klasická", spočívající ve snížení abraze turbinového rotoru a zlepšení celkové účinnosti soustrojí.
- Bylo rovněž ukázáno, že simulační program SIMSEN lze snadno aplikovat na simulaci ustálených i přechodových provozních stavů pohonných systémů s nastavitelnými otáčkami, jako je VARSPEED.

Uvážíme-li uvedené skutečnosti snadno nahlédneme, že VARSPEED je zajímavou alternativou ke konvenčním synchronním reversním soustrojím zejména v zemích, kde je nutno zlepšit stabilitu sítě. Asynchronní soustrojí s dvojnásobným s 12-ti pulsním cykloměnícím umožňuje přítom dosažení všech výše uvedených výhod za velmi přijatelnou cenu.

## ZE SVĚTA I Z DOMOVA

### Prohlášení vedoucích pracovníků evropského jaderného průmyslu

Po dvoudenním zasedání v Zurichu vydali představitelé jaderného průmyslu z Belgie, Finska, Francie, Německa, Maďarska, Itálie, Nizozemska, Ruska, Španělska, Švédska, Švýcarska a Velké Británie společně prohlášení, v němž se mimo jiné uvádí:

- \* Jaderná energie v Evropě se podílí asi jednou třetinou na výrobě elektřiny a ročně tak zamezí výstupem 700 mil. tun  $\text{CO}_2$ . Je to takové množství, jako kdyby se na rok zcela zastavil provoz 200 mil. aut v Evropě;
- \* Evropská jaderná rada je přesvědčena, že k tomu, aby vlády byly věrohodné ve svých snahách o snižování emisí skleníkových plynů, budou muset podporovat vyváženou směsici energetických zdrojů. Úsporná opatření

### Bibliografická data autora:

Daniel Schafer absolvoval v roce 1993 elektrotechnické inženýrství na ETH Lausane (Švýcarsko). V témže roce nastoupil do švýcarského závodu ABB, odd. hydraulických energetických strojů. V letech 1993 až 1995 se zabýval konvenčními synchronními stroji a stroji typu VARSPEED. V letech 1995 až 1996 byl manažerem v konstrukci elektrických strojů pro hydrogenerátory. V současné době je manažerem výzkumné a vývojové skupiny hydrogenerátorů a spolupracuje s obyvatelým oddělením v oblasti velkých soustrojí s regulovanými otáčkami a reversních turbin.

### Poznámka redakční rady:

Tento článek k uveřejnění v našem časopise nám poskytl člen Asociace pan Ing. Jindřich E. Sprysl, DrSc., pracující u firmy ABB Baden, Švýcarsko. Tato soustrojí jsou již realizována např. viz reference 5 - pohon pro letecký tunel NASA, příkon 100MW (světový rekord). Tento princip byl nabídnut v ČR pro přečerpávačku „Dlouhé Stráně“ v Jeseníkách.

a zvyšování účinnosti jsou důležitá opatření, avšak jedinými velkými zdroji k výrobě elektrické energie, které lze rozvíjet bez emisí  $\text{CO}_2$ , jsou obnovitelné zdroje a jaderná energie;

- \* Cíle ve snižování emisí musí obrážet ekonomickou realitu. Pokud lidstvo chce zajistit ekonomický růst, aby budoucí generace se těšily podobné životní úrovni jako je naše, bude růst spotřeby energie nevyhnutelný. Podpora jaderné energie a ostatním čistým zdrojům energie umožní zvýšit produkci energie při současném snižování emisí  $\text{CO}_2$ .

Jaderné elektrárny ve světě zabraňují ročním emisím  $\text{CO}_2$  ve výši 2,3 mld. tun, což představuje asi 10 % z celkových emisí  $\text{CO}_2$ .

NucNet, News No 434, 20.10.1997 a  
NucNet, Background No 13, 16.9.1997

### Modernizace 330 tušimických megawattů

Rychle rostoucí spotřeba elektřiny v České republice vyvolá již brzy po roce 2000 reálnou potřebu nových zdrojů. Dozorčí rada elektrárenské společnosti ČEZ, a.s., proto jako jedno z možných řešení pro krytí této spotřeby schválila záměr zrekonstruovat, zmodernizovat a odsířit tři bloky Elektrárny Tušimice I, která měla být podle původních plánů do konce příštího roku trvale vyřazena z provozu. V rámci rekonstrukce elektrárny má kromě opatření na snížení emisí pod zákonem

stanovené limity dojit i ke změně odběru popelovin s možností ukládat vzniklé produkty odsíření spolu s popílkem jako deponát na společné uložště ETU II. Pokud všechno poběží podle plánu, měl by být tzv. retrofit všech tří bloků o výkonu 3x 110 MW dokončen na přelomu let 1999 a 2000. Zatímco výstavba nové elektrárny o výkonu 300 MW by stála zhruba 13 miliard korun, retrofit tří tušimických bloků vyjde na 3,5 miliard. Tento projekt tak úvahy o výstavbě nové elektrárny zatím odsunul do pozadí.

Zpravodaj ČEZ, 9, 1997, č. 10, s. 1

## Z ČINNOSTI KLUBŮ

### Klub ASI Brno

#### Exkurze na přečerpávací vodní elektrárnu Dlouhé Stráně

Jak jste byli informováni v minulých číslech Bulletinu A.S.I., plánoval brněnský klub exkurzi na přečerpávací vodní elektrárnu na Dlouhých Stráních v Jeseníkách. Tato se uskutečnila začátkem letošního léta, 9. června. Zúčastnilo se jí 35 účastníků, když pouze část byla tvořena členy A.S.I. Vedle řady členů brněnského klubu se exkurze zúčastnili i tři zájemci klubu pražského, ale do jistého optimálního vyřízení autobusu se k nám přidali především pracovníci fakulty strojní VUT v Brně, ev. další zájemci z přátel brněnských členů.

Celá akce byla hodnocena jako velmi vydařená, i když pro nepřítel počasí jsme nemohli realizovat zcela původní záměry. Mlha, zakrývající zhruba od pololiny výšky vrcholky Jeseníků nám nedovolila výjezd na horní nádrž. Celá akce začala před brněnskou strojní fakultou, odkud jsme v 8.15 vyjeli se zastávkami v Brně v centru na starém autobusovém nádraží "u Grandu" a před hlavním nádražím ČD v Olomouci, kde byli přibírání zájemci dle předchozího plánu a přihlášek.

Vlastní exkurzi jsme měli objednanou u firmy Energotis s.r.o., která tyto exkurze za poplatek

30,-Kč na osobu pořádá, na dvanáctou hodinu. Do objektu elektrárny jsme dorazili s několikaminutovým předstihem, kontaktovali se s průvodcem firmy Energotis a poté následovala necelé tři hodiny trvající exkurze a diskuse o problémech samotné elektrárny i energetiky vůbec.

Nejprve jsme navštívili podzemní prostory, které na návštěvníka zapůsobí již při vstupu svou mohutností, a když jsme se ocitli v kaverně turbin, mohutném podzemním "chrámu" elektrárny, nebylo pochyb, že se nacházíme v největší vodní elektrárně na našem území. Po absolvování prohlídky jednotlivých pater objektu, procházce v bezprostřední blízkosti turbíny, generátoru, kulových uzávěrů i dalších podzemních prostor s technickým vybavením, nezbytným pro provoz elektrárny, jsme se po několika desítkách minut v podzemí přesunuli do "kinosálu" v objektu budovy, která zahrnuje řídicí centrum, administrativní i technické i sociální zázemí elektrárny. Zde jsme se formou videa seznámili s celou historií budování elektrárny, původním stavem přírody i současností této naší energetické dominanty. Pomocí řady kamer, jejichž obraz je možné přenášet na projekční plochu, nám průvodce přiblížil znovu prostory elektrárny i mnohé jejich detaily, stejně jako situaci na dolní nádrži. Záběry z horní nádrže halila neproniknutelná mlha, takže i přes naše naléhání, nebyl

pracovníky elektrárny náš výjezd na tuto nádrž povolen.

Kromě velkoplošné projekce je vlastně celá čelní stěna kinosálu pojata jako mohutný prosvětlený model celé přečerpávací elektrárny, na kterém jsme byli detailně seznámeni s jednotlivými režimy provozu (turbínový, čerpadlový, kompenzační), a posléze s pomocí tohoto modelu, ev. přepínání záběrů jednotlivých kamer, nám průvodce zodpovídal řadu všeobecných i technicky záluďných dotazů v rámci dostatečně dlouhé diskuse. Před opuštěním sálu si zájemci mohli zakoupit pohlednice aj. upomínkové předměty, které má firma Energotis připraveny pro své návštěvníky.

Ze sálu jsme se přesunuli zpět k autobusu a vyjeli na korunu dolní nádrže, kde pokračovala diskuse a prohlídka sdruženého objektu, který v sobě zahrnuje řadu důležitých funkcí od výtokových soustav "turbín" a vtoků "čerpadel", česle, turbínu malé vodní elektrárny po řadu dalších. Zde se již diskutovalo nejen o energetice a vodní elektrárně samotné, ale řeč se samozřejmě vedla i o loňských hrozivých záplavách. Zde jsme se také rozloučili s průvodcem a vydali se stejnou cestou k domovu. Bohužel jsme díky mlze nemohli navštívit horní nádrž, a v její blízkosti se nacházející tři větrné elektrárny, které jsou dnes tak často diskutovány v nových směrech naší energetiky.

Poslední účastníci exkurze opouštěli autobus opět před fakultou strojní v Brně před sedmou hodinou večer. Všichni jsme se shodli, že i při nepříznivém počasí se nám exkurze vydařila a přinesla mnoho zajímavých poznatků. Příspěvek na exkurzi, členové A.S.I. pouze 30,- Kč "vstupného pro Energotis" a ostatní pak o 50,- Kč víc, čímž se klubu kompenzovalo jistě malé procento nákladů na autobus, který byl hrazen z prostředků A.S.I., byl dle mínění všech účastníků dobrou investicí. Rozhořely se diskuse, kam se podívat příště.

#### Některá zajímavá čísla a údaje

Přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé Stráně se nachází poblíž Loučně nad Desnou v Chráněné krajinné oblasti Jeseníky. Název nese podle hřebene, na kterém se ve výšce 1350 m n.m. nachází horní nádrž. Dolní nádrž 30

ve výšce 824 m n.m. je na toku říčky Divoká Desná. Celý projekt byl realizován velmi ekologicky šetrně a z hlediska energetického, ekologického, geologického a dalších byl v čase přípravy projektu (1963 až 67) vybrán z cca 40 různých variant umístěných v lokalitě Jeseníků. Při samotné realizaci byl ještě dotvářen a opravován s ohledem na dlouhý čas budování tohoto gigantického díla. Se stavbou se započalo v roce 1978 a elektrárna byla do provozu uvedena v roce 1996.

Objekt v podzemí představuje vylámaný prostor bezmála 100 tisíc kubických metrů, přičemž největší prostory zaujímá v podzemí kaverna turbin a trafostanice. Horní nádrž a vlastní turbíny spojují dva tlakové přivaděče o světlosti 3,6 m a délkách 1499 a 1547 m, odpadní tunely od sávek turbin ke sdruženému objektu dolní nádrže mají délky 338 a 380 m při světlosti 5,2 m. Kromě toho jsou v podzemí vylámané další kilometry technických chodů a technologických tunelů.

Hráz horní nádrže je tvořena násypem cca 2 mil. kubických metrů a pojme 2,72 mil. m<sup>3</sup> vody. Dolní nádrž tvoří sypaná hráz na Divoké Desné z 840 tisíc kubiků nasypu, který zadržuje 3,4 mil. m<sup>3</sup> vody. Z tohoto množství je provozní objem vody přečerpávaný a opětovně používaný pro pohon turbin 2,58 mil. m<sup>3</sup>. Hladina horní nádrže se pohybuje mezi kótami 1322 a 1348 m nad mořem, zatímco v dolní nádrži dosahuje hladina nadmořských výšek 822 až 800 m.

Elektrárna je naší největší vodní i přečerpávací elektrárnou díky dvěma reverzním Franciovým turbínám FR 100 o instalovaném výkonu 2x 325 MW, tj celkově 650 MW. Přitom vodní elektrárny představují v dnešní době svým celkovým instalovaným výkonem 1865 MW cca 18% výkonu celého ČEZ a.s. Použité turbíny FR 100 mají průměr oběžného kola 4,540 mm, v turbínovém provozu se spád na nich pohybuje v rozmezí 532 až 488 m při průtoku 68 m<sup>3</sup>/s, zatímco v režimu čerpadel je průtok 46 až 54 m<sup>3</sup>/s při dopravní výšce 554 až 513 m. Výkon turbíny je již uvedených 325 MW, výkon čerpadla 300 MW, jmenovitě otáčky obou režimů 428,6 ot/min.

Celý areál zaujímá asi 100 ha z Chráněné krajinné oblasti Jeseníky a nachází se v něm u horní nádrže ještě tři větrné elektrárny, jejichž

výkon je vůči samotné elektrárně zcela zanedbatelný. Na odtoku z dolní nádrže do koryta říčky Divoká Desná je ještě malá vodní elektrárna, osazená horizontální Franciovou turbínou F 15 R o výkonu 163 kW. S elektrizační soustavou je spojena elektrárna přes podzemní trafostanici a venkovní zapouzdřenou rozvodnu pod hrází dolní nádrže vedením 400 kV. Jen vyjimečně je elektrárna řízena z místního velínu, častěji je řízena přímo z Ústředního energetického dispečinku v Praze. Používá se především jako špičková elektrárna a její projektovaná roční výroba energie může dosáhnout více než 900 mil. kWh ( všechny naše vodní elektrárny vyrobí ročně celkem necelé 1,5 miliardy kWh ). Přitom od pokynu energetického dispečinku po najetí na plný turbínový výkon neuplynou ani celé dvě minuty, v opačném směru, tj. v najetí na čerpadlový provoz je třeba času zhruba dvojnásobného ( čerpadla - turbíny, se musí rozbíhat naprázdno zavzdušněná pomocí výkonných kompresorů a teprve pak jsou připojena k půlkilometrovému sloupci vody ).

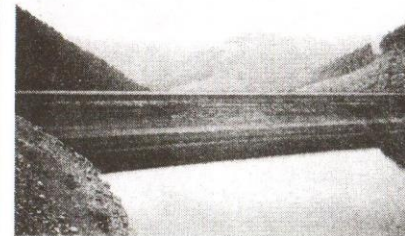
#### Další exkurzní plány brněnského klubu

Již cestou zpět se začalo diskutovat o příštích exkurzích. Do dneška padla řada námětů. Od původních smělých plánů náročných a s velkou spoluúčastí účastníků počítající zahraniční cestou např. na nějaký veletrh v SRN, až po podobně skromné exkurze domácí. Zde se nejčastěji objevují jména našich prosperujících podniků Škoda Mladá Boleslav, ZPS Zlín, ale rovněž klasická vodní elektrárna Lipno a další. Jelikož máme jisté prostředky v brněnském klubu k dispozici, samozřejmě bychom členy A.S.I. opět zvýhodnili příspěvkem na úhradu dopravy. Náměty do této diskuse vítáme nejen od svých členů. I členové jiných klubů se mohou připojit k diskusi a posléze k účasti na zastávkách volených operativně po trase cesty.

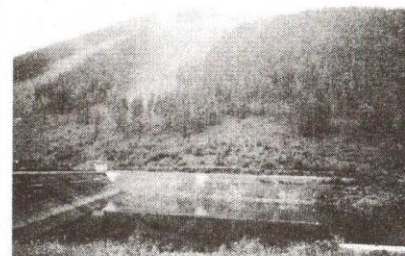
#### Prameny

Výklad průvodce elektrárnou Dlouhé Stráně  
Materiály firmy Energotis s.r.o. Rejhotice 75,  
788 12 Loučná nad Desnou

Ing. František Vdoleček



Obr. 1. Dolní nádrž - sypaná hráz, většina objemu vody se nachází v tomto okamžiku v horní nádrži

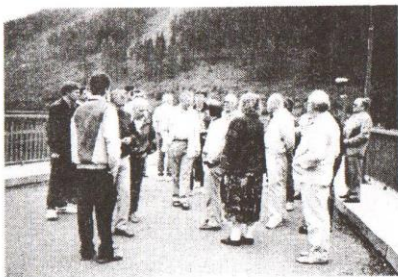


Obr.2. Dolní nádrž - vzadu běh s komunikací směřující k horní nádrži, vlevo koruna hráze

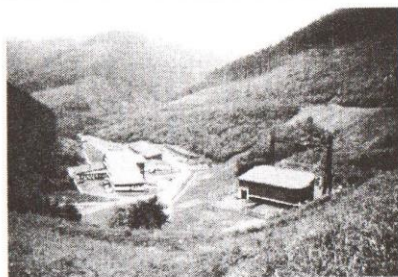


Obr. 3. Pohled na sdružený objekt dolní nádrže





Obr. 4. Skupinka účastníků exkurze na sdruženém objektu dolní nádrže



Obr. 5. Pohled do údolí z koruny hráze dolní nádrže. Nalevo víceúčelový objekt elektrárny s řídicím centrem, kinosálem, administrativou, jídelnou aj. „zázemím“, napravo zapouzdržená rozvodna 400 kV.

#### Nové vedení brněnského klubu A.S.I.

S ohledem na opakující se problémy s účastí na celostátních i klubových valných hromadách, rozhodl se klub A.S.I. Brno uskutečnit volby nového výboru korespondenční formou, protože se takto předpokládalo větší procento spoluúčasti členské základny. Dalším problémem bylo samotné složení kandidátky, kdy se velmi těžko hledali členové, ochotní zpravidla ještě vedle svých nemalých povinností v jiných oblastech, přispět na úkor volného času k práci klubového výboru.

Členové, hlásící se k brněnskému klubu tak v úvodu května spolu s jinými materiály

Asociace obdrželi i návrh kandidátky do výboru pro příští období. Vzhledem k tomu, že mnozí členství ukončili, někteří jsou nezávěsní a na žádné dopisy nereagují, z některých adres se korespondence vrací s poznámkou "adresát neznámý", lze předpokládat, že v současném období z původních cca 120 členů "žije" a bylo osloveno 83 aktivních členů. Z tohoto množství se nám vrátilo 37 kladných hlasů, nikdo se nevyjádřil proti a neobjevil se žádný doplňující návrh. Vracené kladné hlasy představují cca 45 % souhlas aktivní členské základny klubu a jsou považovány za potvrzení nového (staronového) vedení klubu.

Výbor se sešel na své "ustavující" schůzi 16. července 1998 a ze svého středu potvrdil i pro další období ve funkci předsedy klubu Prof. Ing. Jaromíra SLAVÍKA, CSc. Kromě plánů činnosti pro další období a široké diskuse na téma práce i místa A.S.I. v naší společnosti, zejména ve vazbě na oblast průmyslu a výchovy dalších generací odborníků pro české strojírenství, byla značná pozornost věnována i členské základně. Bylo rozhodnuto, že výbor se pokusí svolat v podzimním termínu valnou hromadu, spojenou s kratší odbornou přednáškou. Členové, kteří již delší dobu - i několik let - nereagují na korespondenci, dluží členské příspěvky a pod., budou osloveni dalším dopisem, pro poslední pokus zjištění stavu jejich zájmu o setrvání v naší organizaci. Dopis bude koncipován tak, že absence odpovědi na něj, způsobená buď nezájmem nebo přestěhováním a nedoručitelností bude důvodem k ukončení členství.

Poslední dobou vyzýváme členy i několikrát ročně k aktualizaci osobních údajů, především adres. Každá taková výzva vždy přinese několik odpovědí, od těch členů, kteří s A.S.I. nechťejí ztratit kontakt a nečinili tak zcela po změně automaticky sami. Znáte-li ve svém okolí někoho z členů, který si stěžuje, že ztratil kontakt se svým klubem, upozorněte na něho svůj klub, ev. nechť sám oznámí změny v kontaktu na sebe. Víte-li o někom, kdo by měl zájem se stát členem, nasměřujte ho na adresu nejbližšího klubu. Brněnský klub uvítá ve svých řadách nové zájemce, vázané ke strojírenství ze širokého okolí.

Výbor děkuje svým bývalým odstupujícím členům, i všem ostatním, kteří se v minulém období zapojili aktivně do činnosti a přispěli svým podílem k úspěšnému zvládnutí různých akcí. Současně uvítá spolupráci a aktivitu od všech svých členů při akcích v období nastávajícím i v případném rozšíření výboru.

Výbor brněnského klubu A.S.I. má na základě korespondenční volby pro příští období následující složení:

#### Předseda:

Prof. Ing. Jaromír SLAVÍK, CSc.  
VUT v Brně - FS (05-4114 2857)

#### Členové:

Doc. Ing. Petr KMOCH, CSc.  
VA Brno (05-4118 2749)  
Doc. Ing. Branislav LACKO, CSc.  
VUT v Brně - FS (05-4114 2206)  
Ing. Jiří MICHELE  
TOS Kufim OS s.r.o. (05-4110 2099)

Doc. Ing. Josef VAČKÁŘ, CSc.  
VUT v Brně - FS (05-4114 2492)  
Ing. František VDOLEČEK, CSc.  
VUT v Brně - FS (05-4114 2202)

#### Revizní komise:

Doc. Ing. Anton HUMÁR, CSc.  
VUT v Brně - FS (05-4114 2407)  
Ing. Pavel MAZAL, CSc.  
VUT v Brně - FS (05-4114 3229)

Adresa klubu, sídlícího na Fakultě strojní VUT v Brně:

A.S.I. - Asociace strojních inženýrů  
klub Brno  
Technická 2  
616 69 BRNO

Pro styk s výborem lze použít i fax na fakultu 05-4121 1994, ale je třeba uvádět adresáta, tj. A.S.I. Brno.

Ing. František Vdoleček

## SPOLEČENSKÁ KRONIKA ČLENŮ ASI

Sedmáctého února tohoto roku oslavil člen výboru ASI ing. Jiří Maštovský, CSc. své pětadesáté narozeniny.

Jiří Maštovský je z toho rodu inženýrů, kteří plně chápou poslání této profese jako službu lidem. K tomu si dokázal vytvořit nejlepší předpoklady svým studiem, odbornou i vědeckou praxí, a především svými osobními a charakterovými vlastnostmi - pečlivostí, obětavostí, skromností a hlubokým citěním sociálním.

Fakultu strojního inženýrství absolvoval s vyznamenáním v roce 1956, cenné zkušenosti a inženýrskou praxi získal během následujících pěti let v projekci a výstavbě velkých chemických závodů s novými anorganickými technologiemi. Během této náročné práce stihl ještě úspěšně zvládnout postgraduální studium automatizace na ČVUT.

Od roku 1961 se se stejným nasazením

věnoval po více než dvacet let vědecké práci v Ústavu termomechaniky ČSAV, kde v roce 1967 obhájil kandidátskou práci v oboru termomechanika a mechanika tekutin. Zabýval se převážně teoretickým a experimentálním výzkumem termofyzikálních vlastností a relaxačních pochodů ve vysoce ohřátých plynech a vybudoval zde pro tyto účely unikátní experimentální zařízení. Studium transportních vlastností nízkoteplotního plazmatu v elektrickém oblouku jej přivedlo na jednorozhodný pracovní pobyt k profesoru F. Bošnjakovičovi na universitu do Stuttgartu. Jeho vynikající jazykové znalosti pak v následujících letech jenom přispívaly k uznávané spolupráci se zahraničními akademickými pracovišti a otevřely mu možnosti publikace dosažených výsledků v zahraničním odborném tisku.

Po řadu let uplatňoval své vědecko-

organizační schopnosti a dokonalý přehled v oboru v koordinační práci v tehdejším státním plánu základního výzkumu. Od roku 1985 pak plně zúročil všechny tyto zkušenosti v řídicích orgánech Československé akademie věd. Nejen s plným nasazením a přátelskou vstřícností vykonával všechny své náročné funkce, ale i s noblesou jemu vlastní, která

vždy změnila jednání s kanceláři Akademie věd v potěšení.

Rádi a upřímně proto přejeme svému váženému kolegovi a příteli ing. Jiřímu Maštovskému, CSc. do dalších let mnoho sil, elánu a dobré pohody a těšíme se na další spolupráci.

**SPRAVODAJ SASI vydáva Výbor Slovenskej asociácie strojních inžinierov, Námestie slobody 17, 812 31 Bratislava, 07/3596 186**

## OBSAH

### Odborná časť

*Ing. Hekmat Al Hakim, CSc.*

Interval výmeny oleja ..... 1

### Informácie

Záznam zo 7. rokovania výboru a revíznej komisie SASI, ktoré sa zišlo 18. marca 1997 v zasadacej sieni dekana Strojnickej fakulty STU v Bratislave ..... 3

Správa z 3. zhromaždenia zástupcov SASI, ktoré sa zišlo 18. marca 1997 v zasadacej sieni dekana Strojnickej fakulty STU v Bratislave ..... 4

Správa o činnosti SASI za uplynulé obdobie (marec 1996 - február 1997) ..... 5

Program činnosti SASI na rok 1997 ..... 7

Uznesenie 3. Zhromaždenia zástupcov SASI ..... 7

Príloha k Uzneseniu 3. zhromaždenia zástupcov SASI ..... 7

Záznam z 1. rokovania výboru a revíznej komisie SASI, ktoré sa zišlo 18. marca 1997 v zasadacej sieni dekana Strojnickej fakulty STU v Bratislave ..... 8

Aktivity Academie Istropolitany a SASI ..... 8

### Konferencie, semináre, výstavy

Kalendár odborných akcií Klubu SASI Košice na rok 1997 ..... 11

*Doc. Ing. Juraj Smrček, CSc., Doc. Ing. Jozef Novák-Marcinčín, CSc.*

ROBTEP '97 ..... 12

*Doc. Ing. Ján Hauptvogel, CSc.*

Výchova a vzdelávanie inžinierov pre 21. storočie - seminár na SjF STU ..... 14

### Recenzie

*Doc. Ing. Jozef Gajdoš, CSc.*

Výtahy bez strojovne ..... 15

*Doc. Ing. Peter Zvolenský, CSc., Doc. Ing. Vladimír Stuchlý, CSc.*

Moderné riadenie údržby strojov a zariadení v podniku ..... 17

*Prof. Ing. Anton Puškár, DrSc., dr.h.c.*

Recenzia vysokoškolskej učebnice Petra Skočovského, Otakara Borúvku a Petra Paľčka: Náuka o materiáli ..... 20

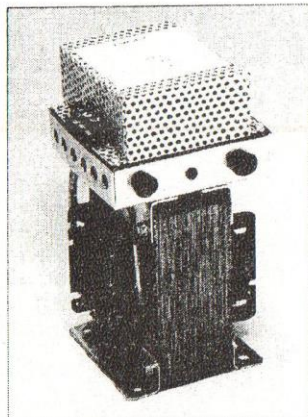
Vydanie tohto čísla pripravili: **Ing. Eugen Greipl**  
**Doc. Ing. Jozef Gajdoš, CSc.**  
**Doc. Ing. Jaroslav Jarema, CSc.**

Uzávierka príspevkov do ďalšieho čísla: 31. marca 1998

**E.S.H.&F.** s.r.o.

Kancelář: V Jirchářích 11, 110 00 Praha 1  
tel./fax: 02 / 249 121 29

Provozovna: Studeňany 18, 507 12 Radim u Jičína  
tel./fax: 0433 / 597 101  
tel.: 0433 / 597 108



**STEJNOMĚRNÉ ZDROJE** -  
jednofázové a třífázové - stabilizované -  
do výkonu vyráběných transformátorů



**CÍVKY** - samonosné (bez kostry vinutí) - na kostrách dodávaných nebo vlastní výroby (sklotextit, plást) - impregnace dle požadavku zákazníka

**VZDUCHOVÉ TLUMIVKY** - pro vnitřní použití -  
v tepelné třídě F - jmenovité proudy ve třídě zatížení dle ČSN 351170 - proudy 100A i více

**OPRAVY (PŘEVJENÍ) VELKÝCH MOTORŮ  
A GENERÁTORŮ** - do 6 kV a cca 1 MW

