Elektronový mikroskop v Č(SS)R očima pamětníka

Ladislav Zobač

Úvod

Historie elektronového mikroskopu v Československu začala návrhem profesora Bláhy na celoústavní poradě o nových námětech vývoje vědeckých přístrojů v Ústavu teoretické a experimentální elektrotechniky na VUT v Brně.



Na jeho řešitele navrhl prof. Bláha studenta Delonga, který v té době ještě řešil jiný úkol na jednom z pracovišť UTEE, na brněnském Výstavišti, v té době ještě neužívaném pro veletrhy. Mě určil jako řešitele tzv. Projekční televize. S jeho návrhem takového zařízení mě seznámil tím, že mě nechal nakreslit patentovou přihlášku. Ta mě přesvědčila, že to není ani technicky realizovatelné, a tím vůbec ne perspektivní, účelný úkol. Proto jsem se rozhodl Bláhův návrh nepřijmout. Místo toho jsem si opatřil knihu amerického autora Zworykina, pojednávají o elektronových mikroskopech, kterou jsem se seznámil s touto problematikou. Když jsem prof. Bláhu seznámil se svými důvody, proč nebudu řešit jeho projekční televizi, a úmyslem zabývat se místo toho elektronovým mikroskopem, Bláha souhlasil. Protože jsem svoji předchozí práci na oscilografu měl již ukončenou, mohl jsem se ihned pustit do nového úkolu.

Podle přání a představy profesora Bláhy jsem zkonstruoval jednoduché zařízení se základními prvky elektronového mikroskopu, - tj. zdrojem elektronů urychlených vysokým napětím 50 kV,(elektronovou tryskou), s možností jejího přesného seřízení, dále dvěma magnetickými čočkami, fluorescenčním stínítkem pro zviditelnění elektronového obrazu, komorou s fotografickými deskami pro jeho záznam, a samozřejmě s čerpacím zařízením. To bylo stejné jako o oscilografu. Namontováno to vše bylo do oblíbené „Bláhovy trojnožky. Kolem přelomu roku 1948/1949 mi Bláha oznámil, že slíbil dodat elektronový mikroskop Výzkumnému ústavu vlnařskému v Brně, a to v době co nejkratší.



Úkolem zkonstruovat takový přístroj a zhotovit dokumentaci pro jeho výrobu v dílně UTEE pověřil mě. Já jsem si vyžádal na pomoc pana Jana Speciálního, který už předtím pomáhal s konstrukcí oscilografu.

Pracovní tým se začal rozrůstat. Přibyl Jiří Frantál jako řešitel elektroniky a zdroje VN, a sním další elektrikáři (Bártl, Dobeš). Také Armin Delong, po dokončení jeho úkolu na výstavišti (přesné datum si nepamatuji). Ten sebou přivedl svého spolužáka Drahoše. Oba se teprve seznamovali s problematikou elektronového mikroskopu studiem literatury.

Všem nám velmi pomohla možnost seznámit se prakticky s elektronovým mikroskopem americké firmy RCA, který byl v Brně na lékařské fakultě u prof. Herčíka. Mě pomohla nejvíce instrukční kniha, kde mj. byla zobrazena v řezu

konstrukce elektron-optické části mikroskopu. Tu jsem (volně) napodobil (neokopíroval).

Výrobní výkresy jsme (Speciálný a Zobač) průběžně dodávali dílně, takže součásti mikroskopu byly zhotoveny poměrně brzy. Sestavení mikroskopu proběhlo také rychle, ale kdy jsme skončili montáž a začali mikroskop „oživovat“ si přesně nepamatuji, za to si pamatuji nadšení z prvních obrazů na stínítku a fotografické desce.

Výsledek naší společné práce jsme začali zveřejňovat. První přednáška proběhla v učebně fyziky na VUT. Výsledky prezentovali Delong, Drahoš a Zobač.

Pak jsme se zúčastňovali mnohých konferencí, kde jsme se setkávali jednak s uživateli elektronových mikroskopů, domácími i zahraničními, a také s technickými kolegy ze zahraničí (z Jugoslávie).

Výroba mikroskopů pro komerční účely



Výrobu dalších přístrojů podle prototypu vyvinutého na UTEE se postaral profesor Bláha vlastně s předstihem, a to tím, že zřídil pro využití výsledků vývoje z UTEE tzv. Vědeckou dílnu na Husově ulici 8. Tam k novým

pracovníkům přešli z VUT i někteří „vývojáři“ se svými „prototypy“. Tak to bylo v případě mikroskopu, se kterým přešli do Vědecké dílny na Husovu Ing Zobač, Jan Speciálný jako konstruktéři, a Josef Svoboda jako „dílovedoucí“. To velice urychlilo realizaci prvních přístrojů.

Jejich výroba v rámci „národního podniku“ Tesla byla zpočátku jen důsledkem znárodňování po „vítězném únoru“. Soukromá Bláhova Vědecká dílna přešla do podniku Tesla Elektronik jen administrativně. Výroba fakticky pokračovala dále na Husově ulici.

V podniku Tesla na Čechyňské ulici byli starostí výrobou a prodejem mikroskopů pověřeni někteří z původních zaměstnanců Tesly. Já si pamatuji jméno Ing. Jiří Berhard. Ten udržoval se skupinou původních vývojových pracovníků (Delong, Drahoš, Zobač, Speciálný) kontakt a do jisté míry jí pomáhal, např. přidělením kresličky Naděždy Ludvíkové do Laboratoře elektronové optiky na Botanické č. 8.

Osudy mikroskopu ovlivnil ovšem i politický vývoj po únoru. Především tím, že VUT v Brně bylo „militarizováno“ zřízením Vojenské akademie AZ v Brně. Někteří pracovníci UTEE se tím administrativně stali zaměstnanci VA AZ a zůstali na původním místě s původními úkoly. Tak dopadli Delong a Drahoš, tehdy již inženýři pokračující jako „vědečtí aspiranti“ v práci na elektronovém mikroskopu. Stali se členy katedry elektrotechniky vedené kapitánem Ing. Drábem.



Profesora Bláhu stihl horší osud, - byl zbaven profesury a propuštěn atd. Jeho osud si ovšem zaslouží podrobnější vylíčení a vysvětlení. Jeho vliv na osudu mikroskopu tím skončil, ale ještě předtím, jako profesor a šéf vývojových pracovníků UTEE jej významně ovlivnil, a to nápadem pokračovat ve vývoji mikroskopu konstrukcí malého mikroskopu. Já jsem se v té době chystal na ukončení studia státní zkouškou. Profesor Bláha mi zadal jako jeden ze dvou úkolů, které jsme museli vyřešit za tři týdny, udělat „ideový návrh malého elektronového mikroskopu“. Udělal jsem ho, ovšem vzhledem ke krátkému termínu jen velice hrubý. Pro skutečný vývoj mikroskopu to nemělo význam skoro žádný. Tento úkol se stal „pracovním“ inženýrů Delonga a Drahoše v rámci VA AZ. Jan Speciálný a já jsme se k nim časem připojili, spolu s dalšími, např. Stanislavem Dobešem.

V době zřízení VA AZ jsem já a Jan Speciálný byli zaměstnáni starostí o začínající výrobu mikroskopů ve Vědecké dílně na Husově ulici, Já jsem tam měl skončit odchodem na základní vojenskou službu, odloženou po dobu studia na VUT. Tomu se mě podařilo vyhnout tím, že jsem zažádal o přijetí na VA AZ. Bylo mi vyhověno na poslední chvíli, jen několik hodin před nástupem na vojnu.

Byl jsem přidělen ke skupině Delong, Drahoš, Speciálný jako vývojový pracovník malého mikroskopu. Později mi k této práci přibyl i úkol přednášet teoretickou elektrotechniku.

K vývoji mikroskopu, který byl koncipován jako „stolní“, jsem přispěl návrhem vakuového systému se vzduchem chlazenou difuzní vývěvou zcela nové koncepce. Zbavila mikroskop závislosti na vodě nutné k chlazení jiných vývěv.

V roce 1953 vedení VA AZ navrhlo udělit Rád práce za vývoj prvního mikroskopu (v roce 1950) Řád práce třem pracovníkům, Delongovi, Drahošovi a Zobačovi. Názory na tento počin se mohou různit, já si nemyslím, že to bylo opravdu zasloužené, ale vedení VA AZ se chtělo něčím zviditelnit.

Delong s Drahošem se snažili zlepšit podmínky pro práci na vývoji mikroskopů, proto využili příznivé situace ve vedení ČSAV, totiž skutečnosti, že vedoucí pracovník (akademik Málek) dostal jeden z prvních mikroskopů vyrobených v Tesle. Podařilo se jim zřídit tzv. Laboratoř elektronové optiky ČSAV v Brně na Botanické ulici č. 8. Tam kromě dalších pracovníků (např. Ing. Kroupa) přibyly i dva stroje, soustruh a fréza. Na tomto pracovišti se začal řešit mikroskop označený jako „s vysokou rozlišovací schopností“. Byl dokončen začátkem šedesátých let na novém pracovišti, Ústavu přístrojové techniky v nových prostorách na Královopolské



ulici 147. Tento název vznikl přejmenováním v roce 1957 tzv. Vývojových dílen ČSAV (přičiněním Ing. Zdeňka Buřivala), který dosáhl jejich zřízení v roce 1953. Současně s přejmenováním, hodnoceným jako založení Ústavu přístrojové techniky, získal Ing. Buřival se svými spolupracovníky také souhlas a peníze na stavbu budov na Královopolské. Do nových pracovních prostor se přestěhovali začátkem roku 1960 i pracovníci jiných pracovišť ČSAV v Brně, mezi nimi i z Laboratoře elektronové optiky ČSAV na Botanické.

Tam byl dokončen vývoj mikroskopu, jehož výroby pod označením BS 413 se ujala brněnská Tesla, situovaná již v nových prostorách na Purkyňově ulici v Králově poli.

O tomto mikroskopu byly otištěny v roce 1964 v čísle 9 Slaboproudého obzoru dva články, které mj. ukazují, kdo čím přispěl k jeho konstrukci:

- Delong, A. – Drahoš, V – Speciálný, J.: **Optická soustava elektronového mikroskop vysokou rozlišovací schopností, str. 516 – 522.**
- **Zobač, L. – Speciálný, J.: Vakuová soustava elektronového mikroskopu s vysokou rozlišovací schopností, str. 516 – 622.**

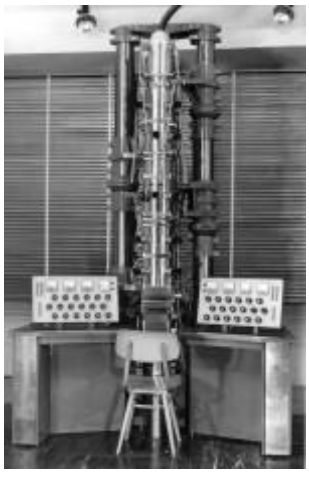
Již předtím, v roce 1963 v č. 3 Slaboproudého obzoru byl otištěn článek [Zobač, L.: **Stabilizace proudu obvodem se záporným diferenciálním odporem, str. 89 – 94.]** ve kterém je popsán stabilizátor proudu použitý u "mikroskopu s vysokou rozlišovací schopností".

Zdroj vysokého urychlovacího napětí pro tento mikroskop řešili Ing. M. Bulka, Ing. J. Kroupa a S. Dobeš. Publikován nebyl.

Popsaný mikroskop byl vyráběn v Tesle Brno pod označením BS 413. Pracovníci vývojové skupiny Tesly jej v dalších letech modifikovali na BS 513 a BS 613. Vyrobilo se jich několik set kusů.

Mikroskop s mezní rozlišovací schopností

Někdy uprostřed šedesátých let Delong s Drahošem navštívili pracoviště v městě Toulouse ve Francii, kde viděli mikroskop s urychlovacím napětím 1 MV. Na Delonga to mohutně zapůsobilo.



V té době jsme se právě chystali vyvíjet další typ mikroskopu. Delong navrhoval zkusit také něco podobného, s co nejvyšším napětím. My (Kroupa, Standa Dobeš a já) jsme ho však zklamali, že na tak vysoké napětí „nemáme“.

Nevzdal se však naděje, že on dokáže něco výjimečného, a proto vymyslel, že vyvineme „mikroskop s nejlepší možnou rozlišovací schopností“ (dosahující teoreticky možné meze, pod jeden Angstrom (0,1 nanometru, 10^{-10} metru).

My jsme chtěli naopak vyvíjet něco užitečnějšího, komerčně využitelného v Tesle. Kromě toho jsme také měli zkušenost s předchozím mikroskopem, věděli jsme, že zlepšit rozlišovací schopnost znamená hlavně zdokonalit stability (urychlovacího napětí, proudu v magnetických čočkách, a také „mechanickou“ stabilitu optické části.) Když jsme se pokoušeli Delonga přesvědčit ke změně jeho úmyslu, nesouhlasil s našimi námitkami, že to nebude nic pro sériovou výrobu v Tesle. Na naši otázku „nač to tedy bude“?, odpovídal:„Pro tisk, rozhlas televizi!“ (čili proslavím(e) se ve světě.)

Na naše připomínky k mechanické stabilitě optické soustavy odpovídal: „Mechanickou stabilitu dosáhnu tím, že objektiv zakotvím na tuhou nosnou konstrukci“. Jeho domněnka, že tím vyřeší problém mechanické stability, se ukázala jako tragický omyl (chyba). Způsobil(a), že MMRS byl totálním fiaskem (podobně jako zvon kolokol ruského cara, proto ho Standa Dobeš pojmenoval „CAR mikroskop“).

Podrobnější vysvětlení: Snaha zkonstruovat co „nejdokonalejší“ mikroskop vedla Delonga k tomu, že volil optiku s velkým počet čoček, - a ty byly pro seřízení celé soustavy vůči sobě nastavitelné, čili byly spojeny ne dost tuhými spoji. Celý optický systém byl proto **zcela nedostatečně tuhý**. To pak vedlo zákonitě k tomu, že otřesy půdy, na které mikroskop stál, zcela znemožnily pořizovat „vibracemi nerozmazané“ snímky. A to ani se „skromným“ rozlišením. Dodatečné pokusy napravit zásadní chyby konstrukce mikroskopu úpravami „podloží“ na kterém mikroskop stál, nepomohly. Mikroskop mohl být leda citlivým seismografem.

MMRS byl jeho autorem nazván „experimentálním“, a jeho „přínosem“ byly údajně zkušenosti (ovšem jen jak se mikroskop konstruovat nemá).

Tyto „zkušenosti“ nepomohly Tesle, která vyráběla do té doby mikroskopy podle podkladů dodaných jim konstruktérem Janem Speciálním. Najednou neměli nic nového ke komerčnímu využití, a zájem o mikroskopy BS 413 a BS 613 byl vyčerpán.

Naštěstí se vývojáři v Tesle nevzdali a vyvinuli samostatně (např. Ing. Petr, Ing. Melkes a další) malý rastrovací mikroskop PERLA (možná i další modely. Po rozpadu Tesly zachránilo elektronovou mikroskopii v Brně to, že pracovníci z Tesly, již samostatní s vlastními zkušenostmi, založili tři podniky:

1. Tesla Elmi v areálu bývalé Tesly, TESCAN v Kohoutovicích, a Delmi v Žabovřeskách.
Tesla Elmi zajišťuje servis mikroskopů vyrobených v podniku Tesla Brno

2. Podnik TESCAN vyrábí rastrovací elektronové mikroskopy a je světově úspěšný v jejich prodeji

3. Skupina Delmi začala svoji činnost v Brně-Žabovřeskách, pak se přestěhovala do areálu Technologického parku a navázala spolupráci s firmou Phillips v Holandsku, později pak nadnárodní společností **Fei Copany**. Vyrábí velký počet různých typů elektronových mikroskopů a jiných přístrojů využívajících elektronového, resp. Iontového svazku.

K těmto dvěma českým výrobcům elektronových mikroskopů se připojil začátkem devadesátých let

4. podnik - Delong Instruments výrobou „stolního“ elektronového mikroskopu.

LVEM5 Low Voltage Benchtop Transmission (TEM) and Scanning (SEM) –
Do dnešní doby bylo již dodáno několik desítek těchto přístrojů, převážně do USA a západní Evropy. Tento mikroskop je originální konstrukcí prof. Delonga, funkční prototyp byl realizován v ÚPT již před rokem 1989, komerčního využití se však dočkal teprve v roce 2008. Od té doby se vyrábí a prodává bez podstatnějších změn konstrukce nebo vlastností.

Vývoj elektron-optických přístrojů v UPT a Tesle po neúspěchu „experimentálního“ mikroskopu

Koncem šedesátých let, když se ukázalo, že tzv. „mikroskop s mezní rozlišovací schopností“ je zcela nepoužitelný, musela se Tesla osamostatnit ve vývoji dalších typů elektronových mikroskopů. Díky zkušenostem, které získali pracovníci vývojové skupiny s předchozími mikroskopy přejímanými z ÚPT se jim to brzy podařilo. Vyvinuli a úspěšně vyráběli několik variant rastrovacího elektronového mikroskopu. To sehrálo důležitou roli po rozpadu Tesly začátkem devadesátých let. Pracovníci ze skupiny pro elektronové mikroskopy založili v Brně dva podniky zabývající se vývojem, výrobou a prodejem elektronových mikroskopů. O jejich historii a produkci je možno najít informace na internetu, např.:

- Jiří Očadlík: **Mikroskop** z **Brna** posunul celý obor o kus dál - E15.cz **...**
nazory.euro.e15.cz › Názory › Rozhovory
- **Mikroskopy** mají úspěch: Jaroslav Klíma je podruhé podnikatel roku **...**
brno.idnes.cz/**mikroskopy**-maji...je...-/**brno**-zpravy.aspx?c...**brno**.

V Ústavu přístrojové techniky prakticky skončil vývoj mikroskopů konstruovaných s úmyslem posloužit jako prototypy pro komerční produkci v Tesle. Bylo tu sestrojeno několik pokusných přístrojů Dr. Kolaříkem, Dr. Podbrdským, Dr. Fišerem a Ing. Komůrkou.

Prof. Delong vyvinul ultravakuový rastrovací mikroskop, který využila i Tesla jako prototyp pro výrobu několika těchto přístrojů.

Koncem osmdesátých let byl v ÚPT vyvinut elektronový litograf, kterých pak vyrobila Tesla asi 20 kusů.

Koncem osmdesátých let vyvinul prof. Armin Delong speciální malý mikroskop s urychlovacím napětím pouhých 5 kV. Ten se dočkal výroby ve větším počtu koncem desátých let nového tisíciletí v podniku Delong Instruments. Vyrábí se dosud, bez podstatnějších změn.