

**Na návštěvě v laboratoři českých
strážců času v pražských Kobylisích**

TADY MĚŘÍ NEJ PŘESNĚJŠÍ VTEŘINU!

Čas je nehmotná veličina – není vidět, nelze si na něj sáhnout, nejde ho zastavit, zrychlit ani zpomalit. Lze ho »jen« velmi přesně změřit. Téměř v každém státě světa se tím zabývá specializovaná instituce strážců času. U nás tuto roli plní laboratoř Státního etalonu času a frekvence v Ústavu fotoniky a elektroniky AV ČR.

Text: Václav Suchan
Foto: Dana Kolářová

U dveří laboratoře se vítáme s Ing. Blankou Čemusovou, která tomuto oddělení šéfuje. Vstupujeme do jejího podzemního království a ona s úsměvem potvrzuje, že laboratoř opravdu funguje jako hlavní »strážce času« pro celou Českou republiku.

Oficiální čas

„Pomocí superpřesných přístrojů, cesiových (atomových) hodin, zde vyrábíme tu nejdokonalejší možnou sekundu. Laicky řečeno, z těchto sekund pak vzniká náš oficiál-

ní český čas. Ten se následně neustále porovnává s hodnotami dalších zdrojů přesné frekvence v České republice přes satelity nebo optické kabely a naměřená data se posílají do pařížské centrály v Mezinárodním úřadu pro míry a váhy (BIPM). Tam se srovnají s údaji z dalších laboratoří a vzniká z nich takzvaný světový koordinovaný čas (UTC), říká naše průvodkyně.

Vcházíme do místnosti, kde vidíme celou stěnu plnou

Ing. Čemusová prozradila, že na sebe obrovskou zodpovědnost za hlídání času brala od svého nástupu před 33 lety postupně, takže jí to dnes už nepříjde tak svazující.



V takzvané kobce tady pracují nepřetržitě dva exempláře ceslových hodin, každý v hodnotě 2,5 milionu korun...

různé blikajících přístrojů a optických kabelů. Průvodkyně nás vede blíž a ukazuje nenápadný konektor, kterým se přivádí ten úplně nejdůležitější signál z atomových hodin umístěných o patro níž. Inženýrka Čemusová vysvětluje, že laboratoř zajišťuje metrologickou návaznost na Státní etalon a poskytuje kalibrační služby na té nejvyšší úrovni. To

znamená, že vědci tady nevytrácejí čas jen tak pro radost z výzkumu – jejich práce je životně důležitá pro celou moderní společnost.

„Jsme nejvyšší autoritou v zemi. Průmyslové podniky, telekomunikační firmy a další laboratoře si k nám chodí takzvané kalibrovat, tedy zkontrolovat, své vlastní přesné přístroje. Zajišťujeme tak, že technologie po celém Česku měří čas a frekvenci správně,“ vysvětluje.

Špička

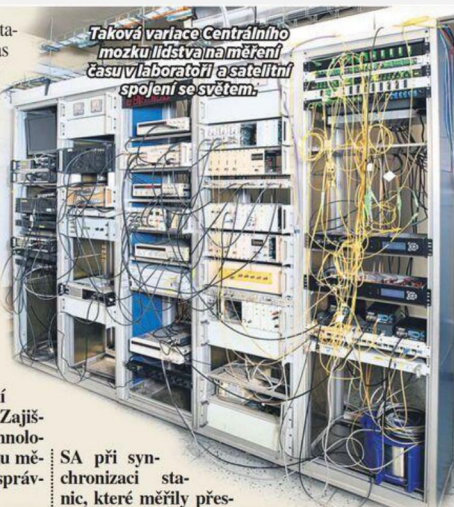
Některé z blikajících přístrojů mají na starosti satelitní příjem, díky kterému mohou v pražské laboratoři své naměřené hodnoty neustále porovnávat se zbytkem světa. Využívají k tomu družice navigačních systémů GNSS, jako jsou GPS, Galileo, GLONASS nebo BeiDou.

Česká republika je v tomto oboru na takové špičce, že zde vznikly speciální přijímače těchto signálů, které si dnes kupují ty nejlepší laboratoře na planetě!

Přímo v ÚFE AV ČR totiž spolupracovali na vývoji velmi přesných přijímačů řady GTR50 a jejich nástupců GTR5X, které se k transferu času používají celosvětově.

„Naše české přístroje se dokonce podílely na historických projektech. Pomáhaly například při slavném měření rychlosti neviditelných částic, neutronů, v projektu OPERA nebo asistovaly americké vesmírné agentuře NA-

Taková varice Centrálního mozku lidstva na měření času v laboratoři a satelitní spojení se světem.



SA při synchronizaci stanic, které měřily přesnou vzdálenost k Měsíci pomocí laserů,“ hrdě uvádí inženýrka.

Každý den o půlnoci pak počítač automaticky zabalí naměřená data a odešle je do zmiňovaného úřadu BIPM v Paříži. Tam se údaje ze zhruba stovky laboroří spojí a vypočítá se z nich skutečný světový čas. V současnosti je v tomto »světovém času« (UTC) o dvě hodiny méně než na našich běžných hodinách v Česku.

Hrozby

Posílání času z vesmíru má ale i své limity. Satelitní signály čelí novým bezpečnostním hrozbám, jako je záměrné rušení zvané spoofing či jamming. Vědci proto přišli na to, že ještě bezpečnější a často i přesnější je posílat si časové »tikání« po zemi, a to prostřednictvím optických kabelů.

„Už teď tuto moderní metodu využíváme. Po optické síti posíláme náš český čas rovnou do Rakouska a zjišťujeme, jak jdou naše hodiny v porovnání s těmi jejich,“ prozrazuje vědecká pracovnice.

„Přímo v laboratoři používáme tři různé metody optického přenosu. Tu nejstarší používáme od roku 1993 a slouží k přenosu referenčních signálů. Druhé dvě metody jsou využívány v rámci experimentů mezi laboratořemi,“ říká.

Tyto experimenty zatím slouží převážně ke stanovení parametrů vlastního optického přenosu signálů na různé vzdálenosti. „Těchto experimentů se zúčastní spolu s námi čtyři české laboratoře a jedna rakouská,“ dodává.

Aproximace

Zatímco se snažíme naplno vstřebat, co všechno zdejší odborníci dělají, naše průvodkyně pokračuje ve výkladu. Pražská laboratoř podle ní vytváří »fyzickou aproximaci jednotky času s využitím kvantového etalonu«. Co si pod tím představíte?

Dříve se čas řídil podle otáčení Země nebo kyvadla. To ale pro potřeby dnešních technologií nestačí. Vědci zjistili, že atomy – konkrétně

Oba cesloví krasavci vydávají elektrický signál...

...o absolutně přesné frekvenci. Tady se »vyrábí« ten nejpřesnější čas v Česku.

atomy izotopu cesia-133 – mají svou vlastní, naprosto neměnnou a dokonalou vnitřní tepovou frekvenci.

To je ta zmíněná kvantová část. Atomy cesia kmitají přesně 9 192 631 770krát za jednu jedinou sekundu. Kmitají tak všude na světě, a zřejmě i ve všech koutech vesmíru, kde se tento prvek nachází. Fyzická aproximace pak znamená, že vědci vezmou reálný přístroj (atomové hodiny), ve kterém dokážou tyto atomy vybudit, jejich kmity zachytit a spočítat. Tím v našem světě zhmotňují tu nejpřesnější možnou sekundu.

Rok 1954

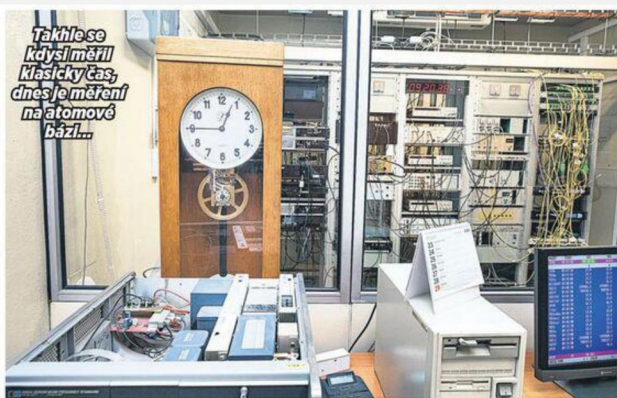
Samotné oddělení, ze kterého se dnešní laboratoř státního etalonu vyvinula, vzniklo už v roce 1954 pod vedením inženýra Tolmana. Právě díky jeho věhlasu a mezinárodnímu renomé se na konci roku 1969 podařilo prolomit tehdejší technologické embargo a Československo získalo vůbec první atomové hodiny ve východní Evropě.

Mimořádně, globální standard měření času pomocí izotopu cesia-133 byl zaveden jen o chvíli dříve, v roce 1967. Samotná laboratoř je bezpečně ukrytá v hlubokém suterénu ústavu.

Jak se měří

Poté, co si prohlédneme historické koučky, sestupujeme do podzemní místnosti zvané kobka. Zde tiše pracují dva exempláře moderních cesiových hodin. Zvláště je, že tyto nenápadné šedivé krabice negenerují čas v smyslu klasického ciferníku ukazujícího 12:00.

Místo toho vydávají elektrický signál o absolutně přesné frekvenci. Ten putuje kabely do



Takhle se kdysi měřili klasický čas, dnes je měření na atomové bázi...

přístrojů v horním patře a následně do přijímačů navigačních systémů, které čas laboratoře srovnávají s časem jednotlivých družic.

Zatímco zmíněné cesiové hodiny zajišťují bezchybnou přesnost v dlouhodobém měřítku, dva velmi citlivé krystalové BVA oscilátory v laboratoři vykazují špičkové parametry z hlediska krátkodobé stability.

Nanosekundy

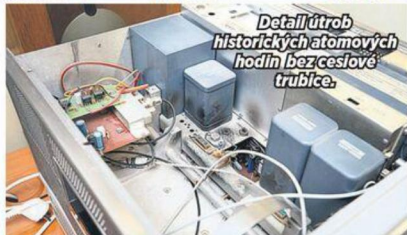
Tady se zkrátka nehráje na minuty ani na sekundy. Počítá se v nanosekundách (miliardtinách sekundy). Doporučením z centrály v Paříži je udržovat odchylku času od toho světového v rozmezí +/- 100 nanosekund.

Týmu inženýrky Čemusové se však dlouhodobě daří držet tuto odchylku dokonce v polovičním rozmezí +/- 50 nanosekund! Kdyby se český čas začal rozcházet, umí ho laboratoř korigovat.

Děje se tak nesmírně jemným odlaďováním pomocí speciálního zařízení řídicího výstupní frekvenci. Dozvídáme se také, že ačkoliv se neustále bavíme o čase, pro průmysl, navigace a telekomunikace je dnes ještě důležitější právě dokonale stabilní frekvence.

Zobraná data UTC (koordinovaného světového času) na monitoru počítače.

UTC	61124	25/ 3/2026
09:54:12		
x	a	b
23.1	23.1	0.0001
23.0	23.0	0.0000
23.2	23.2	0.0001
22.2	22.2	-0.0001
000000.4	1999880.4	-0.0011



Detail útrob historických atomových hodin bez cesiové trubice.



Dva černé přístroje vpravo nahoře jsou tzv. BVA oscilátory.



Laboratoř pro velmi přesné měření krátkodobé stability.

Čas se nikdy neptá, jestli je víkend nebo státní svátek. Nikdy se nezastaví, a proto se nesmí zastavit ani jeho měření. Laboratoř má z toho důvodu vše klíčové zálohované dvojmo: dvoje cesiové hodiny, dva GPS přijímače i dvě masivní sady záložních baterií (UPS).

Srdce

Srdcem přístroje je cesiová trubice. Její životnost u těch nejpřesnějších hodin dosahuje zhruba 8 až 10 let, u standardních až 20 let. Jakmile se cesium vyčerpá, hodiny zhasnou. V ten moment je okamžitě musejí zastoupit ty druhé, zatímco v prvních probíhá složitá výměna trubice.

Celé hodiny vyjdou na více než dva miliony korun, přičemž nejnákladnější částí je právě trubice v hodnotě vysoko přes milion. Proč ta úzkostlivá opatrnost?

Kdyby pražská laboratoř vypadla a nedodala svá data do Paříže v okamžiku rozhodujícím pro porovnání (každý pátý den), ztratila by ve světovém měřítku na půl roku svou »váhu« a spolehlivost!

A ještě hlouběji

Na závěr naší exkurze nahlížíme do vůbec nejnižšího bodu laboratoře. Pod poklopem se skrývá takzvaná studna. Zde, až ve třetím suterénu ústavu, našetřít nevidíme starého Brůnu, ale jsou zde umístěny dva krystalové oscilátory. Ty vyžadují k provozu absolutně nekompromisní podmínky a naprostý klid bez výkyvů teplot.

V minulosti se signál z těchto oscilátorů vedl kabely ze studny nahoru k prvním hodinám, z čehož vznikala první měřeni a odvozovala se časová stupnice.