Inž. Antonín Z b o r e k , Jiří M a r e k

ZAŘÍZENÍ K DÁLKOVÉMU MĚŘENÍ TEPLOT V DOLECH (DMTT-VÚHU)

Úvod

Rozvoj nové techniky umožňuje i vývoj nových pracovních metod a výrobních postupů. Zavádění těchto nových, efektivnějších metod spolu s postupující mechanizací a automatizací důlních prací klade zvýšené nároky na kontrolu a měření různých důležitých parametrů, ovlivňujících činnost strojů i lidské osádky v dole. Jedním z nejvýznamnějších parametrů, určujících provozní podmínky, je právě teplota. Proto i sledování a rozbor teplotních poměrů v dole při řešení mnohých úkolů báňského výzkumu, (hlavně při studiu otázek důlního větrání a jiných problémů, souvisejících s bezpečností a hygienou práce), je naprosto nezbytné. Zpravidla se vyžaduje možnost pohotové kontroly teploty různých prostředí (důlních větrů, uhelné sloje, důlní vody, chladicího media strojů) v různých, nevzájem od sebe vzdálených místech: pro výzkumné účely je zase obvykle důležitý plynulý záznam časového průběhu teploty sledovaných objektů. Velmi výhodné je soustředění měření všech parametrů do jednoho centra - měřicí ústředny.

Zařízení, které by plnilo tyto úkoly, musí s přijatelnou přesností měřit teplotu nezávisle na

vzdálenosti měřeného místa
na kolísání napětí rozvodné sítě a
na teplotě okolního prostředí,

přičemž musí být schopno dodat určitý výkon k pohonu registračního přístroje, případně k ovládání dalšího zařízení; musí pracovat naprosto spolehlivě v těžkých podmínkách důlního provozu s minimálními nároky na obsluhu a údržbu.

Současný stav měření teplot

Celá řada fysikálních jevů je bezprostředně závislá na teplotě. Proto také existuje mnoho měřitelných veličin, z je -

jichž velikosti lze - za dodržení jistých podmínek - velmi přesně usoudit na teplotu, při níž k danému úkazu dochází. Podle využitého fyzikálního jevu známe tyto nejběžnější principy měření teplot:

dilatační
tlakový
odporový
termoelektrický.

Nejrozšířenější jsou teploměry dilatační. K dálkovému přenosu se však nehodí. Lze je využít jen k dálkové signalisaci dosažení určité nastavitelné hodnoty teploty (rtuťový spínač, Spencerova membrána).

Tlakové teploměry kapalinové pro dálkovou registraci mají dosah cca 25 m. Se zvětšující se vzdáleností klesá rychle přesnost měření.

Tlakové teploměry plynové jsou velmi přesné, ale pro jejich složitost a choulostivost jsou vhodné jen k laboratorním účelům.

Odporové teploměry využívají závislosti elektrického odporu vodivých materiálů na teplotě. Teplotně závislý odpor tvoří zpravidla jednu větev Wheatstonova můstku, napájeného obvykle stabilisovaným napětím. Výstupní napětí můstku (napětí druhé uhlopříčky) je pak jednoznačnou funkcí teploty. Přesnost a ostatní vlastnosti této metody závisí na materiálu a uspořádání snímače, na napájení můstku i na vlastnostech vyhodnocovací aparatury.

Ve funkci snímačů lze použít buď kovových drátových odporů (Pt, Ni), nebo novějších polovodičových prvků - termistorů. Volba hodnot drátových odporů je omezena a konstrukce kompletních snímačů obtížná. Naproti tomu tyčinkové termistory umožňují vyrábět na změnu teploty citlivé, mechanicky odolné a konstrukčně jednoduché snímače prakticky libovolných parametrů.

Termoelektrické teploměry využívají vzniku elektromotorického napětí mezi dvěma různými kovy, jejichž spoj je vysta-

ven zvýšené teplotě. Měří vlastně rozdíl teplot mezi tzv. studeným a horkým koncem (snímačem). Proto musí mít „studený" konec (měřicí přístroj) konstantní teplotu, nebo se musí změny teploty studeného konce kompensovat. Jako indikátor teploty se hodí jen citlivý voltmetr s velmi malou spotřebou, protože termočlánek není schopen dodat do zátěže větší výkon. Používá se hlavně pro méně přesná měření teplot ve větším rozsahu.

Radiační teploměry tvoří samostatnou skupinu teploměrů bezdotykových. K vlastnímu měření teploty lze využít kteréhokoliv výšeuvedeného principu. Na rozdíl od kontaktních teploměrů dochází ke sdílení tepla mezi měřeným povrchem a snímačem prostřednictvím tepelného záření (dle fyzik. zákonů Stefan-Boltzmanova, Wienova a Planckova). Účinnost přenosu závisí na podmínkách měření (vlastnost povrchu měřeného předmětu a snímače okolního prostředí atd.) a na vzdálenosti snímače. Proto lze docílit jen malého dosahu. Této metody se používá hlavně k měření teploty povrchů pohyblivých součástí. Protože je úhrnná energie tepelného záření úměrná čtvrté mocnině absolutní teploty (z. Stefan-Boltzmanův), hodí se jen pro měření vyšších teplot. Vzhledem k velikému rozptylu a pohltivosti záření ve vlhkém a prašném prostředí je v důlních podmínkách prakticky nepoužitelná.

V současné době existuje celá řada přístrojů dálkového měření teplot. Pro průmyslové účely je v ČSSR seriově vyrábějí ZPA n.p., závod Regula. Dodávají je se snímači termoelektrickými (pyrometry) i odporovými. Pro nepatrný výkon snímačů používají velmi citlivých indikátorů. K registraci dodávají jen bodové zapisovače, které jsou rovněž velmi citlivé (díky odstranění tření záznamového ústrojí). Tyto měřící i registrační bodové zapisovače jsou choulostivé, nesnášejí otřesy a vyžadují velmi šetrné zacházení. Kvůli odstranění vlivu délky vedení u snímačů odporových nebo vlivu teploty a studeného konce u pyrometrů vyžadují odbornou montáž snímačů. Minim. zpracovatelný rozsah je 130 deg (-30°až$+100^{\circ}$C), což nezaručuje dostatečnou přesnost odečtu v menším požadovaném rozsahu. Nároky na odbornost obsluhy ještě podstatněji snižují jejich použitelnost.

Výhodnějších parametrů lze dosáhnout použitím termistorů ve funkci odporových snímačů. Pro velký rozptyl parametrů termistorů se však termistorové teploměry dosud seriově nevyrábějí. Proto bylo třeba vyvinout nové zařízení, splňující všechny přísné požadavky, na ně kladené.

Návrh zařízení

Při vývoji nového přístroje bylo nutno vyhovět nárokům, daným těžkými provozními podmínkami jeho budoucí činnosti. Především bylo třeba dbát na vysokou provozní spolehlivost při minimální údržbě a jednoduché obsluze a zajistit správnou činnost i při změnách okolní teploty a napájecího napětí.

Těmto požadavkům vyhovuje nejlépe odporový teploměr s termistorem ve funkci snímače, protože při vhodném návrhu můstku umožňuje optimální řešení. Volbou dostatečně vysoké hodnoty odporu termistoru snímače současně při jeho vysoké teplotní citlivosti se dá dosáhnout veliké změny odporu snímače s teplotou, takže pak lze vliv podstatně menších změn odporu s délkou přívodů ke snímači naprosto spolehlivě zanedbat. Tato skutečnost značně zjednodušuje obsluhu a rozšiřuje použitelnost zařízení. Je to výhodné i za cenu, že se v důsledku velikého rozptylu parametrů termistorů musí každý můstek se svým snímačem při výrobě pečlivě odborně seřídit, na rozdíl od platinových odporových snímačů, které jsou sice zaměnitelné, avšak aparatura se musí seřizovat v provozu při každé změně délky vedení. Tato délka je u drátových snímačů omezena na cca 300 m, zatímco u snímačů termistorových je prakticky neomezená.

Závislost údaje měřidla na napájecím napětí lze snadno odstranit stabilizací napájecího napětí můstku. Použitím vhodného stabilizátoru se dá snížit i závislost na teplotě okolí měřicího přístroje.

Aby můstkové napětí bylo schopno vybudit registrační přístroj s plynulým záznamem, případně ovládat činnost ještě dalšího zařízení, řízeného měřenou teplotou, musel by mít můstek o několik řádů nižší výstupní impendanci (vnitřní odpor), než jaká odpovídá optimálnímu návrhu můstku z hlediska ostatních požado-

vaných vlastností.

Protože dostatečný výstupní výkon byl jedním z hlavních požadavků na zařízení, musí se do obou větví můstku mezi můstek a výstupní svorky zařízení zapojit transformátory impendance ve funkci výkonových zesilovačů. Nejjednodušším výkonovým zesilovačem s vysokou vstupní a nízkou výstupní impendancí je obyčejný katodový sledovač. Teoreticky je to vlastně jednostupňový zesilovač napětí se stoprocentní zápornou napěťovou zpětnou vazbou. To znamená, že se na jeho vstup přivádí napětí u_v, jež je rovno rozdílu napětí na vstupních svorkách u_1 a výstupního napětí u_2, tedy

$$u_v = u_1 - u_2 \qquad 1$$

Je-li K napěťové zesílení stejného zesilovače bez zpětné vazby, tj.

$$K = \frac{u_2}{u_v} \qquad 2$$

pak platí

$$\frac{u_2}{K} = u_1 - u_2 \qquad 3$$

a pro zesílení celého zapojení se zpětnou vazbou

$$A = \frac{u_2}{u_1} \qquad 4$$

platí

$$A = \frac{K}{1+K}$$

Z rozboru vztahu 5 je na první pohled patrné, že čím je větší zesílení K, tím méně závisí výsledné zesílené A na samotné hodnotě K a tedy ani na párametrech použité elektronky. Pro K dostatečně vysoké lze psát

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{K}{1+K} \doteq 1 \qquad 5$$

to znamená, že výstupní napětí je téměř přesně rovno napětí vstupnímu a nezávisí na změnách zesílení elektronky ani na zatěžovacím odporu.

Obdobně lze dokázat, že se stoupající hodnotou K vzrůstá vstupní a klesá výstupní impendance.

Použití vakuových elektronek v důlním prostředí je však pro jejich choulostivost krajně nevhodné a transistorová obměna katodového sledovače má podstatně horší vlastnosti. Je to způsobeno menším zesílením, malým vstupním odporem a velmi vysokou teplotní závislostí transistorů. Proto byl vyvinut nový typ zesilovače s transistory.

Jeho zapojení vychází z uvedené teorie katodového sledovače, která pro něj platí i se všemi (výhodnými)důsledky. Vyznačuje se tím, že bylo pro zvýšení hodnoty K použito vhodně zapojených dalších dvou přímovázaných zesilovacích stupňů.Zesilovač byl tak kvalitní, že bylo možno snížit činitel zpětné vazby a tím zvětšit i napěťový zisk (na hodnotu větší než 1), aniž by utrpěla jeho stabilita a ostatní dobré vlastnosti. Nastavením činitele zpětné vazby reguluje se napěťové zesílení na požadovanou hodnotu, která je přísně konstantní v celém pracovním rozsahu.

Provedení přístroje

Po pečlivých dlouhodobých zkouškách vlastností zesilovače navrženého podle výše uvedených zásad byl sestrojen kompletní funkční vzor přístroje k dálkovému měření teplot s termistory (DMTT-1).

Vnitřní zapojení je provedeno technikou plošných spojů. Je napájen z baterie 12 V. Má vestavěny tři můstky, přizpůsobené pro připojení třech (označených) snímačů. Spínáním jednotlivých můstků třípolohovým přepínačem na přední desce přístroje byla s úspěchem ověřována shoda údajů všech tří snímačů v celém pracovním rozsahu (0-50° C).

Bylo dosaženo absolutní přesnosti (linearity) lepší než $\pm$ 0,5° C při reprodukovatelnosti výsledků (relativní přesnosti dané dlouhodobou stabilitou) a shodě údajů všech tří snímačů lepší než 0,1° C.

Po úspěšných funkčních a poloprovozních zkouškách byl vyroben druhý přístroj, označený DMTT-2. Byl zkonstruován již s ohledem na provoz v těžkých podmínkách hlubinných dolů. Proto byl obvodově a konstrukčně lépe dimensován a zabudován do plechové prachotěsné skříňky. Byl doplněn síťovou napájecí částí

na napětí 220/120 V.

Stejnosměrné výstupní napětí, úměrné měřené teplotě, má rozsah 4 V/50 deg a je zastižitelné proudem až 15 mA.

Společně s přístrojem bylo do skříňky zabudováno 10 můstků, seřízených se snímači pro rozsah 0 - 50° C, spínaných k přístroji tlačítkovým přepínačem.

Toto uspořádání bylo zvoleno jako nejvhodnější s ohledem na plánované zasazení přístroje do provozu a nijak neovlivňuje koncepci budoucího prototypu jakožto základu seriové výroby.

Závěr

V roce 1964 byly provedeny poloprovozní zkoušky přístroje DMTT-1 na Pravřídle, Teplice v Čechách, kde ÚÚG Praha sledoval problém klesání teploty pramene vlivem příměsi studené vody z vedlejších přítoků. Dosavadní způsoby měření teplot vody v různých hloubkách pramene selhávaly pro nedostatečnou rozlišovací schopnost a velkou setrvačnost drátěných odporových snímačů.

Snímače DMTT-1 byly upraveny tak, že termistory byly natřeny isolační vrstvou laku a chráněny košem se závažím. Tak bylo dosaženo bezprostředního styku s vodou a tím i nízké setrvačnosti snímače.

Výsledky měření významně přispěly ÚÚG pro interpretaci poměrů mezi studenou a teplou vodou v Pravřídle a staly se podkladem pro stanovení optimálního čerpacího režimu.

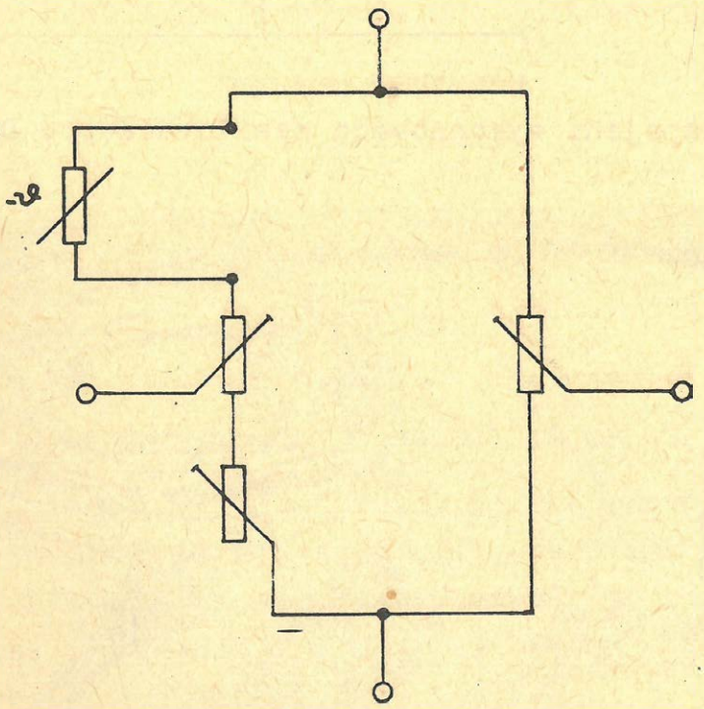
V současné době byl na dole Pluto II zahájen pokusný provoz nové dobývací metody - pilířování v lávkách se současným dobýváním stropní uhelné vrstvy na zával, kde je s úspěchem zasazen přístroj DMTT-2. Snímače jsou postupně umisťovány do závalového prostoru tak, aby po jeho zavalení bylo možno sledovat průběh teploty.

Uložení snímačů umožňuje současně s měřením teplot odběr vzorku vzdušiny z jejich okolí. Tím lze zjistit, za jakých podmínek a v jaké vzdálenosti od čelby dochází ke vzniku zápary. Z výsledků měření se pak stanoví optimální rychlost a režim postupu porubu.

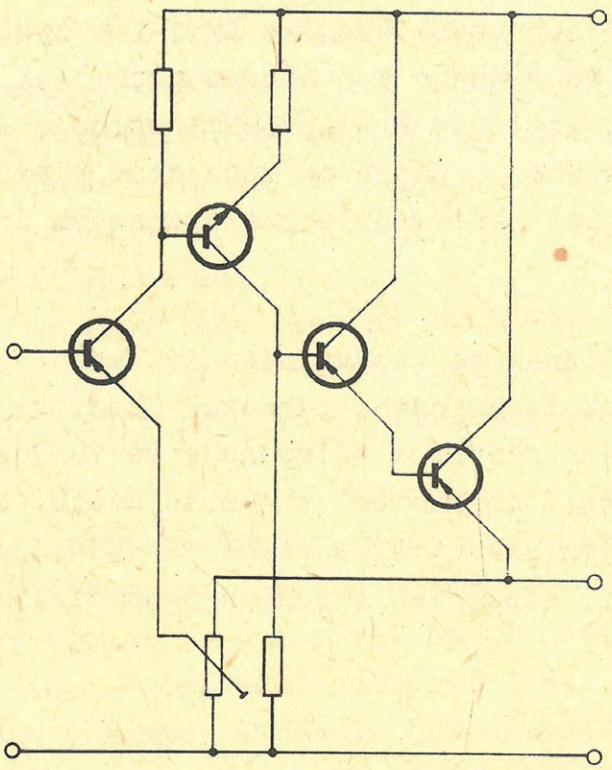
Poloprovozní zkoušky DMTT-1 i zkušební zasazení přístroje DMTT-2 do vlhkého a prašného prostředí s vysokou teplotou prokázaly, že teploměr typu DMTT splňuje spolehlivě požadavky na něj kladené, a proto se může stát platnou součástí zabezpečovacích zařízení v dolech i významným pomocníkem při výzkumu.

Shrnutí

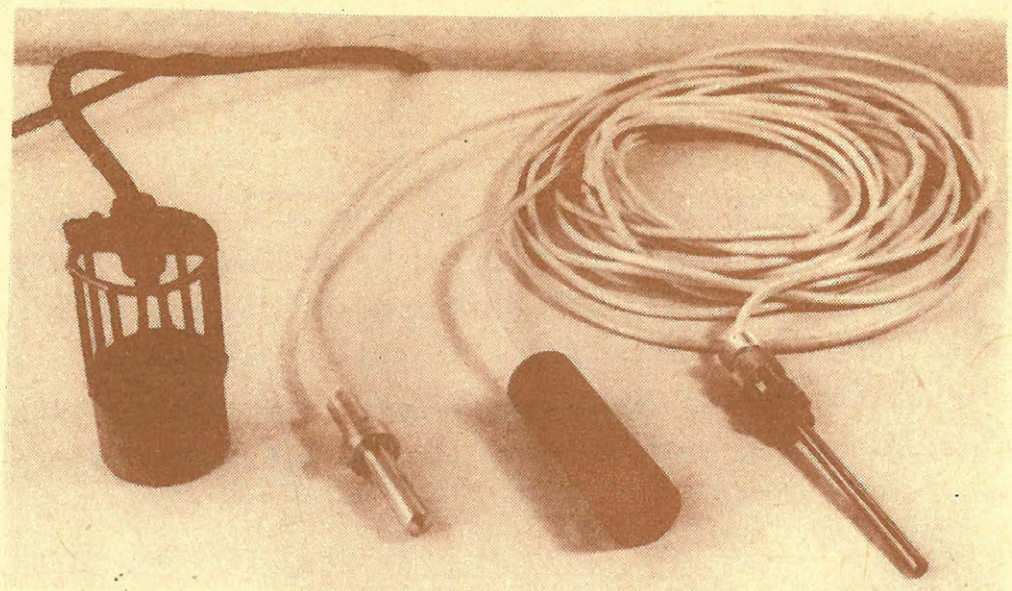
Článek se zabývá měřením teploty v dolech jako jednou z podmínek technického pokroku. Uvádí stručný rozbor možností dálkového měření a zdůvodňuje ve VÚHU zvolený princip a výhody použití termistorů k tomuto účelu. Následuje stručný popis funkčních vzorů, vyrobených ve VÚHU, jejich vlastností a zkušeností, získaných s jejich použitím.



Obr. 1 Zapojení můstku pro DMTT 2.

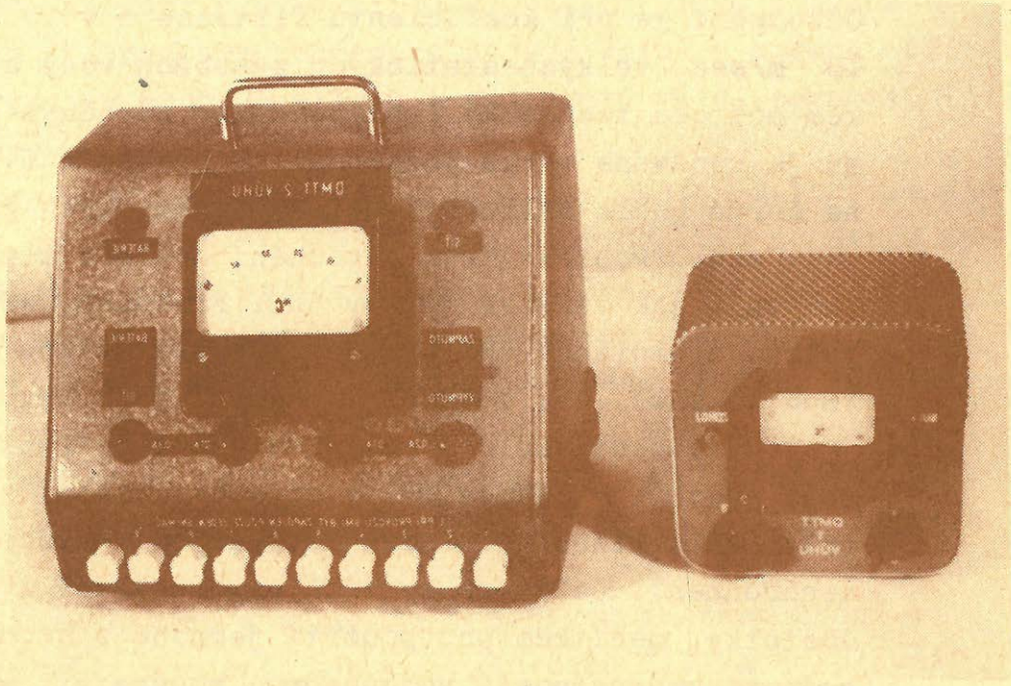


Obr. 2. Zapojení výkonnového zesilovače pro DMTT 2.



Obr. 3. T e r m i s t o r o v é s n í m a č e t e p l o t

Zleva doprava: upravené pouzdro ZPA pro měření v kapalinách; snímač pro měření ovzduší; tlakuvzdorný snímač pro měření ve vrtech, závalech apod.; snímač v ochranném koši se zátěží pro měření v proudící vodě.



Obr. 4. Pohled na přístroje pro dálkové měření teplot.

xxxxxxxxx

Inž. Jiří M i l i č

ODVODNĚNÍ LOMŮ DOLNOLUŽICKÉ OBLASTI NDR

Nadloží uhelné sloje Dolnolužické pánve NDR je převážně tvořeno terciérními a kvartérními, jemně až hrubě zrnitými písky. Morfologie terénu byla v minulosti ovlivněna zaledněním, takže v současné době je povrch fádní rovinou. Tato okolnost má bezprostřední vliv na lokalizaci vodotečí zvláště řeky Spree, která územím protéká. Petrografické složení nadloží hnědouhelné sloje představuje tedy ideální infiltrační oblast pro povrchové vodní toky, takže uhlonosné souvrství, jeho nadloží i podloží je zvodněno.

Tím pro možnost exploatace uhelné sloje o výhřevnosti cca 1800 kcal/kg při obsahu 52-50% vody, mocné 7-8 m, vyvstává