

spolu s teplotní ztrátou postoupeny do **bloku vyhodnocení**. Každá teplota (dále jen: horní = ohřevná v kolektoru, dolní = pitná, ztráta = teplotní ztráta v potrubí) je získána zcela samostatně v měřicích obvodech. Blok vyhodnocení dává na svém výstupu logickou úroveň sepnout/nesepnout čerpadlo a je dále napojen na **spínací obvody**.

Tři teplotní informace (horní, dolní, ztráta) jsou také vedeny do **bloku multiplexeru**, jehož výstup je napojen na zobrazovací jednotku, která ukazuje reálnou informaci o zvolené teplotě. Multiplexer se adresuje na základě tlačítka volby teploty (horní/dolní) a na základě změny ztráty. Změnu ztráty vyhodnocuje **blok změny teplotní ztráty**. Pootočíme-li potenciometrem, kterým nastavujeme teplotní ztrátu, multiplexer se automaticky přepne do zobrazování ztráty, takže vidíme, jakou velikost nastavujeme. Po ukončení nastavování ztráty (potenciometr se na chvíli zastaví) se s určitou prodlevou zpětně přepne na zobrazování horní/dolní teploty (určeno tlačítkem). Tento automatický způsob přepínání můžeme vidět u řady měřicích přístrojů a je docela efektivní. Blok multiplexeru navíc obsahuje klopné obvody, jež vytvářejí paměť zvoleného druhu teploty (horní/dolní). Zvolený druh zobrazované teploty je indikován diodami LED. Volba druhu zobrazované teploty nemá vliv na regulační funkci přístroje.

Zobrazovací jednotka je pouze jiný název pro modul digitálního voltmetru (též digitální panelové měřidlo), u kterého je nastaven rozsah měřeného napětí děličem.

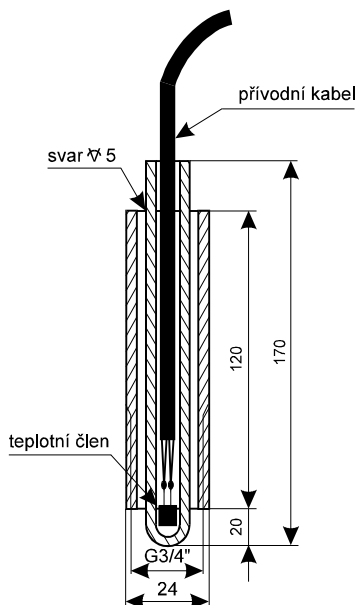
Celý regulátor je napájen (**blok napájení**) zdrojem stabilizovaného symetrického napětí ± 12 V a napětí 9 V s galvanicky oddělenou zemí pro zobrazovací jednotku.

V následující části popíšeme elektrickou a mechanickou stavbu jednotlivých bloků. Jelikož si myslím, že trocha teorie neuškodí, jsou jednotlivé konstrukce doplněny matematickými vztahy.

Teplotní čidla

Teplotní čidla jsou konstruována jako teplotní člen KTY10D (GM Electronic), umístěný v jímce z pozinkované oceli. Tu tvoří tenká trubka uvnitř tlustší trubky, jak ukazuje mechanický výkres na obr. 3.

Větší trubka je opatřena závitem 3/4", aby se celá jímka mohla vešroubovat do kombinovaného ohřeváče teplé vody (výměníku) a kolektoru. Jako přenosové médium tepla mezi samotným členem a jímkou slouží transformátorový olej, který poskytuje dostatečnou tepelnou vodivost a zároveň dostatečný elektrický (izolační) odpor. Poznamenejme, že vodiče přípojných vedení jsou připájeny na teplotní člen a vzniklé kontakty (tam, kde je napájen přívodní vodič) jsou opatřeny bužírkou. Nevýhne se ovšem situaci, že do prostoru kontaktů zateče použitý transformátorový olej. Proto bylo zvoleno právě toto přenosové médium, neboť poskytuje příznivý izolační odpor v širokém rozmezí teplot. Na dvě použité teplotní jímky budeme potřebovat asi 1 dl oleje. Celá jímka je nakonec hermeticky uzavřena, (vrchní prostor mezi kabelem a jímkou je zalepen) a obě trubky jsou nahore přivařeny. Teplotní člen je napojen čtyřvodičově a celá ocelová jímka je nakonec zaizolována, aby nebyla zkresle-



Obr. 3. Mechanická stavba teplotního čidla

na měřená teplota vlivem okolí. Stínění kabelu jsem napojil na jeden z kontaktů teplotního členu. Připojovat jej na samotnou jímku nedoporučuji, protože hrozí nebezpečí vzniku proudových smyček, které mohou znehodnotit vlastní měření. A ostatně je to i příliš složité.

Napájení teplotních čidel

Jak již bylo řečeno, teplotní čidla jsou k regulátoru připojena čtyřvodičově. V našem případě jsou dva vodiče použity jako proudové a zbylé dva slouží ke snímání úbytku napětí na čidlu. Obě čidla jsou proudově zapojena v sérii, protékající proud je generován proudovým zdrojem T1, R43. Odpor R43 je dán experimentálně, jelikož nebyly známy parametry tranzistoru JFET (kanál n). Teoreticky lze výsledný proud určit ze vztahu (3), ke kterému jsme dospěli z (1) a (2).

$$I_D = I_{D0} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_P} \right)^2 \quad (1)$$

$$U_{GS} = I_D R \quad (2)$$

$$I_D = \frac{U_P \left(\sqrt{U_P} \sqrt{4I_{D0} R + U_P} + 2I_{D0} R + U_P \right)}{2I_{D0} R^2} \quad (3)$$

Zde I_{D0} je hledaný proud protékající čidly, I_{D0} při $(U_{GS} = 0)$ a U_P při $(I_D = 0)$ jsou parametry tranzistoru T1, a $R = R43$. Použijeme-li uvedený odpor R43, tak dostáváme proud asi 980 mA. Tato velikost není kritická, protože se dá „dohnat“ nastavením zesílení v měřicím obvodu.

Proudový zdroj je svými konci „pověšen“ na zdroje stabilizovaného napětí (+10 V a -10 V), tvořenými R1, D1 a R46, D2. Rezistor R2 posunuje napětí jednotlivých svorek tak, aby bylo měřitelné v obou měřicích obvodech.

Kombinace R44, T2, R45 (zapojení SE) slouží ke sledování protékajícího proudu. Je tak plněna zabezpečovací funkce (indikace poškození čidel). Je-li proud dostatečně velký, je na kolektoru T2 napětí odpovídající log. 1 a obvod IO5A má „povoleno“ výstup. V opačném případě je na kolektoru log. 0, čímž se výstup COMM obvodu IO5A uvede do vysoké impedance a zobrazovací jednotka zobrazí obvykle údaj na vstupu U_{AA} obvodu IO5A, bez ohledu na to, jaká

zobrazovaná teplota je nastavena tlačítkem S2. Pro uživatele se bude tato situace jevit jako „zamrznutí“ zobrazovací jednotky. To znamená, že teplotní čidla, popř. vedení, byla poškozena, a že nevhodný protékající proud způsobuje velkou chybu měření.

Měřicí obvod

Tento obvod je v zapojení použit dvakrát, proto bude dále popisován případ obvodu pro HORNÍ teplotu (všechny součástky kolem celého IO1). Hlavní funkce této části zapojení spočívá v získání informace o teplotě z úbytku napětí na čidlu. Chceme se dopracovat k citlivosti 0,1 V/°C, 0 °C nechť odpovídá 0 V.

Při pohledu zleva doprava zjišťujeme, že úbytek napětí je veden na filtr R3, C1 R4, C2 se strmostí 6 dB/okt. Časová konstanta je dána vztahem (4), čemuž odpovídá dělicí knitočet dle (5).

$$\tau = R_3 C_1 = 0,1 s \quad (4)$$

$$f_{H1} = \frac{1}{2\pi\tau} = 1,59 Hz \quad (5)$$

Filtr je symetrický, kondenzátor doporučuji kvalitní fóliový.

Jelikož úbytek napětí na čidlu je plovoucí (nebo z jiného pohledu symetrický), byl použit v prvním stupni přístrojový zesilovač IO1A, IO1B, R5 až R11. Úkolem tohoto prvního stupně je zesílit vstupní symetrické napětí, přičemž jeho výstup je opět symetrický. Na tento stupeň je navázán diferenční stupeň, který „vyrábí“ ze symetrického napětí nesymetrické.

Na tomto místě bychom si měli položit otázku, jaký vliv na přesnost měření budou mít potenciály na „+“ vstupech IO1A a IO1B. V literatuře se takto setkáváme s pojmem „vliv velikosti souhlasného napětí na chybu měření přístrojovým zesilovačem“. Na vstupní symetrické napětí (úbytek na čidlu) můžeme pohlížet jako na výsledek působení rozdílového napětí U_r (naměříme mezi neinvertujícími vstupy „+“ IO1A a IO1B) a souhlasného napětí U_s (naměříme mezi neinvertujícími vstupy „+“ IO1B a zemí), které způsobuje chybu (viz parametr CMR u operačních zesilovačů). Symetrické výstupní napětí označme jako U_r a výstupní napětí diferenčního stupně (IO1C, R6, R10, R11, R12) jako U_o . Dále pro snazší návrh bude $R7 = R9$, $R6 = R10$ a $R12 = R11$. Pro výstupní napětí prvního stupně lze odvodit vztah:

$$U_{r'} = \left(1 + 2 \frac{R_7}{R_5 + R_6} \right) U_r \quad (6)$$

Výstupní nesymetrické napětí diferenčního (druhého) stupně lze odvodit jako:

$$U_o = \left(1 + 2 \frac{R_7}{R_5 + R_6} \right) \frac{R_{12}}{R_6} U_{r'} + \frac{R_{12}}{R_6} \frac{U_s}{10^{\frac{CMR}{20}}} \quad (7)$$

Zvolíme-li navíc $R12 = R6$, pak diferenční stupeň má jednotkové zesílení a hlavně rovněž minimalizujeme vliv souhlasného napětí U_s , takže:

$$U_o = \left(1 + 2 \frac{R_7}{R_5 + R_6} \right) U_{r'} + \frac{U_s}{10^{\frac{CMR}{20}}} \quad (7a)$$

Podle (7a) má tedy na zesílení vliv trimr R6 (o nastavení R6 pojednám dále) a vliv souhlasného napětí na chybu měření je na R6 nezávislý. Aby popisovaná