

použití však není určeno pro trvalé užívání v prostředích s koncentrací kyslíku vyšší než 25 % a v prostředích s anesteziologickými plyny. Snímač je připojen k rezistoru 10 k Ω , na kterém je měřeno napětí. Výstupní napětí senzoru je lineárně závislé na koncentraci kyslíku a nabývá velmi nízkých hodnot (9–52 mV) při koncentracích kyslíku v rozsahu 21–100 %. Výpočet koncentrace kyslíku je realizován dle rovnice 1.

$$C_{\text{oxygen}}(\%) = a \cdot \text{ADC} + b + (k(T) - k(T_0))$$

kde:

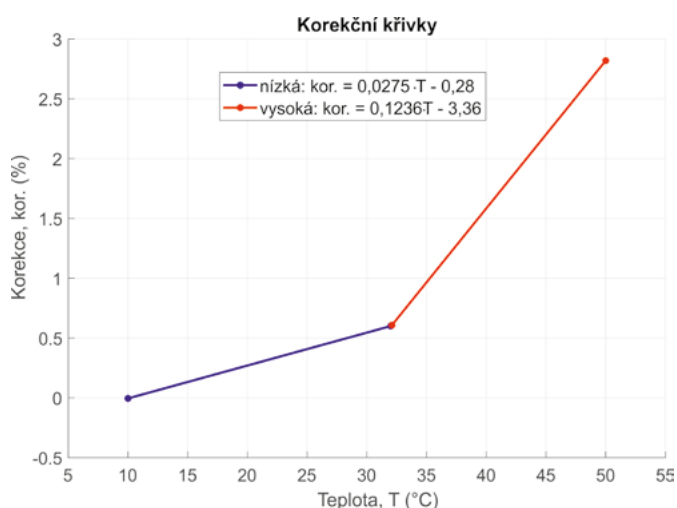
- koncentrace kyslíku (%)
- směrnice přímky vypočtená ze dvou bodů charakteristiky
- offset přímky vypočtený ze dvou bodů charakteristiky
- hodnota napětí z ADC (mV)
- teplotní korekce
- teplota
- teplota při kalibraci

Výstupní hodnota koncentrace kyslíku může klesat s nárůstem teploty, maximálně však o 2 %. Senzor je proto vybaven částečnou vnitřní teplotní kompenzací. Korekční charakteristika senzoru je ukázána na obrázku 4.

Analogově digitální převodník – Pro převod analogového napětí na výstupu senzoru kyslíku je použit obvod MCP9600 (16), což je přesný ADC s rozlišením až 18 bitů a LSB (least significant bit) od 2 μV . Obvod je vybaven interním teploměrem a předzesilovačem. Rozsah vstupního napětí je -250 až +250 mV. Ačkoliv se jedná o převodník určený primárně pro termočlánky, byl tento obvod vybrán i v tomto případě, jelikož umožňuje efektivně číst i surovou hodnotu napětí na vstupu, jak se ukázalo v naší předchozí studii (17). Před vstupem ADC je použit RLC filtr typu dolní propust z důvodu omezení rušení. Komunikace s tímto obvodem je pomocí I2C (inter-integrated circuit) sběrnice.

Komunikační modul – Komunikační IQRF® modul TR-76DA (18) je umístěn na samostatné PCB (printed circuit board) desce, interně označené jako TR-BASE, připojené pomocí konektoru tak, aby byl ve vertikální poloze. Modul je vybaven interní PCB anténou, která je umís-

Obr. 4. Korekční charakteristika senzoru DS-0340 SGX-VOX pro závislost měřené koncentrace O_2 na teplotě



těna mimo nosnou PCB s ohledem na doporučení výrobce. IQRF modul TR-76DA je vybaven mikrokontrolérem PIC 16LF1938 s 16 kB pamětí FLASH, 1 kB pamětí RAM a 256 Bytů pamětí EEPROM. Radiofrekvenční část modulu tvoří obvod SPIRIT1, ve kterém je implementována GFSK modulace. Výstup je vybaven symetrizačním členem BALF-SPI-01D3. Pro rozšíření velikosti pamětí typu EEPROM je osazen externím obvodem 24AA256. Napájecí napětí je možné v rozsahu 3,0–3,4 V.

Koordinátor bezdrátové sítě – Koordinátor bezdrátové sítě zajišťuje sběr dat a jejich předání do nadřazených systémů jak je možné vidět na obrázku 2.

Napájecí baterie – Napájení senzorického modulu je zajištěno prostřednictvím Li-SOCI2 baterie s kapacitou 19 Ah. Stav napájení je možné monitorovat prostřednictvím napětí baterie a včas tak upozornit na nízký stav baterie. Monitoring napětí je uskutečněn přes odporový dělič, který je připojován jen v době měření.

SW část

Softwarovou část monitorovacího systému je možné rozdělit do dvou základních částí, první z nich je firmware vytvořený pro samotný bezdrátový senzor a druhou částí je serverová aplikace pro příjem, ukládání a zpracování naměřených dat. Výsledkem každého měřicího cyklu jsou data obsahující informaci o koncentraci kyslíku v místnosti, teplotě v místnosti, stavu baterie aj. Tyto informace jsou zakódovány do payloadu a zaslány zabezpečeným kanálem na univerzitní server. Jak již bylo uvedeno, zde probíhá jejich zpracování a vizualizace. Jelikož se jedná o komplexní reálný bezdrátový měřicí systém, nelze úplně eliminovat případné nejistoty a chyby měření. Proto je nutno veškerá data, která vzniknou měřením a jsou přenesena na server, primárně analyzovat na jejich přesnost a správnost. Tato procedura bude detailněji popsána dále.

Firmware senzoru – Firmware bezdrátového senzorického modulu je implementován přímo do mikrokontroléru uvnitř IQRF transceiver (TR) modulu. Je implementována komunikace s integrovanými obvody prostřednictvím sběrnice I2C. První použitý obvod je MCP9600 implementovaný jako A/D převodník pro senzor kyslíku a druhý použitý obvod je MCP3425, který je implementován pro monitorování napětí baterie. Součástí procesu měření je kontrola překročení nastavené hodnoty napětí na výstupu senzoru kyslíku pro zapnutí signalizace pomocí LED diody žluté barvy. Získané hodnoty jsou upraveny do jednotného formátu (dle IQRF standard sensor V15, dostupné na stránkách výrobce) (19).

Serverová aplikace – Sběr a zpracování dat na serveru je možné rozdělit do tří základních etap: **a) příjem dat**, **b) primární kontrola dat** a **c) zpracování a analýza dat**. Každá etapa je samostatným procesem. Zpracování dat na straně serveru je implementováno v jazyce Python.

a) **Přijem dat** – Data jsou přijata prostřednictvím vlastního MQTT klienta v jazyce Python, který přijatá data uloží do tabulky surových dat v databázi. Zde jsou surová data uložena pro pozdější zpracování do čitelné podoby.

b) **Primární kontrola dat** – Nejprve je provedena primární kontrola, zda přišla validní data z konkrétních senzorických modulů. Toto