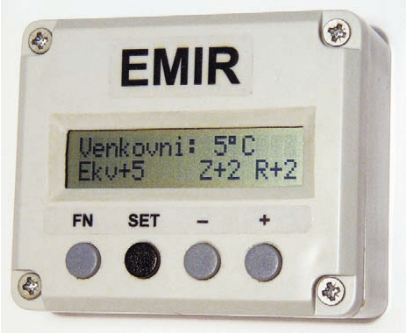
EMIR
Ekvitermní µP regulace

Aleš Povalač

EMIR je mikroprocesorem řízený regulátor teplovodního vytápění. Pomocí ovládání servomotoru čtyřcestného ventilu topné soustavy, spínání kotle a teplovodního čerpadla udržuje v místnostech vytápěného objektu optimální teplotu. Umožňuje regulaci ekvitermní (podle venkovní teploty) i termostatovou (podle referenční místnosti). Ekvitermní regulace je dále korigována teplotní setrvačností objektu, aby byla dosažena optimální tepelná pohoda.

VYBRALI JSME NA OBÁLKU



Regulátor umožňuje komunikaci s uživatelem pomocí inteligentního dvouřádkového displeje a čtyř tlačítek, jimiž se nastavují uživatelské parametry regulace. Veškeré parametry, včetně servisních, je pak možné pohodlně upravovat z počítače PC připojeného přes sériové rozhraní speciálním programem. Regulátor také periodicky zaznamenává údaje z vybraných teplotních čidel.

EMIR obsahuje tři uživatelsky definovatelné týdenní programy. Pro každou čtvrthodinu v týdnu je možné nastavit režim a parametr regulace. Pro ekvitermní režim umožňuje tedy nastavit posun topné křivky a pro termostatový režim požadovanou cílovou teplotu referenční místnosti. Dalším možným režimem je i úplné vypnutí regulace.

Principy regulace

Termostatová regulace

Termostatová regulace je založena na principu teplotního čidla umístěného v tzv. referenční místnosti a na nastavené teplotě, která by v této místnosti měla být. Termostat srovnává, zda je teplota vyšší nebo nižší. Na základě tohoto údaje se aktivuje zdroj tepla.

Mezi výhody termostatové regulace patří především udržování stálé teploty v místnosti. V ní se odráží i vliv povětrnostních podmínek, slunečního záření a dalších faktorů. Na druhou stranu je ovlivňována teplota celého objektu, a tak například vyvětráním v referenční místnosti začne topení v celém domě topit, případně zasvícením slunce do této místnosti se zde sice bude udržovat stabilní teplota, ale ostatní místnosti budou chladnout. Mezi nevýhody termostatové regulace patří také kolísání teploty. Toto kolísání, které může dosahovat až ±1 °C, mohou citlivé osoby vnímat jako dosti nepříjemné.

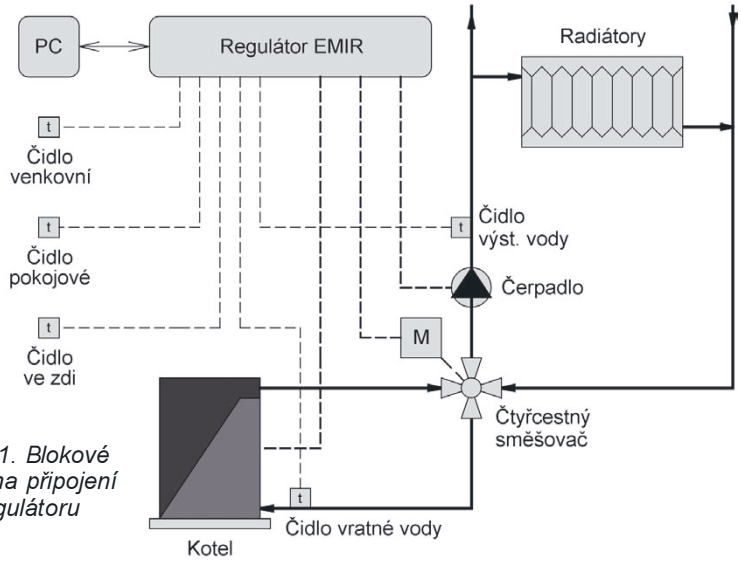
U regulátoru EMIR je použití termostatové regulace výhodné v nočních hodinách, kdy není teplota v referenční místnosti ovlivňována přítomností osob, případně ji lze použít jako ochrany proti zamrzání, pokud objekt není dočasně obýván.

Ekvitermní regulace

Ekvitermní regulace je založena na principu, podle kterého každé venkovní teplotě odpovídá určitá teplota topného média (obvykle vody), která udrží ve všech místnostech přiměřenou teplotu.

Na tomto principu regulace pracuje většina regulátorů pro větší objekty, ale také pro objekty menší, ve kterých nelze jednoznačně stanovit referenční místnost. Oproti termostatové regulaci je zde jasná výhoda, že topení v celém domě nebude ovlivňováno podmínkami jediné místnosti, například vařením či větráním. Naproti tomu nemůže standardní ekvitermní regulace postihovat tepelnou setrvačnost objektu a vnější vlivy, např. vítr či sluneční záření.

Regulátor EMIR uskutečňuje ekvitermní regulaci s kompenzací tepelné setrvačnosti objektu, čímž eliminuje jednu z jejích hlavních nevýhod. Využívá se čidla zavrtaného do zdi v dostatečné hloubce. Z rozdílu teploty, která by ve zdi měla být (lze spočítat z tloušťky zdi, hloubky čidla, vnitřní a vnější teploty), a teploty, která tam je ve skutečnosti, lze určit prohřátost objektu, kterou se kompenzuje teplota výstupní vody.

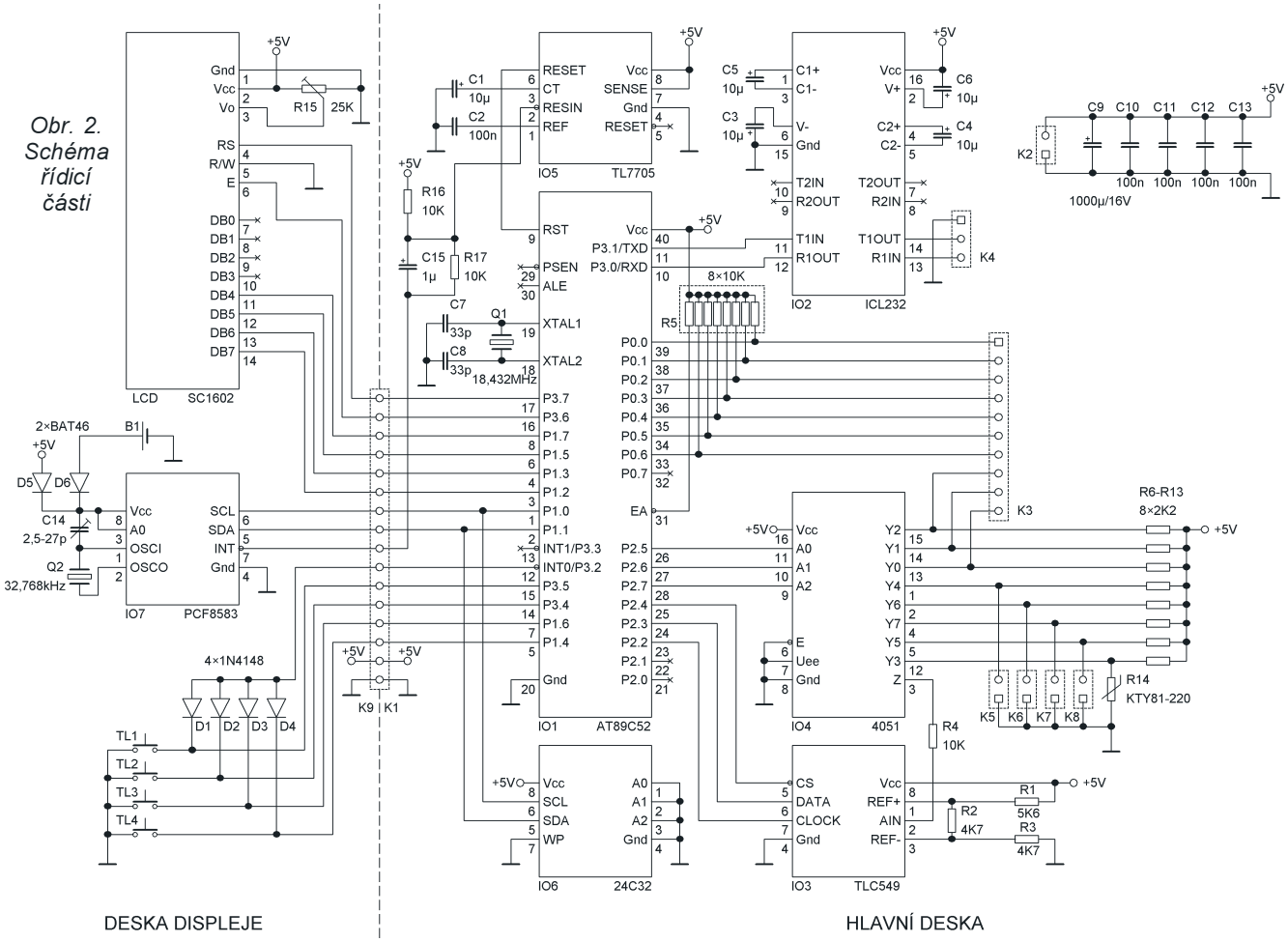


Obr. 1. Blokové schéma připojení regulátoru

Regulátor EMIR

Technické parametry

Napájecí napětí: 230 V/50 Hz.
Příkon: max. 1,9 VA.
Rozměry řídicí jednotky: 90 × 75 × 40 mm.
Režimy regulace: ekvitermní, termostatový, vypnuto.
Počet vstupů měření teploty: 8.
Rozsah měření teplot: -50 až +110 °C.
Teplotní rozlišení: 1 °C.
Počet digitálních vstupů: 3.
Počet digitálních výstupů: 4.
Max. zátěž výstupů: 230 V/3 A.
Počet týdenních programů: 3.
Časové rozlišení programů: 15 min.
Záložní napájení: alkalický knoflíkový článek 1,5 V.
Ovládání: 4 tlačítka, displej LCD.
Sériové připojení: RS-232, 9600 Bd.



Obr. 2. Schéma řídicí části

Popis funkce

Srdcem celého regulátoru je mikroprocesor Atmel AT89C52 (IO1) řízený speciálním programem. Mikroprocesor spolupracuje s řadou dalších obvodů, jejichž funkce je zřejmá ze schématu zapojení na obr. 2 a 3.

Po zapnutí napájení vygeneruje obvod IO5 nulovací impuls. Procesor poté postupně iniciuje jednotlivé moduly řídicího programu: řízení displeje LCD, sériovou komunikaci, hodiny reálného času, analogově -digitální převodník, tlačítka, uživatelské rozhraní a regulaci. Mikroprocesor využívá jeden vstup vnějšího přerušení, a to pro přijetí informace o stisknutí jednoho z tlačítek. Dále je ze speciálních vývodů mikroprocesoru použita dvojice vysílání a příjmu sériového kanálu. Brána P0 mikroprocesoru je přes „pull-up“ rezistory přivedena na konektor a vedena k silové části. Její funkcí je jednak spínání relé, jednak čtení stavu digitálních vstupů. Ostatní vývody řídí jednotlivé periferní obvody.

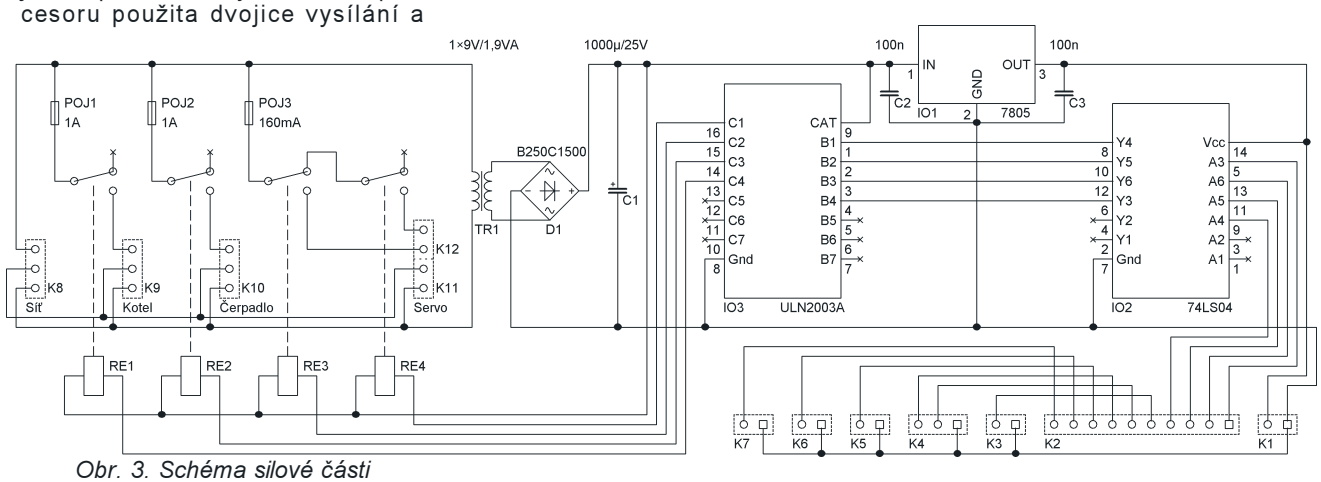
Regulátoru nevadí výpadek napájecího napětí. Po obnovení dodávky elektrické energie se restartuje obslužný program a regulace pokračuje standardně dál. Dalším možným havarijním stavem je přerušení nebo zkrat vedení k některému ze senzorů teploty. Je indikován na displeji a v případě selhání důležitého čidla není regulační odchylka platná. Pro ekvitermní regulaci se jedná o čidla vnější teploty a teploty výstupní vody, pro termostatovou o čidlo teploty v referenční místnosti.

Pro zajištění dlouhodobě správné funkce jsou hodiny reálného času propojeny s nulovacím obvodem a fungují jako obvod „watchdog“.

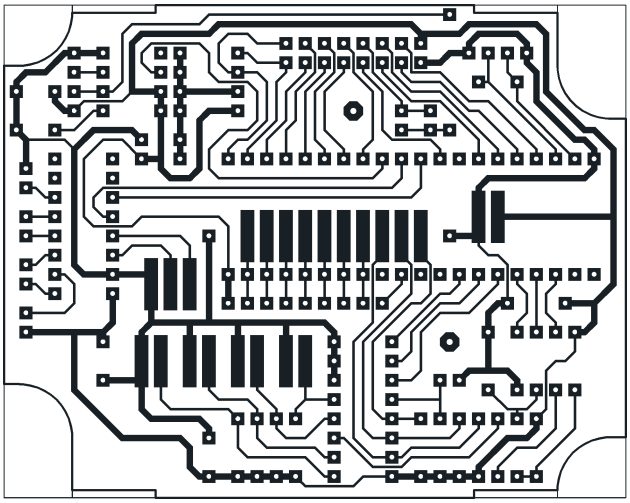
Informace o teplotě, získaná z polovodičových senzorů typu KTY81-220, je jedním z nejdůležitějších údajů pro řízení regulace. V paměti mikroprocesoru je uložena tabulka používaná k převodu hodnoty přečtené z převodníku A/D na teplotu ve stupních Celsia.

V tab. 1 jsou vypočítány obvykle potřebné hodnoty pro kalibraci čidel.

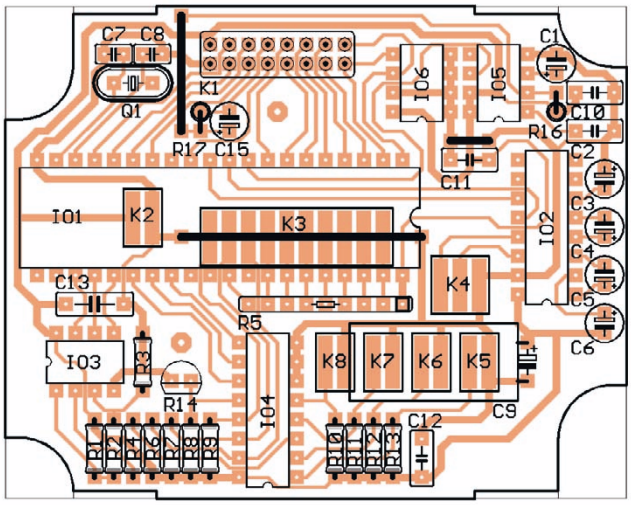
Mikroprocesor má přístup k relé přes dva pomocné obvody. Jedná se o invertor a výkonový spínač. Použití



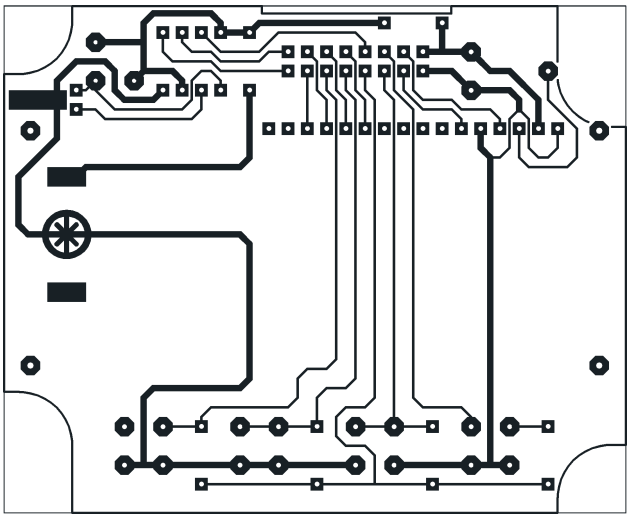
Obr. 3. Schéma silové části



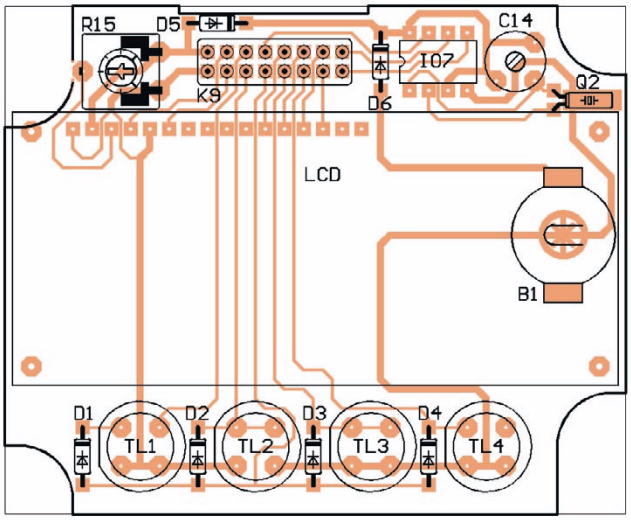
Obr. 4. Deska s plošnými spoji řídicí části (mikroprocesoru)



Obr. 5. Rozložení součástek řídicí části (mikroprocesoru)



Obr. 6. Deska s plošnými spoji řídicí části (displeje)



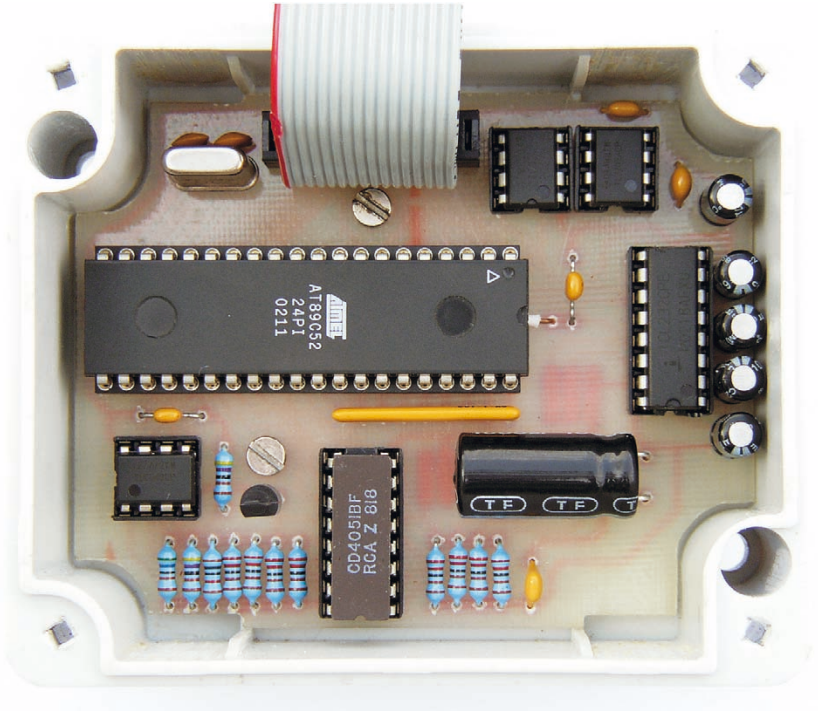
Obr. 7. Rozložení součástek řídicí části (displeje)

invertorů by sice nebylo nezbytné, ale je velmi vhodné. Mikroprocesor totiž po vynulování iniciuje všechny vstupně-výstupní linky na vysokou logickou úroveň, a tak by bez použití invertorů všechna relé po startu sepnula.

Samotný servomotor je chráněn ještě jednou metodou. Jedná se o způsob využití přepínacích kontaktů relé, které v případě eventuální chyby programu a následného sepnutí obou relé ovládajících servomotor přivedou fázové napětí pouze na jedno z vinutí. Tím je stoprocentně vyloučeno přivedení napětí na obě vinutí servomotoru zároveň, což by mělo pravděpodobně za následek jeho zničení.

out (AD)	*t* [°C]
117	15,38
118	15,98
119	16,64
120	17,24
121	17,83
122	18,49
123	19,07
124	19,73
125	20,31
126	20,96
127	21,54
128	22,19
129	22,77
130	23,41
131	24,05
132	24,68
133	25,32

Tab. 1. Kalibrační tabulka

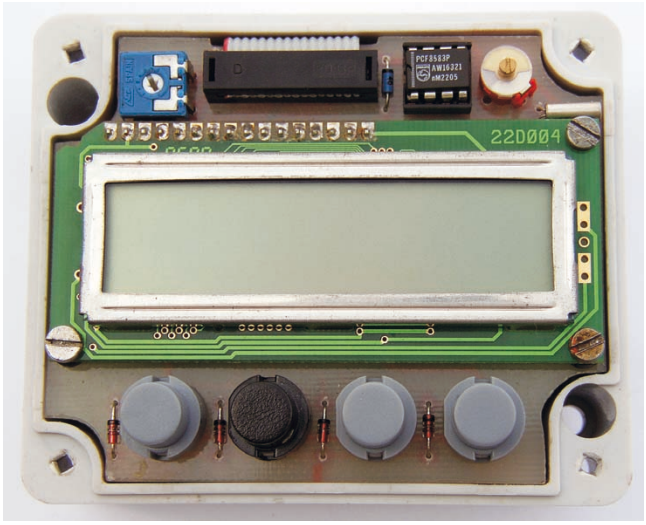


Obr. 8. Fotografie řídicí části (mikroprocesoru)

Algoritmus regulace

Samotný regulační algoritmus je složen ze dvou funkčních celků. První probíhá v rámci přerušení od hodin reálného času a aktivuje se každou celou minutu. Do sdílených proměnných mikroprocesoru uloží parametry regulace, tj. aktuální režim, případné další parametry pro zobrazení na displeji a především vypočtenou dobu posunu servomotoru pro ekvitermní či termostatovou regulaci. Výpočet probíhá v rutině přerušení jednou za minutu. Program nejdříve obnoví stav teplot senzorů v mikroprocesoru, tj. každý senzor postupně vybere multiplexerem, spustí analogově-digitální převod jeho hodnoty a přepočte ji na stupně Celsia. Dále program zjistí aktivní režim regulace. V případě, že je aktivní jeden z týdenních programů, zjistí se požadovaný režim regulace v závislosti na aktuálním čase.

Druhým celkem je hlavní kód mikroprocesoru. Ten uskutečňuje samotnou regulaci v závislosti na parametrech nastavených během přerušení, tj. přímo se stará o spínání digitálních výstupů regulátoru ovládajících relé v silové části.

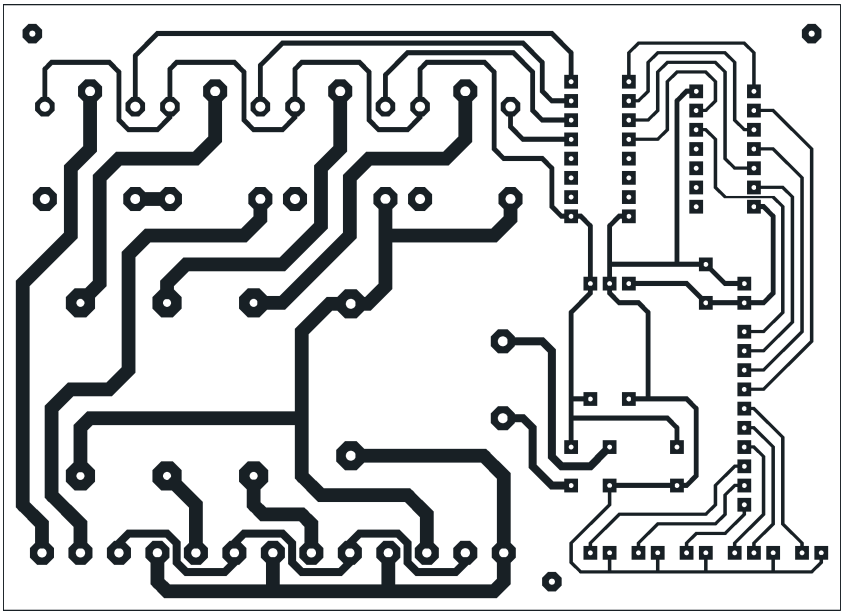


Obr. 9. Fotografie řídicí části (displeje)

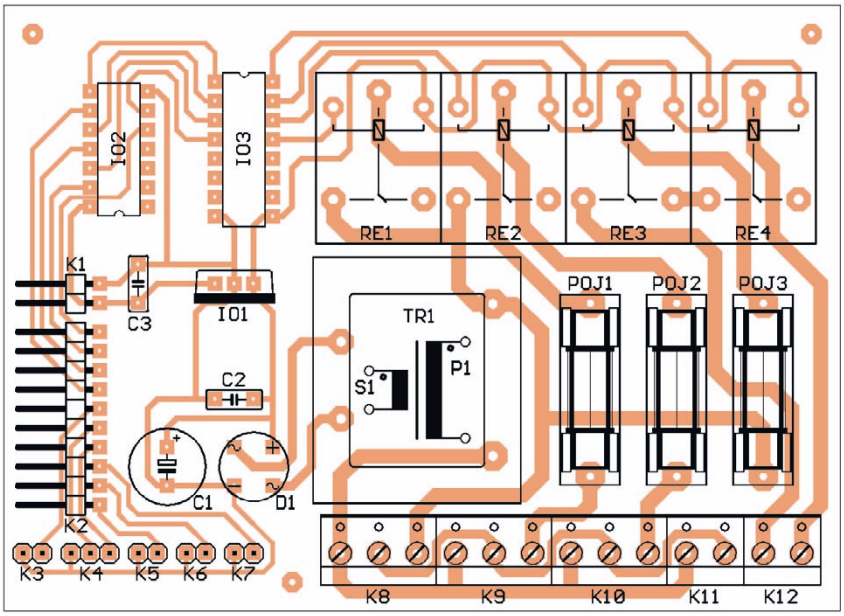
Režim vypnuto vypne kotel, uzavře směšovací ventil a po nastavené době vypne i oběhové čerpadlo. Po 14 dnech zapíná na chvíli čerpadlo a protáčí ventil, aby zabránil zatuhnutí těchto částí.

Režimy ekvitermní a termostatový provádějí regulaci. V případě uzavření směšovače mají z ekonomických důvodů stanovenou hysterezi opětovného startu. Maximální doba běhu serva je limitována. Algoritmus také vykonává kontrolu teploty vratné vody, v případě nízké teploty zakáže další otevírání směšovacího ventilu. Tím omezuje nízkoteplotní korozi kotle.

Většinu parametrů regulace je možné nastavit konfiguračním programem.



Obr. 10. Deska s plošnými spoji silové části



Obr. 11. Rozložení součástek silové části

Konstrukční provedení

Deska displeje a řídicí deska jsou umístěny v krabičce typu KP45 nad sebou. Ve dnu krabičky je vyřezán otvor podle obr. 13. Tímto otvorem prochází konektory, jimiž se řídicí jednotka připojuje. Hlavní deska je na dvou místech přišroubována do spodní části krabičky. Montážní výstupky je nutné odbrousit. Mezi desky se umístí vhodné distanční sloupky.

Složitěji je třeba upravit víčko krabice KP45 (viz obr. 14). Pro displej se nejdříve vyřízne vnitřní otvor (61 × 14 mm), poté se jehlovým pilníkem skosí hrany na vnější rozměry. Tím lze dosáhnout výrazného vylepšení vzhledu čelního panelu. Dále je třeba vyvrtat otvory pro tlačítka. Je nutné vrtat tenčím vrtákem a otvory dopilovat jehlovým pilníkem.

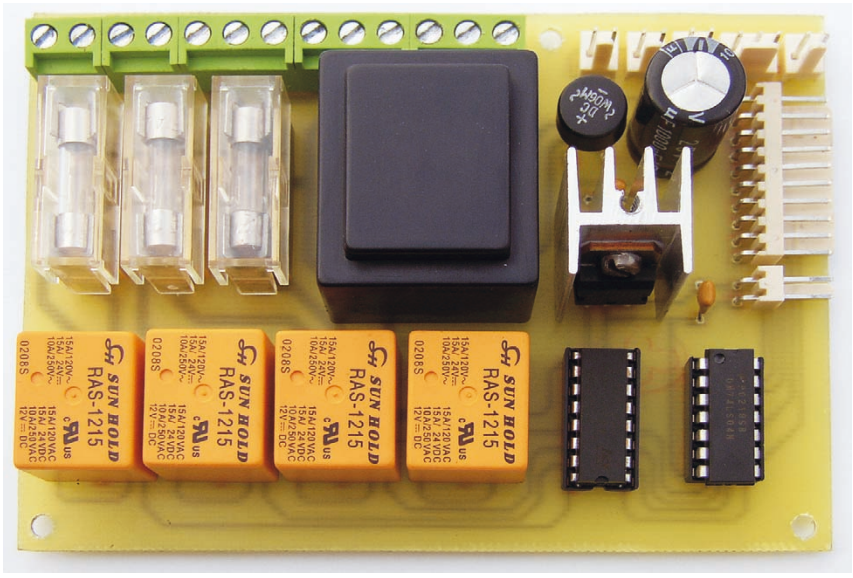
Řídicí část regulátoru je přichycena dvěma šrouby ve zdi. Předpokládá se její umístění v obytné části domu, tomu je přizpůsoben i její design. Silová část se vestaví do libovolné krabice vybrané podle požadovaného stupně krytí. Je vhodné ji umístit poblíž kotle, čerpadla a servomotoru.

(Dokončení příště)

EMIR
Ekvitermní µP regulace

Aleš Povalač

(Dokončení)



Obr. 12. Fotografie silové části

Oživení regulátoru a kalibrace čidel

Po osazení všech desek je vhodné je důkladně zkontrolovat, zejména pak poměrně hustě osazenou hlavní desku a také část desky zdroje a relé, na kterou je přivedeno síťové napětí.

Nejdříve se oživí desky řídicí části. Desku displeje se základní deskou propojíme plochým kabelem a na napájecí konektor připojíme zdroj s napětím +5 V, nejlépe s omezením výstupního proudu přibližně na 50 mA. Regulátor by měl „naskočit“ a zobrazit úvodní obrazovku. Pokud displej nezobrazí vůbec nic, případně nesmyslný text, je pravděpodobně chyba v jeho propojení s mikroprocesorem. Je nutné zkontrolovat propojovací kabel, obě desky, případně lištu, kterou je displej k desce připojen.

```
** EMIR v1.07 **
AP (c) 2002,03
```

Po několika sekundách se objeví hlášení „Prázdná paměť“. Pokud se tato zpráva nezobrazí, je pravděpodobně chyba v připojení paměti. Je nutné zkontrolovat její umístění v objímce a na straně spojů přívody napájecího napětí a datové vodiče.

```
** EMIR v1.07 **
Prazdna pamet!
```

Otestování funkce dalších modulů není možné bez prvotního naprogramování paměti regulátoru, tj. především konstant regulace, ekvitermy a křivky zdi. Po jejich uložení do regulátoru ho taktéž pomocí ovládacího programu restartujeme.

Nyní by již měla proběhnout kompletní iniciační sekvence regulátoru. Ta je indikována na displeji při startu. Obvykle proběhne natolik rychle, že si jí uživatel ani nemusí všimnout, avšak pokud nastane závada, indikátor postupu se zastaví. Jednotlivé hvězdičky ukazují úspěšnou iniciaci modulů v tomto pořadí: LCD displej, paměť EEPROM, hodiny reálného času, analogově-digitální převodník, tlačítka, uživatelské rozhraní, watchdog.

```
** EMIR v1.07 **
init [***----]
```

Silovou část je vhodné oživit zvlášť. Po důkladné kontrole desky, především části se síťovým napětím (vedena širokými spoji), se deska připojí přes kabel s vidlicí do sítě. Pomocí vodiče ověříme funkci relé tak, že budeme spojovat zem z konektoru K1 na vývody *1* až *4* konektoru K2. Tím by se měla spínat jednotlivá relé, o čemž se můžeme přesvědčit fázovou zkoušečkou na svorkovnici K9 až K12. Tab. 2 popisuje konektory na všech deskách.

Obě části jsou nyní oživené a je možné je nainstalovat do budoucích umístění a spojit datový a napájecí konektor. K servomotoru na směšovacím ventilu je nutné mechanicky připevnit mikrospínač, který při uzavření ventilu sepne. Využívá se rozpínací kontakt (viz tab. 2). Mikrospínač je nutné upevnit tak, aby při zavírání sepnul dříve než koncový spínač servomotoru. Některé servomotory mohou mít koncový spínač vestavěný, pak je samozřejmě lepší využít ten.

Po připojení všech používaných čidel k řídicí jednotce regulátoru je nutné je zkalibrovat. Tím se eliminuje výrobní tolerance čidel i délka kabelů, pomocí kterých jsou připojené.

Možnosti nastavení regulátoru EMIR

Informace

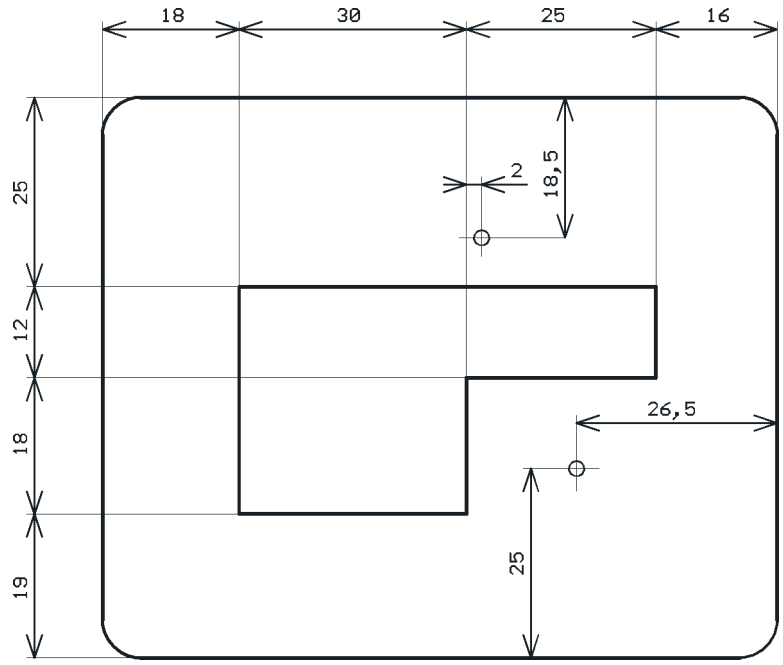
Na prvním řádku se zobrazuje informace o teplotě z vybraného čidla. Seznam zobrazovaných čidel je možné měnit z počítače.

Na druhém řádku je zobrazováno obvykle několik parametrů. Především je to režim regulace, tedy **Ekv** jako ekvitermní, **Termost** jako termostatová nebo **Vypnuto**, při kterém je regulace vyřazena z činnosti.

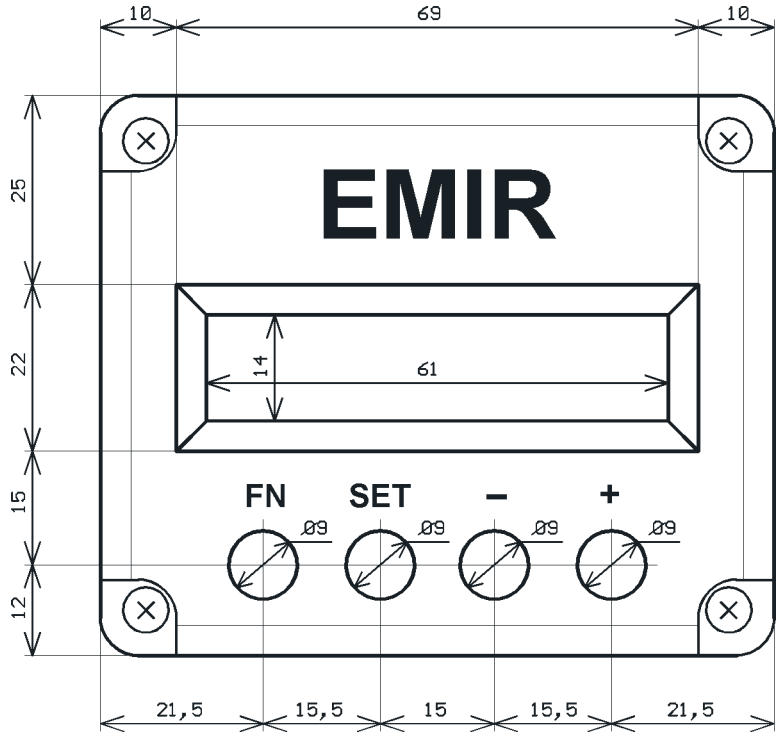
Nejvíce údajů je zobrazeno při ekvitermním režimu regulace. Číslo bezprostředně za **Ekv** udává hodnotu, která se bude přičítat k teplotě

Tab. 2. Popisy konektorů regulátoru

Konektor	Popis
hlavní/K2, silová/K1	napájecí konektory
hlavní/K3, silová/K2	datové konektory
hlavní/K1, displej/K9	datové konektory (plochý kabel)
hlavní/K4	sériové rozhraní
hlavní/K5–K8	teplotní čidla (K5 vnější, K6 uživ. 2, K7 uživ. 3, K8 zeď)
silová/K3	uživ. spínač
silová/K4	vývody 1-2: koncový spínač (rozpínací kontakt!), vývody 1-3: uživ. spínač
silová/K5–K7	teplotní čidla (K5 výstupní voda, K6 vratná voda, K7 uživ. 1)
silová/K8	hlavní napájení (K8 vývod 3-fáze)
silová/K9	napájení kotle (K9 vývod 3-fáze)
silová/K10	napájení čerpadla (K10 vývod 3-fáze)
silová/K11–K12	nap. servomotoru (K12 vývod 1-fáze zavírání, K12 vývod 2-fáze otvírání)



Obr. 13. Úprava krabice - pohled zezadu



Obr. 14. Úprava krabice - pohled zepředu

topné vody získané z ekvitermní křivky. Toto číslo se získává součtem nastaveného posuvu v menu a případného posuvu konkrétního týdenního programu. Parametr **Z** udává korekci topné vody tepelnou setrvačností objektu, tedy čidlem ve zdi. Údaj za **Z** se přičítá k požadované teplotě topné vody. Poslední parametr **R**, udává regulační odchylku, tedy rozdíl mezi vypočtenou topnou vodou a reálnou teplotou topné vody podle senzoru. Kladná hodnota znamená, že voda má nižší teplotu, než by měla mít.

```
Vyst.voda: 55°C
Ekv+5    Z-5 R+12
```

Při termostatovém režimu regulace je za **Termost** zobrazena cílová hodnota referenčního senzoru (obvykle místnosti). Je dána buď teplotou nastavenou v menu, nebo hodnotou z týdenního programu. Za **R** následuje regulační odchylka, tedy rozdíl cílové teploty a reálné teploty z referenčního senzoru.

```
Mistnost: 22°C
Termost:20    R-2
```

Režim vypnutí regulace je indikován nápisem **Vypnuto** a proškrtnutím místa, kde je u ostatních režimů zobrazena regulační odchylka.

Tlačítka - a + slouží výběru teplotního čidla zobrazovaného na prvním řádku.

```
Venkovni: -15°C
Vypnuto      ----
```

Režim regulace

Stiskem tlačítka SET je možné vstoupit do režimu editace, ve kterém se pomocí tlačítek - a + vybírá regulační režim. Potvrzení se provede tlačítkem SET, stornování tlačítkem FN. Výběr je z šesti položek:

Vypnuto: Při tomto režimu se vypne kotel, čerpadlo se nechá doběhnout a servomotor naráz uzavře směšovací ventil do koncové polohy. Tento režim je vhodné vybrat při letních měsících. Pokud je tento režim aktivní, jednou za dva týdny se zapne čerpadlo, úplně otevře a uzavře ventil a vypne čerpadlo. Tím se výrazně zmenšuje pravděpodobnost zatuhnutí ventilu nebo čerpadla vlivem nečinnosti.

```
Rezim regulace
Vypnuto
```

Ekvitermní: Teplota topné vody se počítá z ekvitermní křivky, do výpočtu se zahrnuje aktuální posun a korekce tepelné setrvačnosti objektu. Není aktivní žádný časový režim, a tak regulace topení pracuje nepřetržitě.

```
Rezim regulace
Ekvitermni
```

Termostat: Systém se snaží na referenčním čidlu dosáhnout nastavené teploty. Režim je možné použít i jako ochranu proti zamrznutí v případě dlouhodobé nepřítomnosti v objektu, kdy se nastaví teplota např. 5 °C. Při poklesu pod tuto teplotu se zapne kotel, otevře směšovací ventil a teplota se postupně vrátí na minimální udržovanou.

```
Rezim regulace
Termostat
```

Režimy A, B a C jsou tři týdenní programy regulátoru. Pojmenování (silný, slabý a stálý) je odvozeno od předpokládaného použití, ale obsah programů je přes počítač měnitelný zcela libovolně. Použití silného režimu se předpokládá v zimě, kdy se topí ráno před odchodem do zaměstnání a také odpoledne a večer. Slabý režim se používá na podzim a na jaře, kdy se musí topit pouze odpoledne a večer. Stálý režim potom topí během celého dne z výjimkou noci. Používá se v případě trvalé přítomnosti obyvatel objektu.

```
Rezim regulace
Rezim B - slaby
```

Ekvitermní posun

Po vstoupení do editačního režimu tlačítkem SET je možné tlačítky - a + měnit hodnotu, která se bude přičítat k požadované teplotě topné vody. Tato hodnota je tedy důležitá pouze v případě, že je vybraný režim regulace **Ekvitermní** nebo je vybraný jeden z týdenních programů, který má aktivní ekvitermní režim regulace. Tento parametr lze využít např. při požadavku jednorázového zvýšení teploty v objektu.

```
Ekvitermni posun
Posun: -5°C
```

Termostat

V režimu editace je možné tlačítky - a + měnit požadovanou cílovou teplotu referenčního senzoru. Tato hodnota je důležitá pouze v případě, že je vybrán režim regulace **Termostat**. V ostatních režimech, nebo pokud je aktivní některý z týdenních programů, nebude mít tento parametr vliv na funkci regulátoru (u týdenních programů v případě termostatové regulace je hodnota nastavována nezávisle na tomto parametru).

```
Termostat
Teplota: 21°C
```

Automatické přepnutí režimu regulace

Regulátor EMIR umožňuje nastavit automatické přepnutí režimu regulace na jiný za určitou dobu. Této vlastnosti se s výhodou využívá zejména v případě dovolené, kdy může regulátor za nastavený počet volných dnů automaticky začít normálně topit. V režimu editace se vybírá režim, na který se regulátor přepne, a počet dnů a hodin, za které se přepne. V případě výpadku proudu překračujícím celou hodinu odečtení nenastane.

```
Prepnuti rezimu
Ekviter. 4d 15h
```

Hodiny

Poslední položkou menu jsou hodiny reálného času. Jsou zálohované baterií, a tak jim případný výpadek proudu neuškodí. Je možné editovat den v týdnu, hodinu a minutu. Sekundu při editaci měnit nelze, zůstává na nule. Po potvrzení tlačítkem SET se hodiny nastaví. Platný údaj hodin reálného času je důležitý především pro funkci týdenního programu, který je na nich přímo závislý.

```
Hodiny
Ctvrtek 16:38:25
```

Software pro regulátor EMIR

Parametry regulace

Pomocí parametrů v záložce Regulace (obr. 15) lze nastavovat chování regulátoru. Mimo parametry nastavitelné také přes regulátor se jedná především o následující: *násobitel regulace* (číslo, kterým se násobí regulační odchylka, aby se získala doba běhu serva), *interval regulace* (doba vyčkávání mezi regulačními zásahy), *maximální čas běhu serva* (omezení max. doby běhu serva, na výrazné změny by soustava do dalšího regulačního cyklu nestihla zareagovat), *hystereze startu topení* (pokud se topení při ekvitermní regulaci zcela uzavře, neotevře se znovu, dokud nestoupne čas běhu serva nad tuto hodnotu; tím je vyloučen stav slabého topení, který je velmi neekonomický, protože se zde uplatňují silné ztráty), *násobitel kompenzace zdi* (viz níže), *maximální kompenzace zdi*, *teplota termostatu*, *čidlo termostatu* (určuje čidlo umístěné v referenční místnosti; regulace se bude řídit informací o teplotě tohoto čidla), *doba běhu serva* (tj. přeběhu z jedné koncové polohy do druhé), *minimální teplota výstupní vody pro běh čerpadla a maximální doba běhu čerpadla po vypnutí kotle* (parametry pro opožděné vypnutí čerpadla; po vypnutí kotle zůstává v systému teplá voda, kterou je ještě možné využít pro topení), *minimální teplota vratné vody* (pokud je teplota nižší, neotevře se směšovací ventil z důvodu ochrany kotle před nízkoteplotní korozí), *zapisovaná čidla 1 až 3, čidla 0 až 7* (umožňuje zapnout/vypnout zobrazování čidla na displeji regulátoru, měnit jeho název a nastavovat jeho korekci).

Hodnotu parametru *násobitel kompenzace zdi* lze matematicky vyjádřit:

Násobitel = (tloušťka zdi/hloubka čidla).lineární člen ekvitermní funkce,

kde lineární člen ekvitermní funkce je parametr B použitý při vyplňování ekvitermy. Ostatní parametry jsou popsány u tabulky zdi. Takto spočítaná hodnota je však pouze informativní. Reálná hodnota obvykle bývá menší, protože se musí brát v úvahu tepelné ztráty objektu přes okna, které nelze čidlem ve zdi vykompenzovat.

Ekviterma

Ekvitermní křivka udává závislost teploty topné vody na venkovní teplotě. Pro ideální topnou soustavu by měla být lineární funkcí, tj. jejím grafem by byla přímka. Čím lepší je tepelná izolace objektu, tím je sklon přímky (lineární člen B) menší (blíže nule) a je posunutá (konstantní člen C) níže.

Ve skutečnosti nebývá závislost lineární. Pokud se topná tělesa v objektu chovají jako zářiče, mají při vyšších teplotách větší účinnost. Při nižších teplotách se tedy křivka sklání a neroste tak rychle (grafem funkce by byla parabola s maximem mimo zobrazovanou oblast). Kvadratický člen A je tedy mírně menší než nula.

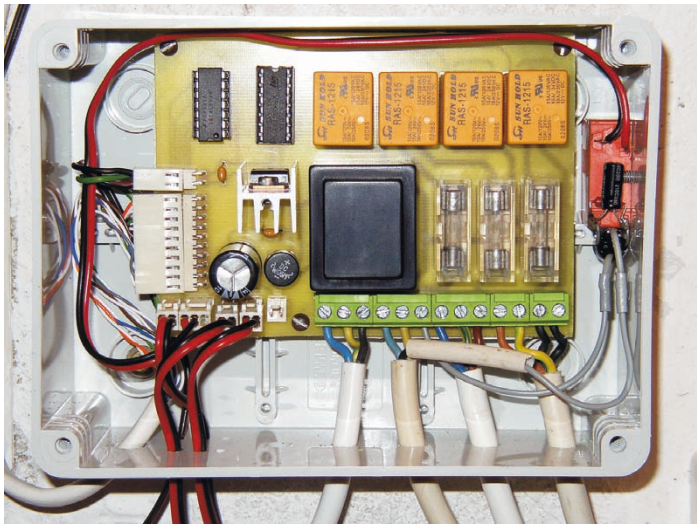
Naopak při použití topných těles typu konvektoru a při špatně zaizolovaném domu, kdy větrání vlivem netěsností je tím větší, čím nižší je venkovní teplota, se může křivka prohnout na druhou stranu (grafem funkce by byla parabola s minimem mimo zobrazovanou oblast). Kvadratický člen A je tedy mírně větší než nula.

Ovládací program zobrazuje hodnoty z tabulky v grafu. Tabulku je možné automaticky vyplnit podle kvadratické rovnice s definovatelnými koeficienty. Díky použití tabulky je také možné zadat naprosto libovolný tvar ekvitermní křivky.

Časové režimy

Regulátor obsahuje tři týdenní programy. Pro každý čtvrthodinový úsek týdne je možné nastavit jiný režim.

Optimální je přerušované vytápění, kdy se topí ráno před odchodem do zaměstnání na ekvitermní režim se značným posunem topné křivky. Po tomto cyklu je zařazeno na čtvrt hodiny vypnutí regulace, aby se jednorázově uzavřel směšovací ventil. Až do odpoledne se pak aktivuje termostatová regulace na nízkou teplotu (např. 16 °C). Dům tedy bude postupně chladnout a v případě extrém-



Obr. 14. Fotografie silové části v krabici

ně nízkých venkovních teplot, které by zapříčinily prochladnutí objektu pod nastavenou hranici, se topení aktivuje a bude tuto teplotu udržovat. V této chvíli se neprojeví nevýhody termostatové regulace, protože dům (díky nepřítomnosti obyvatel) má podobné chování jako referenční místnost. Odpoledne se s dostatečným předstihem opět zapne ekvitermní regulace, zpočátku s posunem, později se posun zruší. Na tento režim běží regulátor až do večera, kdy je opět vřazen na čtvrt hodiny režim vypnutí, následovaný přes noc režimem termostatovým. Takto je standardně nastaven režim A (silný). Režim B (slabý) neobsahuje ranní přitopení. Režim C (stálý) neobsahuje dopolední vypnutí.

Podle dlouhodobých měření v reálném provozu vede přerušovaný režim vytápění a následné silnější topení k ekonomičtějšímu provozu topné soustavy. Zároveň je také v objektu příjemně, zejména v noci je snížení teploty vítané.

Editace v počítači probíhá jednoduchým způsobem, v tabulce se je možné pohybovat klávesnicí i myší, režim lze měnit pravým tlačítkem myši, hodnoty upravovat po poklepání levým tlačítkem.

Hodiny a informace

Je možné jednak nastavovat hodiny reálného času běžící v regulátoru, jednak zjišťovat stav regulátoru, teplotních čidel a digitálních vstupů/výstupů mikroprocesoru.

V poli *regulátor* jsou zobrazeny parametry aktuální regulace, v poli *digitální vstupy/výstupy* se zobrazuje stav relé a digitálních senzorů připojených k silové části regulátoru. Červená znamená zapnuto, zelená vypnuto. Koncový spínač je zapojen jako rozpínací, jeho stav je tedy opačný (uzavřeno = zelená).

Pokud není aktivováno *rychlé čtení stavu*, probíhá čtení stavu senzorů z mikroprocesoru jednou za minutu, hodnoty jsou stejné jako na displeji regulátoru. V opačném případě čte program informace každou sekundu a zobrazuje dva údaje - aktuální teplotu a hodnotu A/D získanou přímo z převodníku. Ta je potřebná pro prvotní kalibraci čidel.

Kalibruje se tak, že se k čidlu přiloží teploměr. Po ustálení hodnot se zjistí aktuální údaj čidla A/D a teplota na teploměru. Z teploty přečtené na teploměru se v tab. 1 zjistí odpovídající hodnota A/D, od které se odečte údaj A/D čidla zjištěný regulátorem. Tento rozdíl je korekcí čidla, který se zapíše do pole *čidla/korekce* v záložce Regulace.

Záznamy

Na záložce Záznamy jsou přístupné údaje z čidel přibližně 10 dní zpět (256 záznamů po jedné hodině).

V tabulce je možné označovat řádky a následně je zkopírovat do libovolného tabulkového procesoru k dalšímu zpracování, např. tvorbě grafů teplot.

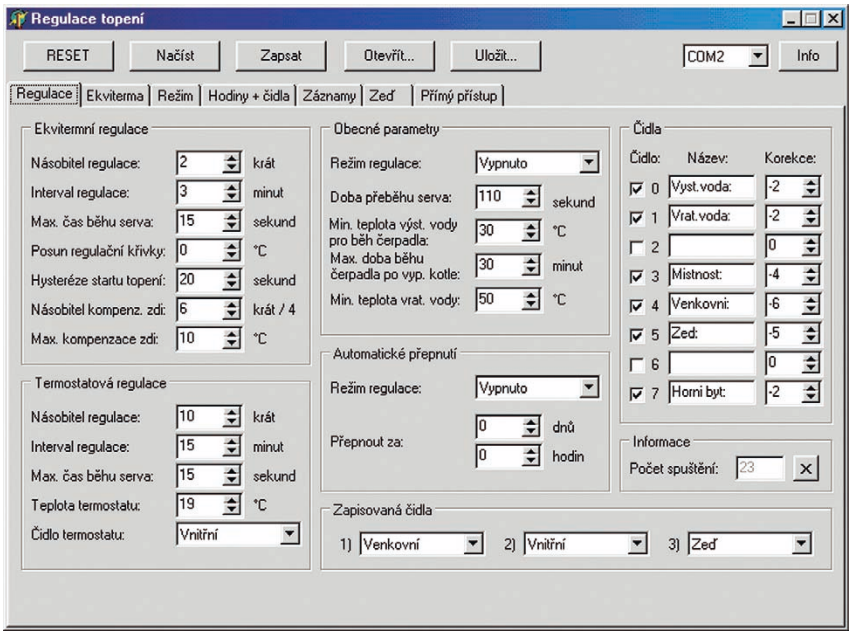
Zeď

Tabulka udává závislost teploty ve zdi na teplotě venkovní. Teplotu ve zdi lze vypočítat ze znalosti několika známých údajů. Vztah je zjednodušen předpokladem, že zdivo je homogenní, neuvažuje, že omítky mají jinou tepelnou vodivost.

$$t_{zed} = t_{vnitřní} - (t_{vnitřní} - t_{venkovní}).(\text{hloubka čidla/tloušťka zdi}),$$

kde t_{zed} je teplota zdi, $t_{vnitřní}$ je konstantní vnitřní teplota objektu (zhruba 21 °C), hloubka čidla je hloubka čidla ve zdi, měřeno zevnitř objektu, tloušťka zdi udává tloušťku zdi. V případě zatepleného objektu by se čidlo umístilo asi do poloviny zdi (ne až pod zateplovací materiál), parametr tloušťka zdi by se upravil v závislosti na vlastnostech použitého materiálu.

Obr. 15. Ovládací program



Závěr

Použití regulátoru EMIR je výhodné zejména v objektech, kde není instalována žádná regulace, případně pouze zastaralá termostatová. Regulací se dosahuje výrazných úspor na spotřebě plynu. Samotná elektrická spotřeba regulátoru je zanedbatelně malá. Firmware regulátoru tvoří téměř 4000 řádků zdrojového kódu v asembleru.

Literatura

[1] *Horák, Z.:* Regulátor teplovodního topného systému. PE 5, 6/2001.
[2] *Kotisa, Z.:* Senzory KTY pro měření teploty. PE 1/2000.

Seznam součástek

Řídící jednotka

R1	5,6 kΩ, 1 %
R2, R3	4,7 kΩ, 1 %
R4, R16, R17	10 kΩ
R5	síť 8×10 kΩ
R6 až R13	2,2 kΩ, 1 %
R14 (+ 4 ks mimo)	KTY81-220
R15	25 kΩ, trimr
C1, C3, C4, C5, C6	10 µF
C2, C9 až C13	100 nF
C7, C8	33 pF
C9	1000 µF/16 V
C14	2,5 až 27 pF, trimr
C15	1 µF
IO1	AT89C52 naprogramovaný
IO2	ICL232
IO3	TLC549
IO4	4051
IO5	TL7705A
IO6	AT24C32
IO7	PCF8583
Q1	18,432 MHz
Q2	32,768 kHz
D1, D2, D3, D4	1N4148
D5, D6	BAT46
LCD	displej SC1602
K1, K9	LPV16
K2, K5, K6, K7, K8	PSH02-02W
K3	PSH02-10W
K4	PSH02-03W
TL1, TL2, TL3, TL4	DT6
B1	LR44
kabel	AWG16
krabička	KP45
držák na baterii	

Silová část

C1	1000 µF/25 V
C2, C3	100 nF
IO1	7805
IO2	74LS04
IO3	ULN2003A
D1	B250C1500
K1	PSH02-02W
K2	PSH02-10W
K3, K5, K6, K7	PSH02-02P
K4	PSH02-03P
K8, K9, K10	svorkovnice PA366/3
K11, K12	svorkovnice PA366/2
RE1, RE2, RE3, RE4	RAS1215
TR1	Hahn 1×9 V, 1,9 VA
POJ1, POJ2	1 A/250 V
POJ3	0,16 A/250 V
držák na pojistku KS20-01	
kryt na pojistku KS20-H	
chladič V7141	

Program mikroprocesoru ve formátu IntelHEX spolu s obslužným programem pro PC je možné získat na stránce autora http://alpov.ic.cz/ nebo na www.aradio.cz.