

# OBEČNĚ O REGULACI VYTÁPĚNÍ

Otopné soustavy jsou ve smyslu příslušných norem projektovány a dimenzovány podle tepelných ztrát vytápěného objektu a pro nejnižší venkovní teplotu v daném regionu; v našich krajích jde o teploty cca  $-15^{\circ}\text{C}$  ( $-18^{\circ}\text{C}$ ). Skutečný počet dnů s takto nízkými teplotami je však nepatrný a otopná soustava je tak po většinu trvání topné sezóny značně **předimenzovaná**. Její výkon je třeba snižovat a k tomuto účelu slouží právě nejrůznější způsoby regulace. Dalším důvodem k regulaci je také dosažení tepelné pohody, což je ovšem také dosti individuální záležitost.

## V současné době se pro vytápění používají především otopné soustavy:

- teplovodního ústředního (etážového) vytápění s různými typy zdrojů (plynovými, elektrickými kotli, kotli na tuhá paliva, tepelnými čerpadly, ... atd.),
- přímotopné elektrické, (elektrické konvektory, sálavé panely, podlahové topné rohože, ... atd.), tj. soustavy bez kotle a teplotnosného média.

Pomineme-li velmi jednoduché formy ovládání výkonu otopné soustavy, lze pro účely tohoto výkladu rozdělit oblasti regulace na:

- regulace centrálního zdroje,
- individuální regulace otopných těles.

## REGULACE ZDROJE

Týká se samozřejmě pouze otopných soustav teplovodního vytápění. Do nedávné doby byly běžně používány pouze dva základní principy:

- termostat v referenční místnosti
- ekvitermní regulace

### Regulace pokojovým termostatem v referenční místnosti

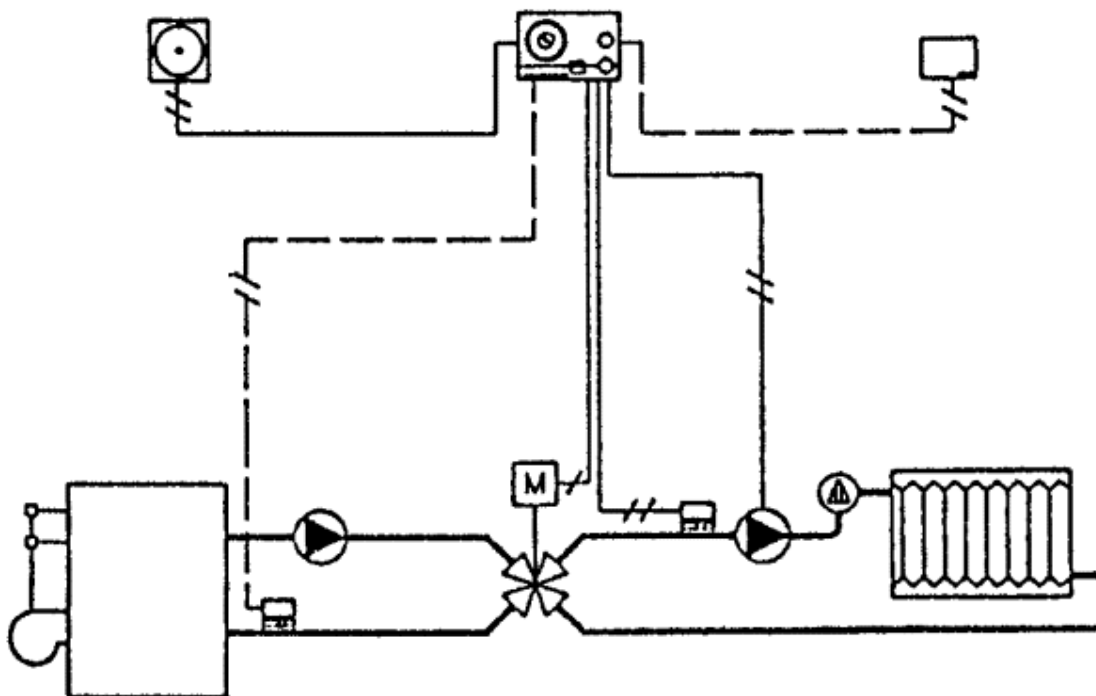
Ve vytápěném objektu je vybrána místnost, jejíž teplotní režim je určen jako vztažný a rozhoduje o míře vytápění celého objektu. V rodinném domku to může být např. obývací pokoj, v administrativní budově vhodně vybraná kancelář a podobně. Jakmile je v této místnosti dosaženo požadované teploty, je pokojovým termostatem vyslán povel zdroji s požadavkem jeho vypnutí či potřebného omezení okamžitého výkonu. Dojde-li naopak ke snížení teploty v referenční místnosti pod požadovanou míru (což je dáno citlivostí, resp. hysterezí termostatu), obdrží zdroj povel k zapnutí či zvýšení okamžitého výkonu.

Praktická provedení termostatů mohou být rozličná. Od nejjednodušších prostých termostatů s jediným ovládacím kolečkem (potenciometrem) k nastavení požadované teploty až po komfortní programovatelné termostaty s možností nastavení několika různých útlumů během dne; ve spolupráci s dostatečně inteligentním kotlem i možností relativního plynulého automatického nastavování okamžitého výkonu kotle (jen v určitém rozsahu).

### Ekvitermní regulace

Zabezpečuje přizpůsobení okamžitého výkonu otopné soustavy aktuální venkovní teplotě prostřednictvím regulace teploty otopného média. Bude-li pro minimální venkovní teplotu (např.  $-15^{\circ}\text{C}$ ) potřebná teplota náběhové vody  $90^{\circ}\text{C}$ , stanoví projekt, jaké teploty náběhové vody budou potřebné pro jiné (vyšší) venkovní teploty. Tato závislost se ve formě vhodně zvolené křivky zadá ekvitermnímu regulátoru. Možná je i kombinace s pokojovým termostatem.

Technicky se potřebné teploty náběhové vody dosahuje zpravidla směřováním teplé vody z kotle s vratnou vodou ve směšovací armatuře řízené elektrickým pohonem z ekvitermního regulátoru.



Obr. 1 Ekvitermní regulace jednoho okruhu

Konstrukce a možnosti ekvitermních regulátorů jsou rozmanité, mohou být i s časovým programem vhodných útlumů a podobně. Problémem je umístění venkovního čidla s ohledem na jeho případné oslunění či další (povětrnostní) vlivy.

Regulace zdroje tepla oběma výše popsanými metodami byla v minulosti dosti široce využívána. I dnes je její použití časté - zejména proto, že ji doporučují a dodávají výrobci kotlů. Je to pochopitelné, neboť regulací zdroje nelze řešit řízenou distribuci tepla do jednotlivých částí objektu. To je bohužel hranice, kterou tyto regulátory nemohou překročit.

Prakticky to znamená, že např. v rodinném domku s termostatem v obývacím pokoji musím tuto místnost vytápět vždy, když chci mít teplo v kterékoliv další místnosti a to i v případě, že obývací pokoj v tomto čase nikdo využívat nebude.

Další problémy vznikají působením vnějších vlivů - např. osluněním.

Bude-li svítit slunce do referenční místnosti, termostat dříve vypne a ostatní (i neosluněné) místnosti budou chladnější, než je obvyklé. Naopak, budou-li osluněny pouze některé jiné místnosti (nikoliv referenční), otopná soustava to nijak nezaznamená a tyto místnosti budou přetápěny. Nelze jednoduše efektivně zabezpečit např. běžnou situaci při ranním vstávání. Požadavkem je zpravidla přiměřeně vytopit koupelnu, kuchyni a jídelnu; musíme však (zbytečně) vytápět i obývací pokoj s termostatem a všechny ostatní místnosti. Večer, kdy je využíván především obývací pokoj se zase zbytečně vytápějí zbylé místnosti.

Systém je neefektivní a neekonomický. U ekvitermní regulace bez použití pokojového termostatu je situace obdobná.

Poznámka k vypínání kotlů

Ve vytápěném objektu nastává během topného období řada časových úseků, ve kterých není potřebná dodávka tepla z kotle. Může to být např. každodenní zařazení teplotních útlumů na začátku noci, kdy tepelná setrvačnost objektu způsobuje jeho pomalé (několikahodinové) chladnutí na útlumovou teplotu. Pravidelně taková situace nastává především v přechodných obdobích (září-listopad, březen-duben), kdy bývá potřebné topit prakticky jen ráno a navečer, protože během dne

stačí k vyhřátí ještě dostatečně intenzivní sluneční svit při nepříliš nízkých venkovních teplotách. V takových situacích může být kotel zcela vypnut. Jsou však kotle, kterým tento režim neprospívá. Jedná se především o kotle ocelové, u kterých především při zátoku studeného kotle (a navíc při souběžně spuštěném čerpadle) dochází k orosení ocelového výměníku a "nízkoteplotní korozi". Existuje několik možností, jak tento nežádoucí vliv omezit (rozběh čerpadla až při dosažení určité teploty náběhové vody, zařazení nádrže pro akumulaci ohřáté vody), většina výrobců však vyžaduje trvalé dodržení určité minimální teploty výměníku (cca 40-50°C), což se řeší směšovací armaturou (trojcestným či čtyřcestným ventilem). Takto nahřátý kotel však tuto energii vyzařuje do svého okolí a teplo částečně odvádí i komín. S touto nepříjemnou komplikací je třeba počítat při rozhodování o výběru kotle při jeho pořizování. Tento problém se nemusí týkat elektrických kotlů, které nemají odtah do komína a lze je relativně dobře tepelně izolovat.

## REGULACE OTOPNÝCH TĚLES

- ruční
- termostatické hlavice
- elektronická regulace dvoustavová (termopohony)
- elektronická regulace plynulá (servopohony)

Metody regulace zdroje tepla jsou na hranici svých možností a s výjimkou nepatrného zvyšování účinnosti jednotlivých prvků otopné soustavy je již nelze dále rozvíjet. Zásadním krokem vpřed je metoda nesoučasného vytápění jednotlivých místností; jejím cílem je vytápět jednotlivé místnosti na takové teploty, které jsou v daném čase požadované a potřebné. Znamená to ovšem jednoznačně přechod od regulace zdroje k regulaci výkonu otopných těles (u teplovodních radiátorů tedy omezováním průtoku otopného média radiátorovým ventilem). Nejde již o regulaci teploty otopné vody, ale o regulaci průtoku - tedy množství otopné vody. Tato změna regulačního principu má rovněž dopad na hydrauliku otopné soustavy (zabezpečení rovnoměrného zaplavování jednotlivých větví otopné soustavy a dodržení určitého rozmezí diferenčního tlaku vyvozovaného oběhovým čerpadlem).

### Ruční regulace

Ruční otevírání a uzavírání radiátoru jeho kohoutem je nejprostší metodou regulace. Lidská obsluha je však pracná, drahá a nespolehlivá. Ve stávajících objektech jsou kohouty často již nepohyblivé vlivem usazeného vodního kamene či jiných nečistot a tak i samotná možnost ruční regulace nepřipadá prakticky v úvahu.

### Termostatické hlavice

Ventily s termostatickými hlavicemi jsou přímočinné proporcionální regulátory s malým pásmem proporcionality. Nepracují s žádnou pomocnou energií a reagují na odchylku mezi nastavenou a skutečnou teplotou v místnosti. Používané pásmo proporcionality bývá zpravidla 2K (tedy např. při 20°C bude ventil otevřen, při 22°C uzavřen). Teplotní čidlo hlavice je založeno na tepelné roztažnosti pracovní látky (vosk, speciální kapalina); při ohřátí se látka roztahuje v pružné nádobce (vlnovci) a tlačí na kuželku ventilu uzavírajícího průtok otopného média radiátorem. Požadovaná teplota se nastavuje ručně prostřednictvím otočné části hlavice.

Pro uspokojivou funkci otopné soustavy s termostatickými ventily je nezbytné její poměrně dokonalé hydraulické vyvážení zabezpečující stejnou tlakovou ztrátu každého otopného tělesa a stabilní průtok jednotlivými částmi otopné soustavy ve všech situacích. Tohoto stavu lze většinou uspokojivě dosáhnout u nových staveb při pečlivém projektování i vlastní montáži. Problémem jsou rekonstrukce stávajících otopných soustav. Náklady na jejich dodatečné vyvážení často přesáhnou cenu vlastního pořízení nových termostatických ventilů; při podcenění této nezbytné podmínky bývají výsledky často žalostné.

Reakční doba termostatické hlavice je relativně velmi dlouhá. Při jejím regulačním zásahu navíc dochází ke vzájemnému ovlivňování ostatních hydraulických okruhů - změna průtoku jedním ventilem ovlivňuje změnu průtoku jinými ventily a naopak. Dokonalé vyvážení je tedy prakticky vyloučené, nestabilita soustavy může způsobovat i její kmitání. Řešením může být použití speciálních radiátorových ventilů s integrovaným regulátorem diferenčního tlaku (které se objevily až v nedávné době a jejich cena je výrazně vyšší) nebo elektronické regulační soupravy s dostatečně rychlou reakcí, která vzniklá nevyvážením rychle kompenzuje.

Praktickou provozní nevýhodou termostatických hlavice je nebezpečí jejich zatuhnutí působením vodního kamene a jiných nečistot. Nastává zpravidla po skončení letního období, kdy hlavice byla několik měsíců bez pohybu; doporučení výrobce k občasnému ručnímu protočení na tom jen stěží něco změní.

Systémovou nevýhodou termostatických hlavice je absence časového (programového) řízení.

V rodinném domku jde např. o klasickou situaci: "jak nastavit hlavice při odchodu do zaměstnání a škol". Nastaví-li se všude útlumové teploty, vrací se obyvatelé do prochladlého bytu a relativně dlouho čekají na jeho vyhřátí. Ponechají-li se hlavice v nastavení teplot komfortních, vytápí se po celou dobu nepřítomnosti osob zcela zbytečně. Obdobných situací je v průběhu dne celá řada.

Vedle přímočinných termostatických hlavice jsou na trhu hlavice elektronické (označované většinou jako Raumtznonic), napájené ze sítě nebo z baterie. Teoreticky se jedná o nejdokonalejší způsob individuální regulace teploty v místnosti podle času, protože umožňují programovat režim provozu otopného tělesa v reálném čase (chovají se podobným způsobem jako programovatelné pokojové termostaty, ale regulují navíc individuálně každé těleso). Mezi další zajímavosti patří, že tyto hlavice např. „poznají“, kdy se v místnosti větrá a i když teplota klesne, uzavřou přívod vody do radiátoru apod. V letním období mohou v pravidelných intervalech chránit ventil před působením úsad jeho několikerým postupným zavřením a otevřením. Tato dokonalost je však vykoupena vysokou pořizovací cenou.

---

## Kombinované regulace

Ve snaze o odstranění některých nevýhod výše uvedených regulací vznikla celá řada kombinovaných systémů; mezi hlavní z nich patří:

- zónová regulace (topenářské rozdělení soustavy na větve a jejich dílčí regulace podle referenčních místností)
- kombinace ekvitermní regulace s termostatickými ventily, ... atd.

Rozbor jednotlivých aplikací se již vymyká rozsahu tohoto článku. Ve stručnosti lze říci, že některé aplikace dosahují určitého mírného zlepšení (regulace jednotlivých zón může být jistě přesnější než regulace celku), některé jsou sporné (kombinace ekvitermní regulace s množstevní regulací termostatickými hlavice má většinou neblahý vliv na hydraulické vyvážení a hlavice degraduje do pozice limiterů maximální teploty). Dá se očekávat, že jejich význam postupně vymizí s nástupem nových koncepcí využívajících možností elektroniky.

---

Rozvoj elektroniky umožnil reálnou a cenově přístupnou konstrukci systémů pro individuální regulaci vytápění jednotlivých místností (IRC - individual room control). Celková spotřeba tepelné energie v objektu se skládá ze součtu energetických spotřeb jeho jednotlivých částí (místností). Snížení teploty v kterékoliv místnosti se svým dílem příznivě projeví ve snížení celkové spotřeby energie. Rádoby "kvalifikovaná" tvrzení o tom, že dotopení místnosti po předchozím útlumu znamená celkově vyšší spotřebu ve srovnání s trvalým vytápěním, jsou nesmyslná; odporují zdravému rozumu i zákonu o zachování energie. Elektronické regulační soupravy snadno dosahují vyšší přesnosti regulace a mají bohaté programové možnosti. Jednou z mnoha samozřejmostí bývá např. občasné automatické "procvičení" ventilu zabraňující usazování vodního kamene s nebezpečím zatuhnutí ventilu.

Jednotlivé druhy systémů IRC se mezi sebou liší především typem použitého akčního členu (termopohon, servopohon) a také systémem komunikace řídicí centrály s akčními členy.

## Elektronická regulace dvoustavová s termopohony

Běžný termopohon je zařízení, které vychází z principu termostatické hlavice. Řídicí veličinou však není teplota okolí, nýbrž teplo vestavěného topného článku vyhřívávaného přivedeným elektrickým proudem. Termopohony jsou vyráběny jak pro síťové napájení 230V, tak i pro napětí nižší (24V). Připojují se dvěma neorientovanými vodiči. Přivedením proudu dojde k ohřátí vlnovce a uzavření ventilu, po odpojení proudu se ventil opět otevře; existují však i termopohony s funkcí opačnou. I na termopohon přirozeně působí také teplota okolí, což může v některých případech ovlivnit jeho funkci (např. při umístění na rozdělovači podlahového topení). Termopohon má proto definován pracovní režim v určitém pásmu okolních teplot a pro

správnou funkci je nezbytné tuto vlastnost respektovat. Z téhož důvodu rovněž nelze v žádném případě doporučit jakékoliv dodatečné úpravy konstrukce těchto členů, případně dodatečné doplňování termostatických hlavíc topnými články.

Základní nevýhody běžných termopohonů:

- dlouhá reakční doba
- dvoustavová regulace "ON/OFF"
- nutnost trvalého napájení.

Od okamžiku přivedení proudu do termopohonu k jeho uzavření uplyne určitá doba - elektrická energie se musí změnit na tepelnou, "ohřát" vlnovec a ten teprve svým roztažením uzavře ventil. Tato doba se v praxi pohybuje v rozmezí od cca 3 do 15 minut (možnost zkrácení této doby krátkodobě zvýšeným příkonem existuje, přináší však určité komplikace na straně termopohonu i napájecích obvodů). Při odpojení proudu do termopohonu musí vlnovec opět zchladnout a pak teprve ventil otevře. U "pomalejších" termopohonů tak dochází např. k nežádoucímu zaplavování radiátoru horkou vodou při nedostatečně rychlém uzavření ventilu v situaci, kdy požadované teploty v místnosti již bylo dosaženo.

Běžný termopohon pracuje v režimu dvou stavů: otevřen/uzavřen. Regulace teploty vzduchu v místnosti se tedy provádí střídaním zapínáním a odpínáním elektrického napájení termopohonu. Subjektivní pocit uživatele z takového způsobu regulace závisí i na dalších faktorech otopné soustavy (typu radiátoru, setrvačnosti, množství vody v soustavě, atd.), ale obecně nemusí být příjemný. Pocitový vjem se totiž skládá jak z vnímání teploty vzduchu, tak teploty povrchu stěn (a tedy i radiátorů).

Jak vyplývá z principu činnosti, termopohony vyžadují trvalé napájení (tedy jak k přepnutí stavu, tak k udržení v jedné z možných poloh). Tento fakt předurčuje koncepci řídicí elektroniky a představuje jistá omezení. Je-li termopohon napájen, odebírá cca 2 ÷ 3 W elektrické energie, což u většího počtu řízených radiátorů představuje za topnou sezónu nikoliv nezanedbatelnou energii.

Kromě běžných dvoustavových termopohonů existují v nabídce některých předních světových výrobců i modely s možností plynulého ovládání (zpravidla řídicím napětím 0 - 10V). Jedná se však o poněkud odlišnou kategorii výrobků v jiné cenové hladině.

Elektronické regulace s termopohony jsou řešeny zpravidla s centrální řídicí jednotkou osazenou mikropočítačem. Prostřednictvím teplotních čidel jsou snímány teploty v jednotlivých místnostech, porovnávány s požadovanou (programovanou) teplotou a na základě výsledku jsou spínány či odepínány příslušné termopohony. Českým výrobcem těchto regulačních souprav je firma TRASCO, s.r.o. z Rožnova pod Radhoštěm (<http://www.trasco.cz/>).

## **Elektronická regulace plynulá se servopohony**

Servopohon je akční člen, jehož vlastnosti jsou pro konstrukci programově řízeného vytápění velmi vhodné. První takovou vlastností je plynulé ovládání průtoku otopného média škrcením radiátorového ventilu. Servopohon obsahuje malý elektromotor a převodovku s ozubenými koly ze speciálních plastových materiálů a výstupním šnekovým šroubem. V nabídce předních světových výrobců patří mezi špičkové elementy regulačních souprav v příslušné cenové relaci. Dobrou vlastností servopohonu s elektromotorkem je jeho paměťová funkce - mechanismus je samodržný a nastavenou polohu si zachová i při odpojeném napájení. Elektronické hlavice se servopohony tak lze řídit v určitých (pravidelných) intervalech nepatrnou energií i při jejich nasazení ve velkých množstvích.

Jediným negativním projevem servopohonu může být jeho hluk při činném chodu způsobený hlukem motorku a převodovky. Hluk dnešních hlavíc je vnímán pouze při soustředěném poslechu ve velmi tichém prostředí; plně snese srovnání s předními zahraničními výrobky mnohem vyšších cenových relací.

Elektronické regulační soupravy pro individuální řízení teplot jednotlivých místností vyžadují komunikaci akčních členů s řídicí jednotkou. Tato komunikace musí být spolehlivá a měla by být instalačně snadná.

Soupravy IRC nabízí řada významných světových výrobců (Honeywell, Landis&Staeafa, ...), jedná se však většinou o velké hierarchické struktury značně vysoké ceny. Některé dnešní koncepce používají i

bezdrátovou komunikaci mezi řídicí centrálou a elektronickými hlavicemi. Na první pohled je to ideální řešení (byť za vyšší cenu); problematické je napájení hlavic vnitřními bateriovými články (zpravidla 2 ÷ 3 tužkové články) - nebezpečí nespolehlivých kontaktů a nutnost výměny článků po jejich vybití výhodu bezdrátové komunikace značně degraduje.

Na trhu jsou také samostatné elektronické hlavice (Honeywell) s programátorem, napájené bateriemi (bez vazby na centrální řízení).

Centrální řízení má při regulaci domku, bytů, škol, hotelů, ... nezastupitelnou roli. Umožňuje totiž prostřednictvím řídicí jednotky:

- ovládat další zařízení (kotel) v závislosti na dosažení požadovaných teplot v místnostech,
- uvedení celé soupravy do žádaného stavu podle různých podmínek (např. otevřít všechny hlavice při hrozícím přetopení kotle na tuhá paliva),
- provádět diagnostiku regulační i otopné soustavy
- evidovat údaje využitelné pro rozdělování topných nákladů mezi jednotlivé uživatele, atd.

Běžnou možností dnešních regulací s centrální řídicí jednotkou (nebo jednotkami) je jejich připojení k osobnímu počítači. Pomocí dodaného programu (ETATHERM svůj program KomWin nabízí zdarma) lze řídicí jednotku programovat, konfigurovat i jinak ovládat s mnohem vyšším komfortem. PC rovněž umožní archivaci mnohých dat, sad programů atd. S rychlým průnikem PC do domácností je tato funkce regulační soupravy vysoce oceňována. U velkých objektů (hotely, školy, ...) je využití PC praktickou nutností.

---

### **Regulace přímotopného elektrického vytápění**

Do této skupiny jsou často zařazovány také elektrické kotle, tepelná čerpadla, elektricky vyhřívané zásobníky, atd.; pro účely tohoto výkladu jsou tato zařízení považována za zdroje teplovodního vytápění.

Skutečně přímotopnými topidly jsou tedy:

- elektrické konvektory,
- podlahové elektrické topení,
- elektricky vyhřívané koupelňové žebříky,
- sálavé panely (stropní či stěnové),
- akumulární elektrická kamna (případně hybridní s přímotopnou částí), často s vybijecími ventilátory,
- teplovzdušné výměníky.

Ve smyslu předchozího výkladu platí, že plynule regulovatelná topidla poskytují vyšší komfort oproti dvoustavové regulaci zapnuto/vypnuto. Obecně to platí přirozeně i pro elektrická topidla. Prakticky se však plynulá regulace výkonu používá zřídka. Důvodem jsou značné komplikace regulačních členů (nutnost odvodu ztrátového tepla spínacích triaků, nutnost náročného odrušení či "spínání v nule", potřeba bezpečného galvanického oddělení) a z toho plynoucí jak vysoká cena, tak instalační potíže (rozměry členů, odvod ztrátového tepla). Z obecného pohledu vychází proto pro regulaci elektrických topných těles jako optimální regulace spínacími relé. U těchto prvků totiž nenastávají zpoždění obvyklá u termopohonů a dvoustavová regulace je při obvyklých časových konstantách elektrických topidel dostatečná - při rozumné hysterzi teplotních snímačů a četnosti regulačních zásahů centrálního systému.