Vytápění průmyslových a velkoprostorových objektů (II)

Zdroj tepla, síť spotřebič – vzájemné vazby

20.2.2006 | Ing. Miroslav Kotrbatý | RECENZOVANÝ

1.0 Všeobecně

Dodávka tepla do tepelných sítí a do spotřebičů v soustavách CZT se uskutečňuje z různých zdrojů tepla. Každý tepelný zdroj má jiné podmínky pro hospodárný a bezporuchový provoz. Aby byl režim provozu optimální, musí být v souladu zdroj tepla, rozvod potrubních sítí a spotřebič.

Jako zdroje tepla jsou používány domovní kotelny, okrskové výtopny, průmyslové výtopny nebo teplárny. Z těchto zdrojů se teplo ke spotřebičům dodává převážně vodou, i když parní soustavy nejsou vyjímkou. Pokud se týká parametrů otopného media ve vodních soustavách, používají se různé teplotní rozdíly mezi přívodem a zpátečkou.

Používá se:

domovní kotelny:	92,5°C / 67,5°C;	90°C/70°C	
okrskové výtopny:	105°C / 70°C;	110°C/70°C	
průmyslové výtopny:	130°C / 70°C;	150°C /70°C	
teplárny:	120°C / 60°C;	130°C /70°C;	150°C /70°C

Teplotní parametry otopného media mají podstatný vliv na hospodárnost a bezporuchovost provozu.

Hlavním požadavkem na bezporuchový provoz kotlů v domovních kotelnách, okrskových výtopnách a výtopnách průmyslových je, aby teplota media ve zpětném potrubí t_m> 70°C. V teplárenské soustavě se naopak požaduje větší vychlazení, aby bylo dosaženo ve zdroji tepla většího energetického využití paliva. V parních teplárenských soustavách se předpokládá přechod na sekundární soustavy vodní prostřednictvím výměníkových stanic. Zde je základním požadavkem maximální vychlazení kondenzátu (50°C) a jeho vracení o co nejnižších teplotách. Toho se dá docílit maximálním vychlazením sekundárního media.

Jak je z popisu funkce a požadavků různých zdrojů tepla zřejmé, může způsob připojení spotřebiče tepla podstatně ovlivnit hospodárnost výroby tepla. Je proto zapotřebí věnovat této problematice mimořádnou pozornost.

V principu se používají dva způsoby připojení spotřebičů tepla. Je to jednak způsob, kdy se přebytečné

množství otopného media přivedeného před spotřebič přepouští bez vychlazení do zpátečky primáru - jeho teplota se zvedá. Tento princip vyhovuje ve výtopenských soustavách.

Druhý způsob omezuje dodávku tepla resp. množství dodávaného media škrcením. Teplota zpátečky primáru odpovídá teplotě zpátečky sekundáru. Tento způsob připojení vyhovuje požadavkům teplárenského provozu. V dalším jsou ukázána vhodná schémata připojení spotřebičů tepla jak v soustavách výtopenských, tak i teplárenských.

2.00 Připojování spotřebičů tepla v soustavách výtopenských

Na obr. č. 1 jsou znázorněny tři druhy regulačních okruhů (otopné zóny, nebo ohřívače vzduchu) při přepouštění přebytečného množství media do zpátečky primáru. Jako příklad bylo otopné medium voleno o teplotním rozdílu 92,5°/67,5°C. Teplotní rozdíl primáru: 110°/85°C. V obou okruzích je teplotní rozdíl Δt = 25K. Tuto podmínku je nutné splnit - ukáží provozní stavy.

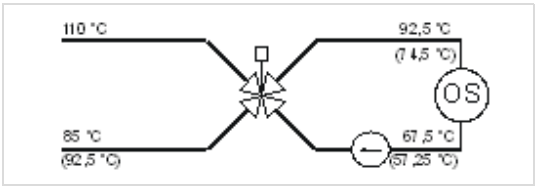


Schéma zapojení čtyřcestná směšovací klapka DUOMIX

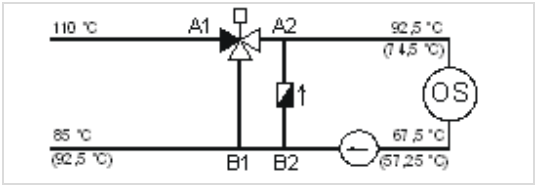


Schéma zapojení trojcestný rozdělovací ventil v přívodu

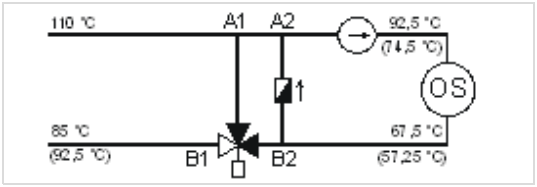
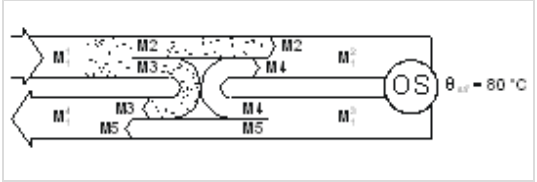
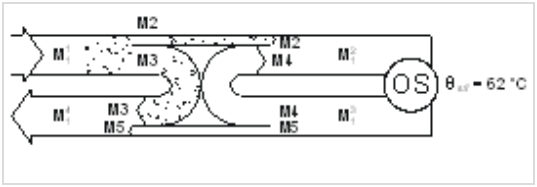


Schéma zapojení trojcestný rozdělovací ventil ve zpátečce

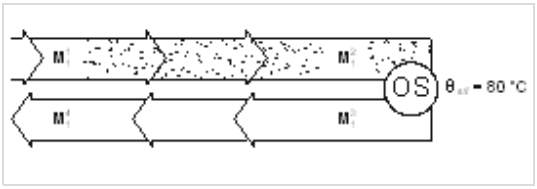


Směšování při maximální spotřebě

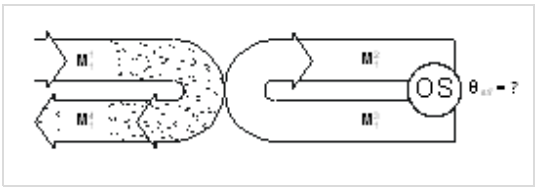
M_1^1 = 100 %	θ_1^1 = 110 °C	M_2 = 41,17 %	θ_2 = 110 °C
M_1^2 = 100 %	θ_1^2 = 92,5 °C	M_3 = 58,83 %	θ_3 = 110 °C
M_1^3 = 100 %	θ_1^3 = 67,5 °C	M_4 = 58,83 %	θ_4 = 67,5 °C
M_1^4 = 100 %	θ_1^4 = 85 °C	M_5 = 41,17 %	θ_5 = 67,5 °C



Směšování při 70% spotřebě			
M_1^1 = 100 %	θ_1^1 = 110 °C	M_2 = 33,18 %	θ_2 = 110 °C
M_1^2 = 100 %	θ_1^2 = 74,5 °C	M_3 = 66,82 %	θ_3 = 110 °C
M_1^3 = 100 %	θ_1^3 = 57,25 °C	M_4 = 66,82 %	θ_4 = 57,25 °C
M_1^4 = 100 %	θ_1^4 = 92,5 °C	M_5 = 33,18 %	θ_5 = 57,25 °C



Provozní stav (teplota primáru = teplota sekundáru)	
M_1^1 = 100 %	θ_1^1 = 92,5 °C
M_1^2 = 100 %	θ_1^2 = 92,5 °C
M_1^3 = 100 %	θ_1^3 = 67,5 °C
M_1^4 = 100 %	θ_1^4 = 67,5 °C



Provozní stav (přechod na provoz útlmu)	
M_1^1 = 100 %	θ_1^1 = 110 °C
M_1^2 = 100 %	θ_1^2 = 92,5 °C - klesající
M_1^3 = 100 %	θ_1^3 = 67,5 °C - klesající
M_1^4 = 100 %	θ_1^4 = 110 °C

Obr. 1 - Schémata připojení spotřebičů tepla - regulace přepouštěním

První regulační schéma vyznačuje osazení čtyřcestné regulační klapky se směšovacím čerpadlem Č1, které může být zařazeno jak do přívodního, tak i zpětného potrubí sekundárního okruhu. Vyznačeny jsou rovněž teploty media primáru i sekundáru při výpočtových parametrech a teploty media při omezení výkonu na 70% - v závorkách.

Druhé regulační schéma znázorňuje osazení trojcestného rozdělovacího regulačního ventilu do rozdělovacího bodu A1 s přepouštěním přebytečného množství media spojkou A1 - B1 zpět do primární sítě. Přimíchávání primáru do sekundární sítě se uskutečňuje v bodě A2 (A1-A2), přičemž přebytečné množství

ze sekundáru se vrací do primární sítě spojkou B2 - B1. Cirkulaci media v sekundárním okruhu zajišťuje čerpadlo Č1. Čerpadlo může být zařazeno i do přívodu sekundáru.

Na stejném principu pracuje i regulační okruh uvedený jako třetí s tím rozdílem, že příslušné míchání realizuje trojcestný směšovací regulační ventil zařazený do směšovacího bodu B1. Jako varianta je čerpadlo zařazeno do přívodu sekundáru - může být i ve zpětném potrubí. Senkyovy diagramy ukazují průtoky media na primární i sekundární straně při čtyřech provozních stavech.

První diagram znázorňuje míchání při výpočtových hodnotách. Je z něj patrno, že se polovina přivedené otopné vody vrací zpět do zdroje tepla neochlazená. Dojde-li k omezení dodávky tepla vlivem regulačního zásahu na 70% maximálního výkonu, změní se směšovací poměry a zvýší se teplota media ve zpětném potrubí primárního okruhu.

Z hlediska tepelného zdroje je nejzajímavější teplota $t_1{}^1$ = 92,5°C ve zpětném potrubí primáru. Proti výpočtové teplotě při maximální spotřebě ($t_1{}^1$ =85°C) teplota stoupla, což není na závadu v soustavách s tepelným zdrojem "výtopna". V teplárenských soustavách je takový způsob regulace naprosto nevyhovující.

Třetí diagram ukazuje průtoky media při provozním stavu, kdy teplota media v přívodu primáru (t_1=92,5°C) klesla na výpočtovou hodnotu sekundárního okruhu. V takovém případě dojde k průtoku celého přivedeného množství z primáru sekundárním okruhem. To je také příčina, proč musí být oběhové množství media v primárním i sekundárním okruhu stejné. Proto i teplotní rozdíly (Δt) v primárním i sekundárním okruhu jsou stejné.

Velice názorně ukazuje čtvrtý diagram, jak tato schémata zapojení nepříznivě ovlivňují teplotu zpátečky (v teplárenských soustavách) při odstavení spotřebiče z provozu. Dochází k plnému vracení přivedeného media zpět do zdroje tepla bez vychlazení. V sekundárním okruhu teplota media pozvolna klesá.

3.00 Připojování spotřebičů tepla v soustavách teplárenských

Na obr. č. 2 jsou schematicky znázorněny čtyři druhy regulačních okruhů (otopné zóny, nebo vzduchotechnické jednotky) pracující na principu omezování dodávaného množství - regulace škrcením. Otopné medium sekundárního okruhu je při extrémních podmínkách voleno s teplotním rozdílem 92,5°C/67,5°C. Teplotní rozdíl primární sítě 110°C/67,5°C. V závorkách jsou uvedeny teploty media při omezeném výkonu na 70%.

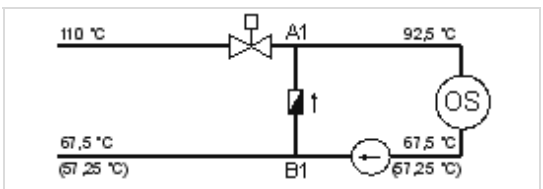


Schéma zapojení regulační ventil v přívodu

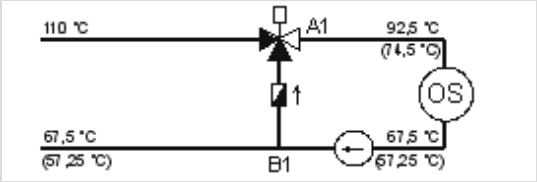


Schéma zapojení trojcestný směšovací ventil v přívodu

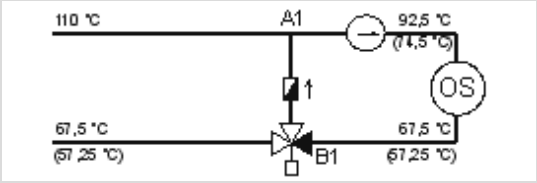


Schéma zapojení trojcestný rozdělovací ventil ve zpátečce

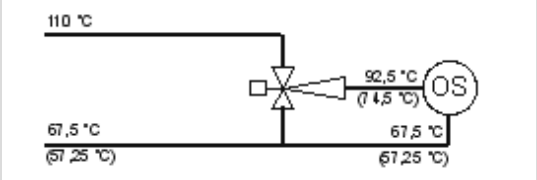
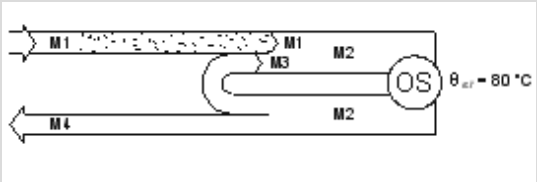
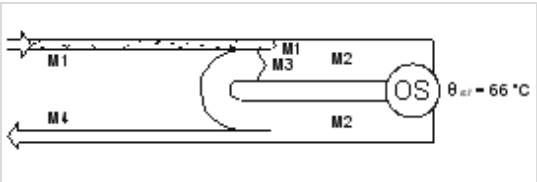


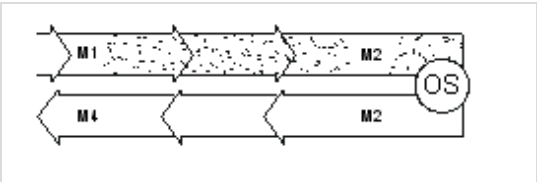
Schéma zapojení regulovatelný ejektor



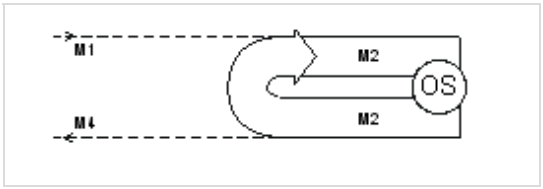
Směšování při maximální spotřebě	
M_1 = 58,83 %	θ_1 = 110 °C
M_2 = 100 %	θ_2 = 92,5 °C
M_3 = 41,17 %	θ_3 = 67,5 °C
M_4 = 58,83 %	θ_4 = 67,5 °C



Směšování při 70 % spotřebě	
M_1 = 33,17 %	θ_1 = 110 °C
M_2 = 100 %	θ_2 = 74,5 °C
M_3 = 66,83 %	θ_3 = 57,25 °C
M_4 = 33,17 %	θ_4 = 57,25 °C



Směšování při 70 % spotřebě	
M_1 = 100 %	θ_1 = 92,5 °C
M_2 = 100 %	θ_2 = 92,5 °C
M_3 = 100 %	θ_3 = 67,5 °C
M_4 = 100 %	θ_4 = 67,5 °C



Směšování při 70 % spotřebě	
M_1 = 0 %	
M_2 = 100 %	θ_2 = 92,5 °C - klesající
M_3 = 100 %	θ_3 = 67,5 °C - klesající
M_4 = 0 %	

Obr. 2 - Schémata připojení spotřebičů tepla - regulace škrcením

První regulační schéma vyznačuje osazení regulačního ventilu v přívodu primáru a cirkulační čerpadlo ve zpětném potrubí sekundáru. Stejnou funkci může plnit regulační ventil ve zpětném potrubí primáru a čerpadlo v přívodu sekundáru. Další kombinace jsou možné, vždy však bude záležet na výškovém umístění připojovaného spotřebiče v tepelně technické soustavě a tlakových podmínkách.

Ke směšování dochází v bodě A1. Z bodu B1 je potřebné množství media o teplotě zpětné vody sekundáru vedeno do směšovacího bodu A1. Přebytek, který je totožný s množstvím přivedeným do bodu A1 z primárního přívodu se vrací zpětným potrubím primáru do zdroje tepla.

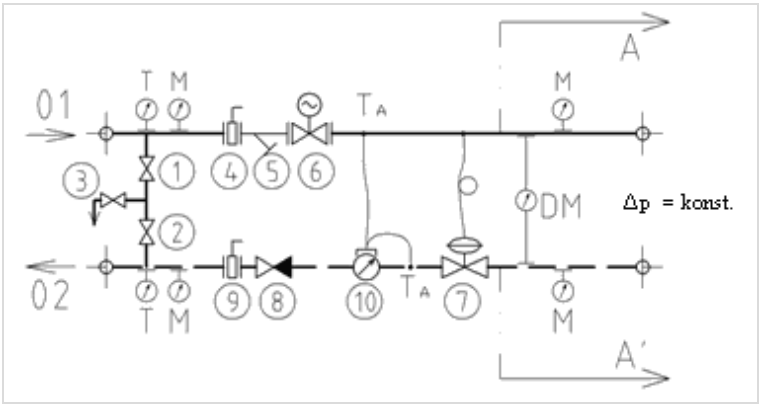
Druhé regulační schéma, které plní stejnou funkci, ukazuje použití trojcestného směšovacího ventilu ve směšovacím bodě A1. Čerpadlo v sekundárním okruhuje situováno ve zpětném potrubí. Rozdělovací trojcestný ventil v bodě B1 a čerpadlo v přívodu sekundáru zajišťují také požadované provozní stavy.

Daleko nejjednodušší schéma a bez potřeby oběhového čerpadla v sekundárním okruhu představuje regulovatelný ejektor. Princip jeho zapojení je uveden jako čtvrtý příklad. Průtoky media jsou totožné jako v případech s oběhovými čerpadly v sekundárním okruhu.

Všechna uváděná schémata v tomto odstavci lze také použít v soustavách výtopenských s tím, že ve zdroji tepla lze požadovanou vyšší teplotu media před vstupem do kotle zajistit přimícháváním primární vody.

Grafické vyjádření průtoku a teplot v jednotlivých částech regulačního uzlu na primární i sekundární straně ukazuje, že zvolená zapojení plně vyhovují požadavkům pro připojování spotřebičů v teplárenských soustavách. Při regulačním zásahu dochází vždy ke snížení teploty zpětné vody, ale také ke změnám tlakových podmínek v místě připojení spotřebiče. Proměnné tlakové podmínky působí negativně na funkci regulačních orgánů a to jak ventilů, tak i ejektorů. Aby tyto armatury pracovaly bezchybně, je zapotřebí vytvořit pro ně podmínky, které jejich funkci zajistí.

V teplárenských soustavách se jeví v místě napojení průmyslového závodu nebo objektu bytové a občanské výstavby zajistit konstantní tlakové podmínky. Na obr. č. 3 je nakresleno principielní schéma připojení spotřebiče tepla s regulací tlakové diference.



Obr. 3 - Připojení velkého spotřebiče na soustavu CZT - vstupní armatury

Seznam armatur a zařízení:

***1** - ruční uzavírací ventil*
***2** - ruční uzavírací ventil*
***3** - ruční uzavírací ventil*
***4** - ruční uzavírací ventil*
***5** - filtr*
***6** - havarijní uzávěr*
***7** - regulátor tlakové diference*
***8** - zpětný ventil nebo klapka*
***9** - ruční uzavírací ventil*
***10** - měřič spotřeby tepla*
***T** - teploměr*
***P** - tlakoměr*
***DM** - diferenční tlakoměr*

Primární otopné medium (O1) je přivedeno do objektu, kde jsou změřeny jeho teplotní (T) i tlakové (P) parametry. Důležité je umístění teploměru před propojením se zpětným potrubím (O2), stejně tak teploměru v potrubí zpětném. Toto umístění hraje důležitou roli při najíždění soustavy po odstávce, kdy veškerá otopná voda v přípojce ke spotřebiči (mnohdy se jedná o přípojky větší délky i větších dimenzí) je vychladlá. Není proto vhodné přivést takto vychlazené medium do spotřebiče. V tomto okamžiku se přechod do normálního najížděcího stavu řeší otevřením ventilů (1) a (2) a kontroluje se teplota na obou teploměrech umístěných na primárních potrubích. Jakmile jsou teploty shodné, uzavírá se propojení pomocí ventilů (1 a 2). Kontrola uzavření se provede otevřením ventilu (3) a jeho následným uzavřením.

Následují ručně uzavírací armatury (4 a 9). Od DN 300 se doporučuje použít armatury s elektropohonem. Do přívodu se instaluje filtr (5) a pak následuje havarijní uzávěr reagující na havarijní stavy na sekundární straně jako např.: zatopení stanice, překročení teploty ve stanici přes 35°C, překročení teploty media v sekundární soustavě, nebo vzniku podtlaku v sekundární soustavě. Odstavení objektu od vlivu tlaku primární sítě ze strany zpátečky po uzavření přívodu havarijním ventilem zajistí zpětný ventil nebo klapka (8). Po těchto vstupních armaturách je vhodné zařadit měření spotřeby (10) měřením průtočného množství media, snímáním teplot v přívodu i zpátečce (TA) a následným vyhodnocením odběru tepelné energie v integračním prvku měřiče tepla. Jak již bylo řečeno, tlakové podmínky v primární síti se mohou radikálně měnit a tím vytvářet nevhodné stavy pro funkci následně zařazených regulačních armatur. Proto je důležité po vyhodnocení situace v primární síti (kolísání tlaku) zařadit regulaci tlakové diference (7). Tímto opatřením se za snímačem tlaku v primárním přívodu (PA) a před regulátorem tlakové diference, který si snímá tlak ve zpětném potrubí primáru se vytvoří "chráněná oblast" (A - Á), kde se trvale udržuje předepsaná tlaková diference. Jsou tím vytvořeny optimální podmínky pro regulační armatury jednotlivých spotřebičů připojených na primární síť. Vizuální kontrola tlakové diference se dá provádět jednak tlakoměry na přívodním a zpětném potrubí (M), nebo diferenčním tlakoměrem (DM).

Uváděná schémata způsobů připojování spotřebičů tepla a řešení parametrů media při vstupu k odběrateli tepelné energie v teplárenských soustavách dává do souladu požadavky výrobce tepelné energie, potrubní sítě i spotřebičů. Tuto vstupní stanici je vždy nutné konzultovat s dodavatelem tepla, neboť může mít i jiné doplňující požadavky.

5.00 Dovětek

Jednotlivé statě v tomto seriálu jsou zaměřeny na komplexní vyřešení hospodárného vytápění a větrání velkoprostorových objektů umístěných jak v lokalitách zásobovaných ze soustav CZT, tak i v lokalitách zásobovaných plynem. Je věnována pozornost detailům, které ve svém součtu umožní radikální snížení spotřeb tepelné energie i pomocné energie elektrické, používané pro pohon tepelně technických zařízení. Principy připojování spotřebičů a jejich správná volba mají podstatný vliv na hospodárnost celé soustavy CZT.

Praxe ukazuje, že vychlazování zpětné vody na hodnotu požadovanou výrobcem tepla je Achilovou patou všech soustav. Předpokládané teplotní rozdíly (150°/70°C) se téměř nikde nedosahují. Provozovatelé soustav, v případě, že se začíná vracet vyšší teplota zpátečky než požadovaných 70°C, snižují teplotu v přívodním potrubí primáru. Soustavy pak pracují s maximálním teplotním rozdílem 130°/70°C (Praha). Snižuje se tím přenosová schopnost sítě o 25%; zvyšuje se čerpací práce a vyšší teplota zpětné vody má vliv na ekonomii výroby tepla ve zdroji.

Přesto, že se tento seriál zaobírá převážně velkoprostorovými objekty, nelze se v této souvislosti nezmínit o velice negativním vlivu z oblasti bytové výstavby. Některé firmy dodávající ventily s termoregulační hlavicí řeší hydraulickou stabilitu objektu regulací tlakové diference na patách stoupaček přepouštěním, což zvyšuje teplotu zpětné vody sekundáru a tím následně i primáru. Jsou tím hrubě porušeny zásady komplexního řešení hospodárnosti zásobování teplem ze soustav CZT.

Poznámka: Někteří dodavatelé tepla v domnění, že donutí odběratele snížit teplotu zpětné otopné vody a tím lépe využít přivedeného media, požadují instalovat "omezovač průtoku". Toto řešení je úplně zbytečné, budou-li dodržovány zásady při připojování spotřebičů uvedené v této stati.

Literatura.

1/ Kotrbatý Miroslav Hospodaření teplem v průmyslových závodech - Práce-Praha 1985
2/ Kotrbatý Miroslav: Připojování vzduchotechnických zařízení na tepelně technické soustavy - Klimatizace 65-Praha 1988
3/ Kotrbatý Miroslav: Připojování spotřebičů tepla na soustavy CZT - DT -VTS-Praha 1990

Datum: 20.2.2006
Autor: Ing. Miroslav Kotrbatý všechny články autora