

Ing. Karel MATĚJČEK
Technika prostředí,
řídící systémy

Provoz chladicích zařízení pro klimatizaci budov s ohledem na dosažení maximálního celkového chladicího faktoru

Operation of Refrigeration Systems for Air Conditioning of Buildings with Respect to Achieving the Maximum Total Cooling Factor

Recenzent
Ing. Miloš Lain, Ph.D.

Článek pojednává o různých systémech distribuce chladu pro klimatizační zařízení v objektech a jejich vlivu na chladicí faktor zdroje chladu. Nabízí možná řešení, při kterých je minimalizována celková energetická náročnost na výrobu a distribuci chladu pro klimatizaci budov.

Klíčová slova: spotřeba chladu, spotřeba elektrické energie, chladicí faktor EER, systémy zapojení rozvodů chlazené a chladicí vody, optimální podmínky pro chladicí stroj

The article deals with various cold distribution systems for air conditioning equipment in buildings and their influence on the cooling factor of the cold source. It presents possible design solutions that minimize the overall energy demands of the production and distribution of cold for air conditioning in buildings.

Keywords: cold consumption, electric energy consumption, EER cooling factor, chilled and cooling water distribution systems, optimal conditions for the refrigeration unit

ÚVOD

Čím dál více se setkáváme s budovami, u kterých v celoroční bilanci převažuje spotřeba chladu nad spotřebou tepla. Často mají fasády z velké části prosklené, jsou vybavené množstvím technologických zařízení s tepelnými zisky a obsazované značným počtem lidí, kteří jsou sami zdrojem tepla a pro které je navíc nutné zajistit dostatek čerstvého vzduchu o požadované teplotě. To vše zvyšuje nároky na spotřebu energie nutné na výrobu a distribuci chladu pro zajištění požadovaného vnitřního prostředí. Jako zdroj chladu jsou nejčastěji používané kompresorové chladicí stroje.

Celkovou spotřebu energie vynaloženou v klimatizovaných budovách na chlazení je možné rozdělit na dvě základní oblasti:

□ Spotřeba energie zdroje chladu

Efektivita výroby chladu se vyjadřuje chladicím faktorem. Chladicí faktor *EER* (Energy Efficiency Ratio, česky koeficient energetické efektivity) je bezrozměrné číslo, které je poměrem chladicího výkonu a elektrického příkonu vydaného na dosažení tohoto výkonu za určitých teplotních podmínek. Hodnota *EER* se běžně pohybuje mezi hodnotami 2,0 až 4,0. V současné době, při vhodně navrženém systému, je možné docílit i hodnoty dvojnásobné až trojnásobné. Čím je tento koeficient vyšší, tím nižší jsou ná-

klady na chlazení a tím je efektivnější i celý systém klimatizace. Požadavek provozovat chladicí zařízení v oblasti maximálního chladicího faktoru by měl být směřovaný na projektanty a provozovatele chladicího zařízení.

Chladicí faktor chladicího zařízení *EER*:

$$EER = \frac{\text{chladicí výkon}}{\text{příkon}}$$

□ Spotřeba energie pro distribuci

Jedná se o spotřebu pomocné energie pro pohon čerpadel a ventilátorů, které zajišťují distribuci chladu v budově. Spotřeba pro pohon čerpadel systémů okruhů chlazené vody by měla být řešena regulací na „otevřený ventil“. Co se týče spotřeby vlastních vzduchotechnických zařízení, je nutno realizovat optimalizaci provozu klimatizačních zařízení.

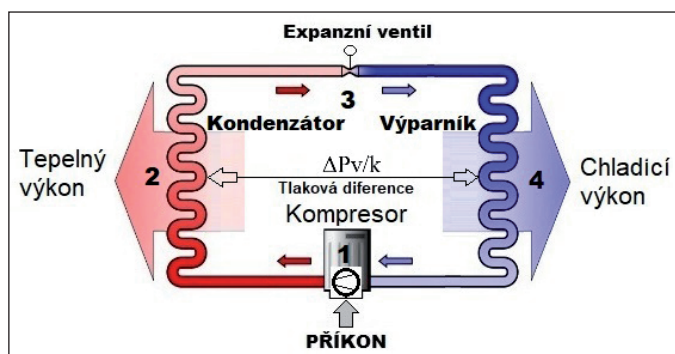
SPOTŘEBA ENERGIE ZDROJE CHLADU

Provozní stavy chladicích zařízení

Každý výrobce dodává s chladicím zařízením tabulku doporučených provozních stavů daného zařízení, ze které je možné vyčíst, jakým způsobem je vhodné daný chladicí stroj provozovat s cílem dosahovat maximálního chladicího faktoru. Je vhodné nechat si od výrobce propočítat provozní stavy i pro jiné než základní provozní parametry. Např. pro teplotu chlazené vody vystupující z výparníku v rozsahu od 6 °C do 12 °C, pro teplotu chladicí vody vstupující do kondenzátoru od 16 °C do 28 °C. Tomu vždy odpovídají doporučené příslušné průtoky chlazené a chladicí vody. Tyto tabulky je třeba důkladně prostudovat a následně jak projekt, tak realizaci celého díla a budoucí provoz podřídit podmínkám provozních stavů s maximálním chladicím faktorem.

Zásady provozu v oblasti maximálního chladicího faktoru

Pro zajištění provozu chladicích strojů s maximálním chladicím faktorem se musí přehodnotit stávající kritéria pro návrh a provoz celého chladicího systému. V současné době je ve většině případů navržen a dodán „nějaký“ chladicí stroj (někdy dokonce rozhoduje jen pořizovací cena),



Obr. 1 Okruh kompresorového chladicího stroje

Fig. 1 Cycle of compressor refrigeration machine

Tab. 1 Příklad běžných provozních stavů chladicího zařízení se šroubovým kompresorem a frekvenčním měničem pro pohon kompresoru

Tab. 1 Example of normal operating conditions of a refrigeration unit with a screw compressor and a frequency converter for driving the compressor

Chladicí výkon		Výparník			Kondenzátor			Příkon	Chladicí faktor EER
		teplota vstup	teplota výstup	průtok	teplota vstup	teplota výstup	průtok		
[%]	[kW]	[°C]	[°C]	[l/s]	[°C]	[°C]	[l/s]	[kW]	
100	931,8	12,0	6	37,1	28	34,0	42,4	154,8	6,03
80	745,5	12,0	6	29,6	28	32,8	42,4	115,1	6,47
60	559,1	12,0	6	22,2	28	31,6	42,4	83,6	6,69
40	372,7	11,2	6	17,0	28	30,4	42,4	61,1	6,09
20	186,4	8,6	6	17,0	28	29,3	42,4	38,8	4,81

Tab. 2 Výběr z jiných provozních stavů stejného chladicího zařízení se šroubovým kompresorem (pro chladicí vodu o teplotě 18 °C)

Tab. 2 Selection from other operating states of the same refrigeration unit with a screw compressor (for cooling water temperature of 18 °C)

Chladicí výkon		Výparník			Kondenzátor			Příkon	Chladicí faktor EER
		teplota vstup	teplota výstup	průtok	teplota vstup	teplota výstup	průtok		
[%]	[kW]	[°C]	[°C]	[l/s]	[°C]	[°C]	[l/s]	[kW]	
20	200	8,6	6	18,3	18	19,3	42,4	20	10

Pozn.: V provozu bylo ověřeno, že i provozní stav s EER = cca 10 je reálný a dlouhodobě dosažitelný.

pro který jsou požadovány pouze parametry stavů a výkonů pro maximální (výpočtovou) tepelnou zátěž soustavy. Hlavní důraz bývá kladen na hydraulický návrh a stabilitu soustavy rozvodů chlazené a chladicí vody s tím, že „chladicí stroj si s tím musí poradit“. To je zásadně chybné. Jako první se musí řešit hydraulika a parametry potřebné pro zajištění optimálního chodu chladicího stroje a následně se musí těmito podmínkami přizpůsobit celý systém regulace rozvodů chlazené a chladicí vody.

Dále jsou uvedeny základní podmínky pro jednotlivé dílčí části chladicího stroje, které se musí dodržovat pro maximální provozní EER.

Výparník

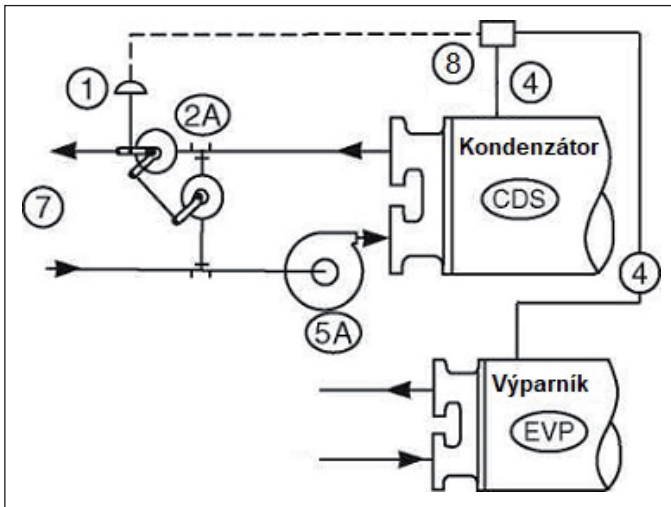
- ❑ Pro zajištění požadovaného optimálního průtoku chlazené vody výparníkem je nutno průtok měřit a následně regulovat řízením otáček čerpadla chlazené vody dle požadavku ze systému rozvodů/spotřeby chladu.
- ❑ Je nutné regulovat (přestavovat žádanou) výstupní teplotu chlazené vody na hodnotu dle „požadavku na chlazení“ z jednotlivých provozních celků provozu. Požadavek na teplotu chlazené vody 6 °C platí pro extrémní návrhové podmínky v létě a požadovaná teplota chlazené vody může mít po značnou část roku i hodnotu až 12 °C. Ve většině případů není žádný důvod udržovat teplotu vody 6 °C po celý rok – je to v podstatě ekvivalent teplotní ekvitermy, která je běžně využívána pro otopné soustavy.
- ❑ Je nutné dodržet min. požadovaný teplotní rozdíl mezi teplotou chlazené vody vstupující a vystupující z výparníku. Po poklesu na tento min. teplotní rozdíl je třeba chladicí stroj odstavit. U většiny chladicích strojů lze tuto hodnotu nastavit ve vnitřních parametrech stroje. Aby nedocházelo po krátkém čase k opětovnému požadavku na chod chladicího stroje, je nutno v systému rozvodů chlazené vody realizovat řízenou akumulaci chlazené vody, a to hlavně do rozvodů chlazené vody, event. do nainstalované akumulační nádrže. Pak další podmínka je:

- ❑ Akumulace chladu do rozvodů chladu a vypínání chladicího zařízení při dosažení stanoveného min. teplotního rozdílu přívodní a vratné chlazené vody daného požadovanou hodnotou chladicího faktoru.

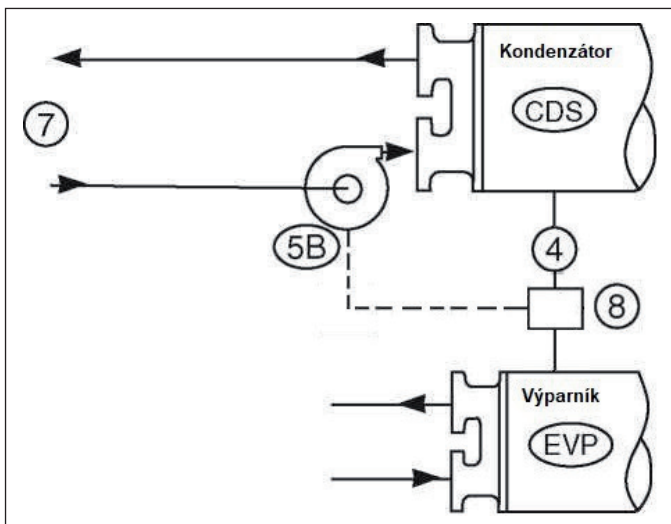
Kondenzátor

- ❑ Regulací výkonu kondenzátoru „přestavováním“ teploty chladicí vody vstupující do kondenzátoru, event. „přestavováním“ průtoku chladicí vody kondenzátorem se reguluje optimální rozdíl tlaků mezi výparníkem a kondenzátorem $\Delta p_{v/k}$.
- ❑ Regulací teploty chladicí vody vstupující do kondenzátoru se reguluje na optimální rozdíl tlaků mezi výparníkem a kondenzátorem $\Delta p_{v/k}$, jehož hodnotu udává výrobce v technických podmínkách stroje. Je snaha, aby tento rozdíl (stlačení provozního plynu kompresorem) byl co nejmenší. Na druhé straně zajišťuje tento rozdíl proudění dalších látek v okruhu – např. mazacího oleje. Pro chladicí kompresor, u kterého jsou v tab. 1 uvedeny provozní stavy, byl požadavek výrobce regulovat teplotu vstupující chladicí vody do kondenzátoru tak, aby tlakový rozdíl byl min. 180 kPa ($\Delta p_{v/k} = 180$ kPa). Tento tlakový rozdíl mezi výparníkem a kondenzátorem $\Delta p_{v/k}$ je ve většině chladicích zařízení k dispozici jako analogová výstupní hodnota „AO“ z výstupu řídicího systému chladicího stroje. U starších strojů je tato hodnota vypočítávána z teplot výparníku a kondenzátoru, u novějších je měřena přímo snímači tlaku. Pokud tato hodnota není k dispozici, je možné pro regulaci teploty vstupující chladicí vody do kondenzátoru použít teplotní rozdíl mezi výstupní teplotou chlazené vody a vstupní teplotou chladicí vody.
Např. při požadavku teplotního rozdílu 14 °C (většina výrobců má požadavek na teplotní rozdíl od 12 °C do 14 °C), regulujeme při výstupní teplotě chlazené vody 6 °C vstupní teplotu chladicí vody do kondenzátoru na hodnotu 20 °C (např. při teplotním rozdílu na výparníku 12/6 °C bude ideální teplotní rozdíl na kondenzátoru 20/25 °C).
- ❑ Při regulaci požadovaného optimálního průtoku kondenzátorem je nutno měřit a následně regulovat průtok řízením otáček čerpadla

chladičí vody s ohledem na optimální rozdíl tlaků mezi výparníkem a kondenzátorem $\Delta p_{v/k}$ a současně zajistit požadovaný minimální průtok chladicí vody kondenzátorem. Ve většině případů je vhodné systémy regulace teploty a průtoku kombinovat.



Obr. 2 Regulace teploty chladicí vody
Fig. 2 Cooling water temperature control



Obr. 3 Regulace průtoku chladicí vody
Fig. 3 Cooling water flow control

Legenda k obr. 2 a obr. 3: 1, 2A – regulace teploty směřováním; 4 – tlakové potrubí chladiva; 5A – čerpadlo s konstantními otáčkami; 5B – čerpadlo s řízenými otáčkami oběžného kola; 7 – vnější okruh chladicí vody; 8 – snímač tlakové difference s regulátorem

Legend to Fig. 2 and Fig. 3: 1, 2A – temperature control by mixing; 4 – refrigerant pressure piping; 5A – constant speed pump; 5B – pump with controlled impeller speed; 7 – outer cooling water circuit; 8 – differential pressure sensor with controller

Chladičí věže

- Je třeba regulovat teplotu chladicí vody v chladičích věžích řízením otáček ventilátorů dle požadavku řídicího systému chladičího stroje na optimální tlakový rozdíl $\Delta P_{v/k}$, event. na požadovanou vstupní teplotu chladicí vody do kondenzátoru. Žádaná teplota výstupní vody z věží je „přenášena“ z regulátoru tlakové difference.
- Pokud je více než jedna chladičí věž, je třeba propojit vany těchto věží potrubím a provozovat trvale všechny věže současně. Sníží

se tak spotřeba surové vody na odpar a odluh. Zvětší se také podíl ochlazené vody přestupem s menším odparem.

- Při přestávce chladičího stroje je nutné „doběhem“ zchladit „věžovou vodu“ na teplotu menší, než je požadovaná vstupní teplota chladicí vody do kondenzátoru, event. dle entalpie venkovního vzduchu se stojícími ventilátory – s minimálním odparem.

SPOTŘEBA ENERGIE PRO DISTRIBUCI

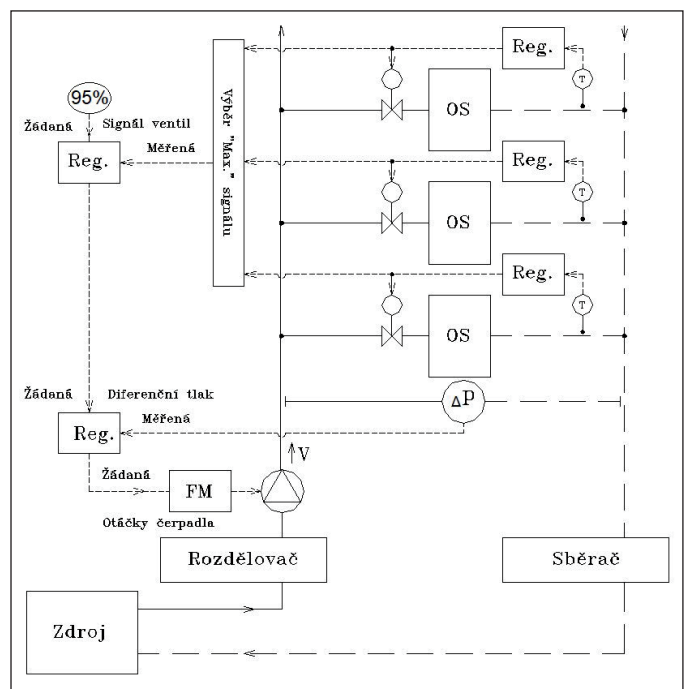
Základní provozní podmínky systémů rozvodů chladené vody a jejich alternativy s dopadem na celkovou spotřebu elektrické energie

Regulace otáček čerpadel okruhů chladu na „otevřený ventil“ znamená úsporu el. energie. Otáčky čerpadla daného okruhu jsou přestavovány na takovou hodnotu, aby vždy aspoň jeden ventil byl v poloze „otevřeno“ se signálem 95 %. Pokud by byl ventil otevřen např. na 50 %, má čerpadlo zbytečně velký diferenční tlak; pokud by byl ventil otevřen na 100 %, není možné z tohoto signálu zjistit, zda není diferenční tlak paty okruhu malý.

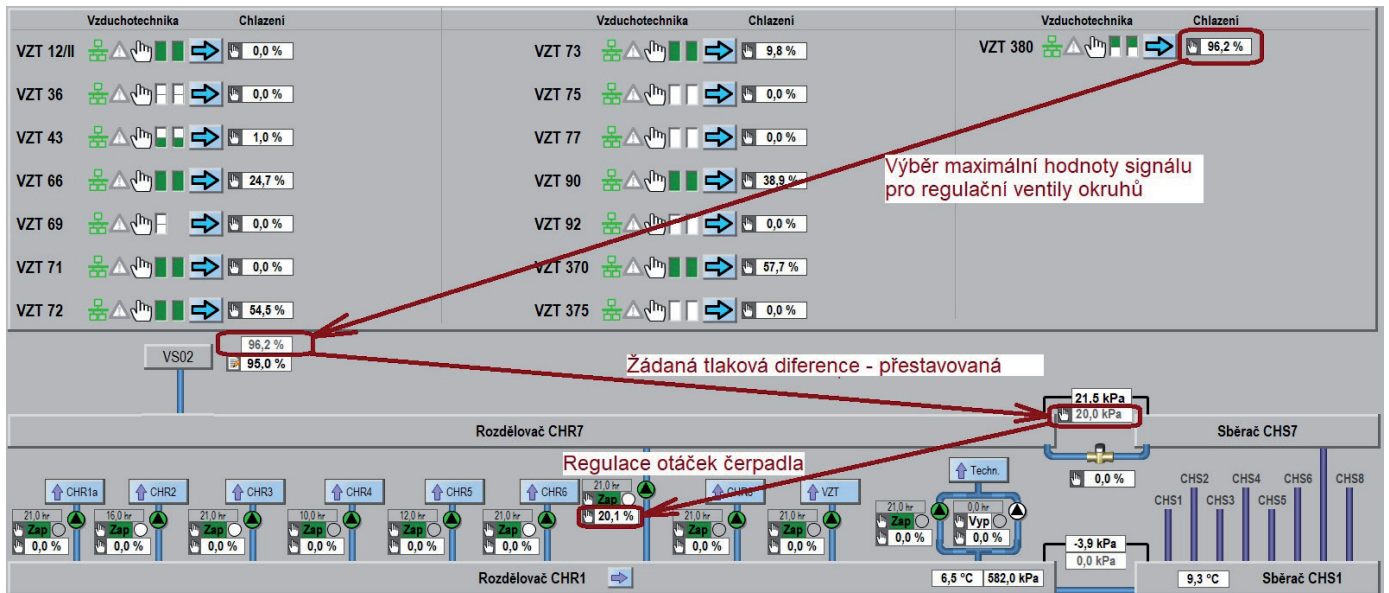
Pokud je v soustavě více regulačních ventilů, signál pro jejich otevření se softwarově zavede do modulu pro výběr maxima, z kterého dál vystupuje signál s největším požadavkem. Dle hodnoty „max.“ se „přestavuje“ požadovaný diferenční tlak paty okruhu, dle kterého se regulují otáčky čerpadla. Pokud se regulují otáčky čerpadla na požadovaný diferenční tlak dle požadavku projektanta, jsou po většinu roku regulační ventily značně přivřeny a čerpadlo vykonává práci, která je pak na regulačních ventilech mařena – celý výpočet soustavy je počítán na návrhové parametry, které jsou jen několik dnů v roce.

Výhodou regulace na „otevřený ventil“ je, že nedochází k maření čerpací práce čerpadla škrcením na regulačních ventilech, minimální čerpací práce zajistí požadovaný průtok regulačními ventily a systém regulace eliminuje drobné nedostatky v systému rozvodů.

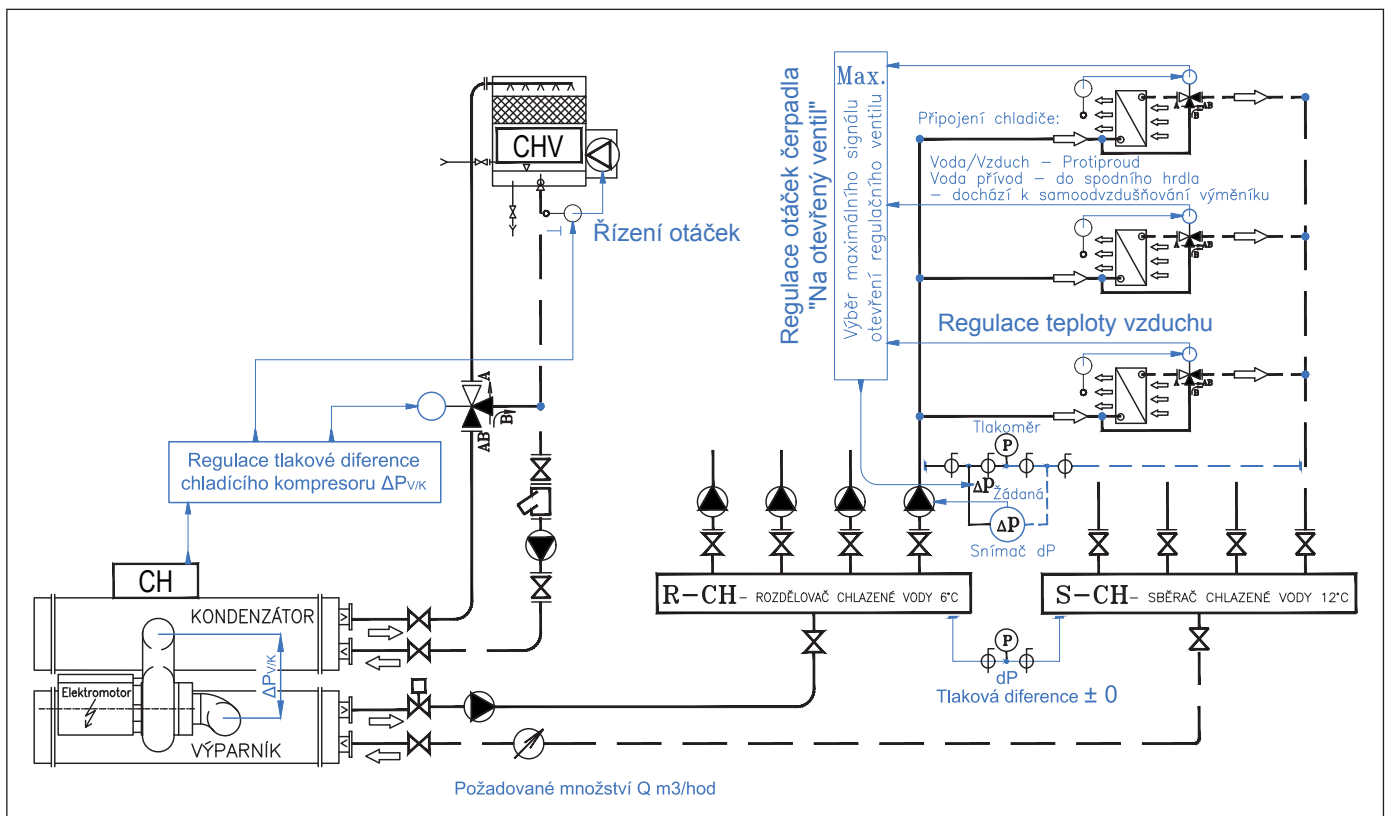
Podmínkou je nutná komunikace mezi regulátory teploty a regulátorem čerpadla.



Obr. 4 Regulace otáček čerpadla na „otevřený ventil“
Fig. 4 Control of pump speed under „open valve“



Obr. 5 Ukázka z provozu – regulace otáček čerpadla na „otevřený ventil“
 Fig. 5 Demonstration of operation – pump speed control under “open valve”



Obr. 6 Rozvody chlazené vody s trojcestnými regulačními ventily u spotřeby
 Fig. 6 Chilled water distribution with three-way control valves at the consumption side

POUŽÍVANÉ SYSTÉMY ROZVODŮ CHLAZENÉ VODY

Rozvody chlazené vody s trojcestnými regulačními ventily u spotřeby (např. u chladičů VZT zařízení)

Tento systém (obr. 6) zajišťuje konstantní průtok chlazené vody v hlavních chladicích okruzích. Hojně se používal v minulém století, kdy bylo problémem regulovat množství vody dopravované čerpadly a byl požadován konstantní průtok chlazené vody výparníku.

Základní nedostatky systému:

- ❑ Celý rozvodný systém chlazené vody musí být navržen na průtokové množství se současností 100 %, včetně průtoku vody výparníkem.
- ❑ Nadměrná spotřeba energie na čerpací práci.
- ❑ Ze systému rozvodů chlazené vody „se vrací studená zpátečka“, která velmi negativně ovlivňuje hodnotu chladicího faktoru stroje.
- ❑ Zbytečně spotřebovávaná čerpací práce čerpadel na větvích.

Rozvody chlazené vody s dvojcestnými regulačními ventily u spotřeby a s propojovacím potrubím mezi rozdělovačem a sběračem (ve většině případů i s vloženou zpětnou klapkou v tomto propojovacím potrubí)

Tento systém (obr. 7) zajišťuje konstantní průtok chlazené vody výparníkem. Propojení svou funkcí zajišťuje po většinu provozní doby nulovou tlakovou diferenci mezi sběračem a rozdělovačem, takže ve většině případů nedochází k tlakovému ovlivňování čerpadel jednotlivých větví. Tento systém se hodně používá i v současné době.

Základní nedostatky systému:

- ❑ Po většinu provozní doby je nízká teplota zpátečky – negativní vliv na chladicí faktor.
- ❑ Malý objem chlazené vody pro akumulaci vyrobené energie. Při malé spotřebě se zařízení provozuje buď na velmi malý teplotní spád výparníku, s velmi nízkým chladicím faktorem, nebo nastává problém s četností odstavování chladicího stroje – většina výrobců udává max. počet startů v hodině, event. požadovanou prodlevu mezi vypnutím a startem. V mnoha případech udává podmínky obě.
- ❑ Zbytečně spotřebovávaná čerpací práce „hlavního“ čerpadla výparníku.

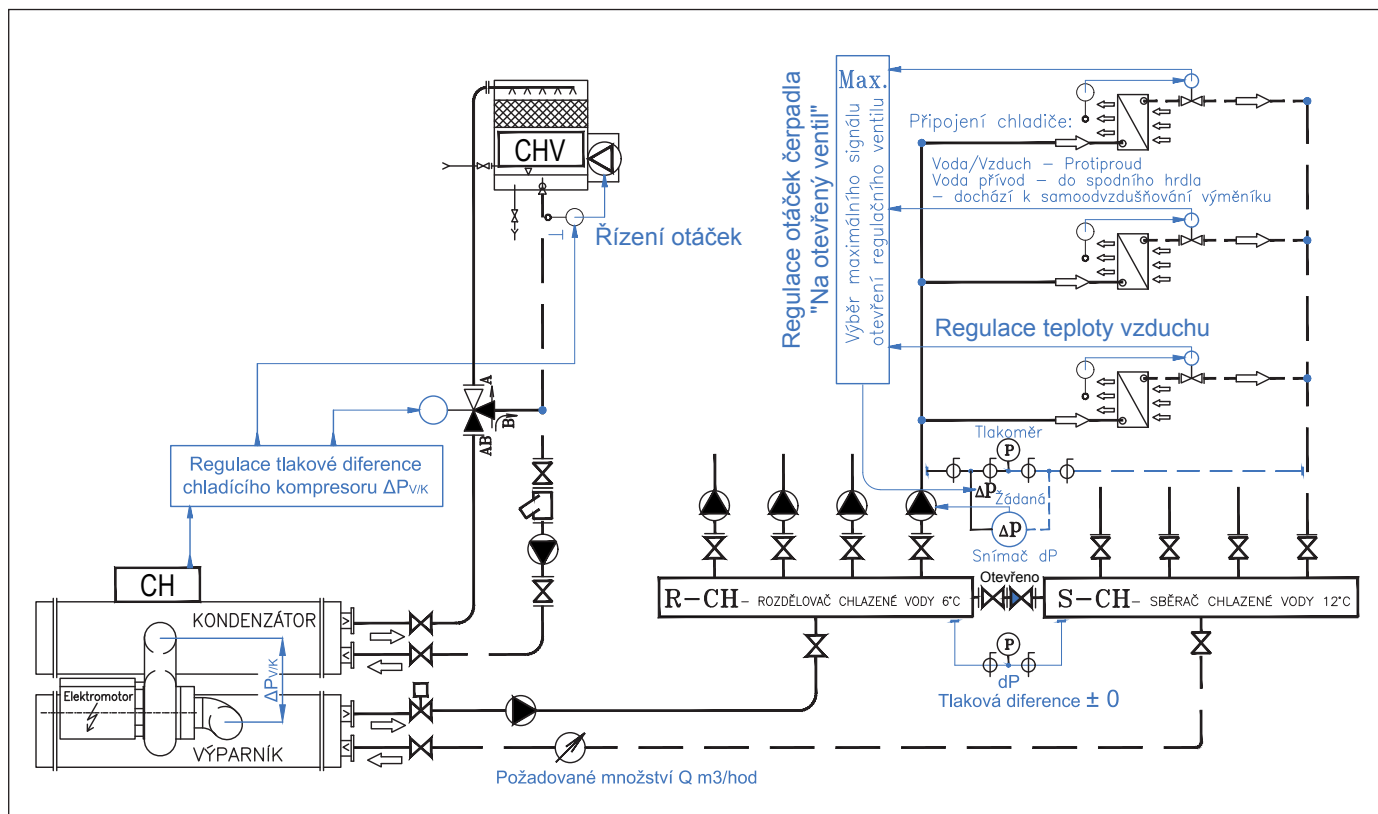
Rozvody chlazené vody s dvojcestnými regulačními ventily u spotřeby a s termohydraulickým rozdělovačem

Tento systém (obr. 8) zajišťuje vyrovnané tlakové poměry mezi zdrojem chladu a rozvody chlazené vody za všech stavů. Na druhé straně degraduje teplotní parametry v obou vystupujících přípojkách větvích. Termohydraulický rozdělovač v podstatě nahrazuje řídicí systém regulace průtoků a diferenčních tlaků systému za cenu zbytečně vložené čerpací práce a degradace obou vystupujících teplot. Systém s termohydraulickým rozdělovačem je nejméně efektivní systém ze všech uváděných systémů a je nevhodné ho instalovat k moderním zdrojům chladu i tepla. Jeho náhrada i velmi jednoduchou regulací

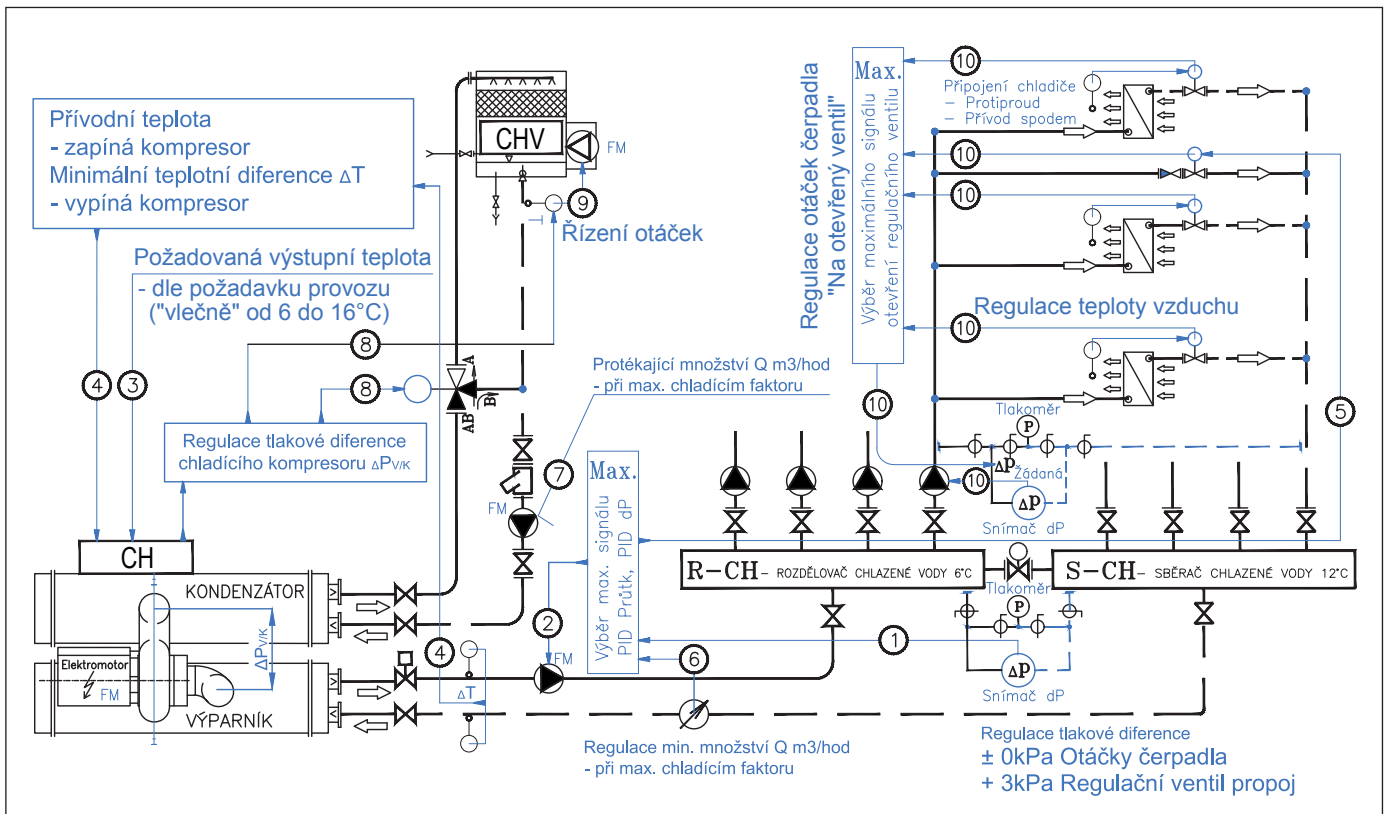
přináší okamžité provozní úspory v řádu procent až desítek procent provozních nákladů.

Základní nedostatky systému:

- ❑ Po většinu provozní doby degraduje vlivem rozdílných množství průtoků zdrojem a soustavou a svou vlastní konstrukcí jak výstupní teplotu z rozdělovače, tak teplotu vratné vody do zdroje chladu. Je-li např. výstupní teplota z chladicího stroje 6 °C, bývá teplota chladicí vody do soustavy rozvodů vždy větší než 6 °C. V mnoha případech i 9 °C a více. Pokud bude teplota 9 °C dostačovat pro běžný provoz mimo letní špičku, může být chladicí stroj přímo provozován s požadavkem na výstupní teplotu 9 °C a okamžitě se podstatně zvýší chladicí faktor stroje. Stejně je to i s teplotou zpátečky, která bude např. 12 °C ze soustavy, ale do stroje se bude vracet po většinu času podstatně chladnější, např. i 7 °C.
- ❑ Po většinu provozní doby dochází k maření čerpací práce jak čerpadel na zdroji, tak čerpadel v soustavě rozvodů chlazené vody. V několika případech autor tohoto článku upravoval systémy s termohydraulickým rozdělovačem, kdy se provoz snažil řídit otáčky čerpadel na zdroji, event. v systému měřením teplot všech čtyř větví a porovnáváním jejich diferencí. Přestože měl provozovatel realizované velmi složité výpočetní algoritmy, jediným spolehlivým řešením uvedených provozních problémů bylo odstavení termohydraulického rozdělovače (postačí uzavření dvou stejných větví a jejich překlenutí propojkou) a realizace jednoduché regulace na nulovou tlakovou diferenci s instalací jednoho propojovacího regulačního okruhu ve zkratu.
- ❑ Malý objem chlazené vody pro akumulaci vyrobeného chladu. Při malé spotřebě se zařízení provozuje buď na velmi malý teplotní spád výparníku s velmi nízkým chladicím faktorem, nebo je problém s četností odstavování chladicího stroje – většina výrobců udává max. počet startů v hodině, event. požadovanou prodlevu mezi vypnutím a startem. V mnoha případech udává podmínky obě.



Obr. 7 Rozvody chlazené vody s dvojcestnými regulačními ventily u spotřeby a propojovacím potrubím mezi rozdělovačem a sběračem
 Fig. 7 Chilled water distribution with two-way control valves at the consumption side and connecting pipeline between distributor and collector



Obr. 10 Rozvody chlazené vody s dvojcestnými regulačními ventily a regulovaným přepouštěním na koncích větví
 Fig. 10 Chilled water distribution with two-way control valves and controlled overflow at the ends of the lines

Rozvody chlazené vody s trojcestnými regulačními ventily u spotřeby a akumulační nádobou ve vratné větvi

Tento systém (obr. 9) zajišťuje konstantní průtočné množství chlazené vody v hlavních okruzích chladu. Navíc má nainstalovanou akumulační nádobu ve vratné větvi. Předpokládalo se, že trojcestné regulační ventily u VZT zařízení přepouštěním vychlazené vody do zpátečky naakumulují ohřátou a studenou vodu do akumulační nádrže pro období klidu chladicího stroje. Problémem však je, že naakumulovaná vychlazená voda nemá provozní parametry teploty výstupní vody a při odstávce stroje dojde ve velmi krátké době k chlazení vzduchu u VZT zařízení teplejší vratnou vodou. Lze uvést praktický příklad, kdy bylo nutné řešit tento problém. V jedné nemocnici v letním období, vždy několikrát denně, docházelo v operačních sálech k orosení stěn těchto sálů. Z vizualizace trendu vlhkosti v operačních sálech bylo zjištěno, že při teplotách venkovního vzduchu nad 30 °C došlo vždy na relativně krátký čas k nárůstu relativní vnitřní vlhkosti z 60 % na 95 % a zpět poklesu na 60 %. Když se tento průběh porovnal s průběhem chodu chladicího stroje, bylo jednoznačné, že k nárůstu relativní prostorové vlhkosti došlo vždy při provozní odstávce zdroje chladu (bylo vychlazen). Po hlubší analýze bylo zjištěno, že příčinou je vyšší teplota chlazené vody naakumulované zpátečky v akumulační nádobě. Řešením byla změna zapojení rozvodů, kdy akumulační nádrž byla umístěna za výstup zdroje, byla zasklepna třetí cesta regulačních ventilů u VZT zařízení a byly nainstalovány dva přepouštěcí regulační okruhy na koncích stávajících větví.

Rozvody chlazené vody s dvojcestnými regulačními ventily u spotřeby a regulovaným přepouštěním na koncích větví

Tento systém (viz obr. 10) zajišťuje prioritně podmínky pro chladicí stroj a následně pro rozvod chlazené vody. Výsledkem je zajištění optimálních podmínek pro provoz chladicího stroje a dosažení max. hodnoty chladicího faktoru.

Požadavky na funkce regulace pro výparník:

- zajištění požadované tlakové rozdílu mezi rozdělovačem a sběračem Δp rozdělovač/sběrač = ± 0 regulací otáček oběžného kola čerpadla hlavního okruhu výparníku (1, 2),
- regulace výstupní teploty chlazené vody dle požadavku provozu (3),
- dodržení min. požadovaného teplotního rozdílu (4),
- akumulace chladu do rozvodů chladu regulací dvoucestné armatury přepouštěním „studené“ vody z přívodu do zpátečky regulovaným zkratem na koncích větví ve strojovnách (5),
- regulace min. průtoku (6, 5).

Požadavky na funkce regulace pro kondenzátor:

- zajištění požadovaného optimálního průtoku kondenzátorem (7),
- regulace teploty chladicí vody vstupující do kondenzátoru dle $\Delta p_{v/k}$ (8).

Požadavky na funkce regulace pro chladicí věže:

- regulace teploty chladicí vody v chladicích věžích řízením otáček ventilátoru dle $\Delta p_{v/k}$ (9).

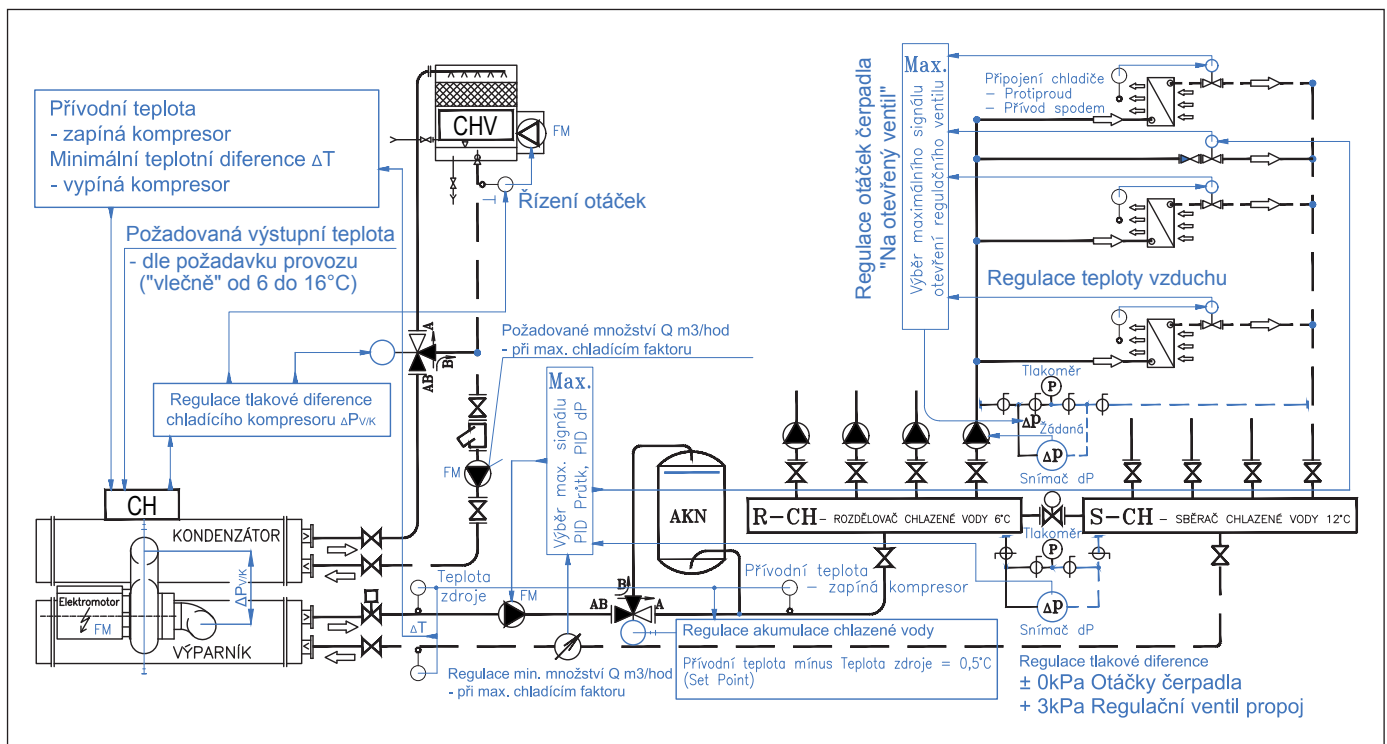
Požadavky na funkce regulace pro rozvody:

- regulace na „otevřený ventil“ (10),
- regulace přepouštěním na koncích větví pro:
 - zajištění min. průtoku výparníkem: Δp rozdělovač/sběrač = 3 kPa (5),
 - naakumulování vyrobeného chladu do zpátečky (5).

Pozn.: Pro stabilitu regulačního okruhu „regulace na otevřený ventil“ je vhodné rozsah měřené a žádané tlakové difference 0 až 95 % přiřadit v algoritmu rozsahu 0 až 50 % a zbývající rozsah 95 až 100 % přiřadit zbytku rozsahu 50 až 100 %. Tím se docílí, že zvyšování diferenčního tlaku/otáček čerpadla bude velmi „živé“, snižování diferenčního tlaku/otáček čerpadla bude pozvolné.

Základní nedostatky systému:

Většina projektantů tento systém nenavrhuje, neboť jim připadá příliš náročný na projekci.



Obr. 11 Rozvody chlazené vody s dvojcestnými regulačními ventily u spotřeb, regulovaným přepouštěním na koncích větví a akumulací nádrží v přivodní větvi
 Fig. 11 Chilled water distribution with two-way control valves at the consumption side, controlled overflow at the ends of the lines and storage tanks on the supply line

Rozvody chlazené vody s dvojcestnými regulačními ventily u spotřeb, regulovaným přepouštěním na koncích větví a akumulací nádrží v přivodní větvi

Pokud je předpoklad, že minimální chladicí výkon zdroje bude při určitých provozních stavech větší než požadovaná potřeba chladu, následkem čehož by mohlo docházet k nedodržení min. teplotní difference chlazené vody na výparníku a je riziko častého vypínání stroje, je vhodné nainstalovat do přivodní větve chlazené vody akumulací nádrž pro prodloužení odstávky chladicího stroje (obr. 11). Dalším důvodem může být požadavek na dodržení teploty výstupní chlazené vody.

ZÁVĚR

Pro efektivní a ekonomické provozování zařízení nestačí pouze nakoupit a nainstalovat špičkové technologie. Neméně důležitá a v mnoha případech i důležitější je jejich vzájemná spolupráce a provázanost. Zásady a principy zde uváděné autor článku realizoval a následně ověřoval na mnoha zakázkách v České republice a na Slovensku. Ze známých objektů např. Rudolfinum, Kongresové centrum Praha, Státní opera Praha, kde uvedené řešení realizovala dle autorových návrhů společnost Enesa a.s. v rámci zakázek EPC (Energy Performance Contracting), u nichž musí být zajištěna optimalizace spotřeby energie s garantovaným výsledkem.

Kontakt na autora: karel@ingmatejcek.cz; <http://www.ingmatejcek.cz/>

Fotovoltaické senzory pro IoT

Výzkumníci z MIT (Massachusetts Institute of Technology) navrhli speciální senzor pro internet věcí (IoT), který je napájen světlem z okolního prostředí a je schopen bez baterií fungovat až několik let.

Díky rychlému rozvoji IoT roste i počet připojených zařízení včetně senzorů, které shromažďují data o infrastruktuře a životním prostředí v reálném čase. Podle odhadů MIT by koncem roku 2025 mohl celkový počet těchto zařízení

na světě dosáhnout až 75 miliard. Senzory však ke svému fungování potřebují baterie, které je třeba občas vyměňovat, což při dlouhodobém monitorování může způsobovat velké problémy.

Vědci MIT proto navrhli speciální fotovoltaické senzory, které využívají energii z okolního prostředí, a jsou tudíž schopné fungovat bez baterií. K tomu využili perovskitové články, které namontovali na štítky RFID. Uvedené články jsou schopné senzory umístěné na štítku napájet při jasném slunečním světle i při vnitřním osvětlení. Navíc poskytují dostatek energie, aby bylo možné prodloužit dosah komunikace nebo do jednoho štítku RFID integrovat několik senzorů. Tyto senzory jsou i bez baterií schopné přenášet data průběžně na vzdálenost až pětkrát větší než pasivní štítky RFID.

Realizovat podobný návrh už vědci zkusili, ale tehdy šlo o zmenšené verze klasických solárních článků, které jsou drahé, objemné a málo flexibilní. Naproti tomu perovskitové články jsou levné, flexibilní, průhledné a snadno se vyrábějí, protože mohou být tištěny pomocí jednoduchých rotačních (roll-to-roll) technologií. Základní myšlenkou výzkumníků MIT bylo zkombinovat levný zdroj energie s levnými štítky RFID, což jsou v podstatě samolepky bez baterií, využívané k monitorování miliard produktů po celém světě. Tyto samolepky obsahují malé antény pro pásmo 868/915 MHz a jejich cena se pohybuje v přepočtu okolo 1 Kč.

Navrhované senzorové štítky fungují na podobném principu jako klasické štítky RFID bez baterie. Ty odesílají informace pouze tehdy, když jsou v dosahu čtečky, protože energii získávají z rádiového signálu přicházejícího ze čtečky. Problém je však v tom, že z rádiového signálu lze pro napájení transformovat jen několik mikrowattů energie, a to navíc pouze v dosahu čtečky. Pro dlouhodobé monitorování je takové řešení nepoužitelné.

Funkčně byl vyzkoušen prototyp senzoru pro monitorování teploty. Nyní výzkumníci pracují na vývoji dalších senzorů pro monitorování vlhkosti, tlaku, vibrací a znečištění ovzduší. V závislosti na faktorech prostředí, jako jsou vlhkost a teplota, mohou senzory pro vnitřní i venkovní použití fungovat bez problémů po dobu od několika měsíců až po několik let, než degradují natolik, že je třeba je vyměnit. Zmíněné nové senzory by tak v budoucnu mohly významně pomoci např. při dlouhodobém monitorování energetické účinnosti v inteligentních budovách.

Zdroj: Automa 12/2019 / MIT

(VZ)