

Provoz chladících systémů s cílem max. CHLADÍČÍ FAKTOR

CÍL

Minimální spotřeba energie a maximální celkový chladící faktor při výrobě a distribuci chladu po budově

Ing. Karel Matějček

2020

Úvod

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

a) Spotřeba elektrické energie vlastního chladicího stroje

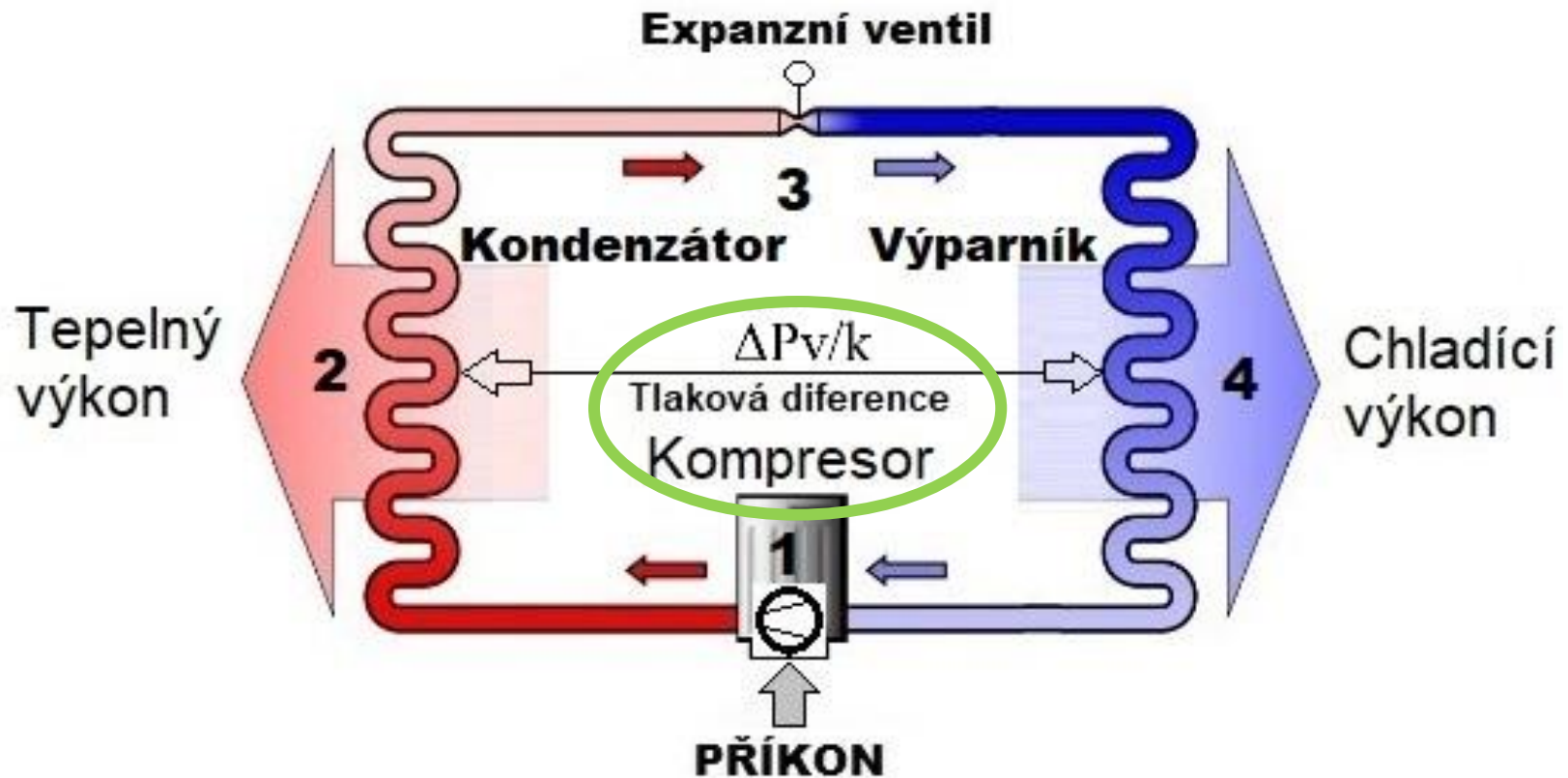
- Chladicí faktor chladicího zařízení EER
 - „**PROVOZ V OBLASTI MAXIMÁLNÍHO CHLADÍCÍHO FAKTORU**“

$$EER = \frac{\text{Chladicí VÝKON}}{\text{PŘÍKON}}$$

b) Spotřeba pomocné energie pro pohon čerpadel, které zajišťují distribuci chladu v budově a vzduchotechnických zařízení

- Spotřeba pro pohon čerpadel systémů okruhů chlazené vody
 - regulace na „**OTEVŘENÝ VENTIL**“
- Spotřeba vlastních vzduchotechnických zařízení
 - „**OPTIMALIZACE PROVOZU**“

Kompresorové chladicí zařízení



Okruh kompresorového chladicího stroje

Cílem je co nejmenší tlaková diference:

Nižší tlak/teplota v kondenzátoru a vyšší tlak/teplota ve výparníku

Provozní stavy chladicího zařízení

Chladicí výkon		Výparník				Kondenzátor				Příkon kW	Chladicí faktor EER
		Teplota Vstup °C	Teplota Výstup °C	Průtok l/s	Tlaková ztráta kPa	Teplota Vstup °C	Teplota Výstup °C	Průtok l/s	Tlaková ztráta kPa		
%	kW	°C	°C	l/s	kPa	°C	°C	l/s	kPa		
100	931,8	12	6	37,1	73,8	28	34	42,4	21,5	154,8	6,03
90	838,6	12	6	33,3	57,3	28	33,4	42,4	21,6	132,6	6,32
80	745,5	12	6	29,6	46,3	28	32,8	42,4	21,7	115,1	6,47
70	652,3	12	6	25,9	36,3	28	32,2	42,4	21,7	98,4	6,62
60	559,1	12	6	22,2	27,3	28	31,6	42,4	21,7	83,6	6,69
50	465,9	12	6	18,5	19,3	28	31	42,4	21,7	72,1	6,46
40	372,7	11,2	6	17	17,5	28	30,4	42,4	21,8	61,1	6,09
30	279,5	9,9	6	17	17,5	28	29,9	42,4	21,8	48,7	5,73
20	186,4	8,6	6	17	17,5	28	29,3	42,4	21,8	38,8	4,81
20	200	8,6	6	18,3	19	18	19,3	42,4	21,8	20	10

Příklad provozních stavů chladicího zařízení se šroubovým kompresorem a frekvenčním měničem pro pohon kompresoru

Zásady provozu v oblasti maximálního chladicího faktoru

- Výparník
 - Zajištění požadovaného průtoku výparníkem.
 - Regulace teploty chlazené vody dle požadavku provozu - žádaná teplota chlazené vody je přestavována na hodnotu dle „požadavku na chlazení“ z provozu. Např. požadovaná teplota 6°C chlazené vody (pro výpočtové parametry) může mít hodnotu až do 16°C .
 - Akumulace chladu do rozvodů chladu a vypínání chladicího zařízení při dosažení stanovené min. teplotní difference přívodní a vratné vody dané požadovanou hodnotou chladicího faktoru.

Zásady provozu v oblasti maximálního chladicího faktoru

- Kondenzátor

- Zajištění požadovaného průtoku kondenzátorem.
- Regulace teploty chladicí vody „na optimální tlakovou diferenci chladicího kompresoru“.

Např. na $\Delta p_{v/k} = 180 \text{ kPa}$ – tlaková diference mezi výparníkem a kondenzátorem.

- ve většině chladících zařízení je $\Delta p_{v/k}$ jako analogový „AO“ výstup z řídicího systému chladicího stroje.

Zásady provozu v oblasti maximálního chladicího faktoru

- Chladicí věže
 - Regulace teploty chladicí vody řízením otáček ventilátorů dle požadavku řídicího systému chladicího stroje na „optimální tlakovou diferenci“
 - ❖ dle výstupu z řídicího systému chladicího stroje
 - ❖ dle teplotní difference výstupní teploty chlazené a vstupní teploty chladicí vody. Např. při požadavku teplotní difference 14°C (většina výrobců má požadavek teplotní difference 12 až 14°C), regulujeme při výstupní teplotě 6°C vstupní teplotu chladicí vody do kondenzátoru na 20°C . (např. teplotní spády $12/6^{\circ}\text{C} \rightarrow 20/28^{\circ}\text{C}$)

Regulace otáček dle diferenčního tlaku okruhu na „OTEVŘENÝ VENTIL“

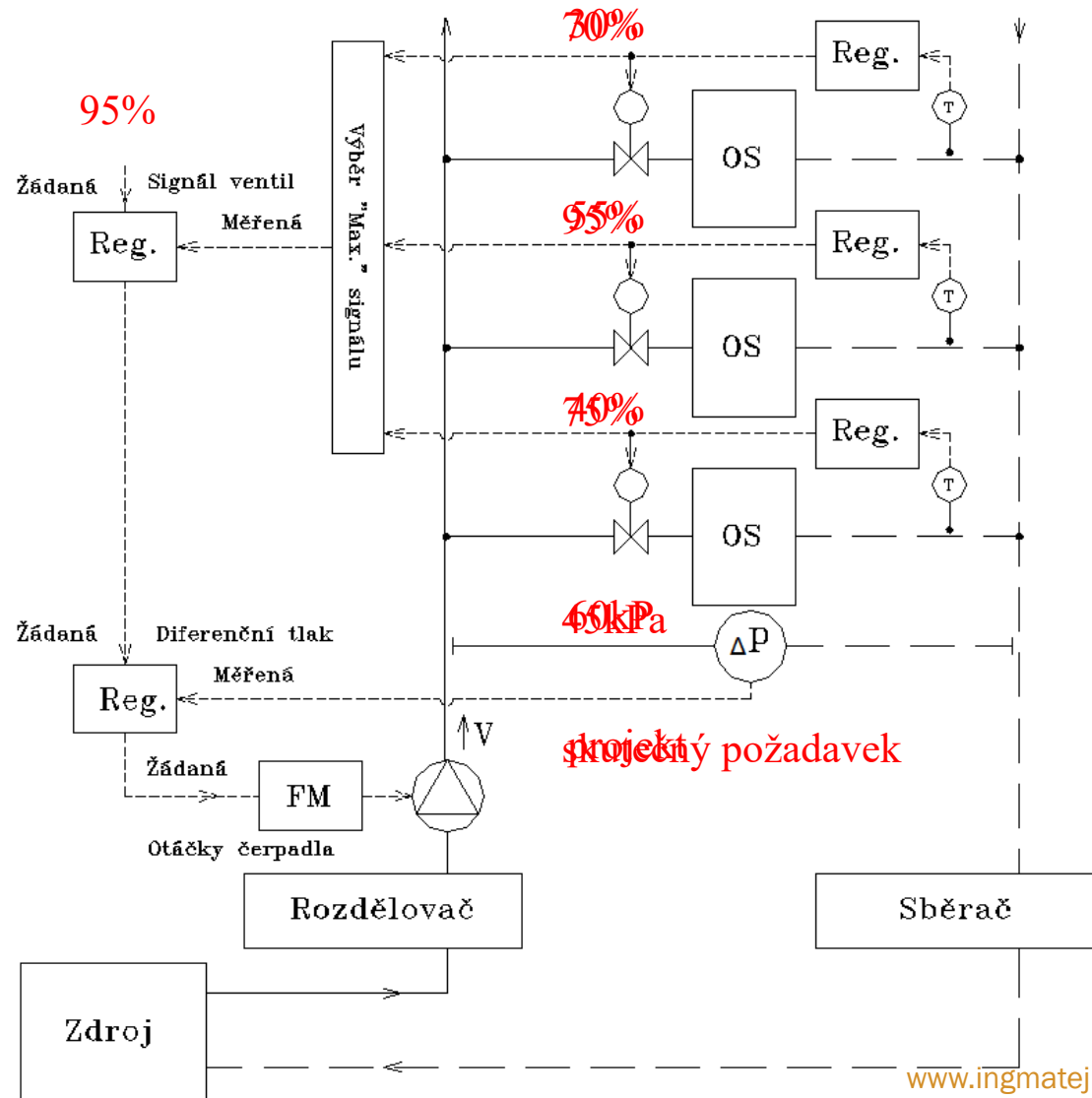
Žádaná hodnota diferenčního tlaku okruhu je přestavována na takovou hodnotu, aby vždy aspoň jeden ventil byl v poloze „OTEVŘENO“

Cíl:

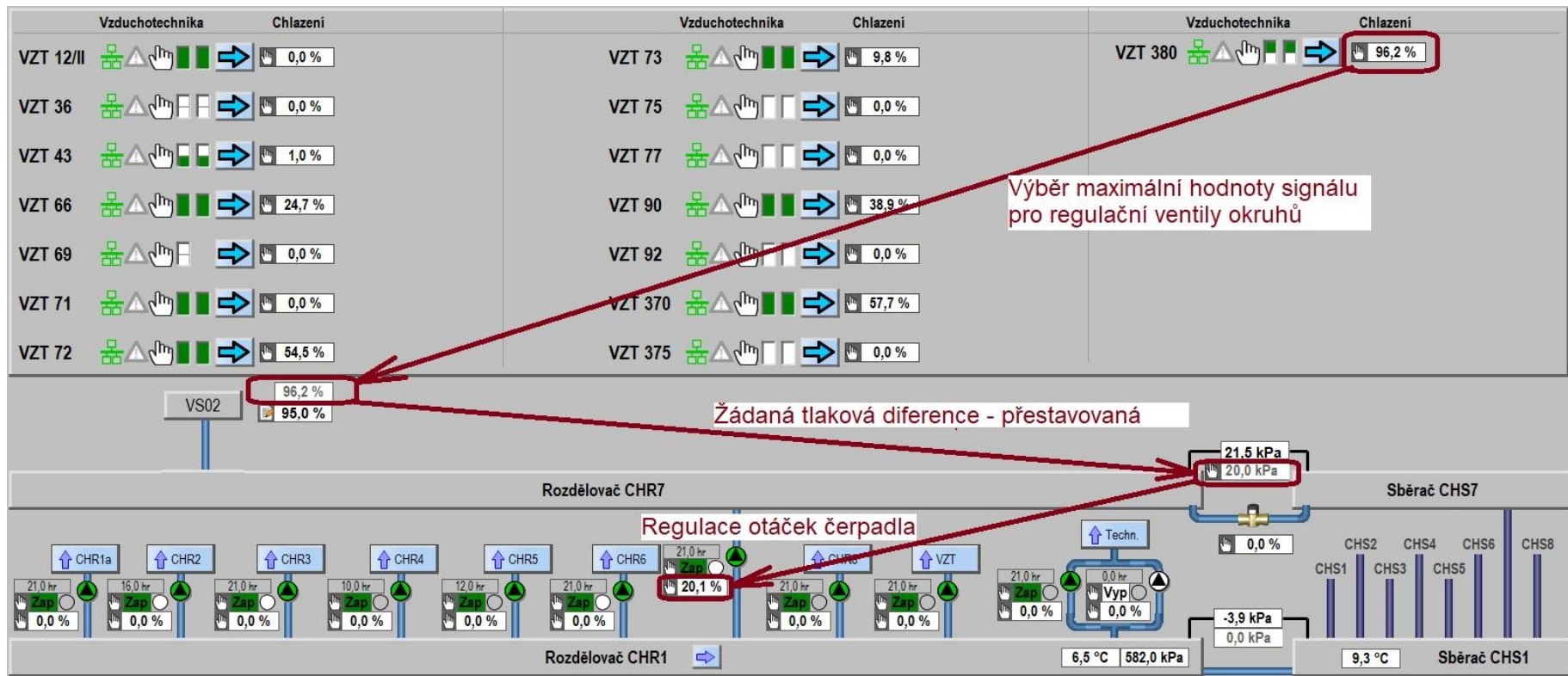
- NEMAŘÍ čerpací práci čerpadla škrcením
- ZAJISTÍ požadovaný průtok
- ELIMINUJE drobné nedostatky v systému rozvodů

Podmínka:

- NUTNÁ komunikace mezi regulátory teploty a regulátorem čerpadla



Regulace otáček dle diferenčního tlaku okruhu na „OTEVŘENÝ VENTIL“



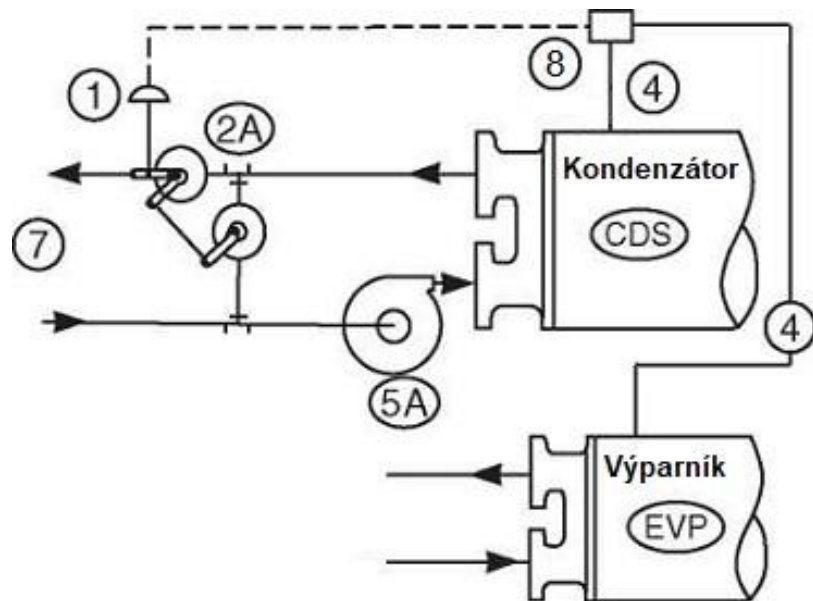
Výběr maximální hodnoty signálu pro regulační ventily okruhů

Žádaná tlaková diference - přestavovaná

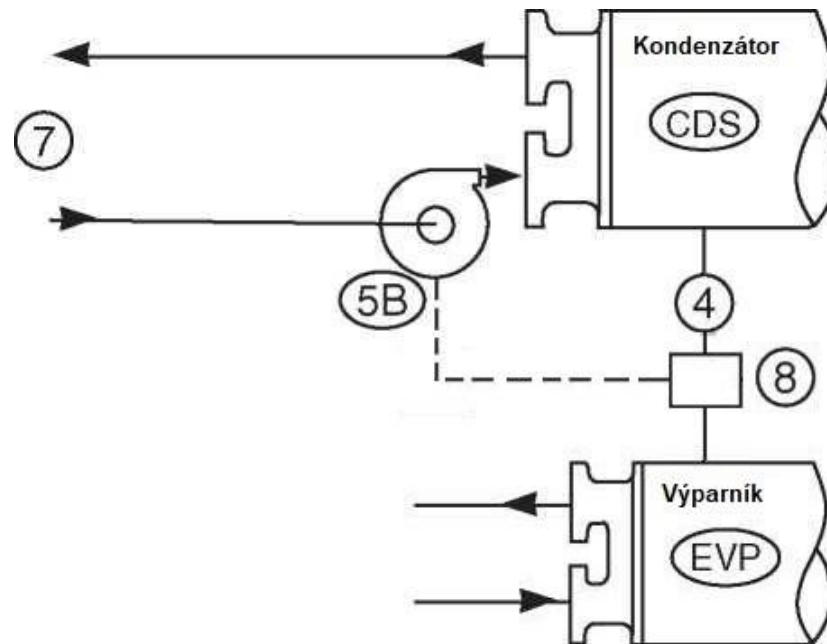
Regulace otáček čerpadla

Ukázka z provozu - Regulace otáček čerpadla na „OTEVŘENÝ VENTIL“

Regulace teploty ↔ tlaku v kondenzátoru

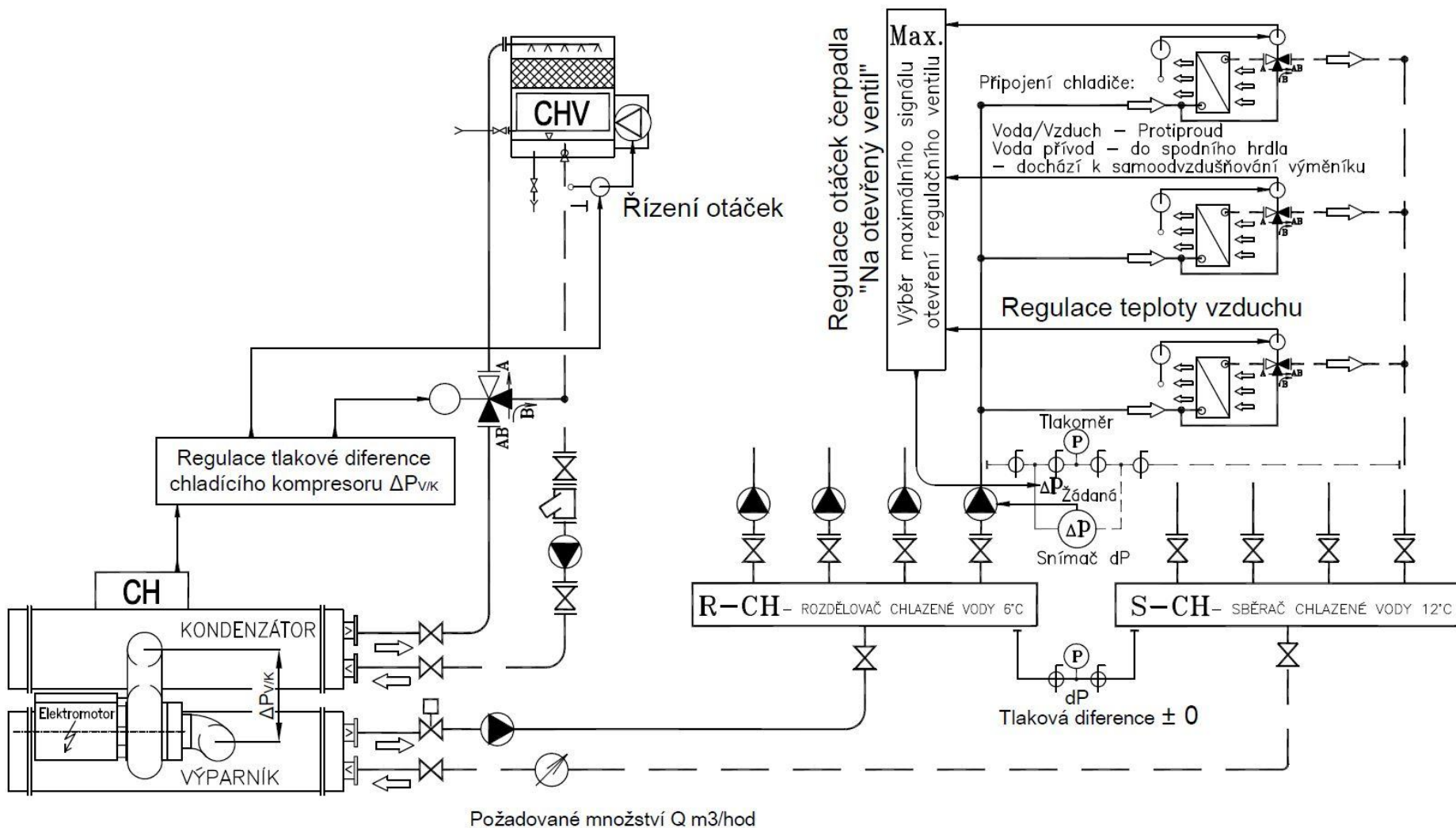


Regulace teploty chladící vody



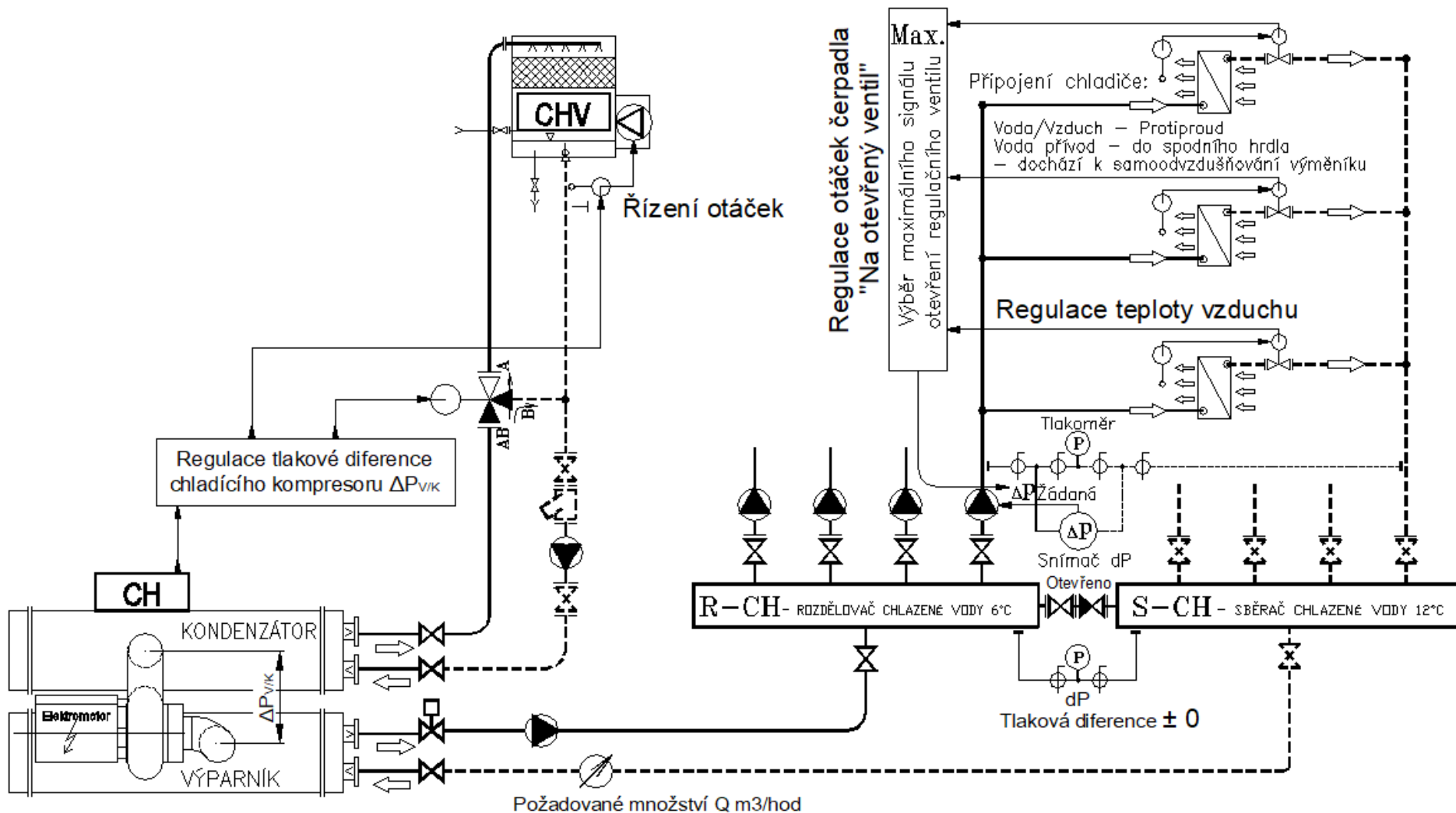
Regulace průtoku chladící vody

Tlak ve výparníku dle systému rozvodu chlazené vody: Trojcestný regulační ventil



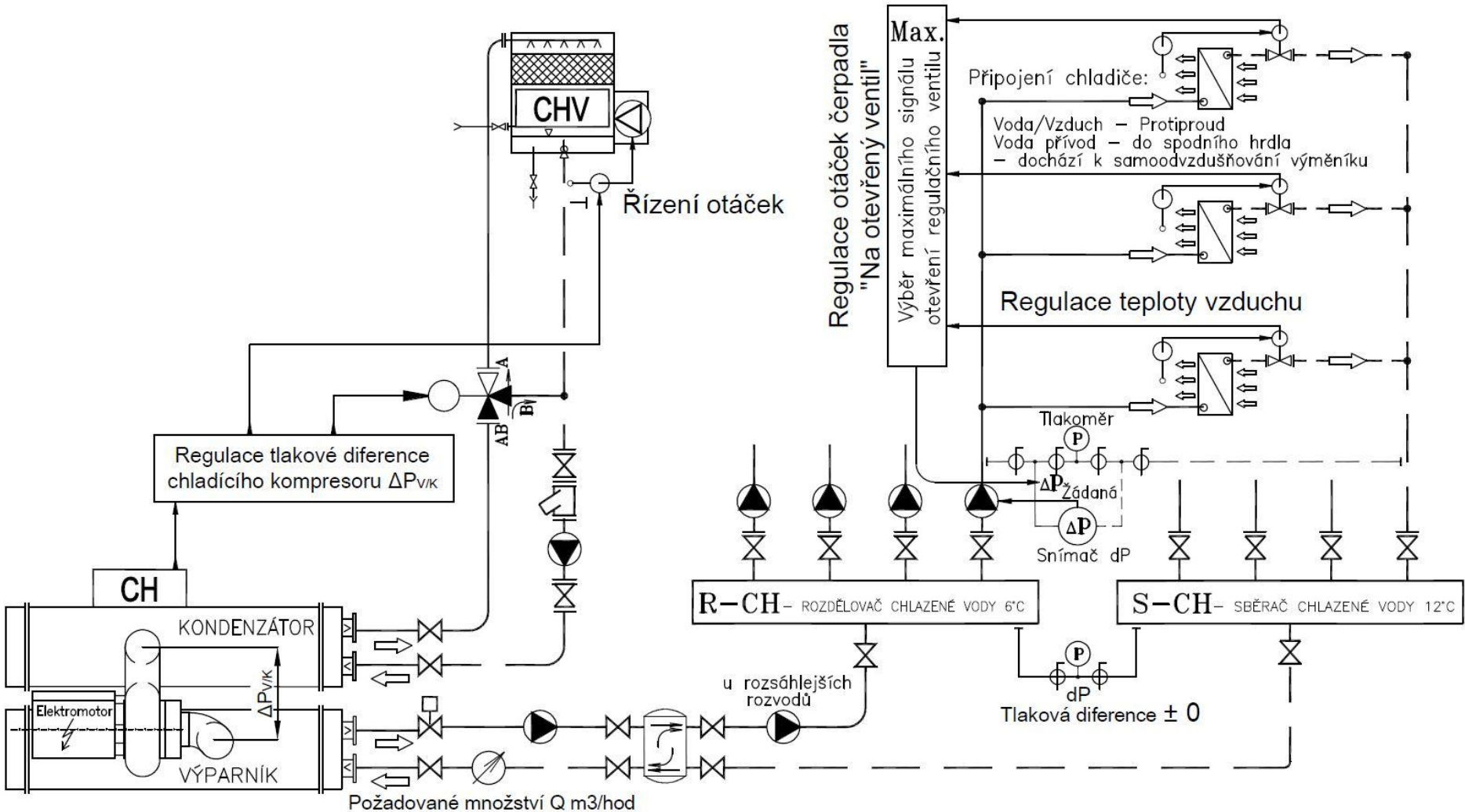
Problém: Musí být navrženo na současnost 100%, nevýhoda „studená“ zpátečka

Tlak ve výparníku dle systému rozvodu chladu: Dvojcestný regulační ventil, propoj R/S



Problém: Po většinu provozní doby nízká teplota zpátečky, malá akumulace

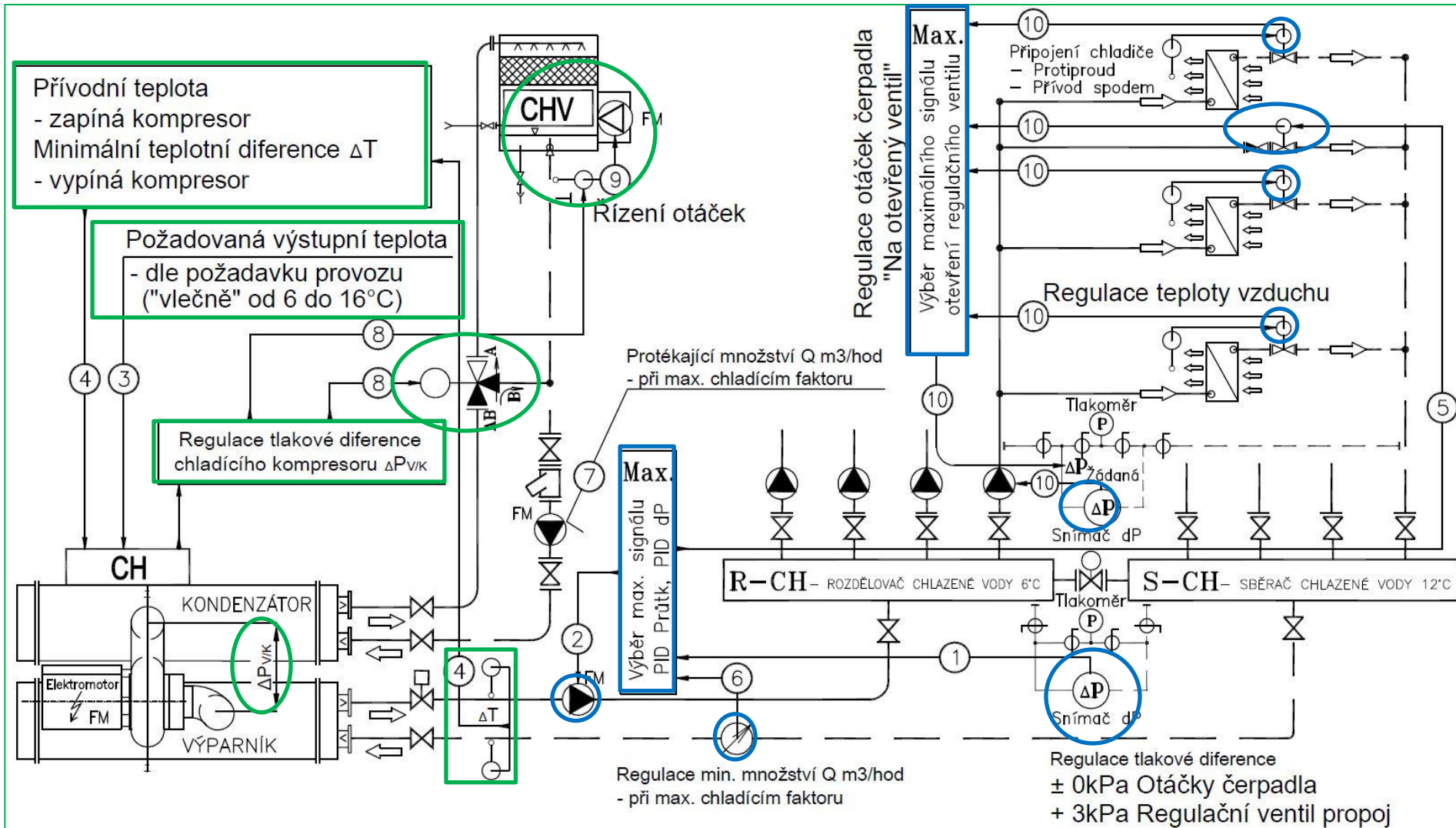
Tlak ve výparníku dle systému rozvodu chlazené vody: Dvocestný regulační ventil, termohydraulický rozdělovač



Problém: Nízká teplota zpátečky, malá akumulace, problém zajistit požadovanou teplotu chlazené vody

NEJMÉNĚ VHODNÁ VARIANTA

System s minimální spotřebou elektrické energie, s maximálním celkovým EER



SPLNĚNY VŠECHNY POŽADAVKY NA MAXIMÁLNÍ EER

Další možné úspory

- Při „přestávce“ chladicího stroje „doběhem“ zchládit „věžovou vodu“ na požadovanou hodnotu teploty s minimálním odparem.
- Propojit chladicí věže do jednoho systému a minimalizovat tak odpar a zajistit požadovanou teplotu pro kondenzátor postupným spínáním FM řízených ventilátorů.

Kaskáda ovládání chodu 4 chladících strojů

Volba sekvence strojů CH2_4_3 Uložit

Uvolnění kaskády / stupeň / 0,0

Noc

Chlazení mimo režim časového programu při teplotách větších než:

Teplota Venkovní větší než	18,0 °C	18
Vyp Mínus hystereze	2,00 °C	2

Zap / Vyp režimu

Teplota Rozdělovač Zap	17,0 °C	17	
Teplota Rozdělovač Vyp	10,0 °C	10	
Teplota Sběrač minus Rozdělovač	3,0 °C	0,6 °C	3
Zpoždění	300,0 s	300	

Osluněno / Neosluněno

Osvit objektu A

Západ: 9963 lx Východ: 9594 lx Jih: 9009 lx

Žádaná pro přepnutí 30000,0 lx
Mínus hystereze 10000,0 lx
Zpoždění 900,0 s
Výsledek "Osluněno" Vyp

Chlazení v režimu časového programu

Spinání chlazení při teplotách větších než:

Osluněno	5,0 °C
Neosluněno	9,0 °C
Teplota Rozdělovač Zap	11,0 °C
Zpoždění	30,0 s
Teplota Rozdělovač Zap	12,0 °C
Zpoždění Start / st.2	7200,0 s / 600,0 s
Zpoždění Start st. 3, 4	12,0 °C / 900,0 s

Časový program AUT provozu

Stav a podmínky odpinání chlazení

Teplota Rozdělovač Vyp	8,5 °C
Teplota Sběrač minus Rozdělovač	2,0 / 0,6 °C
Zpoždění	60,0 s
Celkový chladicí Výkon st.2 Vyp	3100,0 kW
Zpoždění Odpinání st.2, 3, 4, 5	600,0 s
Celkový chladicí Výkon st.3 Vyp	4600,0 kW
	600,0 s
Celkový chladicí Výkon st.4 Vyp	5700,0 kW
	600,0 s

Chlazení kompresory CH1 CH2 CH3 CH4

Rozdělovač CHR1 6,3 °C
Sběrač CHS1 6,9 °C

Aktuální Celkový chladicí Výkon 0,0 kW

Chlazení

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.

Systemy je nutno regulovat tak, aby zajišťovaly optimální podmínky nejen pro spotřebu, ale i pro zdrojové části systémů:

- Zdroje tepla, např. kotle
- Zdroje chladu, např. chladicí stroje

„MOŽNÉ ŘEŠENÍ“ OCHRANY VANY VĚŽE

- x Firma **EVAPCO** doporučuje provádět proces pasivace dle instalačního a provozního manuálu:

POZINKOVANÁ OCEL - PASIVACE

NESPRÁVNÁ KONTROLA ÚPRAVY VODY PŘI SPUŠTĚNÍ NOVÉHO POZINKOVANÉHO ZAŘÍZENÍ (VIZ TAKÉ DALŠÍ Odstavec), SE MŮŽE PROJEVIT VÝSKYTEM PŘEDČASNÉ "BÍLÉ KOROZE" OCHRANNÉ ZINKOVÉ VRSTVY, VYTVOŘENÉ PONOŘENÍM ZINKOVANÉ OCELI DO ROZTAVENÉHO KOVU - ŽÁROVÝM ZINKOVÁNÍM. PRVNÍ UVEDENÍ DO PROVOZU A DOBA PASIVACE PŘEDSTAVUJE KRITICKÝ ČAS PRO MAXIMALIZOVÁNÍ PROVOZNÍ ŽIVOTNOSTI POZINKOVANÉHO ZAŘÍZENÍ. SPOLEČNOST EVAPCO V TAKOVÉM PŘÍPADĚ DOPORUČUJE, ABY PROTOKOL NA ÚPRAVU VODY NA SPECIFICKÉM MÍSTĚ PROVOZU ZAHRNOVAL POSTUP PASIVACE, KDE JE UVEDENA PODROBNĚ CHEMIE VODY, JAKÉKOLIV DALŠÍ NEZBYTNÉ CHEMICKÉ KOMPONENTY A VIZUÁLNÍ KONTROLY **V PRŮBĚHU PRVNÍCH ŠESTI (6) AŽ DVANÁCTI (12) TÝDNŮ PROVOZU.** V PRŮBĚHU TĚTO PASIVAČNÍ DOBY BY MĚLO BÝT PO CELOU DOBU PH RECIRKULAČNÍ VODY UDRŽOVANO NAD HODNOTOU 7,0 A POD 8,0. PROTOŽE ZVÝŠENÉ TEPLoty MAJÍ NEGATIVNÍ VLIV NA PROCES PASIVACE, MUSÍ BÝT NOVÉ POZINKOVANÉ ZAŘÍZENÍ Z PRAKTICKÝCH DŮVODŮ PŘI PASIVACI **SPUŠTĚNO BEZ ZATÍŽENÍ.**

VYTVÁŘENÍ "BÍLÉ KOROZE" PODPORUJÍ NÁSLEDUJÍCÍ SPECIFIKACE CHEMIE VODY A JE PROTO NANEJVÝŠ NUTNÉ SE V PRŮBĚHU PASIVACE TĚMTO HODNOTÁM VYHNOUT:

1. HODNOTY PH V RECIRKULAČNÍ VODĚ DOSAHUJÍ VYŠŠÍCH HODNOT NEŽ 8,3.
2. VÁPENATÁ TVRDOST (CaCO_3 - UHLIČITAN VÁPENATÝ) V RECIRKULAČNÍ VODĚ JE NIŽŠÍ NEŽ 50 PPM.
3. ANIONTY CHLORIDŮ NEBO SULFÁTŮ JSOU V RECIRKULAČNÍ VODĚ VYŠŠÍ NEŽ 250 PPM.
4. ALKALITA V RECIRKULAČNÍ VODĚ JE VYŠŠÍ NEŽ 300 PPM, BEZ OHLEDU NA HODNOTU PH.

PO DOKONČENÍ PROCESU PASIVACE MOHOU BÝT V ŘÍZENÍ CHEMIE VODY PROVEDENY ÚPRAVY A TO NA ZÁKLADĚ PROKÁZANÝCH ZMĚN U POZINKOVANÝCH POVRCHŮ, KTERÉ ZÍSKALY MATNOU ŠEDIVOU BARVU. JAKÉKOLIV ZMĚNY V PROGRAMU ÚPRAVY VODY NEBO V LIMITNÍCH HODNOTÁCH BY MĚLY BÝT PROVÁDĚNY POZVOLNA A POSTUPNĚ, ZA SOUČASNÉHO DOKUMENTOVÁNÍ DOPADŮ PROVEDENÝCH ZMĚN NA PASIVOVANÉ POZINKOVANÉ POVRCHY.

- U ODPAROVACÍHO CHLADÍČÍHO ZAŘÍZENÍ S POZINKOVANÝMI POVRCHY MATERIÁLŮ, KTERÉ PRACUJE V KTERÉMKOLIV OBDOBÍ S NIŽŠÍ HODNOTOU PH VODY NEŽ 6,0, MŮŽE DOJÍT K ÚPLNÉMU ZNIČENÍ OCHRANNÉ ZINKOVÉ VRSTVY.
- U ODPAROVACÍHO CHLADÍČÍHO ZAŘÍZENÍ S POZINKOVANÝMI POVRCHY MATERIÁLŮ, KTERÉ PRACUJE V KTERÉMKOLIV OBDOBÍ S VYŠŠÍ HODNOTOU PH VODY NEŽ 9,0, MŮŽE DOJÍT K DESTABILIZACI PASIVOVANÉHO POVRCHU A VZNIKU "BÍLÉ KOROZE".
- POKUD SE KDYKOLIV V PRŮBĚHU PROVOZNÍ ŽIVOTNOSTI ZAŘÍZENÍ ZJISTÍ JEHO ZHORŠENÝ STAV, PŘI KTERÉM DOCHÁZÍ K DESTABILIZACI PASIVOVANÉHO POZINKOVANÉHO POVRCHU, MŮŽE BÝT PROVEDENA REPASIVACE.

Děkuji za pozornost

www.ingmatejcek.cz