



PŘÍSTROJOVÉ SYSTÉMY

Elektrické rozváděče NN

Oteplení v důsledku výkonových ztrát el. přístrojů

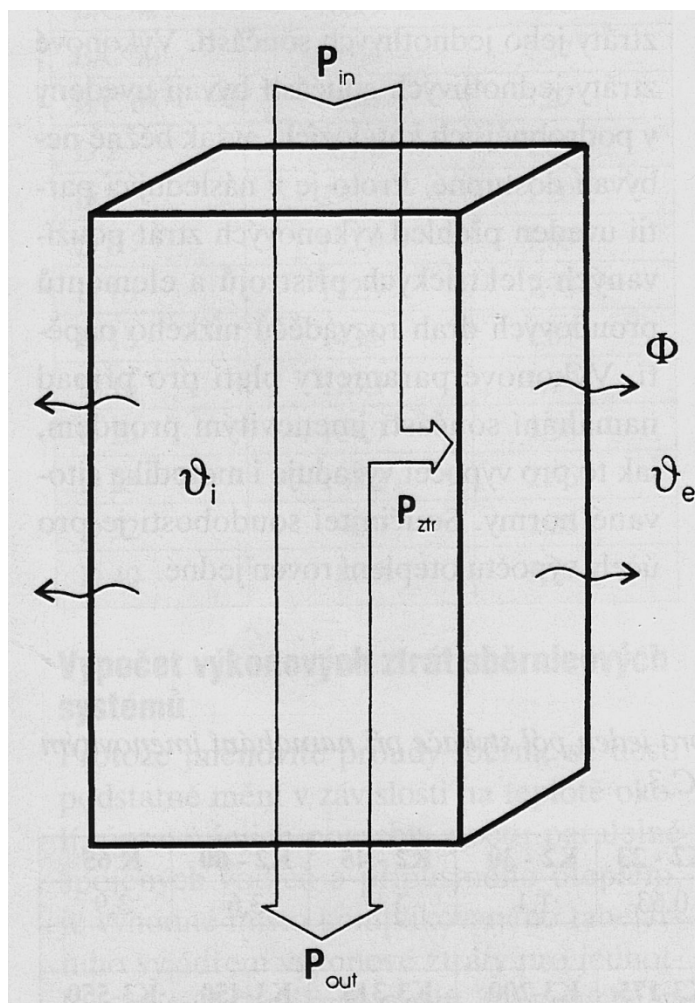


Aktivní řízení teploty elektrických rozváděčů

- **Vnitřní teplota rozváděče jako důležitý faktor spolehlivosti**
- **Samovolný odvod tepla na základě teplotního rozdílu**
- **Aktivní metody odvodu tepla z rozváděče**
 - Ventilace
 - Výměníky vzduch-vzduch
 - Výměníky vzduch-voda
 - Kompresorové chladicí agregáty
 - Volba chladicího systému dle nároků na odvod tepelného výkonu



Výkonové a energetické ztráty v elektrických rozvaděčích vyvolané ztrátami instalovaných přístrojů



$$P = R \cdot I^2 \quad / \text{W}; \Omega, \text{A} / \quad (1)$$

$$E = P \cdot t \quad / \text{J}; \text{W}, \text{s} / \quad (2)$$

P_{in} ... elektrický výkon, vstupující do rozvaděče /W/

P_{ztr} ... ztrátový výkon vnitřního vybavení rozvaděče /W/

P_{out} ... elektrický výkon, vystupující z rozvaděče /W/

v_i ... vnitřní teplota /°C/

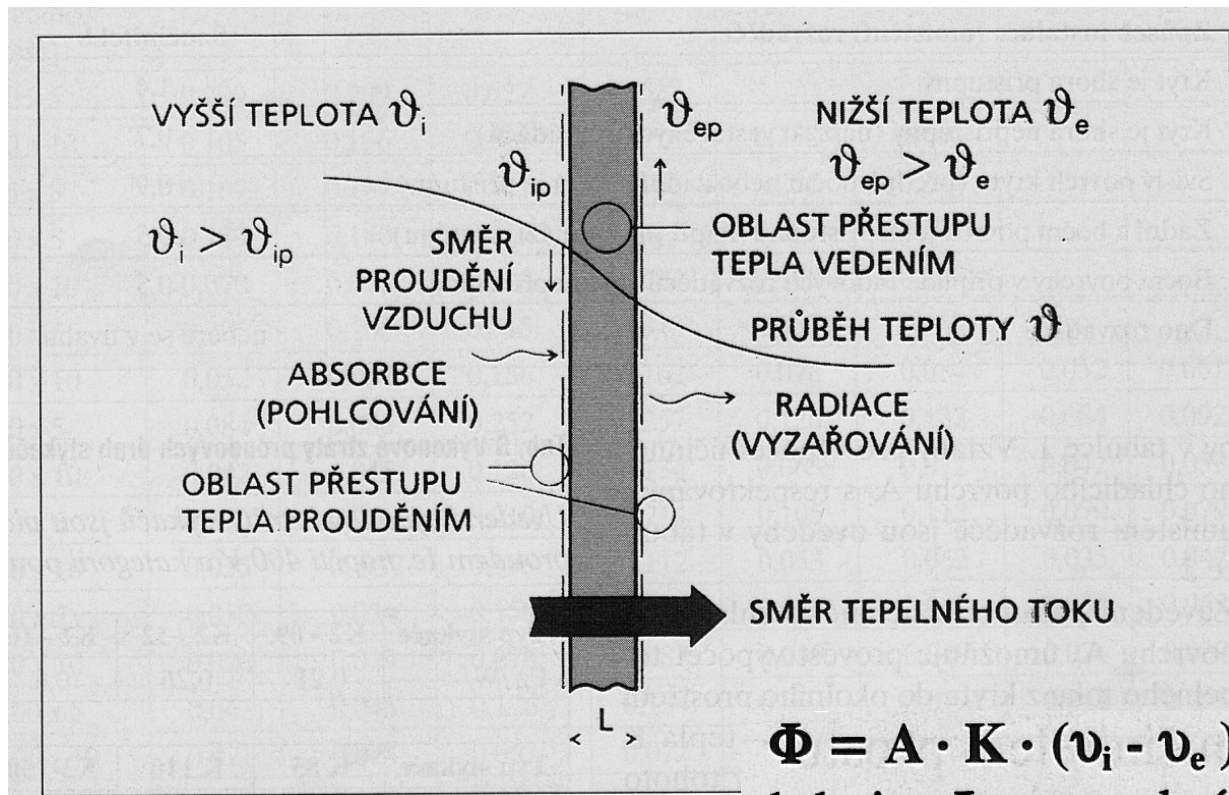
v_e ... vnější teplota /°C/

v_{ip} ... teplota vnitřního povrchu krytu /°C/

v_{ep} ... teplota vnějšího povrchu krytu /°C/

Φ ... tepelný tok /W/

Tepelný tok stěnou rozváděče



$$\Phi = A \cdot K \cdot (v_i - v_e) \quad (3)$$

kde je Φ ... tepelný tok /W/

A ... plocha rozhraní /m²/

K ... součinitel prostupu
tepla /W m⁻² K⁻¹/

v_i ... teplota vnitřního prostředí /°C/

v_e ... teplota vnějšího prostředí /°C/



S ohledem na možnost chlazení povrchu jednotlivých stěn rozvaděče lze stanovit „součinitel povrchu“, vyjadřující možnosti ochlazování příslušných ploch a stanovení efektivního ochlazovacího povrchu A_e celé skříně.

$$A_e = \sum_{i=1}^{i=n} A_{0i} b_i \quad (4)$$

Tab. 1 Součinitele povrchu b pro různé způsoby instalace rozvaděče

Způsob instalace (umístění) rozvaděče	Součinitel b
Kryt je shora přístupný	1,4
Kryt je shora nepřístupný (např. u vestavěných rozvaděčů)	0,7
Svislý povrch krytu (přední, boční nebo zadní panel) je přístupný	0,9
Zadní a boční povrch je nepřístupný (např. při montáži na stěnu)	0,5
Boční povrchy v případě řadových rozvaděčů jsou nepřístupné	0,5
Dno rozvaděče	nebere se v úvahu

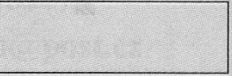

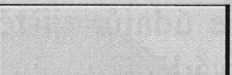

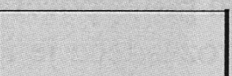
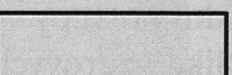

$$\Phi = A_e \cdot K \cdot (v_i - v_e) \quad (5)$$

Tepelný tok Φ je v ustáleném tepelném stavu číselně roven ztrátovému výkonu rozvaděče P .

Stanovení účinného ochlazovacího povrchu skříně rozváděče s ohledem na způsob jeho zástavby



Tab. 2 Účinný chladicí povrch krytu pro různé způsoby zástavby rozváděče B ... šířka krytu, H ... výška krytu, T ... hloubka krytu.

Symbol	Způsob zástavby Vztah pro výpočet účinného chladicího povrchu A_e
	Samostatné kryty přístupné ze všech stran $A_e = 1,8 \cdot H \cdot (B + T) + 1,4 \cdot B \cdot T$
	Samostatné kryty pro montáž ke zdi $A_e = 1,8 \cdot T \cdot H + 1,4 \cdot B \cdot (H + T)$
	Samostatný kryt umístěný bokem ke zdi $A_e = 1,4 \cdot T \cdot (H + B) + 1,8 \cdot B \cdot H$
	Samostatný kryt umístěný v rohu $A_e = 1,4 \cdot H \cdot (B + T) + 1,4 \cdot B \cdot T$
	Volně stojící řadový rozváděč $A_e = 1,8 \cdot B \cdot H + 1,4 \cdot B \cdot T + T \cdot H$
	Řadový rozváděč pro montáž do zdi (vrch přístupný) $A_e = 1,4 \cdot B \cdot (H + T) + T \cdot H$
	Řadový rozváděč pro montáž do zdi (vrch nepřístupný) $A_e = 1,4 \cdot B \cdot H + 0,7 \cdot B \cdot T + T \cdot H$



Typické hodnoty součinitele přestupu tepla pro oceloplechovou a plastovou skříň rozváděče

pro oceloplechový kryt rozváděče

$$K_{\text{Fe}} \cong 5,5 \quad / \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1} /$$

pro plastový kryt rozváděče

$$K_{\text{Plast}} \cong 3,5 \quad / \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1} /$$

Protože tepelný tok Φ je v ustáleném tepelném stavu číselně roven ztrátovému výkonu rozváděče P , lze na základě určení ekvivalentní ochlazovací plochy A_e , součinitele přestupu tepla stěnou rozváděče K a teplotního spádu mezi vnitřním a vnějším prostředím rozváděče **vypočítat oteplení vnitřního prostředí rozváděče dle vztahu 5.**

$$\Phi = A_e \cdot K \cdot (v_i - v_e) \quad (5)$$



Určení ztrátového výkonu rozváděče

$$P = \sum_{i=1}^n P_i$$

Kde P_i jsou jmenovité ztrátové výkony jednotlivých součástí rozváděče (ztrátový výkon součásti při namáhání jejím jmenovitým proudem).

V případě, kdy pasivní přestup tepla mezi vnitřním a vnějším prostředím rozváděče nestačí zajistit požadovanou vnitřní teplotu, je nutné přistoupit k aktivnímu řízení teploty vnitřního prostředí elektrických rozváděčů.



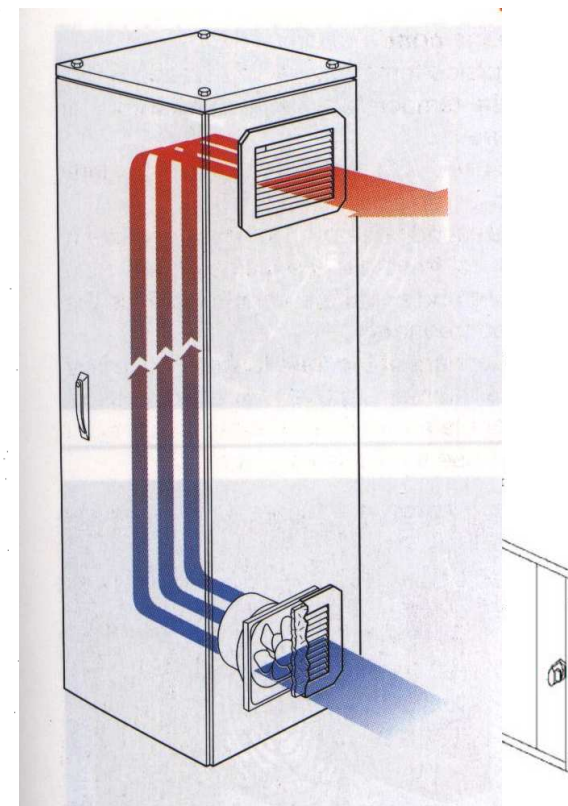
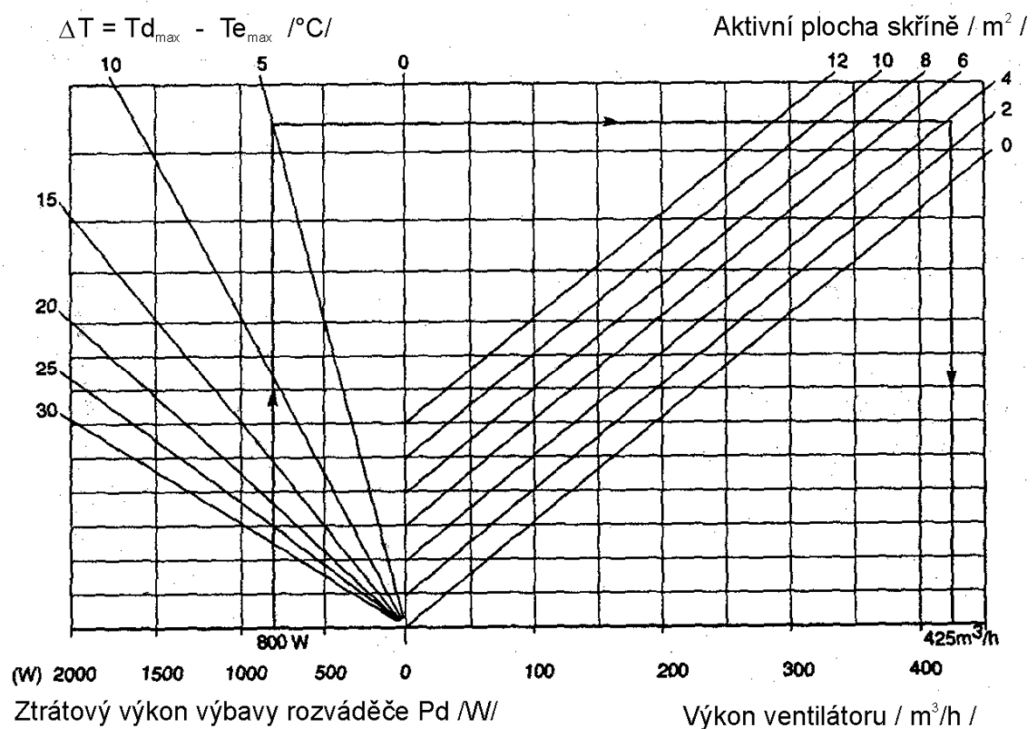
Aktivní řízení teploty elektrických rozváděčů

Nucené větrání - použitelné do $T_{d \max} - T_{e \max} = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$

Výchozí parametry návrhu:

Ztrátový výkon výbavy rozváděče (P_d), rozdíl $T_{d \max} - T_{e \max}$,

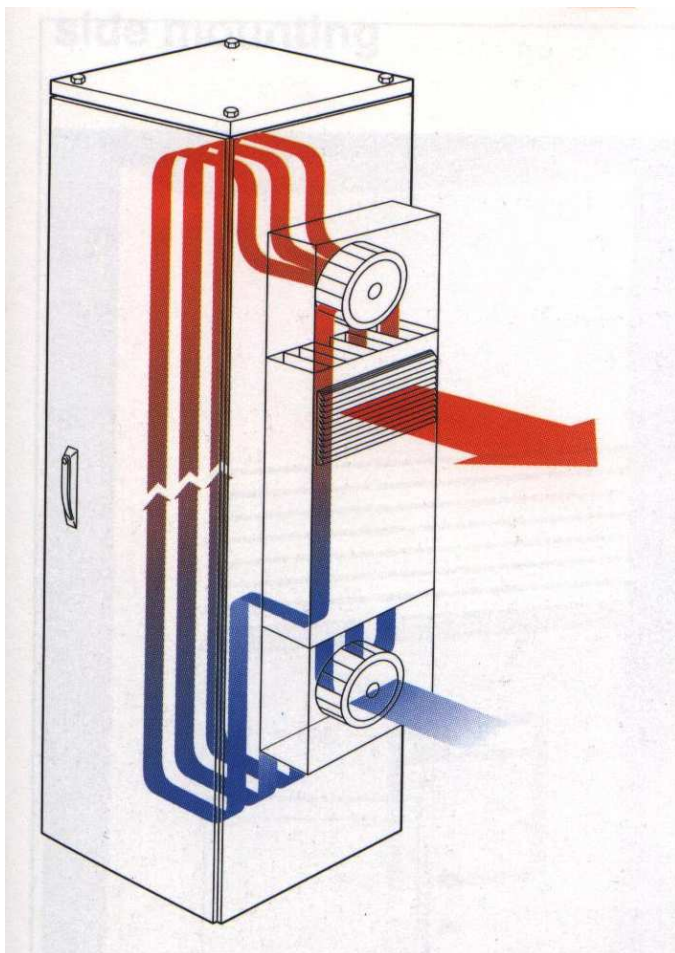
Aktivní ochlazovací povrch rozváděče (A_e)





Aktivní řízení teploty elektrických rozváděčů

Tepelné výměníky vzduch/vzduch

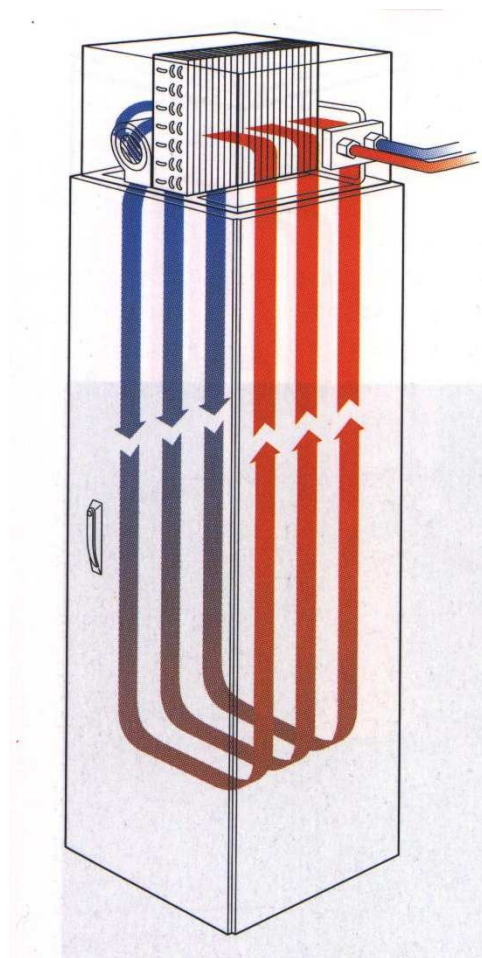




Aktivní řízení teploty elektrických rozváděčů

Tepelné výměníky vzduch/voda

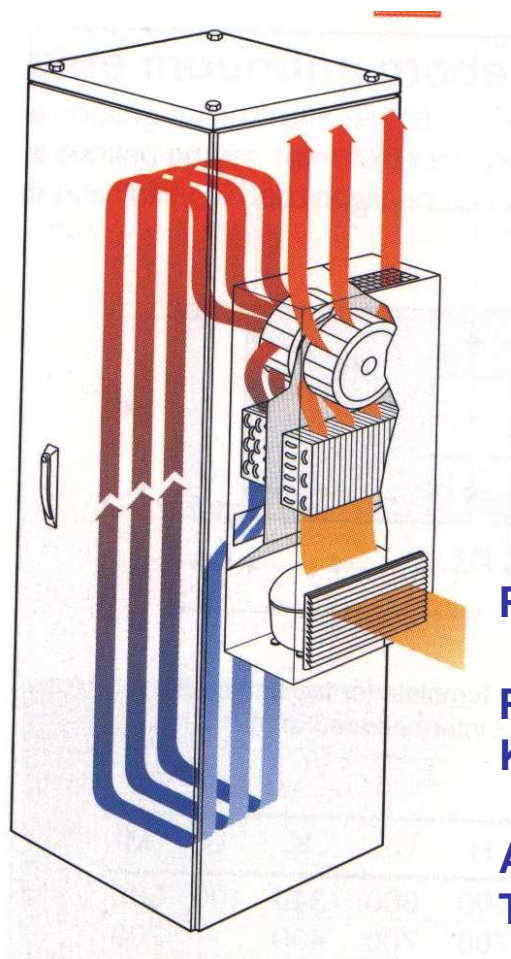
- + Velký chladicí výkon
- + Dokonalé krytí rozváděče
- Náročné vodní hospodářství





Aktivní řízení teploty elektrických rozváděčů

Chladicí jednotky



$$P_{sis} = P_d - K A_s (T_d \max - T_e \max)$$

P_d ztrátový výkon výbavy rozváděče /W/

K koeficient přestupu tepla stěnou rozváděče
/W m⁻² °C⁻¹/

A_e Účinný chladicí povrch rozváděče /m²/

$T_d \max$. Maximální přípustná teplota uvnitř
rozdávěče /°C/

$T_e \max$. Maximální teplota okolního vzduchu /°C/



Stanovení chladicího výkonu a způsobu chlazení

Výchozí parametry

- Účinná chladicí plocha skříně rozváděče
- Ztrátový výkon výstroje rozváděče
- Teplotní parametry okolního prostředí
- Přípustný rozsah vnitřních provozních teplot
- Výsledná teplota uvnitř rozváděče dosažená pasivním chlazením

Porovnání přípustných provozních teplot a teplot dosažených pasivním chlazením

- Stanovení chladicího resp. topného výkonu
- Výběr chladicího zařízení



Aktivní řízení teploty elektrických rozváděčů

Aby nedocházelo ke kondenzaci par ze vzduchu na povrchu součástí rozváděče, je nutné jejich teplotu udržovat nad rosným bodem. (To znamená v případě potřeby i v rozvaděči topit – většinou u venkovních rozváděčů).

Teploty rosného bodu pro zadanou relativní vlhkost a teplotu vzduchu

Teplota vzduchu / C/		20	25	30	35	40	45	50	55
Relativní vlhkost prostředí (%)	40	6	11	15	19	24	28	33	37
	50	9	14	19	23	28	32	37	41
	60	12	17	21	26	31	36	40	45
	70	14	19	24	29	34	38	43	48
	80	16	21	26	31	36	41	46	51
	90	18	23	28	33	38	43	48	53
	100	20	25	30	35	40	45	50	55



Aktivní řízení teploty elektrických rozváděčů

Parametry okolního prostředí

Maximální a minimální teplota, vlhkost vzduchu a rosný bod

	Typické hodnoty
T_{emax} Maximální teplota okolního vzduchu /°C/	35 °C
T_{emin} Minimální teplota okolního vzduchu /°C/	15 °C
H_r Střední relativní vlhkost /%/	70 %
T_r Teplota rosného bodu /°C/	29 °C



Aktivní řízení teploty elektrických rozváděčů

Teploty uvnitř rozváděče při pasivním chlazení

Maximální a minimální vnitřní teplota rozváděče stanovená výpočtem

$$T_{i_{\max}} = \frac{P_d}{K A e} + T_{e_{\max}}$$

$$T_{i_{\min}} = \frac{P_d}{K A e} + T_{e_{\min}}$$

K /W m⁻² C⁻¹/	Materiál skříně rozváděče
5,5	Ocelová skříň natřená
3,5	Polyesterová skříň
3,7	Nerezová skříň
12	Hliník



Aktivní řízení teploty elektrických rozváděčů

Zajištění minimální vnitřní teploty rozváděče

$T_{d_{\min}} < T_{i_{\min}}$	$T_{d_{\min}} > T_{i_{\min}}$
<p>Není zapotřebí žádná regulace teploty. Požadovaná minimální teplota vnitřního prostředí rozváděče je nižší než pasivním způsobem dosažená minimální vnitřní teplota rozváděče</p>	<p>Potřeba aktivního řízení teploty Hrozí podchlazení vnitřního prostoru rozváděče. Je potřebný dodatečný ohřev.</p> <p>Výkon topného zařízení při nepřetržitém provozu rozváděče: $P_{\text{sis}} = K \cdot A_e \cdot (T_{d_{\min}} - T_{e_{\min}}) - P_d$</p> <p>Při přerušovaném provozu: $P_{\text{sis}} = K \cdot A_e \cdot (T_{d_{\min}} - T_{e_{\min}})$</p>



Aktivní řízení teploty elektrických rozváděčů

Omezení maximální vnitřní teploty rozváděče

$T_{d_{\max}} < T_{i_{\max}}$	$T_{d_{\max}} > T_{i_{\max}}$
<p>Potřeba aktivního řízení teploty</p> <p>Nutná dodatečná ventilace, resp. doplňkové chlazení s výměníkem tepla či chladicí jednotkou.</p> <p>$P_{\text{sis}} = P_d - K \cdot A_e \cdot (T_{d_{\max}} - T_{e_{\max}})$</p>	<p>Není zapotřebí žádná regulace teploty.</p> <p>Přípustná maximální teplota vnitřního prostředí rozváděče je vyšší než pasivním způsobem dosažená maximální vnitřní teplota rozváděče</p>



Výběr chladicího, respektive topného zařízení

Nucená cirkulace vzduchu			
Teplotní podmínky	Řešení	Přednosti	Omezení
Omezení lokálního přehřívání	Instalace vnitřního ventilátoru pro nucenou cirkulaci vzduchu uvnitř rozváděče	Velmi jednoduché a ekonomické řešení beze změny IP skříně	Relativně malé zvýšení odvodu tepla



Aktivní řízení teploty elektrických rozváděčů

Aktivní chlazení			
Teplotní podmínky	Řešení	Přednosti	Omezení
Výsledná maximální teplota $T_{d_{max}}$ uvnitř rozváděče přinejmenším o 5 C vyšší než maximální teplota okolního prostředí $T_{d_{max}} \geq T_{e_{max}} + 5 \text{ C}$	Zvětšit rozměry skříně rozváděče	Relativně snadné řešení bez nutnosti instalace dodatečného zařízení	Zvětšení rozměru zařízení
	Doplnění ventilačního větráku	Velmi ekonomické řešení bez nutnosti složité údržby, snadná realizace	Relativně nízká účinnost chlazení, omezení stupně krytí (IP)
	Nucená ventilace chladným vzduchem	Ekonomické řešení při relativně intenzivní výměně tepla	Vyžaduje pravidelnou údržbu filtrů, omezení stupně krytí (IP)
	Použití tepelného výměníku vzduch/vzduch	Snadná instalace, vysoký výkon tepelné výměny i při vysoké teplotě okolního prostředí	Vyžaduje pravidelnou údržbu filtrů



Aktivní řízení teploty elektrických rozváděčů

<p>Požadovaná výsledná teplota uvnitř rozváděče $T_{d_{max}}$ nižší než maximální teplota okolí $T_{e_{max}}$ zvýšená o 5 C</p>	<p>Použití chladicí jednotky</p>	<p>Snadná instalace, vysoký chladicí výkon i při vysoké teplotě okolního prostředí</p>	<p>Vyžaduje Pravidelnou údržbu filtrů, maximální teplota okolního prostředí 55 C</p>
<p>$T_{d_{max}} \leq T_{e_{max}} + 5 \text{ C}$</p>	<p>Použití výměníku vzduch/voda</p>	<p>Snadná instalace, vysoký výkon tepelné výměny i při vysoké teplotě okolního prostředí. Nevyžaduje žádný vzduchový filtr</p>	<p>Vyžaduje dostatečně dimenzovaný přívod chladicí vody</p>



Aktivní řízení teploty elektrických rozváděčů

Topení			
Teplotní podmínky	Řešení	Přednosti	Omezení
Teplota okolního prostředí nižší než požadovaná minimální teplota uvnitř rozváděče, Možnost kondenzace vodních par	Použití odporového topného tělesa	Ekonomické a spolehlivé řešení	Zvýšená spotřeba energie, vyšší nároky na vnitřní prostor rozváděče
	Použití odporového topného tělesa pro ohřev nad teplotu rosného bodu	Ekonomické a spolehlivé řešení, umožňující ovládání vlhkosti vnitřního prostoru rozváděče	Zvýšená spotřeba energie, vyšší nároky na vnitřní prostor rozváděče



Závěr

S použitím moderních prostředků pro řízení teploty lze řešit rozváděče pro nejnáročnější teplotní podmínky I v našich zeměpisných podmínkách existuje řada průmyslových provozů, v nichž nevystačíme s pasivními metodami chlazení, ať již z důvodů vysoké okolní teploty nebo velkého ztrátového výkonu vybavení rozváděče. To je aktuální zejména při osazení skříně výkonovými polovodičovými spínači či měniči.



Aktivní řízení teploty elektrických rozváděčů

KONEC