

Zlepšení chlazení stojanů použitím zaslepovacích panelů

Neil Rasmussen

White Paper č. 44

APC[®]
Legendary Reliability[®]

Resumé

Nevyužitý vertikální prostor v otevřených stojanech a stojanových skříních způsobuje neomezenou výměnu teplého vzduchu a vede ke zbytečnému ohřívání zařízení. Tento problém lze omezit použitím zaslepovacích panelů. V tomto dokumentu je popsán a kvantifikován vliv zaslepovacích panelů na výkon chladicího systému.

Úvod

Zařízení IT montovaná do stojanů se chladí nasáváním okolního vzduchu z datového střediska nebo síťového sálu. Jestliže se může odváděný ohřátý vzduch vracet do sacího vstupu zařízení, může docházet k nežádoucímu přehřívání. Datová střediska a síťové sály by měly být navrženy tak, aby do zařízení nemohl být nasáván ohřátý vzduch. Toho lze dosáhnout běžně používanými instalačními postupy nebo použitím speciálně navržených systémů.

V samotném stojanu existuje možnost návratu odváděného teplého vzduchu do přívodu vzduchu k zařízení. Dochází k tomu zejména v případě, kdy se odváděný teplý vzduch vrací do přívodu nad nebo pod zařízením. Tento jev, který si uživatelé příliš neuvědomují, je hlavní příčinou přehřívání zařízení v datových střediscích.

Tento dokument objasňuje příčiny tohoto problému, uvádí příklady jeho účinků a dokazuje, že uvedený problém značně zhoršuje chlazení zařízení. Dále jsou zde popsány a kvantifikovány výhody použití zaslepovacích panelů k omezení tohoto problému.

Zpětná cirkulace odváděného vzduchu

Výrobci zařízení IT jsou si vědomi problému přehřívání způsobeného zpětnou cirkulací odváděného vzduchu a výhod použití zaslepovacích panelů a sami uživatelé upozorňují na nezbytnost jejich použití. Následující výňatek je převzat z instalační příručky k serveru Compaq:

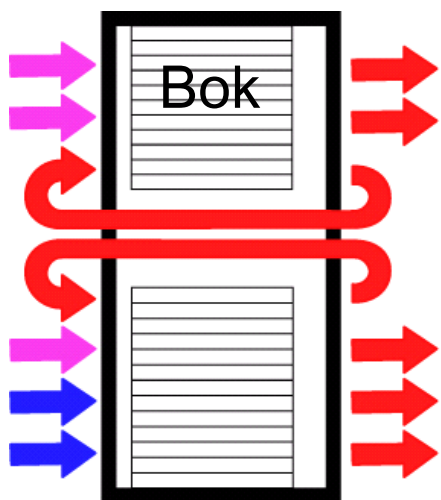
Zaslepovací panely

UPOZORNĚNÍ: Vždy používejte zaslepovací panely k vyplnění prázdného svislého prostoru ve stojanu, aby bylo zajištěno náležité proudění vzduchu. Při použití stojanu bez zaslepovacích panelů dochází k nedostatečnému chlazení, které může vést k tepelnému poškození. Není-li některý svislý prostor ve stojanu vyplněn komponentami, dojde ke změně proudění vzduchu ve stojanu a mezi komponentami. Zakryjte tento volný prostor zaslepovacími panely, aby bylo zajištěno náležité proudění vzduchu.

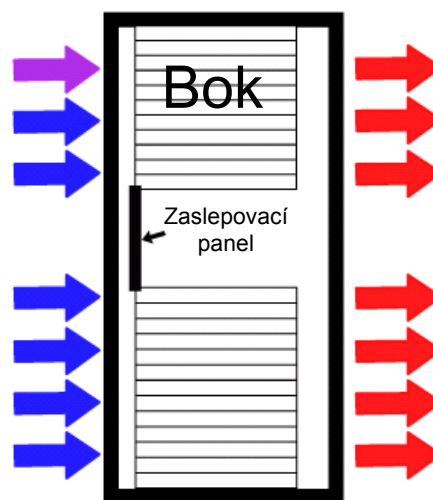
Na **obrázku 1** je uveden příklad proudění vzduchu v typickém stojanu. **Obrázek 1A** znázorňuje proudění vzduchu bez nainstalovaných zaslepovacích panelů. Na **obrázku 1B** je ilustrována změna proudění vzduchu po instalaci zaslepovacích panelů.

Obrázek 1: Schéma proudění vzduchu ve stojanu se znázorněním účinku zaslepovacích panelů

1A: Bez zaslepovacích panelů



1B: Se zaslepovacími panely



Jestliže není zabráněno zpětné cirkulaci vzduchu a jejím vlivem dochází k přehřívání, pak jediným praktickým řešením tohoto problému je snížit teplotu vzduchu přiváděného do místnosti a pokusit se tak nepříznivý účinek vyrovnat. Tím však dochází ke snížení účinnosti klimatizace, zvýšené kondenzaci par v klimatizaci a k potřebě dodatečného zvlhčování. Tyto důsledky mohou vést ke značnému nárůstu nákladů na elektrickou energii a mohou způsobit nepohodlí personálu datového střediska.

Proč nejsou zaslepovací panely běžně používány?

Zaslepovací panely nejsou běžně používány ze dvou hlavních důvodů. Prvním je neznalost. Mnozí lidé nerozumí správně úloze, kterou má zaslepovací panel ve stojanu. Někteří se domnívají, že plní jen estetický účel. Tento dokument by měl tuto problematiku objasnit prostřednictvím výsledků experimentů.

Druhým důvodem je obtížnost instalace. K instalaci starších typů zaslepovacích panelů jsou nutné čtyři šrouby, čtyři průchodky a čtyři matice se čtvercovou korunkou. Montáž stojanu je tak časově náročnější a obtížnější. Lidská chyba je při instalaci šroubovacích zaslepovacích panelů závažným problémem, protože panely a malé matice a šrouby jsou často upuštěny v blízkosti aktivních zařízení a může tak docházet k výpadkům. Starší typy šroubovacích zaslepovacích panelů jsou dále typicky dodávány v sadách pro různé výšky zařízení U. Sada může například obsahovat panely o výšce 1, 2, 4 a 8U. Tím dochází ke komplikacím, protože je nutné brát do úvahy správnou celkovou výšku U a také správnou kombinaci velikostí panelů k vyplnění požadovaného prostoru. Tyto faktory mohou zpomalit časově citlivý proces instalace nebo aktualizace datového střediska.

Zaslepovací panely, které lze zasunout do libovolného stojanu se čtvercovými otvory a nainstalovat bez použití nástrojů, podstatně snižují časové a pracovní náklady související s instalací panelů. Standardizací velikosti panelu 1U lze stojany snadno zaplnit a není nutné dělit prázdný prostor mezi panely velikostí 1, 2, 4 a 8U. Pokud je například nutné ve stojanu zaplnit prostor 3U a k dispozici jsou pouze dva panely 2U, nelze prostor dostupným materiálem zaplnit. Před dokončením instalace by bylo nutné počkat na dodání panelů 1U.

Příkladem řešení, které splňuje uvedené požadavky, je zaslepovací panel APC AR8136BLK znázorněný na **obrázku 2a a 2b**.

Obrázek 2a: *Příklad modulárního zásuvného zaslepovacího panelu*



Obrázek 2b: *Prvek zaslepovacího panelu umožňující zasunutí a přichycení*



Uvažujme náklady na materiál a práci při instalaci zaslepovacích panelů v datovém středisku se 100 stojany za předpokladu, že v každém stojanu je průměrně 10U volného místa (celkem 1000U zaslepovacích panelů). **Tabulka 1** obsahuje srovnání nákladů na instalaci zásuvných panelů 1U a šroubovacích panelů staršího typu různých velikostí. Úspory nákladů na materiál jsou přibližně 41 %, nákladů na práci 97 % a celková úspora nákladů při použití zásuvných zaslepovacích panelů je 48 %.

Tabulka 1: Analýza nákladů na zaslepovací panely pro datové středisko se 100 stojany

	Zásuvné zaslepovací panely 1U	Šroubované zaslepovací panely				
		Kombinovaná sada	Zaslepovací panely 1U	Zaslepovací panely 2U	Zaslepovací panely 4U	Zaslepovací panely 8U
Typická cena zaslepovacího panelu na 1U	\$4,00	\$4,67	\$12,00	\$7,25	\$6,13	\$4,00
Cena zaslepovacích panelů pro 1000U	\$4.000,00	\$4.666,67	\$12.000,00	\$7.250,00	\$6.125,00	\$4.000,00
Průměrná doba instalace jednoho zaslepovacího panelu (sekundy)	4,3	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0
Doba instalace 1000U zaslepovacích panelů (hodiny)	1,2	22,2	83,3	41,7	20,8	10,4
Náklady na instalaci 1000U při mzdových nákladech 25 \$/h	\$29,76	\$555,56	\$2.083,33	\$1.041,67	\$520,83	\$260,42
Náklady na materiál						
Celkové náklady na materiál pro zásuvné zaslepovací panely 1U	\$4.000,00					
Průměrné celkové náklady na materiál pro šroubované zaslepovací panely	\$6.808,33					
Mzdové náklady						
Celkové mzdové náklady pro zásuvné zaslepovací panely 1U	\$29,76					
Průměrné celkové mzdové náklady pro šroubované zaslepovací panely	\$892,36					
Úspora						
Úspora nákladů na materiál pro zásuvné zaslepovací panely 1U (%)	41,2%					
Úspora mzdových nákladů pro zásuvné zaslepovací panely 1U (%)	96,7%					
Instalace zásuvných zaslepovacích panelů 1U je v průměru 30 krát rychlejší než instalace šroubovaných panelů.						
Předpoklady analýzy						
Datové středisko se 100 stojany s průměrně 10U volného místa na stojan (požadováno 1000U zaslepovacích panelů)						
Doba instalace 42 zásuvných zaslepovacích panelů 1U: 3 minuty						
Doba instalace jednoho šroubovaného zaslepovacího panelu: 5 minut						
Šroubované zaslepovací panely mají 4 otvory na panel						
Kombinovaná sada obsahuje zaslepovací panely 1U, 2U, 4U a 8U (po jednom). Pro místo 1000U je použito 67 sad.						

Další faktory způsobující nevhodné proudění vzduchu

Chybějící zaslepovací panely v nevyužitém prostoru ve stojanech jsou jen jednou z cest umožňujících zpětnou cirkulaci odváděného vzduchu. Existují také určité typy zařízení montovaných do stojanů, které umožňují návrat odváděného teplého vzduchu do přední části stojanu. Některé typy stojanů navíc neoddelují priváděný a odváděný vzduch. Hlavní faktory vedoucí k úniku vzduchu a způsoby jejich omezení jsou shrnuty v **tabulce 2**. Tato tabulka může sloužit jako kontrolní seznam při auditu stávajících datových středisek nebo při vyhodnocení návrhů datových středisek a síťových sálů. Z **tabulky 2** vyplývá, že výběr zařízení, jako jsou stojany a monitory, by měl být prováděn s ohledem na proudění vzduchu ve stojanu. Dodržení principů uvedených v **tabulce 2** je nezbytnou podmínkou zajištění optimálního a spolehlivého chlazení stojanu.

Tabulka 2: Faktory vedoucí k přehřívání způsobenému zpětnou cirkulací vzduchu ve stojanu a způsoby jejich omezení

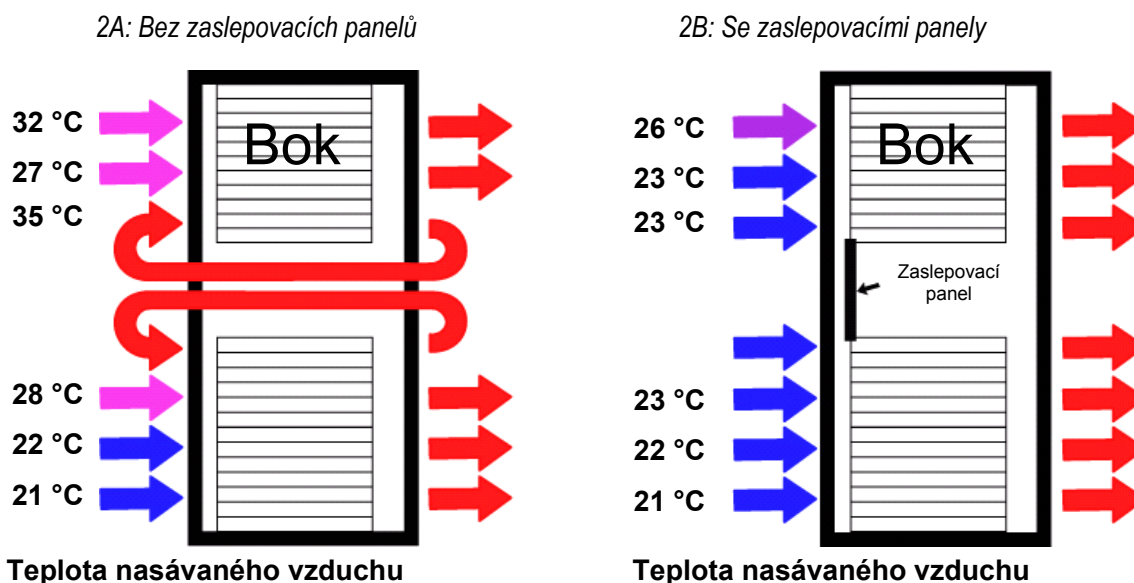
Působící faktor	Důsledek	Způsob omezení / kontrolní seznam
Nevyužité svislé místo ve stojanu	Otevřený prostor umožňuje návrat odváděného teplého vzduchu do přívodu vzduchu k zařízení a způsobuje tak přehřívání.	Použijte zaslepovací panely ve všech nepoužitých pozicích stojanu.
Nosníky stojanu odsazené od boční stěny skříně	Otevřený boční prostor umožňuje návrat odváděného teplého vzduchu do přívodu vzduchu k zařízení a způsobuje tak přehřívání.	Nepoužívejte stojany 23" (584 mm) s nosníky nastavenými na 19" (483 mm). Používejte stojany, ve kterých není volný prostor mezi nosníkem a stěnou skříně.
Monitory na policích	Otevřený prostor v okolí monitoru umožňuje návrat odváděného teplého vzduchu do přívodu vzduchu k zařízení a způsobuje tak přehřívání.	Používejte tenké vyklápěcí monitory LCD. Pro monitory CRT pořídte rámy montované do stojanu.
Servery typu tower na policích	Otevřený prostor v okolí serverů umožňuje návrat odváděného teplého vzduchu do přívodu vzduchu k zařízení a způsobuje tak přehřívání.	Používejte servery montované do stojanu. Poznámka: Hustota výkonu serverů typu tower ve stojanu je velmi nízká, což snižuje závažnost tohoto problému.
Svislý prostor ve stojanu použitý k průchodu kabelů z přední části stojanu do zadní části	Otevřený prostor v okolí kabelů umožňuje návrat odváděného teplého vzduchu do přívodu vzduchu k zařízení a způsobuje tak přehřívání.	Použijte zaslepovací panely vybavené pružným kartáčkem nebo štítkem, který umožňuje průchod kabelů a omezuje únik vzduchu.
Přední nebo zadní dvířka stojanu s omezenou ventilací	Odpor, který dvířka kladou proudění vzduchu, vytváří tlakový gradient, který zesiluje všechny předchozí účinky.	Používejte plně perforovaná přední a zadní dvířka. Nepoužívejte dvířka se skleněnou výplní nebo s nedostatečnou perforací.
Prostor mezi stojany	Otevřený prostor umožňuje návrat odváděného teplého vzduchu do přívodu vzduchu k zařízení a způsobuje tak přehřívání.	Je-li to možné, stavte stojany těsně vedle sebe.

Příklad z praxe

Kvantitativní přínos použití zaslepovacích panelů byl vyhodnocen měřením dopadu na skutečný stojan osazený servery za typických podmínek. Podmínky tohoto experimentu jsou popsány v **příloze A**.

Obrázek 3 ilustruje snížení nárůstu teploty vzduchu nasávaného do serveru díky instalaci zaslepovacího panelu.

Obrázek 3: Vliv instalace zaslepovacího panelu na teplotu vzduchu nasávaného do serveru



Údaje jsou shrnuty v **tabulce 3**. Z údajů vyplývá, že nejchladnější servery se nacházejí v dolní části stojanu a použití zaslepovacího panelu na ně nemá vliv. Nejteplejší server se nachází přímo nad nevyužitým a otevřeným svislým prostorem ve stojanu a po instalaci zaslepovacího panelu zde dochází ke snížení teploty o 11,1 °C.

Tabulka 3: Experimentálně získané údaje prokazující účinek zaslepovacích panelů na teplotu nasávaného vzduchu

Bez zaslepovacích panelů	35 °C – nejteplejší server	21 °C – nejchladnější server
Se zaslepovacími panely (stejný server)	23 °C	21 °C
Rozdíl teplot	12 °C	0 °C

Tento příklad řízeného experimentu představuje případ, kdy je vedle sebe v dlouhých řadách umístěn velký počet hustě obsazených stojanů. V praxi se vysoké stojany s vysokou hustotou výkonu často nacházejí v blízkosti stojanů s nízkou hustotou výkonu a často jsou používány v krátkých řadách. Snížení teploty použitím zaslepovacích panelů bude v těchto případech pravděpodobně menší. K potvrzení tohoto efektu byla provedena měření teplot ve skutečných síťových sálech s řadami stojanů o různé hustotě výkonu a s krátkými řadami. Ve všech případech bylo pozorováno snížení teploty vzduchu nasávaného do serverů díky použití zaslepovacích panelů k zakrytí sousedních nepoužitých svislých prostorů ve stojanu. Naměřené snížení teplot se pohybovalo od 2,8 °C do 8,3 °C.

Na základě porozumění principu zpětné cirkulace vzduchu a na základě výsledků experimentů lze přijmout následující všeobecné závěry:

- V reálných podmínkách lze použitím zaslepovacích panelů dosáhnout snížení provozní teploty zařízení IT až o 10 °C.
- Přínos z použití zaslepovacích panelů je největší u zařízení umístěných vedle a nad nevyužitým prostorem zakrytým zaslepovacím panelem.
- Použitím zaslepovacích panelů lze omezit přehřívání a problémy s místy s vysokou teplotou, ke kterým dochází v datových střediscích a síťových sálech.
- Po instalaci zaslepovacích panelů lze dosáhnout stejné teploty vzduchu přiváděného do serverů s vyšší výtokovou teplotou klimatizace, což vede k menšímu snižování vlhkosti vzduchu a vyšší účinnosti klimatizace.
- Pokyny výrobců zařízení k používání zaslepovacích panelů jsou opodstatněné.

Závěry

Zařízení IT umístěná do stojanů se mohou přehřívat, pokud odváděný ohřátý vzduch proudí zpět do přívodu vzduchu. Ve stojanu může nastat několik různých situací, které umožňují nebo dokonce podporují zpětnou cirkulaci vzduchu a následné přehřívání.

Při použití správně navrženého stojanu a zařízení montovaného do stojanu je hlavní příčinou zpětné cirkulace vzduchu volný prostor ve stojanu. Tento problém lze odstranit vyplněním volného prostoru zaslepovacími panely.

Tento dokument obsahuje kontrolní seznam položek, které je třeba vzít v úvahu při navrhování nového datového střediska nebo síťového sálu a které lze použít k auditu stávajícího datového střediska či síťového sálu. Při dodržení těchto pokynů lze podstatně omezit přehřívání způsobené zpětnou cirkulací vzduchu a zlepšit účinnost klimatizace.

Informace o autorovi:

Neil Rasmussen je zakladatel a hlavní technický ředitel společnosti American Power Conversion. Ve společnosti APC má Neil na starosti oddělení výzkumu a vývoje s největším rozpočtem na světě v oblasti napájení, chlazení a infrastruktury stojanů pro kritické sítě s hlavními vývojovými středisky ve státech Massachusetts, Missouri, Dánsko, Rhode Island, Tchaj-wan a Irsko. Neil je v současné době vedoucím činitelem v úsilí společnosti APC vyvíjet modulární škálovatelná řešení datových středisek.

Před založením společnosti APC v roce 1981 získal Neil diplom na univerzitě MIT v oboru elektrotechnika, kde zpracoval diplomovou práci na téma analýzy napájení 200 MW pro termionukleární reaktor Tokamak. Od roku 1979 do roku 1981 pracoval v institutu MIT Lincoln Laboratories na setrvačnickových systémech uložení energie a solárních napájecích systémech.

Příloha A: Popis podmínek experimentu

Cílem experimentu bylo vytvořit prostředí podobné skutečnému datovému středisku. Experiment byl proveden v samostatném stojanu s použitím 30 simulátorů serveru 1U. Každý simulátor serveru 1U se skládal ze skutečné serverové skříně 1U se zdrojem napájení a ventilátory, základní deska byla však nahrazena odporovou zátěží. Všechny simulované serverové zátěže byly nastaveny tak, aby spotřebovávaly 150 W. Všech 30 simulátorů serverů bylo umístěno do skříně 42U APC NetShelter VX o hloubce 1067 mm. Celkové zatížení bylo 4,5 kW. Simulátory byly uspořádány tak, že přibližně v polovině skříně byl ponechán souvislý volný prostor 11 U. Teplota přívodu vzduchu byla měřena v každém sedmém prostoru U počínaje druhým a konče čtyřicátým prvním prostorem.

Umístění pokusného stojanu v řadě stojanů bylo modelováno na základě předpokladu, že všechny stojany v řadě jsou shodné a že pokusný stojan se nachází přibližně uprostřed dlouhé řady. Jako přívod vzduchu je předpokládána pravidelná řada ventilačních dlaždic zvýšené podlahy před stojanem. V takovém případě se všechny vodorovné vektory gradientu tlaku vzduchu mezi sousedními stojany přibližně vyruší a příčný pohyb vzduchu mezi stojany bude přibližně nulový. Dále se předpokládá, že stojany se vyskytují v řadách se střídavě teplými a chladnými ostrůvky. Gradienty tlaku vzduchu mezi sousedními řadami se proto přibližně vyruší a příčný pohyb vzduchu mezi řadami napříč linií uprostřed mezi řadami je přibližně nulový. K simulaci uvedených podmínek datového střediska v laboratoři za použití jediného stojanu byly rozmístěny přepážky, jak je znázorněno na **obrázku A1**. Přepážky vyvažují gradienty tlaku vzduchu bez nutnosti instalace a zapojení velkého počtu stojanů.

Teplota vzduchu přiváděného do serverů byla měřena zařízením pro záznam dat Agilent 34970A s použitím termočlánků typu T s udávanou přesností $\pm 1,0$ °C. Termočlánky byly připevněny ve vzduchu 5 cm před přívodní mřížkou. Teplota vzduchu byla měřena u vstupního a výstupního otvoru přepážky, jak je znázorněno na **obrázku A1**.

Obrázek A1: Schéma experimentu

Teplota volného vzduchu na vstupu během experimentu byla 21 °C. Teplota vzduchu na výstupu během experimentu byla 35 °C.

