

Kapitola	Názov	Strana
9.1	ELEKTRONICKÉ RIADENIE CHLADIACEHO OKRUHU	1
9.1.1	Nástup elektroniky	1
9.1.2	Riadenie výparníkovej strany	1
9.1.3	Riadenie kondenzačnej strany	3
9.1.4	Riadenie chladiacich okruhov	5
9.1.5	Elektronické riadenie sústav chladiacich, klimatizačných zariadení	7

9.1.1 Nástup elektroniky

Cieľom riadenia chladiaceho okruhu je udržiavanie teplotnej, tlakovej, či vlhkosťnej úrovne a udržiavanie teplotných rozdielov. S nástupom elektroniky sa objavili i elektronické termostaty – tie jednoduché vykonávajú rovnaké funkcie ako mechanické termostaty, navyše je možné zobrazit' okamžitú teplotu chladenej látky. Z hľadiska zložitosti však pribudol vhodný transformátor a systém napájania elektronického termostatu, bez ktorého je tento prístroj nečinný. Mechanický termostat žiadne napájanie nepotrebuje. Prechod z mechanického riadenia okruhu, ktoré riešilo:

- Udržiavanie požadovanej teploty mechanickým termostatom.
- Riadenie odmrazovania časovým spínačom.

na elektronické riadenie výparníkovej strany je na obrázku.



Obrázok Prístroj mechanický a časový spínač zlúčené do jednoduchého elektronického termostatu na udržiavanie požadovanej teploty, časové odmrazovanie a zobrazenie nastavovaných parametrov a aktuálnej teploty

Riadenie chladiaceho okruhu rozlišujeme:

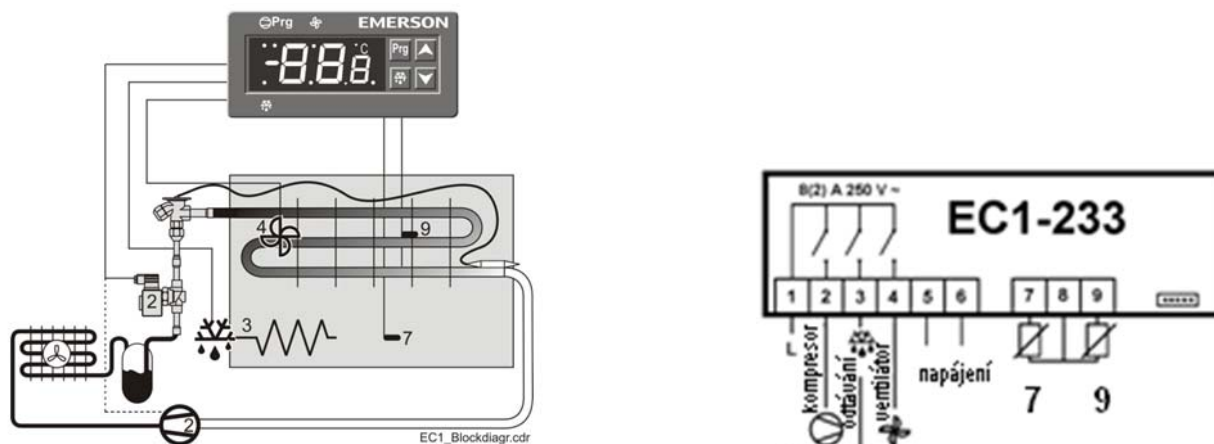
1. Na výparníkovej strane (i viacerých výparníkov, s viacerými podriadenými termostatmi).
2. Na kondenzačnej strane (i viacerých kondenzátorov s viacerými kompresormi).
3. Riadiaci systém chladiaceho okruhu, viacerých chladiacich okruhov i s viacerými kompresormi.
4. Vzdialené riadenie.

9.1.2 Riadenie výparníkovej strany

Elektronické riadenie ponúka zlučovanie viacerých funkcií do jedného prístroja bez toho, aby sa zväčšovali ich rozmery. To si však vyžaduje viac prvkov okrem elektronickej programovateľnej jednotky je potrebný minimálne jeden snímač teploty (tlaku, vlhkosti) a transformátor napätia. To znamená, že elektronické ovládanie si vyžaduje voči mechanickému navyše programovanie, napájací zdroj, viac prvkov, snímačov, čo môže ovplyvňovať prevádzkovú spoľahlivosť.



Obrázok Prvky elektronického riadenia tlakový, teplotný snímač, transformátor, snímač vlhkosti



Obrázok Jednoduché elektronické riadenie. Legenda: 1 – elektronický modul, 2 – kompresor, 3 – ohrevné teleso odmrazovania, 4 – ventilátor výparníka, 7 – priestorový snímač teploty, 9 – teplotný snímač odmrazovania

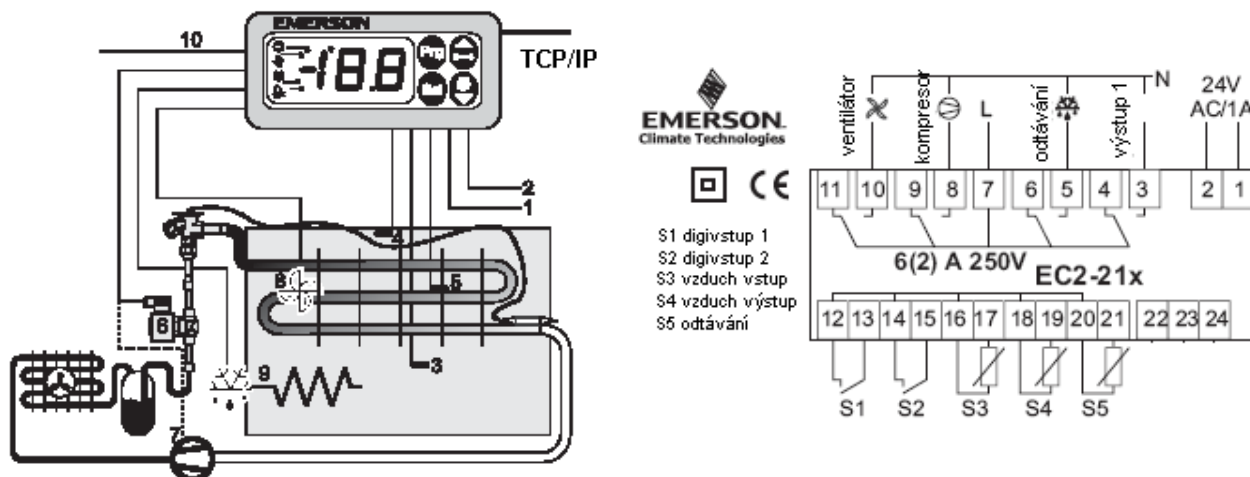
Je logické kombinovať napríklad riadenie odmrazovacieho režimu s riadením teploty chladeného priestoru v jednom termostate, ktorý tak zaisťuje, aby odmrazovanie neprebiehalo v čase chodu kompresorov. Zlodenie odmrazovacej fázy znamená i sledovanie dostatočného odvodu kondenzátu tak, aby nevymrzal kondenzát na ceste od teplo výmennej plochy do odpadu. Podľa teploty priestoru je možné používať rôzne spôsoby odmrazovania:

- prirodzené, alebo
- nútené

a tomu obvykle odpovedá i programové vybavenie príslušného termostatu, ale tiež počet a dimenzovanie vstupov a výstupov termostatu. Ak je chladený priestor udržiavaný na teplote okolo 0°C, je nutné použiť nútené odmrazovanie – napríklad elektrické a vhodný termostat vybaviť riadením aj ohrevného telesa. Taký typ termostatu kontroluje aj konečnú teplotu výmenníka tepla po odmrazení a celý systém je zložitejší ako v prípade popísanom v predchádzajúcom odstavci. Riadenia zahŕňa napríklad vstupy od priestorového a odmrazovacieho senzoru a výstupy pre kompresor, ventilátor výparníka a odmrazovacie ohrevné teleso, prípadne i alarmový výstup. Elektronické riadenie termostatu môže mať viac funkcií, pričom sa rozmery prístroja podstatne nemenia, pokiaľ je zachovaný odpovedajúci počet vstupov a výstupov. Podstatne sa však môže líšiť spôsob práce s termostatom – jeho nastavenie, skúšanie a prípadné zmeny riadiacich hodnôt. Spolu so zvýšením zložitosti ovládania sa objavuje nutnosť zabezpečenia programovacích funkcií proti neoprávnenému zásahu do nastavení, čo môže znížiť spoľahlivosť a životnosť ovládanej sústavy. Obvykle sa nastavovacie činnosti chránia vstupným heslom.

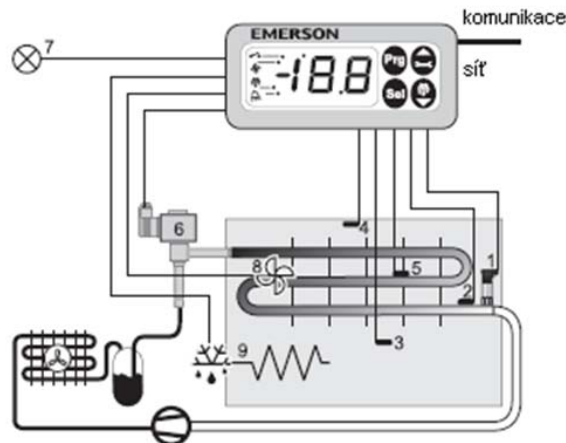
S rastom zložitosti ovládania sa zvyšuje pravdepodobnosť výskytu problémov z hľadiska spoľahlivosti elektronických súčiastok citlivých na preťaženie. Na druhej strane použitie elektronického riadiaceho termostatu je možné poistiť inými tlakovými, istiacimi prístrojmi.

Príkladom jednoduchého elektronického termostatu pre riadenie chladiaceho zariadenia môže byť prístroj s riadením teploty priestoru pomocou klasického vstrekovacieho a elektromagnetického ventilu.



Obrázok Schéma činnosti elektronického termostatu ALCO (EC2-211)

Teplotný senzor vzduchu (3) sníma teplotu vzduchu v chladenom priestore, ktorá slúži k riadeniu zariadenia podľa požadovanej teploty priestoru. Odmrazovací systém (9) je zapínaný podľa stavu námrazy na teplo výmennej plochy výparníka, alebo v nastavenom časovom intervale. Ukončenie odmrázovania sa riadi senzorom (5) umiestneným medzi lamelami výparníka. Prístroj ovláda chod kompresora (7) alebo elektromagnetického ventilu (6) a ventilátora (8) podľa dosiahnutej teploty priestoru. V prípade prerušenia napájania sústavy je ventil (6) vždy uzatvorený a teda i prúdenie chladiva do výparníka. Tým je znížená nutnosť používania odlučovača chladiva do satia kompresora.



Obrázok Elektronické riadenie s elektronickým expanzným ventilom. Legenda: 1- snímač tlaku v sní (vyparovací tlak), 2 – meranie teploty pár chladiva za výparníkom, 3 – priestorový riadiaci snímač teploty, 5 – priestorový riadiaci snímač teploty, 6 pulzný vstrekovací ventil, 7 – pomocný výstup (napríklad osvetlenie), 8 – ventilátor výparníka, 9 – ohrevné teleso odmrázovania

Popísaný prístroj rieši ovládanie nízkotlakej časti chladiaceho okruhu. Kondenzačná strana je riadená samostatne. V prípade vzduchom chladeného kondenzátora je vhodné udržiavať kondenzačný tlak na určitej minimálnej hodnote i v období nízkych teplôt okolia. To sa vykonáva obvykle tak, že príslušný ventilátor alebo aj viac ventilátorov fungujú metódou zapni/vypni v závislosti od kondenzačného tlaku. Pre riadenie ventilátorov je možné použiť ako mechanický, tak i elektronický presostat. Miesto skokovej zmeny otáčok ventilátora je možné ich riadiť elektronicky. V prípade vodného kondenzátora je takto možné ovládať čerpadlo chladiacej vody.

9.1.3 Riadenie kondenzačnej strany

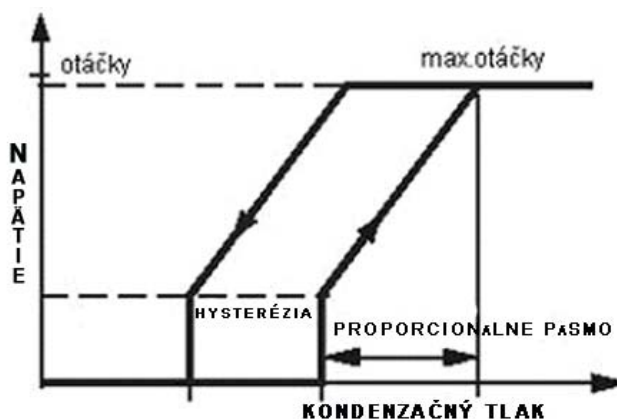
Je riešené pomocou presostatu, vodného ventilu, riadením otáčok ventilátora alebo čerpadla podľa kondenzačného tlaku. Typickým príkladom pre elektronickú reguláciu otáčok ventilátora je vzduchom chladený kondenzátor chladiaceho alebo klimatizačného zariadenia pri zmenách teploty okolia. Regulátor sa volí podľa najvyššieho prevádzkového prúdu elektrického motora. Snímač tlaku sa vyberie podľa druhu chladiva.

Elektrický motor ventilátora

Regulátory otáčok sú určené pre jednofázové i trojfázové motory (*nie všetky sú vhodné*), ktorých otáčky so súhlasom ich výrobcu sú regulované zmenou napätia striedavého prúdu. Triaková regulácia napätia nie je vhodná pre všetky motory. Najmä motory so slabšie dimenzovaným vinutím sa môžu prehrievaním poškodiť. Trojfázový regulátor otáčok nie je vhodný pre trojfázové motory s vnútorným zapojením do hviezdy s nepripojeným nulovým vodičom. Vlastnosti motora ovládaného regulátorom napätia sa v priebehu regulácie a zmenou napätia menia. Dôležitý vplyv má pomer medzi štartovacím a menovitým prúdom. Štartovací je násobne vyšší. Chladienie motora je menej účinné pri nižších otáčkach motora, odber energie je vyšší. Tieto vplyvy môžu spôsobiť prehrievanie motora. Je preto dôležité, aby regulovaný motor pre daný spôsob zmeny otáčok bol vhodný a bol istený proti prehriatiu.

Spôsob regulácie

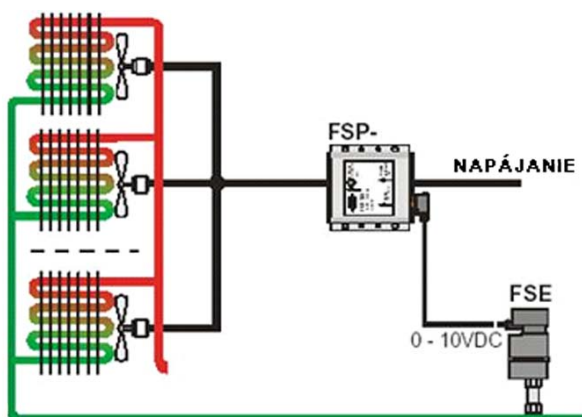
Je zrejmý z diagramu popisujúceho zmenu otáčok v závislosti od tlaku regulovaného média – chladiva. Krivka so šípkou smerom hore je spôsob zvyšovania otáčok pri vzostupe tlaku, šípka dole popisuje znižovanie otáčok pri poklese tlaku. Vstavaná hysteréza zaisťuje aby elektromotor – ventilátor necykloval. Pri určitom tlaku sa motor zastaví a pri vzostupe o cca 100 kPa nad vypínací tlak sa opäť rozbehne. Krátky rozbehový pulz pomáha rozbehu motoru – k prekonaniu trecích a zotrvačných síl. Regulačný rozsah otáčok je u trojfázového motora 20 až 100 % a u jednofázového 30 až 100 % z menovitých.



Obrázok Zmena otáčok v závislosti od tlaku regulovaného média

Použitie regulácie otáčok ventilátora na vzduchom chladenom kondenzátore prináša rad výhod :

- Kondenzačný tlak môže byť behom celého roku udržiavaný na vhodnej výške, nevyhnutnej pre správnu funkciu termostatického expanzného ventilu a tým i optimálneho využitia výparníka v rôznych podmienkach
- Udržovaním kondenzačného tlaku na vhodnej výške prináša i lepšie prevádzkové podmienky kompresora a tým zároveň energeticky výhodnú prevádzku.
- Hlučnosť zariadenia je možné upraviť vylúčením cyklovania zapínania a vypínania ventilátora, ktorá je nahradená plynulou zmenou otáčok.



Obrázok Zapojenie elektricky napájaného regulátora otáčok ventilátora (FSP) so snímačom kondenzačného tlaku (FSE)

Ovládanie skupín motorov – ventilátorov

Výkonový modul FSP umožňuje ovládať naraz viac motorov, pokiaľ ich celková záťaž neprekročí povolené maximum.

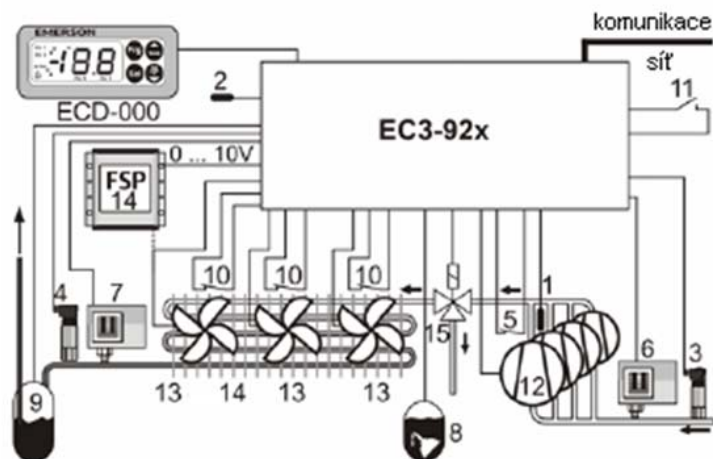
Spolupráca modulu FSP a FSE

Riadiace regulátory FSE sa dodávajú s rozsahom ovládaných tlakov odpovedajúcim určitým druhom chladív.

Moduly FSP sa líšia podľa typu elektromotora – jednofázový alebo trojfázový a podľa prúdového zaťaženia.

Iné možnosti ovládania otáčok motorov ventilátorov

Regulácia otáčok motora napätím je investične síce najmenej, ale energeticky najviac náročná. Preto sa vývoj uberať na motoroch na striedavé napätie smerom k frekvenčne riadeným otáčkám, a na motoroch na jednosmerné napätie k DC, EC-motorom s neodýmovými magnetmi a elektronicky riadenou komutáciou. Týmto motormi ventilátorov sa dá ušetriť oproti motorom s reguláciou napätím viac ako 35 % energie a znížiť hlučnosť, ale za cenu vyšších investičných nákladov. Návratnosť závisí od doby prevádzky ventilátorov za rok. Bližšie sú tieto systémy regulácie popísané pre elmotory kompresorov.

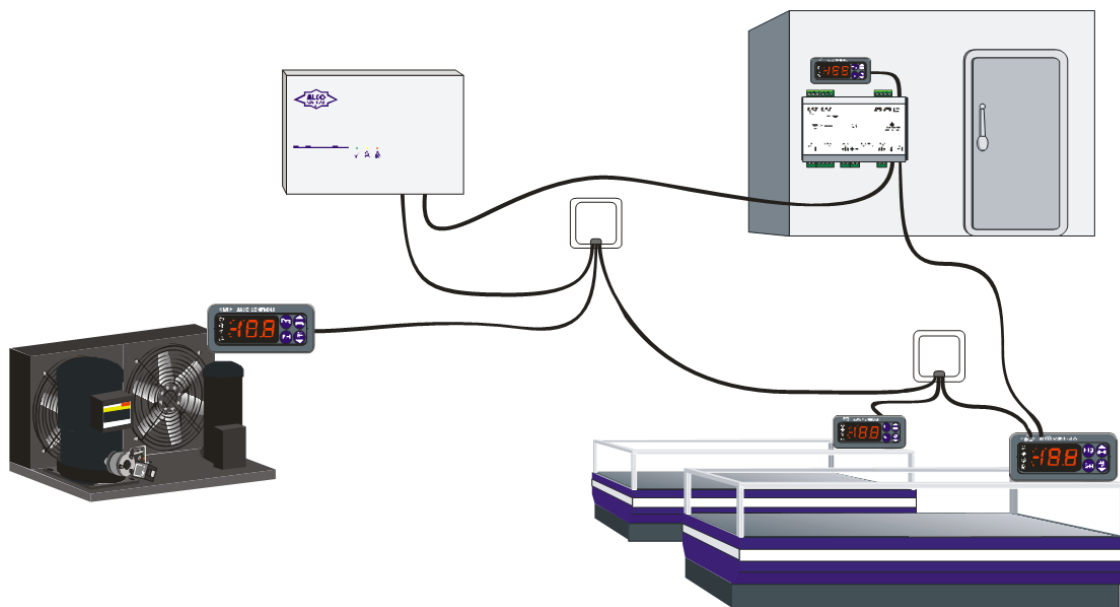


Obrázok Riadenie kondenzačnej jednotky jedným alebo viacerými kompresormi na základe sacieho tlaku. Legenda: 1 – teplota výtláčná, 2- teplota okolia, 3 – sací tlak, 4 – kondenzačný tlak, 5 – hlásenie porúch kompresorov, 6 – nízkotlaký presostat, 7- vysokotlaký presostat, 8 – snímanie hladiny oleja, 9 - snímanie hladiny v zberači chladiva, 10 – hlásenie porúch ventilátorov, 11 – požiadavka na spätné využitie tepla. Výstupy: 12 – povely pre 4 kompresory, 13 – povely pre 3 ventilátory, 14 – riadenie otáčok ventilátora(ov), 15- ovládanie elektromagnetickým ventilom obtok horúcich pár

Okrem samotného riadenia sa v zariadení objavujú i ďalšie elektronické riadené prvky – napríklad elektricky riadené regulačné ventily pre ovládanie vstreku chladiva, alebo udržovanie tlakov chladiva, prípadne hladiny chladiva v okruhu.

9.1.4 Riadenie chladiacich okruhov

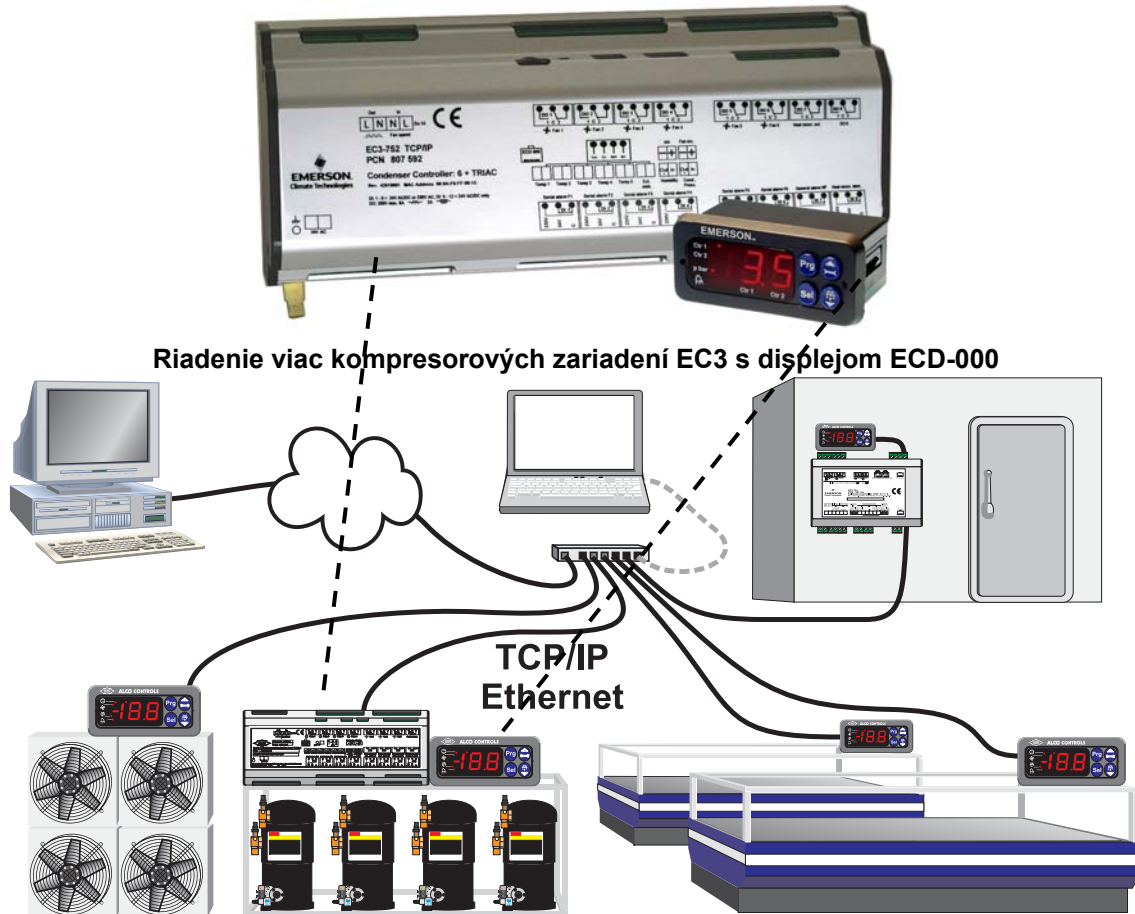
Riadenie chladiaceho okruhu smeruje k vyššej elektronizácii, zložitosti zariadení. Ceny elektronických prístrojov sa znižujú a rozširuje sa ponuka. Významnou úlohu hrá i prepojenie riadiaceho systému s ústredným riadiacim centrom prostredníctvom bežnej telefónnej siete, alebo internetu, prípadne diaľkový prenos obdobný vysielacím.



Obrázok Siet'ové prepojenie jednotlivých prvkov navzájom do riadiaceho centra a ďalej k ľubovoľnému riadiacemu stredisku pomocou internetu

Príkladom zložitého riadiaceho prístroja je regulátor viac kompresorového chladiaceho zariadenia, ktorý ovláda kompresory i ventilátory vzduchového kondenzátora, prípadne čerpadlo (čerpadlá) vodného kondenzátora. Princípom je udržovanie stáleho vopred zvoleného sacieho tlaku daného chladiva tým, že podľa okamžitého zaťaženia pracuje vždy odpovedajúci počet kompresorov, alebo ich regulačných stupňov. Regulátor využíva vstavaný komunikačný systém LON alebo TCP/IP Ethernet, ktorý umožňuje veľmi jednoduché prevádzkové nastavenie so všetkými výhodami sieťového usporiadania riadenia chladiaceho

zariadenia. Systém TCP/IP je vhodný pre menší rozsah prepojených zariadení, kde nie je žiadaná vzájomná komunikácia medzi jednotlivými prístrojmi, ale len s centrom. Pre okamžité zobrazenie snímaných a nastavovaných hodnôt je možné pripojiť priamo terminál - display. Systém spolupracuje s ďalšími prvkami ovládania a istenia systému, ako je napríklad monitorovací systém, iné typy regulačných prístrojov a napojenie na nadradený riadiaci systém, napríklad centrálny kontrolný systém celého objektu, v ktorom je chladiace zariadenie prevádzkované.

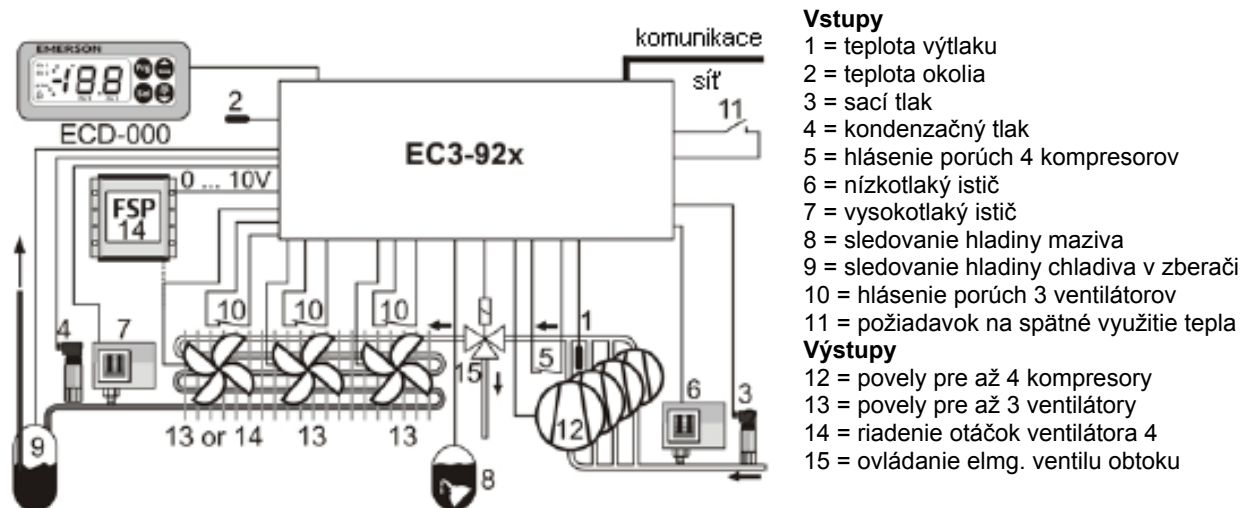


Obrázok 4 Príklad zostavy ALCO s EC3

Prístroj zabezpečuje najmä :

- ovláda jednotku so až 4 kompresormi a 3 ventilátormi riadenými zap/vyp a jedným ventilátorom s reguláciou otáčok
- môže pracovať s kompresormi rovnakého i nerovnakého výkonu
- funkcie neutrálnej zóny, P/Pi reguláciu, minimálne voliteľné zaťaženie
- 1 analógový výstup pre možnosť riadenia otáčok kompresora
- striedanie kompresorov pri prevádzke a porovnávanie prevádzkových hodín
- ovládanie servisných režimov
- rýchla stabilizácia vysokého i nízkeho prevádzkového tlaku
- kontrola činnosti senzorov
- možnosť prestavenia prevádzkového režimu pomocou vonkajšieho senzoru
- oddelené sériové kontrolné okruhy pre každý kompresor
- vstupy pre spoločné istenie nesprávnym tlakom chladiva
- istenie hladiny maziva i chladiva v nádobách
- výstup pre ohrev náplne maziva 230 Vst v dobe státia
- protokol Echelon LON pre sieťové pripojenie
- sieťový interface voliteľný TCP/IP – funkcia webovej stránky, alebo Echelon LON protokol FTT10, ktorý poskytuje úplnú ponuku pripojenia a riadenia
- prevádzka a kontrola buď miestnym, alebo samostatným vzdialeným PC

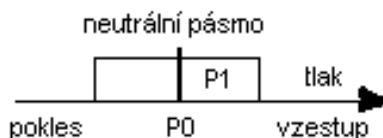
Schéma takého zariadenia môže vyzerat' nasledovne :



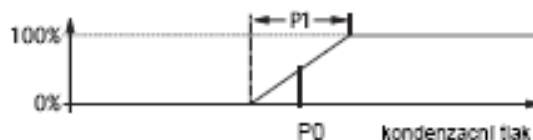
Obrázok 5 Schéma činnosti regulátora viac kompresorového chladiaceho zariadenia

Prístroje umožňujú tri základné spôsoby ovládania: neutrálne pásmo, P/PI alebo binárne riešenie.

1. Neutrálne pásmo znamená, že prístroj spína a vypína kompresory mimo neutrálneho pásma – pri poklese tlaku pod P1 vypne, pri vzostupe nad P0 o P1 zapne. P0 je menovitý tlak. V rámci šírky $\pm P1$ nedochádza k žiadnemu regulačnému zásahu.



2. Regulácia P/PI riadi kompresory tak, aby sa ich výkon pohyboval v rozmedzí P1 menovitého nastavenia P0. Prístroj spúšťa a zastavuje jednotlivé kompresory podľa snímaného sacieho tlaku.



3. Binárne ovládanie znamená, že sa kompresory rôzneho výkonu striedajú v chode tak, aby bol dosiahnutý požadovaný celkový výkon. Kompresory musia byť pripájané podľa určitých vopred daných postupov. Binárna regulácia vytvorí určitý počet regulačných stupňov s cieľom priblížiť sa k plynulej regulácii výkonu.

Spolu s riadením neutrálnym pásmom alebo P/PI reguláciou je možné využiť i riadenie otáčok kompresora. Zabudovaný program umožňuje riadenie otáčok prvého kompresora výstupom 0 ..10 V. Regulátor otáčok – invertor – obmedzuje zmeny sacieho tlaku a tým i plynulý prechod medzi jednotlivými regulačnými stupňami. Pri použití riadenia, kedy je prvý kompresor nastavený ako základný, tento spôsob riadenia otáčok nie je možný. Prvý kompresor je totiž vždy prvý pripojený a posledný vypínaný pri zmenách zaťaženia.

S cieľom vyrovnat' počet prevádzkových hodín jednotlivých kompresorov majú prístroje vstavanú funkciu FIFO, to znamená, že prvý spustený kompresor sa tiež prvý vypína. Toto sa netýka kompresorov s reguláciou otáčok alebo tzv. základného kompresoru. Ďalšie výhody ovládania zahŕňajú rôzne oneskorenia spúšťania a zastavovania kompresorov, obmedzenia počtu štartov i doby chodu a ďalšie funkcie.

Cieľom riadenia je udržovanie požadovaného sacieho tlaku, ktorý je snímaný príslušným senzorom. Údaj senzoru je porovnávaný s nastavenou hodnotou tlaku. Program umožňuje i zahrnutie vplyvu teploty chladeného prostredia tak, že sa menovité nastavenie tlaku prispôbi skutočnosti s cieľom zníženia energetickej náročnosti zariadení. Zvlášťne bezpečnostné funkcie zahŕňajú možnosť rýchleho vypnutia všetkých kompresorov v prípade poklesu tlaku pod nastavenú hodnotu, ktorá ale nemusí byť ešte havarijná

hodnota. Rovnako je možné nastaviť vypnutie v prípade prekročenia povolenej hranice výtlačného. Poruchové limity môžu byť tak nastavované s cieľom včasného zistenia príčin daného stavu.

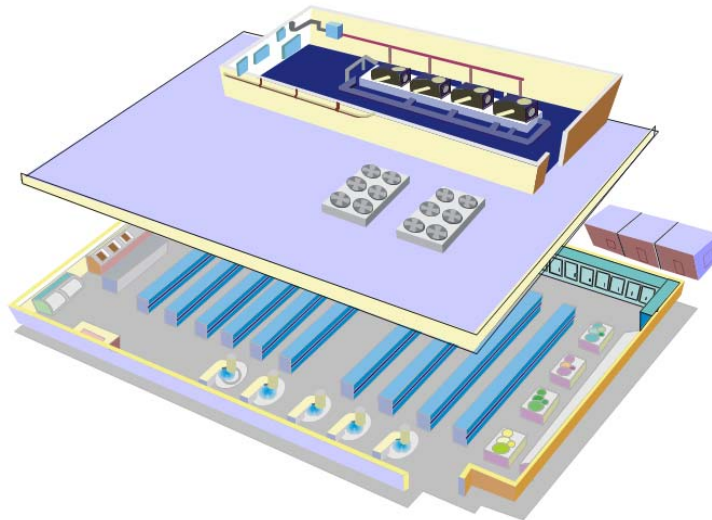
Poruchové / údržbové činnosti umožňujú niekoľko úrovní ochrán zariadení. Základné hlásenie porúch je spojené s medzami sacieho tlaku. Prevádzkové hlásenia sú spojené s odpracovanými hodinami jednotlivých kompresorov (ventilátorov). Spoločné hlásenie porúch vychádza zo všetkých pripojených istiacich prvkov do jedného vstupu pre daný kompresor. To zahŕňa napríklad istenie tlaku, istenie mazania, sledovanie preťaženia motora ap. V prípade takej poruchy systém samočinne kompresor odstaví a spustí ďalší, ktorý je funkčný. Spoločné hlásenie vysokého a nízkeho tlaku v systéme vychádza z pripojených ističov – kombinovanej poistky. Taká porucha vypne bezprostredne celé zariadenie. Prístroj zobrazuje na displeji kódy jednotlivých porúch (ak je displej pripojený). Nastavenie dôležitosti jednotlivých porúch je možné na pripojenom PC alebo serveri. Ďalšie možnosti sú napr. ručná prevádzka, opravy údajov senzorov podľa kalibrovaných meradiel, odobratie niektorých prvkov z ovládacích činností apod.

Voľby činností takýchto prístrojov je možné vykonávať postupmi :

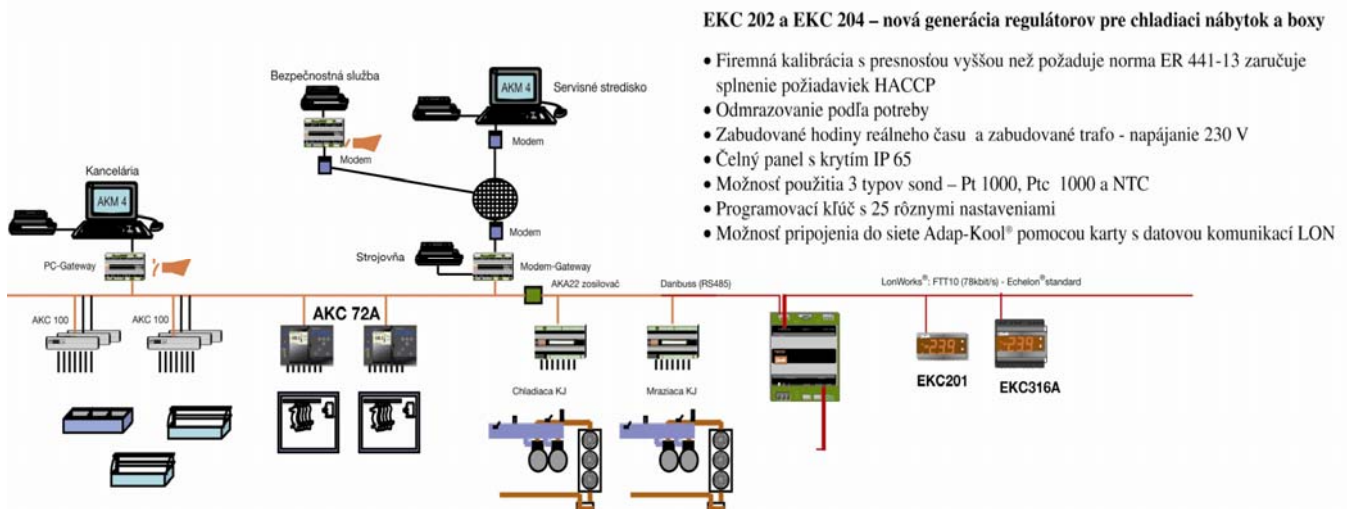
- na mieste pomocou displeja a to priamo na ňom alebo diaľkovým infraovladačom
- na mieste s pripojeným PC priamo do elektronického regulátora, ktorý má vstavaný protokol TCP/IP
- alebo prostredníctvom AMS serveru / zvláštneho PC pripojeného k regulátoru s LON interfacom
- z ľubovoľného miesta pomocou PC pripojeného k internetu alebo VPN

9.1.5 Elektronické riadenie sústav chladiacich, klimatizačných zariadení

Ide o riadenie sústav s rôznymi vyparovacími teplotami s väzbou na vzduchotechniku, vodné okruhy, osvetlenie, respektíve na riadenie celej budovy. To si už vyžaduje širšie servisné zázemie, špecializáciu odborníkov.

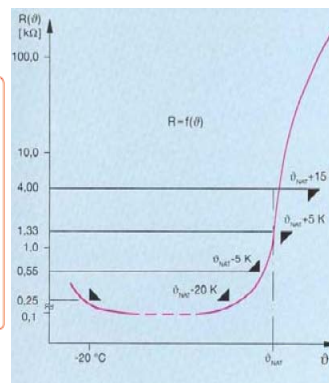
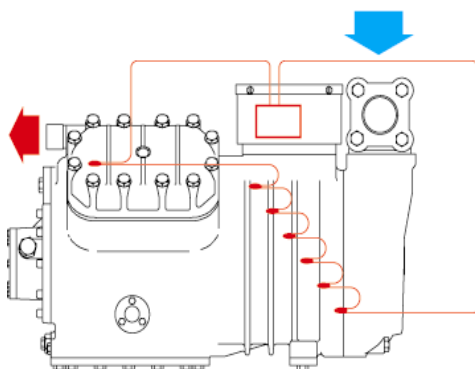
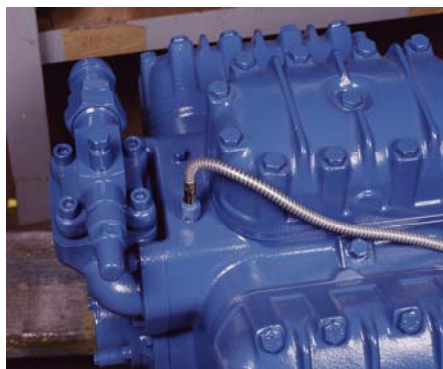


Obrázok Supermarket s pomocnými prevádzkami. Na streche je združená kompresorová jednotka, vzduchom chladené kondenzátory. V predajni je chladiaci, mraziaci nábytok, chladiace sklady. Predajňa má zabezpečenú klimatizáciu, vetranie, osvetlenie, diaľkové riadenie pomocou mobilnej siete alebo internetu ap.



Obrázok Schéma riadenia prevádzok supermarketu komponentmi firmy Danfoss

Elektronická teplotná ochrana kompresora



Obrázok Snímanie výtláčnej teploty kompresora a teploty vinutí. Sériové zapojenie termistorov, ktoré môžu odpájať pri rôznych teplotách od 100 do 140 °C podľa umiestnenia termistora. Charakteristika PTC termistora

Nástup elektroniky do ovládania chladiacich i klimatizačných zariadení, alebo do tepelných čerpadiel je na jednu stranu v súlade s celkovými snahami o elektronizáciu zariadení, na druhej strane je stúpajúca zložitosť ovládacích sústav deprimujúca pre obsluhu i servis, pretože nastavení vyžaduje čím ďalej tým viac zvláštnych znalostí a skúseností. Často vynaložená snaha a zložitosť systému neodpovedá účelu zariadení. Prínosom je v každom prípade možnosť kontrolovať zariadenie zo servisného strediska na diaľku, pokiaľ je riadiaci regulačný prístroj ku komunikačnej linke pripojený. Bez pripojenia je celá zložitosť sústavy zbytočná – stačilo by jednoduchšie riadenie. V obore chladenia sa objavuje ďalšia špecializácia – odborník na elektroniku, pretože nie je bežne možné, aby chladiarenský servisný pracovník ovládal všetky činnosti od kvalitnej montážnej práce (spájkovanie, plnenie chladivom, spúšťanie, vyhodnotenie vlastností...) až po diagnostiku, prípadne opravy elektroniky.

Elektronika má svoje klady i zápory, ale zbaviť sa jej už zrejme nie je možné. Je preto vhodné vyberať si vždy tie kladné vlastnosti, ktoré sú ku prospechu veci.

- [1] Firemná literatúra: Alco Controls, Danfoss
- [2] **Moller J. Bargsteen a Robinson Max:** Riadenie kondenzačného tlaku. Správy SZ CHKT 7, 8 2005
- [3] **Fencel Zdeněk:** Chladiace zariadenia. Alfa 1991
- [4] **Polák Vilém: Automatizácia chladiacich zariadení. SNTL Praha 1983.**
- [5] Čejka Zdeněk: Elektronický regulátor otáčok ventilátora. Správy SZ CHKT 8/2004
- [6] Čejka Zdeněk: Vývoj ovládania chladiaceho okruhu. In. Lubovňa SZ CHKT 2008