



Redundantní systémy řízení chladu v datových centrech

Redundant Systems Cooling Control in Data Centers

VÁCLAV RYČL, RICHARD ŽAMPACH

Neustálé zvyšování hustoty ICT technologií se stále se zvyšujícím ztrátovým tepelným výkonem, soustředěných v objektech datových center, klade vysoké nároky nejen na technologické části výroby a distribuci chladiva, ale i na systémy, které tyto technologie monitorují a řídí. Vzhledem k nárokům na řídicí a regulační techniku se zpravidla jedná o vysoce sofistikovaná technická řešení, využívající nejmodernější technické a programové prostředky předních světových výrobců.

V následujícím textu bychom Vám rádi představili technické, plně sofistikované řešení řídicího a monitorovacího systému navržené projektovým týmem EXAKT a GFR – DIGICONTROL pro datové centrum SITEL Praha, uvedeného do provozu v červenci 2010. Instalovaný výkon chladicích zdrojů je 3,5 MW.

Toto řešení plně respektuje jak požadavky dle standardů minimálně TIER II současných požadavků na vysoký komfort řídicích prostředků, ale také požadavky investora na jejich optimalizaci zařízení z hlediska ekonomiky a ekologie provozu. Tím jsme byli postaveni před vyřešení problému vytvořeného vysokými nároky investora na technické řešení a silného tlaku na snižování výsledné ceny.

Základní koncepce automatizovaného řídicího systému (ASŘ)

Koncepce společně (**kontakt na titulní straně časopisu**) zpracovaného řešení vychází ze základních vlastností řídicího systému GFR - DIGICONTROL řady ems4 s redundancí řídicích centrál (CPU), který je koncipován jako komunikačně otevřený a to jak na úrovni DDC centrál, tak na úrovni nadřazeného vizualizačního systému SCADA. Tento systém se jeví spíše zaměřen do segmentu technologií budov, ovšem s rozšiřujícími funkcemi průmyslových standardů, jako možnosti redundance procesorů (CPU) a systémových komunikací. Systémová architektura byla navržena tak aby zohlednila základní parametry tříd serveroven a datových center pro zajištění redundance N+1 minimálně ve třídě TIER II. Pro zajištění předepsaných podmínek je navržen regulační systém řady ems4 a ems2, který umožňuje paralelní zapojení

Continuous increase in ICT technologies density, featured with still increasing heat output losses, concentrated in data center building objects, are putting high demands not only to technological part of coolant generation and distribution, but also to the systems, where these technologies are monitored and controlled. With respect to requirements put to control and regulation facilities, as a rule, subject matter concerns highly sophisticated technical solutions, utilizing the most up-to-date technical and program means from leading world manufacturers.

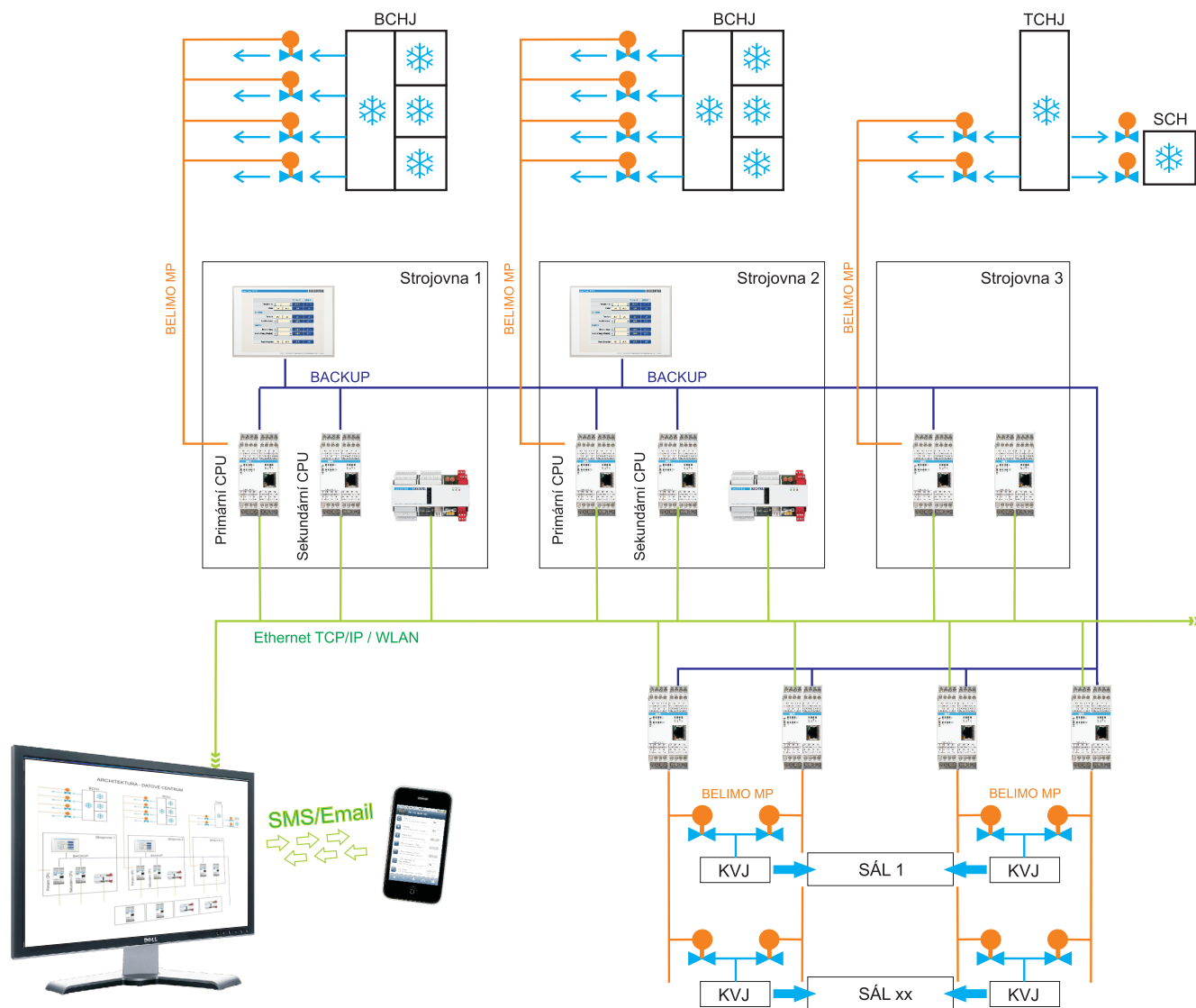
In below text we wish to introduce technical, fully sophisticated solution of the control and monitoring systems, as designed by the design teams of companies EXAKT and GFR – DIGICONTROL for data center of Sitel Praha, being put into operation in July 2010. Installed output of the cooling sources is of 3.5MW.

Presented solution fully respects both requirements as stipulated in standards at least TIER II (contemporary requirements for high comfort of control means), and requirements of the investor for control optimization from the point of view of both economics and operational ecology. Thus, we faced to the issue, concerning the investor's high demands as for the technical solution and simultaneously strong pressure to lower the final price.

Basic Concept of Automated Control System (hereinafter ACS)

Concept of the mutual solution as worked out by above companies (**contact on the cover sheet of this magazine**) (Fig. 1) is based on basic features of the control system GFR - DIGICONTROL of ems4 series, with the redundancy in control centers (CPU), which was conceived as open communication type both at the level of PLC centers and at the level of superior SCADA visualization system. This system appears rather to be used with the segment of building facilities, of course, with expanding functions of the industrial standards, like possibilities of processor (CPU) redundancy and system communications. System architecture was designed such a way, to consider basic parameters of server-room classes and data centers to secure redundancy N+1 at least within the TIER II class. Control systems of ems4 and ems2 series were designed to ensure prescribed

ARCHITEKTURA - DATOVÉ CENTRUM



Obr. 1 - Celková koncepce řešení ASŘ - BCHJ - bloková chladicí jednotka; TCHJ - Turbo chladicí jednotka; SCH - suchý chladič; KVJ - kompaktní větrací jednotka

Fig. 1 – Overall Concept of the Automatic Control System Solution - BCHJ – block chilling unit; TCHJ – Turbo chilling unit; SCH – dry chiller; KVJ – compact ventilation unit (Architektura - datové centrum - Data Center – Architecture; Výroba chladu – cool production; BCHJ – block cooling units; Strojovna – machine room; Měření a regulace – instrumentation and control; Primární CPU – primary CPU; Sekundární CPU – secondary CPU; Řízení sálových jednotek z několika navzájem nezávislých míst – controlling hall units from several mutually independent locations)

dvou i více řídicích centrál (CPU) v plném bezpauzovém záskoku řízení „HOT STANDBY REDUNDANCE“ označovaný jako FULL BACK UP.

Zálohované centrály jsou umístěny v rozvaděčích ve strojovnách pro řízení a monitorování provozu BCHJ (blokových chladicích jednotek) a strojoven distribuce chladu. Pro sledování chování jednotlivých ovládaných zařízení jsou tyto

terms and conditions, which enables parallel connection of two control centers (CPU) within full, pause free standby control mode „HOT STANDBY REDUNDANCY“, marked as FULL BACK UP.

Standby centers are located in switchboards in machine rooms for control and monitoring of block cooling units operation and machine rooms for cool distribution. To monitor behaving of particular con-



rozvaděče doplněny operátorskými dotykovými panely DIGICONTROL řady easyClient Touch. Nouzové řízení v případě nenadálé poruchy systému je možné provádět pomocí osazených ručních ovladačů na čelní straně inteligentních výstupních modulů ems4. Jedná se o náhradu ovládacích prvků, které bývají běžně osazovány na dveřích rozváděčových skříní. Tyto vstupně-výstupní moduly systému ems4 dále obsahují vlastní procesor, do jehož paměti lze programově definovat vzájemnou vazbu jednotlivých I/O pro případ selhání centrální procesorové jednotky (CPU) a tak zajistit bezpečný přechod na záskokové okruhy nebo bezpečné odstavení řízení technologie. Vstupně výstupní stranu signálových návazností tvoří systémové moduly ems4 se standardizovanými obvody pro vyhodnocení elektrických signálů.

Pro řízení pohonů armatur v datových sálech a ve strojovnách jsme využili letité spolupráce vývojových týmů GFR DIGICONTROL a BELIMO a v projektu navrhli inovovanou technologii řízení pohonů pomocí komunikační linky MP (Multi Point) Bus. Dále jsme využili MP Bus i pro připojení diskretních čidel (teplot, tlaků a zaplavení) do této komunikační sběrnice. Pohony BELIMO řady MP umožňují ruční ovládání uzavíracích klapek přímo z tělesa regulačního pohonu.

Řízení distribuce chladu zajišťují CPU umístěné v rozvaděčích určených pro sálové jednotky, které provádí vlastní monitorování teplot, orosení a řízení pohonů klapek pomocí komunikační sběrnice MP-Bus. Vybavení rozvaděčů je koncipováno tak, aby v případě požáru nebo destrukce jednoho rozvaděče bylo možné zajistit distribuci chladu z druhého rozvaděče.

Veškeré informace o probíhajícím technologickém procesu, jeho aktuálních stavech a řízení jsou po komunikačních sběrnících přenášeny do serverů dispečerských pracovišť.

Rozsah celkové aplikace řídicího systému ASŘ

- Počet řídicích (CPU)
- Pohony BELIMO MP – 134.
- Počet binárních senzorů na sběrnících MP-Bus – 60.
- Počet analogových senzorů na sběrnících MP-Bus – 20.
- Počet nezávislých sběrnic MP-Bus (max. 8 x pohon) – 29.

controlled facilities these switchboards are amended with operator DIGICONTROL touch panels of easyClient Touch series. Emergency control in case of unexpected system failure may be done by means of fitted manual controllers located at the front panel of intelligent ems4 output modules. Subject matter concerns the substitution of control elements, which used to be fitted usually on the switchboard case doors. These input-output modules of the ems4 system involve their own processor, into memory of which may be defined by program with mutual coupling of particular I/O for the case of central processor unit (CPU) failure, and to secure this way safe transition to standby circuits or safe shutdown of controlled technology. Input-output side of signal linkups represent ems4 system modules featured with standardized circuits for evaluation of electric signals.

To control the drives of fittings located in data halls and machine rooms we utilized long-term cooperation of development teams of GFR DIGICONTROL and BELIMO companies. Within this project we designed innovated drive control technology by means of communication MP (Multi Point) Bus. Furthermore, we have applied MP Bus even for connecting the discrete sensors (temperature, pressure, and flooding) to this communication bus. BELIMO drives of MP series enable manual opening of closing flaps just from the body of the control drive.

Cool distribution control is ensured by CPU located in switchboards intended for hall units, which are performing the inherent temperature and leak monitoring dewing, as well as flap drive control by means of communication bus MP-Bus. Switchboard equipment was conceived such a way, that in case of fire and/or destruction of one of switchboards enable cool distribution from other switchboard.

All information on technology process taking place, its current states and control are transmitted via communication buses onto servers of control room working places.

Scope of the Overall Application of the Automatic Control System

- Number of control centers (CPU) – 13.
- MP drives (MP-Bus) – 134.
- Number of binary sensors within MP-Bus – 60.
- Number of analog sensors within MP-Bus – 20.
- Number of independent MP-Bus (maximum 8 x drive) – 29.

Přínosy sofistikovaného řešení ASŘ

Díky technickým vlastnostem systémů ems4 DIGICONTROL a BELIMO MP-Bus a jejich velice citlivé a vyvážené projektové zpracování přineslo své výsledky a to:

- Řídicí jednotky ems4 DIGICONTROL ve verzi HOT STAND BY REDUNDANCE přímo ovládající prvky na redundantních sběrnících MP-Bus – úspora modulů I/O i úspora času pro vytvoření a odladění programových aplikací jednotlivých centrál i vizualizace.
- Výroba rozvaděčů – snížení nákladů na ovladače, svorky a instalační prvky.
- Instalace kabelových tras a kabeláží – výrazná úspora díky náhradě hvězdicového propojení jednotlivých pohonů k vstupně výstupní straně řídicího systému za sběrnicev systém MP-Bus.
- Použitím pohonů BELIMO MP s možností ručního ovládání armatury odpadá nutnost instalace ručních uzavíracích klapek.

Rekapitulace přínosu navrženého řešení přinesla překvapivý výsledek jak v projektové tak materiálové i realizační fázi celého projektu.

Redundantní komunikační architektura ASŘ Automatizační (systémová) úroveň

Na této úrovni systémová sběrnice Multilink komunikačně propojuje řídicí jednotky (CPU) procesních stanic s externími moduly ems4 vstupů / výstupů. Tato sběrnice je interní a probíhá jednak po přímém konektorovém propojení jednotlivých modulů a CPU a redundantně po metalickém propojení na vnějších svorkovnicích modulů a CPU.

Druhou sběrnici na této úrovni je sběrnice propojující CPU s jednotlivými pohony klapek. Jedná se o sběrnici MP-Bus. Redundance této sběrnice MP-Bus1 je zajištěna její komplementární sběrnici MP-Bus2.

Úroveň řízení

Systémová sběrnice SysLink propojuje řídicí centrály (CPU) a operátorské panely řady easy Client Touch. Tato sběrnice je 100% zálohována pomocí datových kanálů Ethernet, které vstupují do technologické sítě WLAN EXAKT s protokolem TCP/IP. WLAN EXAKT zajišťuje datové napojení na centrální dispečink.

Contributions of Sophisticated Solution of the Automatic Control System

Thanks to technical properties of systems ems4 DIGICONTROL and BELIMO MP-Bus and their very sensitive and equanimous design processing brought the results, i.e.:

- Control units ems4 DIGICONTROL within the version HOT STANDBY REDUNDANCE are controlling the regulating elements directly on redundant buses MP-Bus – savings in I/O modules as well as time savings for programming and debugging software applications for particular centers and visualization.
- Manufacturing the switchboards – lowering the controllers, terminals, and installation elements costs.
- Cable running installation and cabling – considerable saving thanks to substitution of star type interconnection for particular drives to input/output side of the control system with bus system MP-Bus.
- Application of BELIMO MP drives with a possibility of fitting manual control avoids the necessity to install manual closing flaps.

Recapitulation of proposed design contribution brought surprising result both during the design, material, and performance stages of the overall project.

Redundant Communication Architecture of the Automatic Control System Automation (System) Level

At this level the Multilink system bus provides communication interconnection for control units (CPU) of the process stations featured with external ems4 modules of inputs/outputs. This bus is of internal type and runs either on direct connector type interconnection of particular modules and CPUs and redundantly on metallic interconnection with external module terminals and CPUs.

Second bus at this level is bus interconnecting CPUs with particular flap drives. Subject matter concerns the MP-Bus. Redundancy of this MP-Bus1 is ensured thru its complementary MP-Bus2.

Control Level

System bus Syslink interconnects control centers (CPU) with operator panels of easyClient Touch series. This bus is run with 100% backup by means of Ethernet data channels, which enter into WLAN Exakt technological network with protocol TCP/IP. WLAN. Exakt ensures data link to central control room.



Externí informační sběrnice

Kompresorové jednotky typu SCE komunikují mezi sebou po sběrnici Carel Bus předávají data do sběrnice MODBUS pomocí převodníku Carel Gateway Modus. Tato sběrnice je pomocí převodníku TCP/IP – MODBUS řízena z dohledového centra. Obdobně je provedena komunikace pro sálové jednotky KVJ.

Napájení systému

Napájení systému ASŘ a jeho silnoproudých obvodů je koncipováno dle zásad TIER II a to jak na úrovni napájení a jeho jištění řídicích centrál a podcentrál, tak i napájení aktivních prvků polní instrumentace senzorů a elektroniku pohonů. Toto napájení je zajištěno pomocí bateriových UPS umístěných v jednotlivých rozváděčích s kapacitou zajišťující překlenutí „najetí“ dieselů. Pohony čerpadel a silnoproudé napájení je provedeno ze zálohované sběrnice diesel agregátů.

Režimy řízení provozu

Plnoautomatický (ustálený) provoz

Systém pracuje zcela automaticky dle nastavených parametrů a programových algoritmů s možností dálkového dohledu a dispečerského řízení z velínu.

Ruční řízení - technologie pohonů BELIMO MP-BUS

Ruční řízení provádí pověřená odborně způsobilá osoba. Řídicí systém DIGICONTROL reaguje na ruční povely a zajišťuje všechny bezpečnostní funkce. Ruční ovládání, nastavení, sledování provozních parametrů a signalizaci havarijních stavů lze pomocí grafických operátorských panelů easyClient Touch, které jsou umístěny ve dveřích rozvaděčů.

Servisní řízení provádí pověřená odborně způsobilá osoba s vědomím dispečera datového centra. Řídicí systém tento stav vyhodnocuje jako nestandardní a archivuje všechny dostupné informace (zpětné hlášení ze zařízení atd.) v tomto případě jsou vyřazeny bezpečnostní funkce daného servisně ovládaného zařízení. V případě servisních zásahů do řízení přebírá plnou odpovědnost za bezpečnost osob a zařízení obsluha, která zásah provádí.

Ruční i servisní řízení se provádí u pohonů čerpadel pomocí ovladačů umístěných na čelním panelu systémových modulů DIGICONTROL ems4. V případě jakékoli

External Information Bus

Compressor units of SCE type are communicating together using Carel Bus, are handing over data to MODBUS by means of converter Carel Gateway Modus. This bus is controlled by means of TCP/IP – MODBUS converter from the supervisory center. Similarly is done the communication for hall units KVJ.

System Power Feeding

Power feeding mains for all the automatic control system and its high-voltage circuits was conceived as per the TIER II principles i.e. both at the power mains level at its and at the level of the circuit-breakers of the control center and subcenters, and power feeding of field instrumentation active elements of the sensors and drive electronics. This power feeding is ensured by means of battery type UPSs located in particular switchboards featured with the capacity ensuring the covering of diesel aggregates „startup“. Pump drives and high-voltage mains were made from backup bus of said diesel aggregates.

Operation Control Modes

Full Automatic (Stabilized) Operation

System works completely automatically based on presets parameters and software algorithms with possibility of remote supervision and operations controller from the control room.

Manual Control – Technology of BELIMO MP-BUS Drives

Manual control would be done by appointed, professionally skilled person DIGICONTROL control system reacts with manual commands and ensures all safety functions. Manual control, setting, monitoring operation parameters, and signaling emergency states are performed by means of graphic operator's panels, which are located in switchboard doors.

Service control would be done by appointed professionally skilled person with knowledge of the data center operation controller. Control system evaluates this mode to be non-standard and archives any and all available information (reverse responses from the facility); in this case are, however, disabled safety functions of the given service controlled facility. In case of service interventions into the operation control operator doing the intervention assumes full responsibility for the safety of persons and facilities.

Both manual and service control is done with pump drivers by means of controlling elements located at the

manipulace s ovladači je aktivován signál na dispečerském PC a řídicí systém registruje tento stav jako výstrahu a v případě poruchy nebo odstavení komplementárního pohonu vyhlásí alarm – „Nepovolená operace“.

Ruční i servisní řízení s pohony klapky MP-Bus probíhá přímo z tělesa pohonu, kdy stiskem tlačítka pro ruční řízení uvolní obsluha motorický pohon a pomocí páky přestaví klapku do požadované polohy. V okamžiku stisku tlačítka a následně po celou dobu jeho aretace vysílá pohon po komunikaci MP-Bus informací o ručním režimu ovládání a monitoruje i nově nastavenou polohu klapky. Po přepnutí klapky do režimu nadřazeného řízení provede pohon pro kalibraci najetí do obou poloh (otevřeno, zavřeno) a po té se nastaví do automatem požadované polohy. Během jakýchkoli manipulací s klapkou pohon stále přenáší signály z čidel na něj připojených – čidlo orosení, teploty nebo bezpotenciálový kontakt.

Komplexní poruchový systém

Navzdory splněným technickým podmínkám TIER zůstává přetrvávajícím kritickým bodem datového centra lidský faktor. Obsluha dispečerského pracoviště se podílí na řešení krizových situací a proto potřebuje pro svou činnost komplexní systém pro sledování a řízení technologií datového centra. Obsluhu je nutné informovat o vzniklých poruchách i mimo provozních stavech a poskytnout ji možnost náhledu na technologická zařízení a intuitivně navést na řešení krizové situace.

Zvláštní důraz jsme při programové analýze kladli na poruchový systém, který prolíná algoritmy všech řídicích centrál a plnohodnotně zabezpečuje spolehlivé, bezpečné a přesné řízení technologie. Poruchový systém se projevuje nejen pouhou signalizací vzniklé poruchy dle standardů, ale zobrazuje i textové pokyny, jak na vzniklou situaci reagovat a dále informuje obsluhu o nutnosti provedení údržbářských prací (prevence proti poruchám) nebo objednání servisní firmy na pravidelnou profylaxi.

Ke správnému použití je neméně důležitá znalost systému a ta je podpořena důkladným zaškolením obsluhy, diskutováním krizových situací a prováděním profesionální servisní činnosti.

Dispečerské pracoviště MaR (DP-MaR)

Dispečerské pracoviště je tvořeno datovým serverem a PC stanicí vybavenou programovými

front panel of DIGICONTROL ems4 system modules. In case of any handling with the control elements is activated a signal at the operation controller's PC and control system registers this state as an alert, and in case of failure and/or shutdown of a complementary drive puts on the alert – disallowed operation.

Both manual and service control with flap drives MP-Bus takes place directly from the drive body, when operator would release the motor drive thru pressing the manual control pushbutton and by means of a lever would shift the flap into required position. In the moment of pressing the pushbutton and subsequently for the overall period of its stopping the drive transmits using the MP-Bus communicating the information about the manual control mode, monitoring also newly preset flap position. After switching the flap over into superior control mode the drive would perform for calibration shifting into both positions (open, closed), and then is set into the position required by an automaton. During any and all flap handling operations with flap the drive still transmits signals from sensors connected to it – dew sensor, temperature one, or potential free contact.

Complex Failure System

Human factor remains persisting critical point of the data center despite of met TIER technical terms. Control room operators are participating in predicamental situation solution and that is why they need for their activities a complex system for monitoring and controlling data center technologies. Operators must be informed both on arisen failures and out-of-operation states, and to provide them with a possibility of previewing the technology facilities, as well as lead them intuitively to resolving the predicamental situation.

During the program analysis we put a special emphasis to the failure system, which penetrates the algorithms of all control centers and adequately ensures reliable, safe and accurate technology controlling. Failure system approves itself not only with signaling arisen failure based on standards, but depicts also text instructions, how to react to the situation taking place and furthermore informs operators on necessity to perform maintenance works (prevention against the failure) or provides ordering services from a professional company for regular prophylaxis.

System knowledge is also necessary for proper usage, which is supported with careful training of the operators, discussing predicamental situations and performing professional service activities.



moduly vizualizace a řízení jednotlivých technologických zařízení pro výrobu a distribuci chladu. Veškerá vizualizace a řízení jsou ergonomicky navrženy tak, aby pro všechny úkony intuitivně naváděly obsluhu k okamžité reakci. Koncepční návrh hierarchie obrazovek od přehledového schématu řízené technologie až po detail jednotlivých prvků jsme navrhli dle posledních standardů SCADA. Detailní způsob vizualizace a ovládání je detailně popsán v uživatelské příručce, která byla součástí dodávky.

Programové vybavení dále obsahuje:

- generátor grafů u sledovaných analogových měření;
- modul archivačních databází;
- modul dálkového přístupu po internetu;
- modul pro vysílání SMS;
- komunikační interface pro předávání dat mezi DP-MaR a dohledovým centrem.

Controller Working Place of Measuring and Instrumentation (hereinafter DP-MaR)

Controller working place consists of data server and a PC station fitted with visualization program modules and control of particular technological facilities for generation and distribution of cool. All visualization and facilities are designed ergonomically such a way, to lead operators intuitively to immediate intervention. Conceptual design of screen hierarchy from surveillance diagram of controlled technology up to details of particular elements we designed as per the latest SCADA standards. Detailed visualization and control modes are described in detail in the user's manual, which was an integral part of the delivery.

Furthermore, software involves as follows:

- generator of graphs for monitored analog measurements;
- database archiving module;
- Internet remote access module;
- Module for SMS transmitting;
- Communication interface for data exchange between DP-MaR and the supervisory center.

Trend v řízení aktivních prvků pro HVAC

Trends in HVAC Active Elements Control

ING. FILIP HAJŠO

Společnost BELIMO (**kontakt na str. 41**), která se již více jak 35 let věnuje vývoji a výrobě servopohonů a armatur pro HVAC aplikace, snaží se přinášet nové a inovativní novinky, které udávají směr v oboru.

Trendem v řízení aktivních prvků pro HVAC aplikace je integrace těchto prvků do nadřazených systémů, které svoji funkčností a jednoduchou strukturou poskytnou maximální komfort a výkon při realizaci, uvedení a následném provozu zařízení.

Se zasítováním a centrálním řízením technických zařízení budov se zvyšuje komfort a bezpečnost,

Company (**contact on page 41**), which is engaged in development and manufacturing of servodrives and fittings for heating, ventilation, and air conditioning (hereinafter HVAC) applications for over 35 years, pays effort to introduce novelties and innovations, bringing new trends within the industrial branch.

Main trend in controlling the active elements of HVAC applications represents integration of the above elements into superior systems, which provide maximum comfort and performance output thru its functioning and simple structure in putting into operation and subsequent operating of a facility.