

# MASTER Automatic Control System for the Power Industry

## Authors

Michał Białecki  
 Jerzy Drutko  
 Radosław Izakiewicz  
 Antonina Kieleczawa  
 Piotr Pietras  
 Roman Skakowski  
 Wojciech Szubert  
 Edward Ziąja

## Keywords

automation system, automation of industrial objects, PLC

## Abstract

The MASTER Automation System is an entirely Polish system developed in the Institute of Power Systems Automation Ltd. It is currently being updated and optimized in the range of hardware and software. Apart from an unlimited ability to extend the amount of standard communication links it will enable application of protocols of any company. It ensures sufficient resources and mechanisms for complex plant automation as well as for creating heterogeneous installations through easy integration with other producers' systems.

**DOI: 10.12736/issn.2300-3022.2014202**

## 1. Introduction – structure, development and implementation issues of the MASTER Automation System

Common use of computers in private life has greatly increased the requirements of users in terms of functionality and easy operation of automation systems. A system should be reliable, user-friendly, easily customizable and serviced. The more and more frequent requirement of users is the complexity of solutions in order to meet the needs of all services that support industrial facilities.

The MASTER Automation System was developed in the Institute of Power Systems Automation Ltd. and has been regularly developed for several decades. It supports heterogeneous automation, including house made MASTER controllers. It is equipped with functionally developed operator stations, which aid operators who support technological processes. Recently it has been enriched with the MASTER system, which provides information for the management services with the use of Internet/Intranet technologies. It may also exchange information with systems of other manufacturers at various levels of its structure. The automation system components are integrated into a single automation system with communications networks, mostly based on Ethernet networks and transport protocols (TCP/IP, UDP).

The article includes some drawings of the existing facility installations, which illustrate the main features of the system. Individual facility applications are fully editable and prepared in accordance with user expectations.

In terms of organization, the MASTER Automation System has a layered structure and consists of the following (Fig. 1):

- **process level** (physical cells, virtual cells, communications and processing stations – MGate gateways)
- **operator level** (equivalent operator stations in any number)
- **master level** (websites of MASTER system, interface stations, Institute's and standard links to external MASTER systems)
- **engineering subsystem** (editors of process and operator level, diagnostics tools, and offline and online servicing tools)
- **communications subsystem**, including:
  - operational networks – MasterNet, ProsterNet
  - links to external systems – OPC servers, Open Modbus/TCP networks and other
  - diagnostic and service networks – OSK, i.e. plant computer network and VPN links.

Development of MASTER System applies to each organizational level and covers the following issues:

- customization of user software of the MASTER Automation System to the current versions of operating systems and current hardware, network and visualization solutions
- development of editing capabilities in the system
- development of functional user software
- improvement of operating comfort of systems, including diagnostics, as well as scheduled and emergency maintenance.

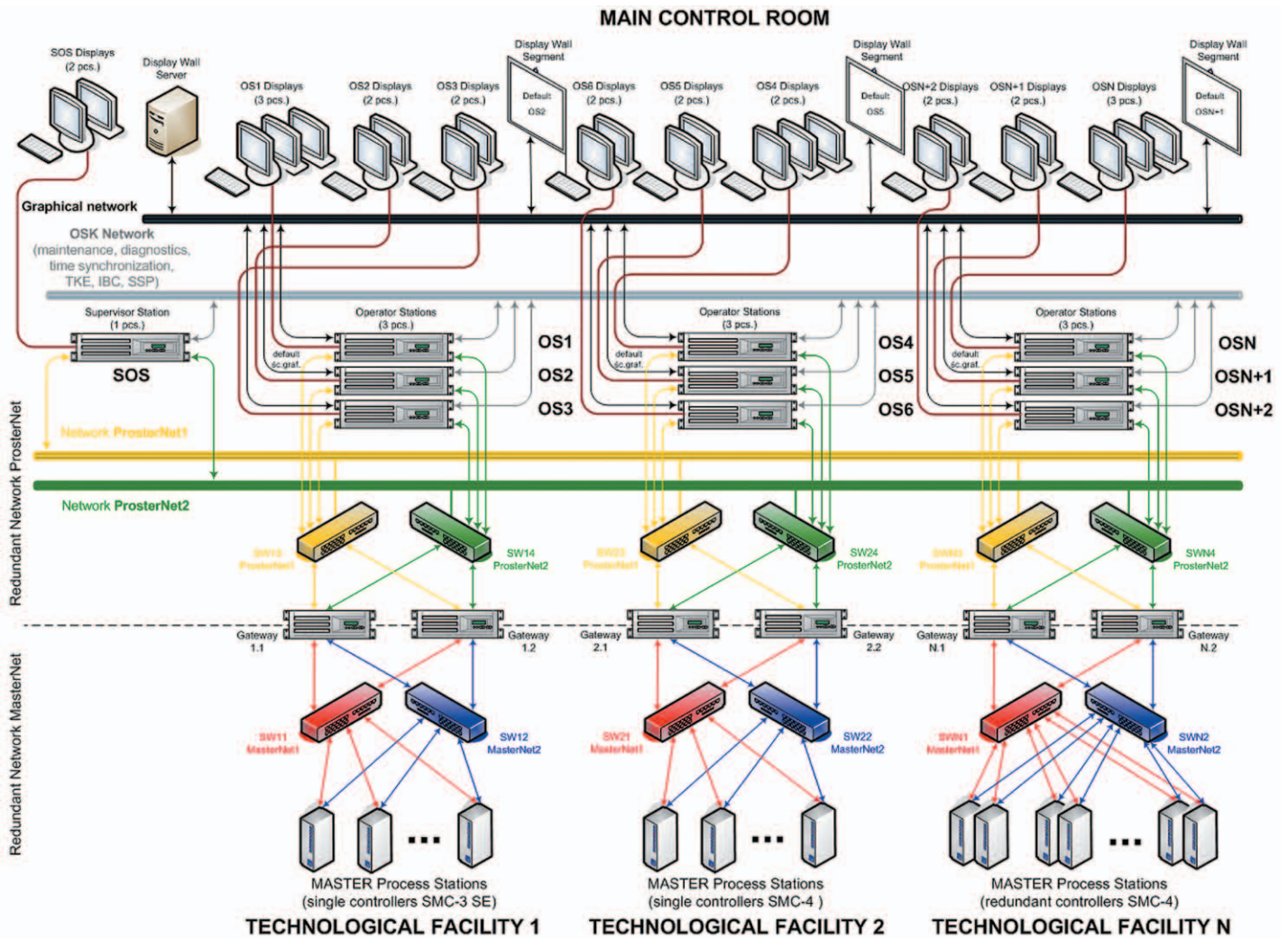


Fig. 1. MASTER System configuration in a comprehensive CHP plant operation

## 2. Current hardware and software resources at the process level

The process level (Fig. 2) is located close to the plant technological processes in terms of configuration and functions of the MASTER Automation System.

In new or upgraded system installations, virtual controllers may be used in addition to actual MASTER process stations consisting of controllers and communications modules (SMC-3SE, SMC-4, SMS-8, MSU-101). They were developed at the Institute in recent years to facilitate integration of various system modules.

Except of the assigned numbers, the virtual and physical controllers are treated equally by communications stations and operator stations. Generally speaking, the virtual controllers are configured in gateways and mean sets of analog and binary signals, which can be supplied by external systems and controllers, other than MGate gateways and MASTER operator stations, including older generations.

### 2.1. Functions and parameters at the process level

The basic functions at the process level are as follows:

- implementation of the user algorithm cell

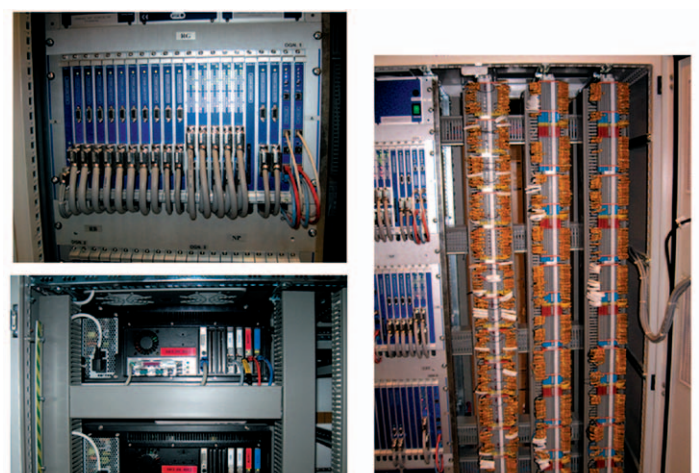


Fig. 2. An example of the MASTER System process level (process stations, gateways, control cabinet)

- data transfer between process stations
- exchange of data with the operator level
- buffering of messages about events.

The cell controller processes a user program in a period depending on the degree of its complexity, typically of 20–200 ms. Events are generated by a cell with an accuracy of 10 ms. The information exchange cycle within the MasterNet network is 250 ms.

## 2.2. Hardware configuration of the process level

The following elements of MASTER automation and communications hubs can be distinguished in hardware configuration of the process level in new installations (Fig. 2):

- **cells in a cartridge form**, accommodating up to 21 modules, including:
  - single or redundant controller module for supporting the process control and the realization of the network communications (SMC-3SE, SMC-4 and others)
  - up to 20 plant input/output signal modules
  - (optional) SMS-8 communications module, microprocessor-based converter of RS485/422 communications protocols to the Ethernet network protocol and vice versa (up to 8 channels with 32 devices per each channel in a single module)
  - (optional) SMI-8 specialized module for surveillance of rotating machines
- **MASTER 100 distributed control system**, composed of a general purpose control unit MSU-101 and expansion modules
- **MGate gateways**, single or redundant communications and processing computers with the Window system operating platform (Fig. 2). MGate gateways and cells supported by them mean automation stations in the configuration of the MASTER Automation System. Currently, a single or redundant gateway supports up to 47 physical MASTER and 47 virtual cells. Virtual cells in the MASTER System represent links to various external systems. Works aimed at full connection of MASTER 100 distributed system to plant installations are in the final phase. In principle, both types of MASTER automation can operate in one set of MGate gateways.

## 2.3. Programming of MASTER controllers

The program base for MASTER controllers is the Institute's own operating system and user software for controllers, developed at the Institute.

- **The operating system** is recorded by the manufacturer at the controller production stage, but it may also be updated during controller operation. The system software for controllers consists of the following:
  - **the cell operating system** (programming language – assembler), which is a platform for user application software
  - **the network communication system** (C-language) responsible for the two-directional data transmission between the MASTER controllers and the MGate gateways.

**The application software** for cells, based on REGIN-H (type FDB) language developed at the Institute, is created by using

the Institute's graphical editor **ReginEd**. The editor ReginEd is designed to work in the operating system environment of the Windows family. It also allows creating and editing the application software for MGate gateways, and processing and tracking of current signal values in application programs for the cells and gateways. The range of editor's functions is being extended with the appearance of new operating and implementation needs.

## 3. Current hardware and software resources at the operator level

### 3.1. Use and functions of the operator level

The primary use of each automation system is to assist operators and run engineers in operation of plant technological processes. This functionality is implemented in our system by MASTER-ProSter operator stations. Their capabilities are directly confronted with the actual user needs or trends at the time, therefore operator stations are most frequently subject to changes in hardware and software.

The MASTER System is easily scalable for small and large industrial facilities. It can be implemented in industrial plants with various technologies, but our implementations are primarily in the electricity and thermal energy sector since the technology of such facilities is most close to the Institute profile.

### 3.2. Equipment at the operator level

The hardware base of MASTER operator system are the industrial personal computers supplied by the QNX operating system distributor. The laboratory installations of the implemented systems are thoroughly tested at the Institute, which significantly reduces the number of errors that may appear in new plant installations. Typical operator stations are equipped with:

- multi-core processors
- mechanisms for supporting extended interruption pool
- Ethernet extenders for remote connection of keyboards, mice and monitors (up to more than 100 m for Ethernet twisted pair or longer distances in the case of fibre-optic cables).

### 3.3. Software at the operator level

The software base of operator stations is the real-time multi-tasking operating system QNX2/QNX4/QNX6. New operator system installations are designed on the basis of the latest version of QNX 6.5.0. operating system.

Full user software for the operator station (MASTER-ProSter) consists of the following:

- the system software, i.e. a group of approximately 40 programs (written in C/C++), grouped in modules, which implement operator functions, available from the system menu (Fig. 3)
- the application software, i.e. editing files that describe the plant, created by technologists with the use of the operator level editing package. The application software includes signal description files, sets of charts and control panels, algorithms for calculating secondary values and report templates.

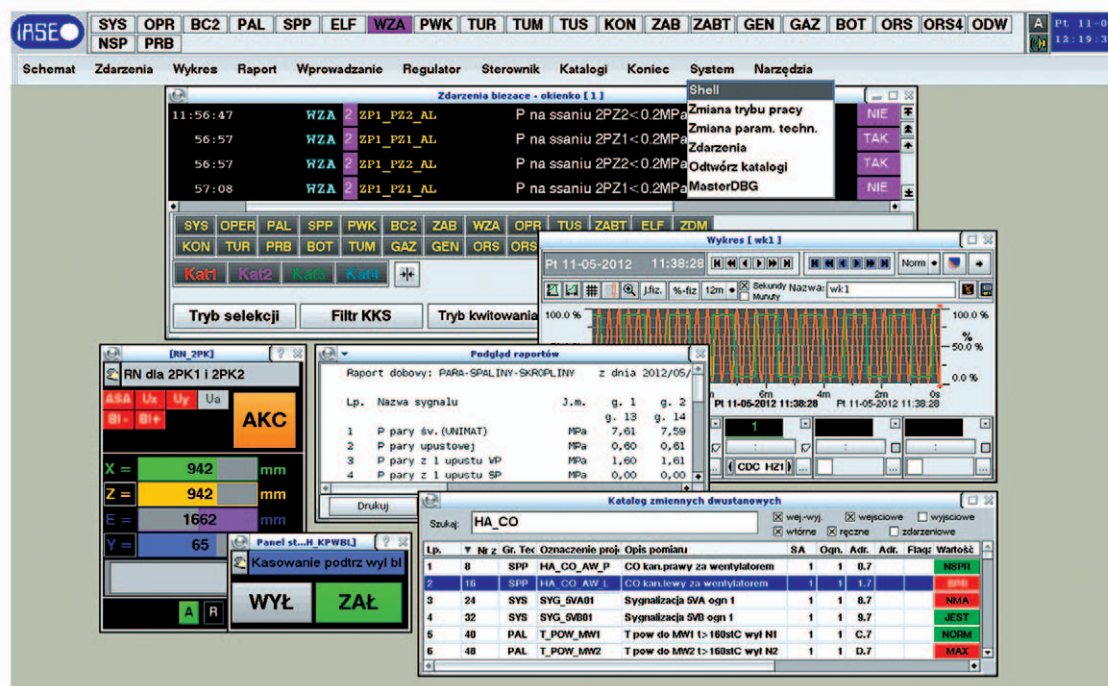


Fig. 3. The operator station menu presenting the main modules of system software

Raport Operatora						
Ostrzeżenia: 31		Alarmy: 7				
Gr. Tech.	Oznaczenie projektowe	Opis pomiaru	Wartość	JedFiz	Zakres dolny	Zakres górny
TECH	P_FA_UPREG1	P pary z upustu regulowanego nr 1	1.00	MPa	0.00	2.50
TECH	P_PAR_2_UP	P pary upustu II do XN3, przelotnia	0.00	MPa	0.00	1.60
TECH	P_FA_XB	P pary wylot z turb. do podgrz. ciepł O	100	kPa	-100	200
TECH	P_FA_XA	P pary wylot z turb. do podgrz. ciepł.OXA	50	kPa	-100	100
TECH	P_OL_REG_Z1	P ol.reg. Z1	3.00	MPa	0.00	6.00
TECH	P_OL_SMAR_Z1	P ol.sm. Z1	0.00	MPa	0.00	0.25
TECH	P_OU_PG	P oleju w kolekt. za pomp.oleju uszcz.	0.00	MPa	0.00	0.80
TECH	T_OL_ZA_CHL	T oleju za chłodnicami	100	stC	0	200
TECH	PS_T_TGS6	T klocka oporowego przód str. Lewa	75		0	150
TECH	PS_T_TGS8	T klocka oporowego tył str. Lewa	75		0	150
TECH	PS_T_TGS5	T klocka oporowego przód str. prawa	75		0	150
TECH	PS_T_TGS7	T klocka oporowego tył str prawa	75		0	150
TECH	PS_T_TGS3	T met.łoż.oporowo nośnego przód	75		0	150
TECH	PS_T_TGS4	T met.łoż.oporowo nośnego tył	75		0	150

**Potwierdzam przeczytanie**

Fig. 4. The view of Operator's Report

### 3.3.1. System software

For specific plant installations of the MASTER System, the selection of operator system modules for activation and their activation is performed based on the configuration files defined for the plant. The system software runs on the basis of application data prepared by the editing package, and on the basis of configuration files edited in commonly available text editors. It is possible to perform the system functions in respect of the following from the system menu (Fig. 3) supported by the dedicated software module – Dialog:

- visualization of variables and events (options: Diagrams, Events, Alarms, Plots, Directories)
- reporting (Traditional and operator reports)
- updating of variables entered manually by the operator (Entry)
- impact on control systems (Controllers)
- providing additional features for system engineers (System)
- providing additional features for system operators (Tools)
- system shut down (End).

Permanent development of system software in the operator station will be illustrated by the new capabilities of the user

graphic interface that have appeared in the two last years; they are related to the following:

- modification of the window view and chart feature
- entering of operator reports
- presentation of additional information on control panels.

**Plots** have been modified in terms of configuration, presentation and the number of simultaneous calls. Until now, it was possible to simultaneously call only up to 2 plot windows with 8 variables in each, now it is as many windows as required by the operator (up to 100 plots). The diagram configuration method has also been simplified – the configuration menu for diagrams appears upon clicking the right mouse button.

**The operator report** is used to periodically and automatically generate reports with current measurement values for key analog and binary signals on the screen and to save them in files (Fig. 4). Once the operator has read the report, it is saved on hard disk and recorded in system logs by using the “reading confirmed” button.

In addition to plots, alarms and events, the operator report is an additional mechanism to increase the safety of plant technological processes carried out with the use of MASTER operator stations. **Control panels** are shown in Fig. 5 and 6.

The chosen examples of control panels show the structures of panel windows, as well as a new feature important to operators, regarding the visualization of technological locks of controlled devices. Control panels are editable by the panel editor developed at the Institute and may take any form suitable for users. They are usually developed by employees of the Institute in close cooperation with the users of MASTER systems, and the mnemonics used in the panels is editable, agreed and understood by operators and plant technologists.

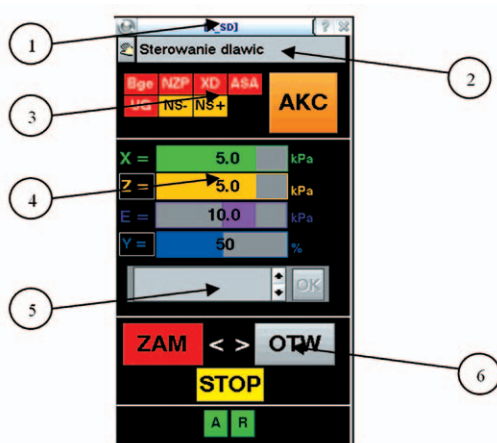


Fig. 5. Example of the control panel design. Function fields on panels: 1. panel name, 2. panel description, 3. field with information about the device status (BGE, NZS and other) and status approval (AKC), 4. information about current measured values (here: X, E), set value (here: Z), deviation (here: E) etc. Controllable variables surrounded by a frame (here: Z, dt, Y), 5. field for entering the controlled variable and value confirmation button (OK). The field assumes the colour of the value changed, 6. device control (here: ZAM, OTW, STOP, A/R)

## Presentation of technological locks of devices on control panels

The control panel support software for devices such as drives (fans, pumps, dampers) has been extended and now includes the ability to generate windows with visualization of technological interlocks of those devices. The window with current binary statuses marked as the device technological interlocks may be called from the panel menu.

Descriptions of lock statuses are shown in colour. The following colours have been used in the example: **green** for normal status, **red** for improper status and **dark grey** in the absence of binary credibility.

### 3.3.2. Application software

The application software at the operator level generated individually for each industrial facility by the editing package of the MASTER System consists of signal description files, sets of synoptic displays and control panels, as well as algorithms for calculating secondary values, and report templates.

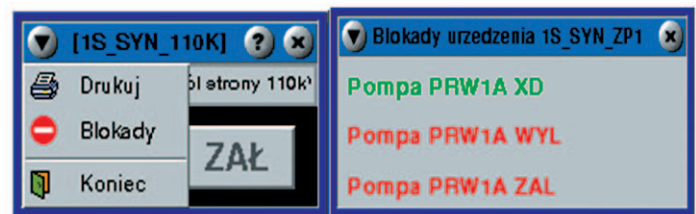


Fig. 6. The window with visualization of locks in a sample control panel

## 4. Current hardware and software resources at the MASTER level

### 4.1. Functions and parameters at the MASTER level

The MASTER Automation System allows the following:

- cooperation with various types of the MASTER systems of other manufacturers, e.g. with archiving systems, systems for calculating performance indicators or for data sharing in company networks. The following are used for that purpose:
  - standard interfaces – OPC servers, Open Modbus protocols and others
  - Institute’s interfaces – virtual cells, SSP interface stations and others
- supply of data to its own master system, which provides data for the staff responsible for surveillance and facility management. The system is implemented on two operating platforms in the form of:
  - website of web server (QNX6)
  - website of web server (Windows).

Both types of websites may be used separately or simultaneously, by complementing each other. Because the software for Windows website may be installed on any computer indicated by the user, it does not require the purchase of a dedicated computer as in the case of web server (QNX6). The Institute pays a great attention to the development of web server (Windows) features.

## 4.2. MASTER level hardware

The MASTER level is implemented by using brand-name hardware such as:

- MASTER interface station, a PC with QNX4 operating system (supplied by the QNX operating system distributor)
- web server (QNX6), a PC with QNX6 system (supplied as above)
- web server (Windows), a PC with Windows 2008 operating system
- MASTER System gateways, PCs with Windows 7 operating system or dust-proof fanless computers, if required by the installation conditions.

## 4.3. MASTER level software

The master level software developed at the Institute consists of the following:

- house-made SSP interface station
- website of the web server (QNX6)
- website of the web server (Windows).

**The interface station** is one of the earliest elements developed at the Institute to enable two-way exchange of data between the MASTER operator system and the external systems of other manufacturers. In new installations of the MASTER System, the link is replaced by the commonly used standard – OPC servers or Open Modbus protocols.

**The Website of the web server (QNX6)** is based on the concept of MASTER-Proster operator station software, including additional software for generating websites containing graphics,

reports and plots. The QNX6 websites in new installations are being replaced by websites on the Windows platform as the software for QNX6 servers requires purchase of a new computer, while in the case of Windows websites, the software may be installed on any computer indicated by the user.

**The website of the web server (Windows)** was designed and has been developed for the operating systems Windows XP, Windows Server 2008, Windows 7 and their successors.

The website is proposed as a component of:

- Windows system software with the WWW IIS server
- The user software for the website. The user software was developed at the Institute with the use of the Visual Studio 2010 programming environment in the Framework 4 technology.

The data, measurements and events are obtained from the MGate gateways of the MASTER System and stored in the MSSQL server database. Virtual cells, supplied, among others, by external systems, can be configured in gateways.

The user software provides online the following to the available web browsers (e.g. Internet Explorer, Mozilla Firefox, and Google Chrome):

- plots of analog and binary measurements
- animated synoptics
- plant-related events
- auto reports whose form, content and generation initiators are configured by the SQL Server program – the MS Report Builder.

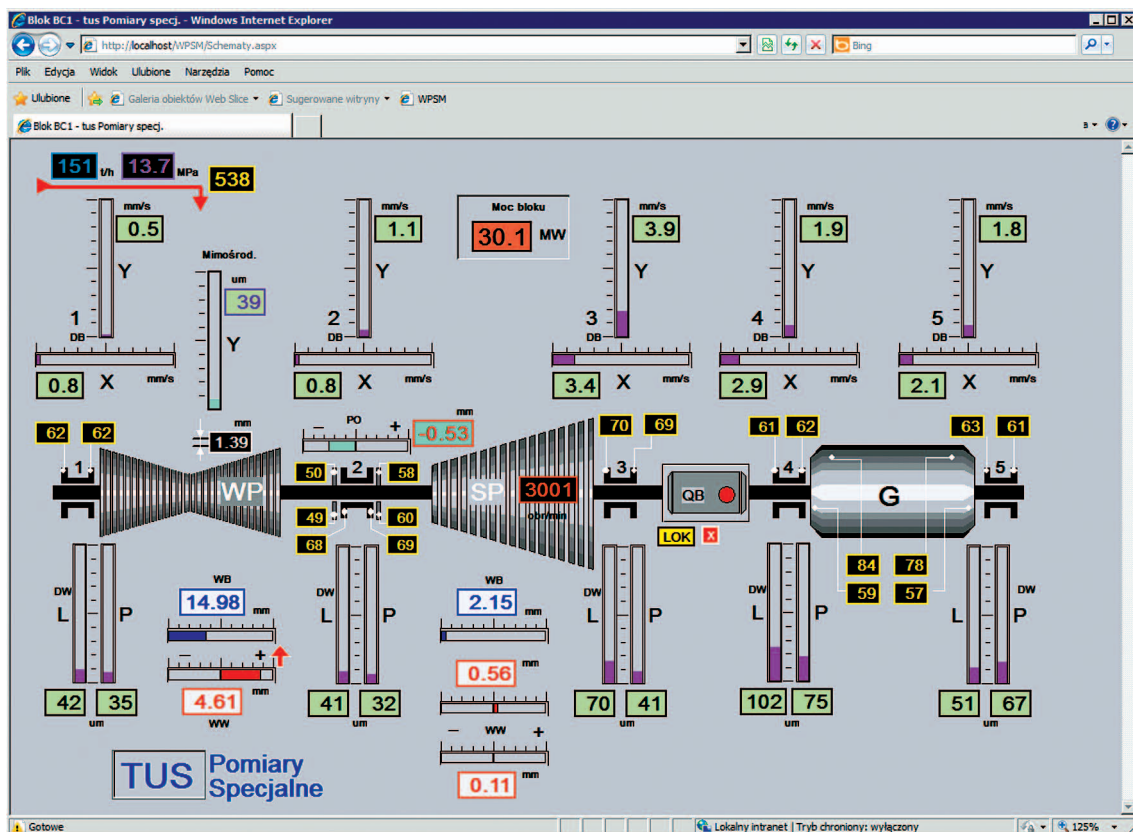


Fig. 7. Example window of WPSM-MASTER website

## 5. Elements of the engineering subsystem

The engineering subsystem is important at each phase of creation and operation of the Automation System; therefore, the tools for its editing, diagnostics and maintenance are developed at the same time as the system itself.

### 5.1. Editing tools

The following editors and standard tools developed at the Institute are used for edition:

- **the ReginEd editor** for the process level (Windows environment) used for creating MASTER software controllers and functional processing algorithms performed at MGate gateways
- **the editing package** for the operator level (QNX4/QNX6 environment) used for:
  - analysis of measured and calculated signal database (edited with MS Excel)
  - creation of plots
  - creation of control panels
  - determination of algorithms for calculation of secondary values
  - configuration of reports with the use of the Institute's text editors for QNX6
- **MS EXCEL** for editing the common database for the process, operator and MASTER level (Windows environment).

The development of the MASTER superordinated system has raised the need to use signal descriptions et al. its levels of organization.

The common database of the description of analog and binary signals is stored in the MS-SQL-Windows database; the following being possible: import and export of Excel files in the CSV format, assigning of each signal to any number of technological facilities.

### 5.2. Remote maintenance and diagnostic works

The MASTER Automation Systems used in facilities require upgrading, as well as scheduled and emergency diagnostic and maintenance actions.

Because of the high convenience and ability to quickly respond to emergency requests from the plant, the remote actions on MASTER System resources are more and more frequently performed at the Institute. Connections via a Virtual Private Network (VPN), which functions as a private logical structure within a public network (e.g. the Internet), are used for that purpose. The access to the VPNs of companies is possible by providing proper VPN client software and accounts on VPN servers in the companies to the employees of the Institute.

### 5.3. Engineering subsystems at the operator level

Diagnostics and maintenance engineering subsystems at the operator level are realised in the QNX4/QNX6 environment. The MasterDBG tool developed at the Institute is subject to continuous functional upgrades, while the program sheet browser,

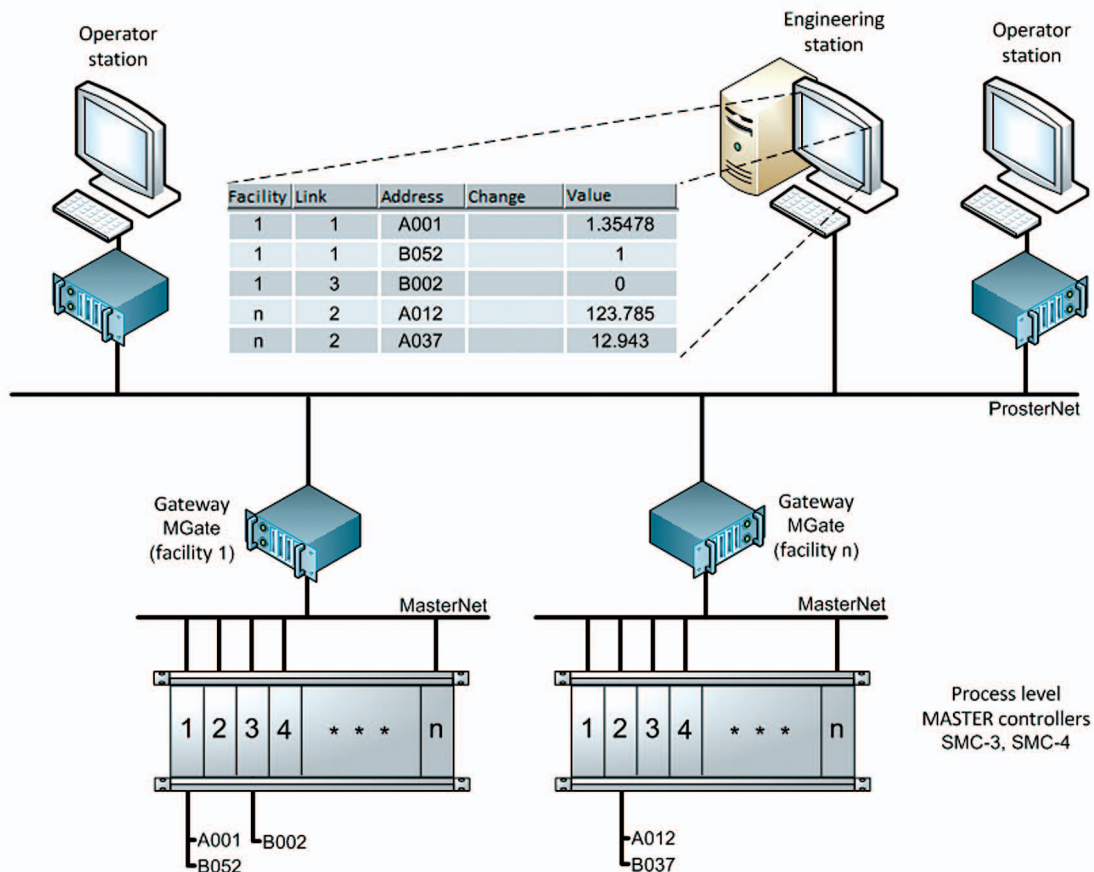


Fig. 8. Schematic diagram of connection between MasterDBG and MASTER controllers

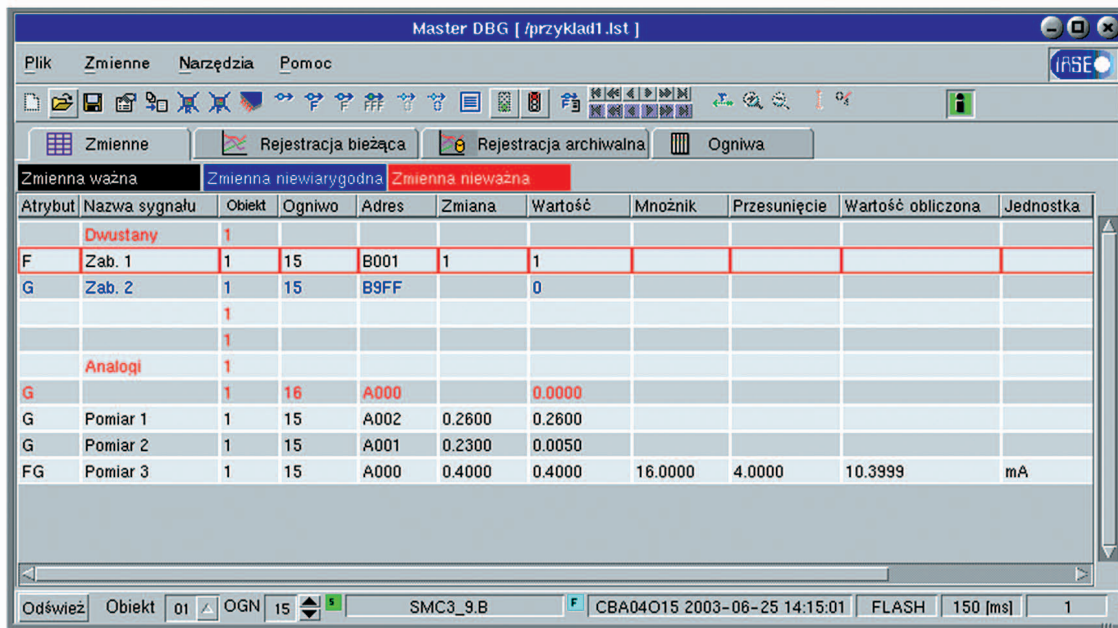


Fig. 9. The main application window of MasterDBG

ReginViewer, is a new engineering tool at the development phase.

#### Diagnostic software – MasterDBG

The MasterDBG application used on the QNX4 and QNX6 operating platforms enables diagnostics and configuration of MASTER controllers (SMC-3, SMC-4) from the level of engineering and operator stations.

The MasterDBG software communicates with MASTER controllers by single or redundant MGate gateways, using direct or routed connections. Currently, a simultaneous online access to eight technological facilities (automation stations) is possible from a single MasterDBG application.

If necessary, it is possible to expand the number of the stations.

The diagnostic functions carried out by the application allow the following:

- verification of proper operation of the controller (reading of its operation status)
- operations at its internal variables such as: view of values and value settings (force).
- Configuration and maintenance features allow the following:
- to include/exclude automation stations (MGate gateways) into/from operation
- configuration of communications ports of the automation station
- transfer of user programs to individual controllers
- remote restart of the user program at selected controller (restart from RAM or FLASH)
- rewriting of programs in controllers from RAM to FLASH
- releasing all variables in the controllers.

#### Program sheet browser – ReginViewer

Like MasterDBG, the ReginViewer browser is an engineering tool, generally activated on engineering stations, but may also be available from the system engineer option at operator stations. At present, the browser enables visualisation of program sheets with

the set of current measurements, as well as forcing (setting) of variables. A work is being carried out to extend the browser by adding the recording of variables from sheets in files. The sheet selection is available from the browser menu and from synoptic diagrams.

## 6. Summary of the basic characteristics of MASTER System in the context of complex installations

To conclude, the main features of the MASTER Automation System in the aspect of various configurations of its plant versions and relatively easy communications integration with the systems of other manufacturers are as follows:

- ability to create distributed or centralised system installations with a complex and diversified process level and any number of equivalent operator stations and engineering stations, allowing online access to all of the MASTER System resources
- running multiple functional components of MASTER System, which are activated selectively to satisfy specific user needs at specific installations
- the ability to perform ad hoc modifications in the system in accordance with user expectations
- the ability to use diverse synchronisation of system elements with the use of software and clocks developed by the Institute or available on the market (satellite clocks, DCF clocks, NTP servers, TP servers available in the system (TCP, UDP)/IP)
- a fast and reliable system for communications between individual components (10 MB-1Gb for network) based on the preferred standard transport protocols (TCP, UDP)/IP
- possible application of any standard and Institute's communications protocols
- implemented links (Open Modbus, OPC, Institute's) for automation systems or parent systems of companies such as: Emerson, Honeywell, Alstom, ControlTec, Sernet, ABB, Procom and others



- implemented website of the MASTER System, which provide data in company's networks and easy integration with any systems of other manufacturers
- possible remote diagnostic and maintenance operations with the use of VPN links
- fast and professional reaction of the employees of the Institute to the plant maintenance or emergency needs.

To sum up, the MASTER Automation System ensures sufficient resources and mechanisms for a complex automation of industrial facilities, as well as for creation of heterogeneous installations through easy integration with other systems of other manufacturers.

## REFERENCES

---

1. Kieleczawa A. et al., Konceptcja i funkcjonalność mechanizmów sieciowych Systemu Automatykacji MASTER [*Concept and functionality of network mechanisms in MASTER Automation System*], *Energetyka* 2011, pp. 12–16.
2. Białecki M. et al., Description of automation system: DCS MASTER, Wrocław, May 2012.
3. Białecki M. et al., Rozwój Systemu Automatykacji MASTER w kierunku nowych sposobów komunikacji z systemami zewnętrznymi [*Development of MASTER Automation System towards new methods of communication with external systems*], Wrocław, December 2010.

**Michał Białecki**

Institute of Power Systems Automation Ltd.

e-mail: [michal.bialecki@iase.wroc.pl](mailto:michal.bialecki@iase.wroc.pl)

Graduated from the IT Faculty at the University of Wrocław, since 2004 employed at the Institute of Power Systems Automation, currently as an engineering and technical specialist. An expert in the field of creating plant applications at operator level for MASTER System, responsible for visualisation of industrial processes in operator stations. Participant of numerous implementations in power and production facilities.

**Radosław Izakiewicz**

Institute of Power Systems Automation Ltd.

e-mail: [radoslaw.izakiewicz@iase.wroc.pl](mailto:radoslaw.izakiewicz@iase.wroc.pl)

A graduate of the Electrical Engineering Department at Wrocław University of Technology. Since 2005, he has been employed at the Institute of Power Systems Automation as an engineering and technical specialist. The scope of his work includes: programming works, mainly modification, extension and updating of software for MASTER Automation System in respect of software for operator and engineering stations, as well as object applications.

**Antonina Kieleczawa**

Institute of Power Systems Automation Ltd.

e-mail: [antonina.kieleczawa@iase.wroc.pl](mailto:antonina.kieleczawa@iase.wroc.pl)

A graduate of the Electrical Engineering Department at Wrocław University of Technology. She has been employed at the Institute of Power Systems Automation Ltd. since 1977, currently as the senior research and technical specialist. In 1983–1988 she was delegated to work at ZIBJ in Dubna in the team responsible for analyses and IT processing of nuclear reaction measurements carried out in the Laboratory of Nuclear Reactions. Co-founder of the Polish MASTER Automation System and of RZ-SPEEDY4 disturbance recorder. Specialist in the field of solutions at the operator level of the MASTER System and the communication and time synchronisation module. A Member of the Workgroup (WG) of the International Federation for Automatic Control (IFAC) – TC9.5.

**Piotr Pietras**

Institute of Power Systems Automation Ltd.

e-mail: [piotr.pietras@iase.wroc.pl](mailto:piotr.pietras@iase.wroc.pl)

A graduate of the Electrical Engineering Department at Wrocław University of Technology, major in IT. Employed at the Institute of Power Systems Automation Ltd. since 1996. Co-founder of the MASTER Automation System and of RZ-SPEEDY4 disturbance recorder. An expert in the area of user interface, archiving systems and editing package for the above-mentioned systems. He is continuing development and modernisation works in the field of operator and engineering software for both systems.

**Roman Skakowski**

Institute of Power Systems Automation Ltd.

e-mail: [roman.skakowski@iase.wroc.pl](mailto:roman.skakowski@iase.wroc.pl)

A graduate of the Faculty of Electrical Engineering at ХИМЭЦХ in Kharkov, Ukraine. He received his doctoral degree at the Institute of Power Engineering of Wrocław University of Technology. He has been employed at the Institute of Power Systems Automation Ltd since 1996, currently as the head of the Electrical Engineering IT Department. Specialises in the development of the Polish MASTER Automation System, he is a co-founder of the MASTER superordinated System and the LFC Power Distribution System developed at the Institute for Polish power plants, in accordance with the newly adopted national LFC (*Load Frequency Control*) system.

**Wojciech Szubert**

Institute of Power Systems Automation Ltd.

e-mail: [wojciech.szubert@iase.wroc.pl](mailto:wojciech.szubert@iase.wroc.pl)

The Technical Director of the Institute of Power Systems Automation. Graduate of the Wrocław University of Technology, major in the power systems. The subject of his doctoral thesis was the diagnostics of turbine sets with the use of artificial neural networks (2008). He is a Member of the Scientific Council of the Institute of Power Systems Automation Ltd.

**Edward Ziaja**

Institute of Power Systems Automation Ltd.

e-mail: [edward.ziaja@iase.wroc.pl](mailto:edward.ziaja@iase.wroc.pl)

President of the Board at the Institute of Power Systems Automation Ltd. A graduate of the Electrical Engineering Department of Wrocław University of Technology. Author and co-author of 3 patents and utility models, 8 Vice-Chancellor's Awards for scientific and inventive activity at the Wrocław University of Technology, author and co-author of implementations of 10 patents in the Polish power engineering sector, and more than 30 works published in the trade press.

This is a supporting translation of the original text published in this issue of "Acta Energetica" on pages 12–21. When referring to the article please refer to the original text.

PL

## Kompleksowa obsługa obiektów przemysłowych z wykorzystaniem systemu automatyzacji MASTER

### Autorzy

Michał Białecki  
Radosław Izakiewicz  
Antonina Kieleczawa  
Piotr Pietras  
Roman Skakowski  
Wojciech Szubert  
Edward Ziaja

### Słowa kluczowe

system automatyzacji, automatyzacja obiektów przemysłowych, PCL

### Streszczenie

System Automatyzacji MASTER jest w pełni polskim systemem opracowanym w Instytucie Automatyki Systemów Energetycznych sp. z o.o. Jest na bieżąco optymalizowany i unowocześniany w zakresie sprzętu i oprogramowania. Oprócz nieograniczonej możliwości rozszerzania puli standardowych linków komunikacyjnych umożliwia aplikację dowolnych firmowych protokołów. Zapewnia wystarczające zasoby i mechanizmy do kompleksowych automatyzacji obiektów, jak również tworzenia heterogenicznych instalacji poprzez łatwą integrację z systemami innych producentów.

### 1. Wstęp – struktura oraz kwestie rozwojowe i wdrożeniowe systemu automatyzacji MASTER

Powszechność stosowania komputerów w życiu prywatnym zasadniczo zwiększyła wymagania użytkowników w zakresie funkcjonalności i prostoty obsługi systemów automatyzacji. System powinien być niezawodny, przyjazny w obsłudze, łatwo modyfikowalny i serwisowany. Coraz częstszym wymaganiem użytkowników jest kompleksowość rozwiązań w celu zaspokajania potrzeb wszystkich służb obsługujących obiekty przemysłowe.

System Automatyzacji MASTER został opracowany w Instytucie Automatyki Systemów Energetycznych sp. z o.o. i jest systematycznie rozwijany od kilkadziesiąt lat. Obsługuje różnorodną automatykę, w tym rodzime sterowniki MASTER. Posiada rozbudowane funkcjonalnie stacje operatorskie, wspomagające pracę operatorów obsługujących procesy technologiczne. W ostatnim czasie został wzbogacony o system nadrzędny MASTER, udostępniający informacje dla służb zarządzania, z wykorzystaniem technologii internetowych/intranetowych. Może również wymieniać informacje z systemami innych producentów na różnych poziomach jego struktury. Komponenty systemu automatyzacji integrowane są do postaci jednolitego systemu automatyzacji za pomocą sieci komunikacyjnych, opartych w większości na sieciach ethernetowych i protokołach transportowych (TCP, UDP)/IP.

W treści artykułu umieszczono przykładowe rysunki z istniejących instalacji obiektowych, ilustrujące główne cechy systemu. Poszczególne aplikacje obiektowe są w pełni edytowalne i przygotowywane zgodnie z oczekiwaniami użytkowników.

Organizacyjnie System Automatyzacji MASTER posiada strukturę warstwową i składa się z (rys. 1):

- **poziomu procesowego** (ogniwa fizyczne, ogniwa wirtualne, stacje

kommunikacyjno-przetwarzające – bramki MGate)

- **poziomu operatorskiego** (równorzędne stacje operatorskie w dowolnej ilości)
- **poziomu nadrzędnego** (witryny internetowe systemu MASTER, stacje sprzęgające oraz firmowe i standardowe linki do obcych systemów nadrzędnych)
- **podsystemu inżynierskiego** (edytory poziomu procesowego i operatorskiego, narzędzia diagnostyki oraz serwisu offline i online)
- **podsystemu komunikacyjnego** w tym:
  - sieci ruchowe – MasterNet, ProsterNet
  - linki do systemów zewnętrznych – serwery OPC, sieci Open Modus/TCP i inne
  - sieci diagnostyczno-serwisowe – OSK, tj. obiektowa sieć komputerowa i łącza VPN.

Rozwój systemu MASTER dotyczy każdego poziomu organizacyjnego i obejmuje kwestie:

- przystosowania oprogramowania użytkowego Systemu Automatyzacji MASTER do aktualnych wersji systemów operacyjnych oraz bieżących rozwiązań sprzętu komputerowego, sieciowego i wizualizacyjnego
- rozwoju możliwości edycyjnych systemu
- rozwoju funkcjonalnego oprogramowania użytkowego
- poprawy komfortu eksploatacji obiektowej systemów, w tym diagnostyki oraz serwisu planowego i awaryjnego.

### 2. Aktualne zasoby sprzętowo-programowe poziomu procesowego

Poziom procesowy (rys. 2) zlokalizowany jest najbliżej obiektowych procesów technologicznych w sensie konfiguracji i funkcji systemu automatyzacji MASTER.

W nowych lub modernizowanych instalacjach systemów oprócz realnych stacji procesowych MASTER, składających się ze sterowników i modułów komunikacyjnych (SMC3, SMC-3SE, SMC4, SMS8, MASTER

100), mogą funkcjonować również sterowniki wirtualne. Zostały one opracowane w Instytucie w ostatnich latach z myślą o integracji różnorodnych modułów systemu. Sterowniki wirtualne i fizyczne, z wyjątkiem przydzielanych numerów, są traktowane jednakowo przez stacje komunikacyjne i stacje operatorskie. Wirtualne sterowniki konfigurowane są w brankach i rozumiane są jako pule sygnałów analogowych i dwustanowych, które mogą być zasilane przez obce systemy i sterowniki, inne bramki MGate oraz stacje operatorskie MASTER, w tym starszych generacji.

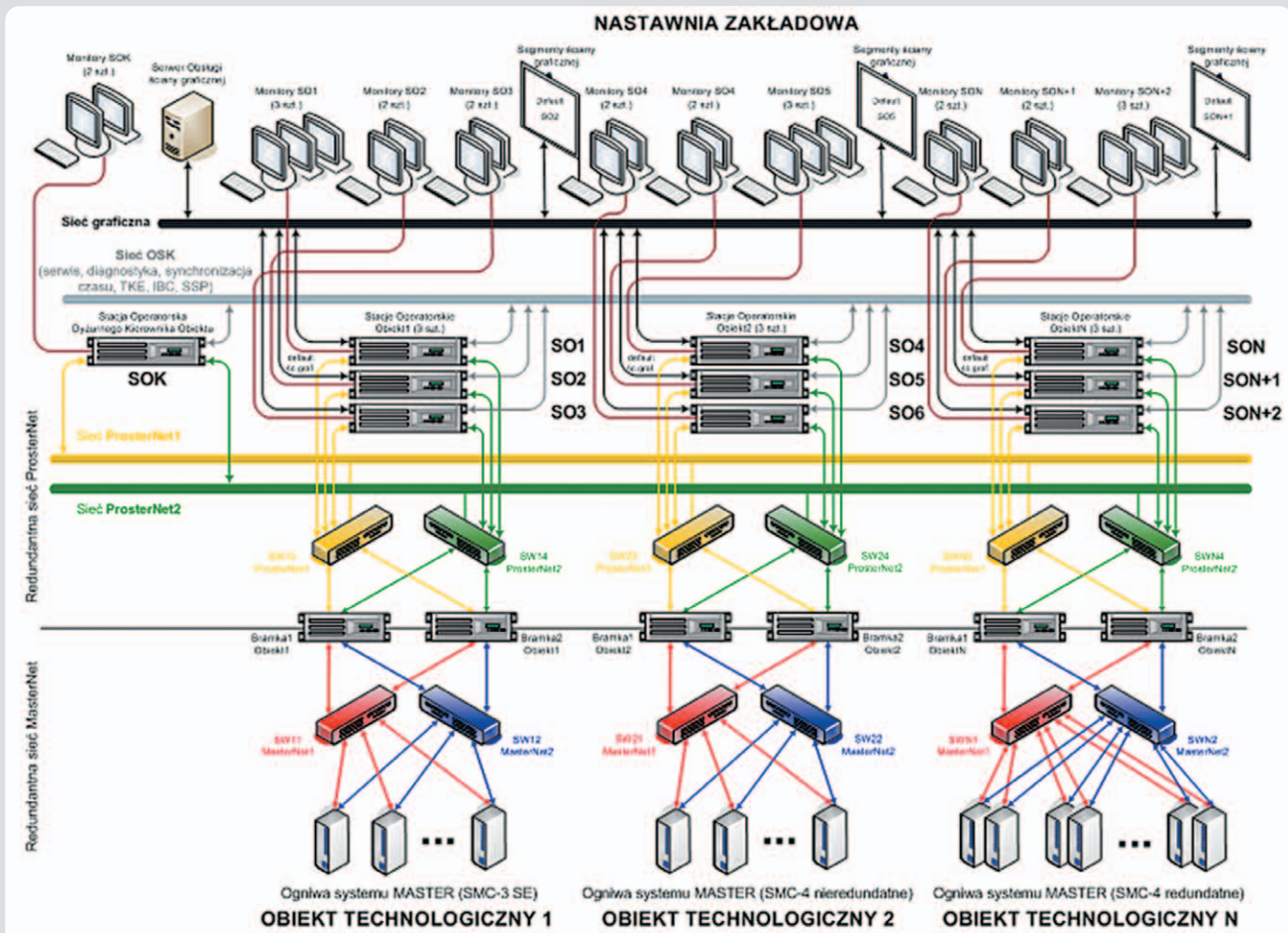
### 2.1. Funkcje i parametry poziomu procesowego

Podstawowymi funkcjami poziomu procesowego są:

- realizacja w ogniwie algorytmu użytkowego
- przesyłanie danych pomiędzy ogniwami
- wymiana danych z poziomem operatorskim
- buforowanie komunikatów o zdarzeniach. Sterownik ognia przetwarza program użytkowy w cyklu zależnym od stopnia jego złożoności, typowo 20–200 ms. Zdarzenia generowane są przez ogniwo z dokładnością 10 ms. Cykl wymiany informacji w ramach sieci MasterNet wynosi 250 ms.

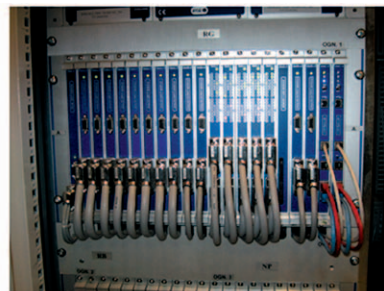
### 2.2. Konfiguracja sprzętowa poziomu procesowego

- W konfiguracji sprzętowej poziomu procesowego w nowych instalacjach wyróżnia się następujące elementy automatyki i koncentratorów komunikacyjnych MASTER (rys. 2):
- **ogniwa w wydaniu kasetowym**, mieszczącym do 21 modułów w tym:
  - moduł sterownika pojedynczy lub redundantny, obsługujący sterowanie procesem i realizację komunikacji sieciowej (SMC-3SE, SMC4 i inne)
  - do 20 modułów sygnałów obiektowych wej/wyj



Rys. 1. Konfiguracja systemu MASTER w kompleksowej obsłudze elektrociepłowni

- (opcjonalnie) moduł komunikacyjny SMS-8SE, mikroprocesorowy konwerter protokołów komunikacyjnych RS485/422 do protokołu sieciowego Ethernet i odwrotnie (maks. 8 kanałów po 32 urządzenia w kanale w jednym module)
- (opcjonalnie) specjalizowany moduł SMI-8SE do nadzoru maszyn wirujących
- **rozproszony system sterowniczy MASTER 100**, składający się z uniwersalnego modułu sterowniczego oraz modułów rozszerzeń
- **bramki MGate**, pojedyncze lub redundancjne komputery komunikacyjno-przetwarzające z platformą operacyjną systemu Windows (rys. 2). Bramki MGate i obsługiwane przez nie ogniwa rozumiane są jako stacje automatyki w konfiguracji Systemu Automatykacji MASTER. Aktualnie bramka, pojedyncza lub redundancjna, obsługuje do 47 ogniw fizycznych MASTER i 47 ogniw wirtualnych. Ogniwa wirtualne reprezentują w systemie MASTER linki do różnego rodzaju obcych systemów. W końcowej fazie znajdują się prace pełnego włączenia rozproszonego systemu MASTER 100 do instalacji obiektowych. Z założenia oba typy automatyki MASTER mogą funkcjonować w jednym zestawie bramek MGate.



Rys. 2. Przykład poziomu procesowego systemu MASTER (ogniwo, bramka, szafa automatyki)

### 2.3. Programowanie ogniw MASTER

Podstawą programową ogniw MASTER jest firmowy system operacyjny oraz oprogramowanie aplikacyjne ogniw, opracowane w Instytucie.

System operacyjny nagrywany jest przez producenta na etapie produkcji sterowników, ale może być również uaktualniany w trakcie eksploatacji sterowników. Oprogramowanie systemowe sterowników (ogniw) składa się z:

- systemu operacyjnego ogniw (język programowania – assembler), stanowiącego platformę dla użytkowego oprogramowania aplikacyjnego
- sieciowego systemu komunikacyjnego (język C), odpowiedzialnego za dwukierunkową transmisję danych między sterownikami MASTER i bramkami MGate.

**Oprogramowanie aplikacyjne** ogniw, bazujące na opracowanym w Instytucie języku REGIN-H typu FDB, tworzone jest za pomocą firmowego edytora graficznego **ReginEd**. Edytor przeznaczony jest do pracy w środowisku operacyjnym systemów rodziny Windows. Umożliwia również on tworzenie i edytowanie oprogramowania aplikacyjnego bramek MGate oraz śledzenie bieżących wartości sygnałów w programach aplikacyjnych ogniw i bramek. Zakres funkcji edytora jest uzupełniany w miarę pojawiających się nowych potrzeb eksploatacyjno-wdrożeniowych.

### 3. Aktualne zasoby sprzętowo-programowe poziomu operatorskiego

#### 3.1. Zastosowanie i funkcje poziomu operatorskiego

Podstawowym zastosowaniem każdego systemu automatyzacji jest wspomaganie operatorów i inżynierów ruchu w obsłudze obiektowych procesów technologicznych. Funkcjonalność ta jest realizowana w naszym systemie przez stacje operatorskie MASTER-ProSter. Ich możliwością są bezpośrednio konfrontowane z faktycznymi potrzebami użytkowników lub panującymi w danym czasie trendami, dlatego stacje operatorskie podlegają najczęstszym zmianom w zakresie sprzętu i oprogramowania.

System MASTER jest łatwo skalowalny na małe i duże obiekty przemysłowe. Może być wdrażany w zakładach przemysłowych o różnej technologii, choć nasze wdrożenia obejmują przede wszystkim sektor energetyki elektrycznej i ciepłowniczej, ponieważ technologia tych obiektów jest najbliższa profilowi Instytutu.

#### 3.2. Sprzęt poziomu operatorskiego

Sprzętową bazę systemu operatorskiego MASTER stanowią komputery klasy PC w wykonaniu przemysłowym, dostarczane przez dystrybutora systemu operacyjnego QNX. Laboratoryjne instalacje wdrażanych systemów są dokładnie testowane w Instytucie, co ogranicza zasadniczo liczbę błędów mogących pojawić się w nowych instalacjach obiektowych.

Typowe stacje operatorskie wyposażone są m.in. w:

- procesory wielordzeniowe
- mechanizmy obsługi rozszerzonej puli przerwań
- extensery ethernetowe, umożliwiające podłączenie do komputerów odległych klawiatur, myszy, monitorów (do ponad 100 m na skrętce ethernetowej lub większych odległości przy zastosowaniu światłowodów).

#### 3.3. Oprogramowanie poziomu operatorskiego

Podstawą programową stacji operatorskich jest wielozadaniowy system operacyjny czasu rzeczywistego QNX2/QNX4/QNX6. Nowe instalacje systemu operatorskiego wykonywane są na bazie najnowszej wersji systemu operacyjnego QNX 6.5.0.

Pełne oprogramowanie użytkowe stacji operatorskiej (MASTER-ProSter) składa się z:

- oprogramowania systemowego, tj. grupy ok. 40 programów (napisanych w języku C/C++), pogrupowanych w moduły, realizujących funkcje operatorskie, dostępne z menu systemu (rys. 3)
- oprogramowania aplikacyjnego, tj. plików edycyjnych opisujących obiekt, utworzonych przez technologów z wykorzystaniem pakietu edycyjnego poziomu operatorskiego. Oprogramowanie aplikacyjne zawiera pliki opisu sygnałów, zestawy synoptyk i paneli regulacyjno-sterowniczych, algorytmy wyliczania wielkości wtórnych i wzorów raportów.

#### 3.3.1. Oprogramowanie systemowe

Dla konkretnych instalacji obiektowych systemu MASTER wybór operatorskich modułów systemowych do uruchomienia i ich uruchomienie następuje na podstawie zdefiniowanych dla obiektu plików konfiguracyjnych.

Oprogramowanie systemowe pracuje na danych aplikacyjnych, przygotowanych przez pakiet edycyjny, oraz na plikach konfiguracyjnych, edytowanych w edytorach tekstu ogólnie dostępnych.

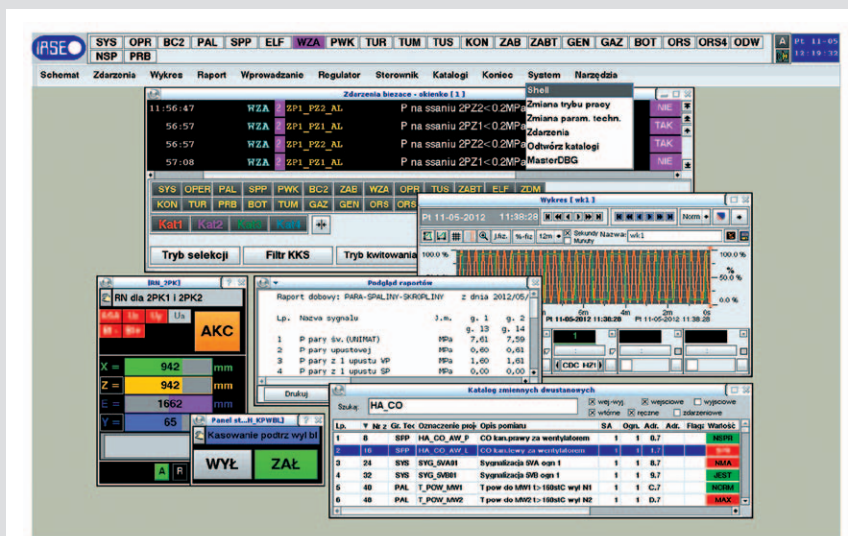
Z menu systemu (rys. 3), obsługiwanego przez wydzielony moduł programowy Dialog, możliwa jest realizacja funkcji systemu związanych z:

- wizualizacją zmiennych i zdarzeń (opcje: Schematy, Zdarzenia, Alarmy, Wykresy, Katalogi)
- raportowaniem (Raporty tradycyjne i operatora)
- aktualizacją zmiennych ręcznych wprowadzanych przez operatora (Wprowadzanie)
- oddziaływaniem na układy regulacji i sterowania (Regulatory, Sterowniki)
- udostępnieniem dodatkowych funkcji dla inżynierów systemu (System)
- udostępnieniem dodatkowych funkcji dla operatorów systemu (Narzędzia)
- zamknięciem systemu (Koniec).

Permanently rozwój oprogramowania systemowego stacji operatorskiej zostanie zilustrowany przez nowe możliwości interfejsu graficznego użytkownika, które powstały na przestrzeni dwóch ostatnich lat i dotyczą m.in.:

- modyfikacji widoku okna i funkcjonalności wykresów
- wprowadzaniem raportów operatora
- prezentacji dodatkowych informacji na panelach regulacyjno-sterowniczych.

**Wykresy** zostały zmodyfikowane w zakresie konfiguracji i prezentacji oraz liczby jednoczesnych wywołań. Do tej pory można było wywołać jednocześnie do 2 okien wykresów po 8 zmiennych w każdym, obecnie tyle



Rys. 3. Menu stacji operatorskiej prezentujące główne moduły oprogramowania systemowego

Raport Operatora						
Ostrzeżenia: 31		Alarmy: 7				
Gr. Tech.	Oznaczenie projektowe	Opis pomiaru	Wartość	JedFiz	Zakres dolny	Zakres górny
TECH	P_PA_UPREG1	P pary z upustu regulowanego nr 1	1.00	MPa	0.00	2.50
TECH	P_PAR_2_UP	P pary upustu II do XNS, przelotnia	0.00	MPa	0.00	1.60
TECH	P_PA_XB	P pary wylot z turb. do podgr. ciepł O	100	kPa	-100	200
TECH	P_PA_XA	P pary wylot z turb. do podgr. ciepł.OXA	50	kPa	-100	100
TECH	P_OL_REG_Z1	P ol.reg. Z1	3.00	MPa	0.00	6.00
TECH	P_OL_SMAR_Z1	P ol.srn. Z1	0.00	MPa	0.00	0.25
TECH	P_OU_PG	P oleju w kolekt. za pomp. oleju uszcz.	0.00	MPa	0.00	0.80
TECH	T_OL_ZA_CHL	T oleju za chłodnicami	100	stC	0	200
TECH	PS_T_TGS8	T klocka oporowego przód str. Lewa	75		0	150
TECH	PS_T_TGS8	T klocka oporowego tył str. Lewa	75		0	150
TECH	PS_T_TGS5	T klocka oporowego przód str. prawa	75		0	150
TECH	PS_T_TGS7	T klocka oporowego tył str. prawa	75		0	150
TECH	PS_T_TGS3	T met.łoż.oporowo nośnego przód	75		0	150
TECH	PS_T_TGS4	T met.łoż.oporowo nośnego tył	75		0	150

Rys. 4. Obraz Raportu Operatora

okien, ile potrzebuje operator prowadzący obiekt (maks. 100 wykresów). Uproszczony został również sposób konfiguracji schematów, menu konfiguracyjne dla wykresów pojawia się przez kliknięcie prawym przyciskiem myszy.

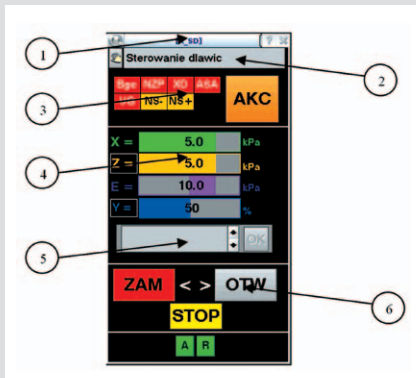
Raport operatora służy do cyklicznego, automatycznego generowania na monitorze i zapisywania do plików dyskowych raportów z aktualnymi wartościami pomiarów najważniejszych sygnałów analogowych i dwustanowych (rys. 4).

Po zapoznaniu się operatorem z raportem, przez użycie przycisku „potwierdzam przeczytanie”, zostaje on zapisany na dysku oraz odnotowany w logach systemowych.

Raport operatora jest dodatkowym mechanizmem, oprócz synoptyk, alarmów i zdarzeń, zwiększenia bezpieczeństwa prowadzenia obiektowych procesów technologicznych z wykorzystaniem stacji operatorskich MASTER.

Panele regulacyjno-sterownicze zostały przedstawione na rys. 5 i 6.

Na wybranych przykładach paneli (stacyjek) regulacyjno-sterowniczych przedstawiono przykładową strukturę okienek stacyjek, zaprezentowano również nową funkcjonalność, ważną dla operatorów, a dotyczącą wizualizacji blokad technologicznych sterowanych urządzeń. Stacyjki regulacyjne i sterownicze są edytowalne przez edytor stacyjek opracowany w Instytucie i mogą przybierać dowolne formy odpowiednie dla użytkowników. Zazwyczaj są one wypracowane przez pracowników Instytutu w ścisłej współpracy z użytkownikami systemów MASTER, a użyta na stacyjkach mnemonika jest edytowalna, uzgodniona i zrozumiała przez operatorów oraz technologów obiektowych.



Rys. 5. Budowa przykładowej stacyjki regulacyjno-sterowniczej. Oznaczenia pól funkcyjnych na stacyjkach: 1. nazwa stacyjki, 2. opis stacyjki, 3. pole z informacjami o stanie urządzenia (BGE, NZS i inne) oraz akceptacja stanu (AKC), 4. informacje o wartościach pomiarowych, bieżących (tu: X, E), wartości zadanej (tu: Z), uchybie (tu: E) itp. Zmienne sterowalne otoczone są ramką (tu: Z, dt, Y), 5. pole do wprowadzenia wartości zmiennej regulowanej oraz przycisk potwierdzenia wartości (OK). Pole przyjmuje kolor zmienianej wartości, 6. sterowanie urządzeniem (tu: ZAM, OTW, STOP, A/R)

### Prezentacja blokad technologicznych urządzeń na stacyjkach sterowniczych

Oprogramowanie obsługi stacyjek sterowniczych dla urządzeń, takich jak napędy (pompy, zasuwy, wentylatory), zostało

wzbogacone o możliwość generowania okien wizualizacji blokad technologicznych tych urządzeń. Z menu stacyjki można wywołać okno z aktualnymi stanami dwustanów oznaczonych jako blokad technologiczne danego urządzenia.

Opisy dwustanów blokad są prezentowane w kolorach. W przykładzie użyto następujących kolorów: **zielony** dla stanu prawidłowego, **czerwony** dla stanu nieprawidłowego i **ciemnoszary** przy braku wiarygodności dwustanu.

### 3.3.2. Oprogramowanie aplikacyjne

W skład oprogramowania aplikacyjnego poziomu operatorskiego, generowanego przez pakiet edycyjny systemu MASTER indywidualnie dla każdego obiektu przemysłowego, wchodzi pliki opisu sygnałów, zestawy synoptyk i paneli regulacyjno-sterowniczych, a także algorytmy wyli-



Rys. 6. Okno z wizualizacją blokad przykładowej stacyjki sterowniczej

czania wielkości wtórnych i wzory raportów.

### 4. Aktualne zasoby sprzętowo-programowe poziomu nadrzędnego

#### 4.1. Funkcje i parametry poziomu nadrzędnego

System Automatykacji MASTER umożliwia:

- współpracę z różnego typu systemami nadrzędnymi innych producentów, dla przykładu z systemami archiwizacji, systemami wyliczania wskaźników sprawnościowych lub udostępniania danych do sieci zakładowych. Wykorzystywane są w tym celu:

- sprzęgi standardowe – serwery OPC, protokoły Open Modbus i inne
- firmowe sprzęgi Instytutu – ogniwa wirtualne, stacje sprzęgające SSP i inne
- zasilania danymi własnego systemu nadrzędnego, udostępniającego dane dla służb nadzoru i zarządzania obiektem. System zrealizowany został na dwóch platformach operacyjnych w postaci:
  - witryny internetowej serwera WWW-QNX6
  - witryny internetowej serwera WWW-Windows.

Oba typy witryn mogą funkcjonować oddzielnie lub jednocześnie, wzajemnie się uzupełniając. Ponieważ oprogramowanie witryny internetowej Windows może być zainstalowane na dowolnym komputerze wskazanym przez użytkownika, nie wymaga ono zakupu dedykowanego komputera, jak w przypadku serwera WWW-QNX6. Instytut przykładu dużą wagę do rozwoju funkcjonalności serwera WWW-Windows.

#### 4.2. Sprzęt poziomu nadrzędnego

Poziom nadrzędny realizowany jest za pomocą markowego sprzętu komputerowego, takiego jak:

- stacja sprzęgająca systemu MASTER, komputer klasy PC z systemem

operacyjnym QNX4 (dostarczany przez dystrybutora systemów operacyjnych QNX)

- serwer WWW-QNX6, komputer klasy PC z systemem QNX6 (dostarczany jw.)
- serwer WWW-Windows, komputer PC z systemem operacyjnym Windows 2008
- bramki systemu MASTER, komputery klasy PC z systemem Windows 7 lub komputery pyłoszczelne bezwentylatorowe, jeśli warunki instalacyjne tego wymagają.

### 4.3. Oprogramowanie poziomu nadrzędnego

Wykonane w Instytucie oprogramowanie poziomu nadrzędnego składa się z:

- firmowej stacji sprzęgającej SSP
- witryny internetowej serwera WWW-QNX6
- witryny internetowej serwera stron WWW-Windows.

**Stacja sprzęgająca** jest jednym z wcześniejszych, opracowanych w Instytucie możliwych elementów pośredniczących w dwukierunkowej wymianie danych między systemem operatorskim MASTER a zewnętrznymi systemami innych producentów. W nowych instalacjach systemu MASTER link ten jest wypierany przez powszechnie stosowany standard – serwery OPC lub protokoły Open Modbus.

**Witryna internetowa serwera WWW-QNX6** została oparta na koncepcji oprogramowania stacji operatorskich MASTER-Proster z wykonaniem dodatkowego oprogramowania, generującego strony zawierające grafiki, raporty i wykresy. Witryny QNX6 w nowych instalacjach są wypierane przez strony WWW na platformie Windows, ponieważ oprogramowanie dla serwerów QNX6 wymaga zakupu nowego komputera, natomiast w przypadku stron Windows oprogramowanie może być zainstalowane na dowolnym komputerze wskazanym przez użytkownika.

**Witryna internetowa serwera WWW-Windows** została wykonana i jest rozwijana dla systemów operacyjnych Windows XP, Windows Server 2008, Windows 7 i ich następców.

Witrynę zaproponowano jako komponent:

- oprogramowania systemowego Windows z serwerem stron WWW IIS
- oprogramowania użytkowego witryny internetowej. Oprogramowanie użytkowe wykonano w Instytucie z wykorzystaniem środowiska programistycznego-uruchomieniowego Visual Studio 2010 w technologii Framework 4.

Dane, pomiary i zdarzenia pozyskiwane są z bramek MGate systemu MASTER i archiwizowane w bazie danych MSSQL serwera. W brankach mogą być konfigurowane ogniwa wirtualne, zasilane m.in. przez zewnętrzne systemy.

Oprogramowanie użytkowe dostarcza w czasie online do dostępnych przeglądarek internetowych (np. Internet Explorer, Mozilla Firefox, Google Chrome):

- wykresy pomiarów analogowych i dwustanowych
- ożywione synoptyki
- zdarzenia obiektowe
- raporty automatyczne, których forma, zawartość i inicjatory generowania są konfigurowane przez program SQL Server – MS Report Builder.

5. Elementy podsystemu inżynierskiego podsystem inżynierski jest istotny w każdej fazie tworzenia i funkcjonowania systemu automatyzacji, dlatego na równi z rozwojem systemu automatyzacji rozwijane są narzędzia do jego edycji, diagnostyki i serwisowania.

### 5.1. Narzędzia edycyjne

Do edycji są wykorzystywane opracowane w Instytucie edytory oraz standardowe narzędzia:

- edytor **ReginEd** poziomu procesowego (środowisko Windows) do tworzenia oprogramowania sterowników MASTER oraz algorytmów przetwarzania funkcjonalnego, wykonywanego w bramkach MGate
- pakiet edycyjny poziomu operatorskiego (środowisko QNX4/QNX6) do:
  - analizy bazy sygnałów mierzonych i wyliczanych (baza edytowana przez MS EXCEL)
  - tworzenia synoptyk
  - tworzenia paneli regulacyjno-sterowniczych
  - określania algorytmów wyliczania wielkości wtórnych
  - konfiguracji raportów z wykorzystaniem firmowych edytorów tekstowych QNX6.
- MS EXCEL do edycji wspólnej bazy dla poziomów procesowego, operatorskiego i nadrzędnego (środowisko Windows).

Opracowanie systemu nadrzędnego MASTER zrodziło potrzebę korzystania z opisu sygnałów we wszystkich jego poziomach organizacyjnych.

Wspólna baza opisu sygnałów analogowych i dwustanowych przechowywana jest w bazie MS SQL-Windows i możliwe są:

- import i export plików EXCEL w formacie CSV
- przypisanie każdego sygnału do dowolnej liczby obiektów technologicznych.

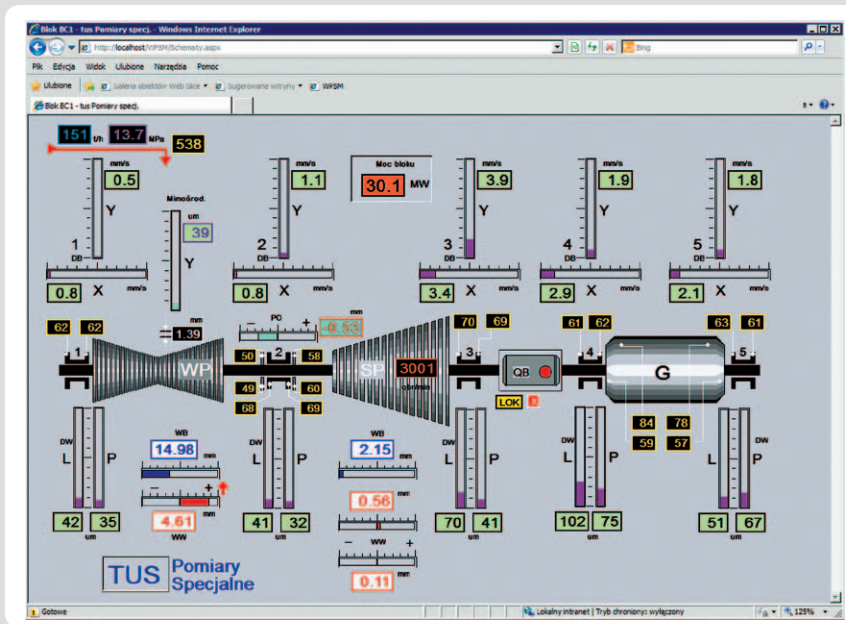
### 5.2. Zdalne prace serwisowo-diagnostyczne

Pracujące na obiektach systemy automatyzacji MASTER wymagają modernizacji, a także planowanych i awaryjnych działań diagnostyczno-serwisowych.

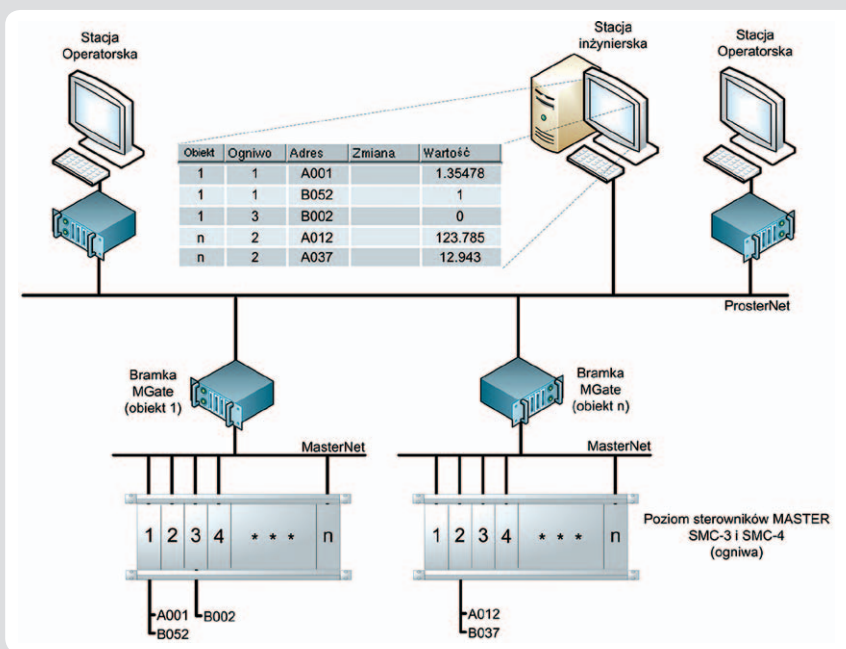
Ze względu na dużą wygodę i możliwość szybkiej reakcji na zgłoszenia interwencyjne z obiektu coraz częściej praktykowane są w Instytucie działania zdalne na zasobach systemu MASTER. Wykorzystywane są w tym celu połączenia za pomocą wirtualnej sieci prywatnej VPN (ang. *Virtual Private Network*), funkcjonującej jako prywatna struktura logiczna działająca w ramach sieci publicznej, takiej jak Internet. Dostęp do sieci VPN przedsiębiorstw jest możliwy przez udostępnienie pracownikom Instytutu odpowiedniego oprogramowania klienckiego VPN oraz kont na serwerach VPN w przedsiębiorstwach.

### 5.3. Podsystemy inżynierskie poziomu operatorskiego

Podsystemy inżynierskie diagnostyczno-serwisowe poziomu operatorskiego zostały zrealizowane w środowisku systemu QNX4/QNX6. Narzędzie MasterDBG, opracowane w Instytucie kilkanaście lat temu, podlega ciągłym modyfikacjom funkcjonalnym, natomiast przeglądarka arkuszy programowych ReginViewer jest nowym narzędziem inżynierskim w fazie rozwoju.



Rys. 7. Menu główne witryny internetowej WPSM-MASTER



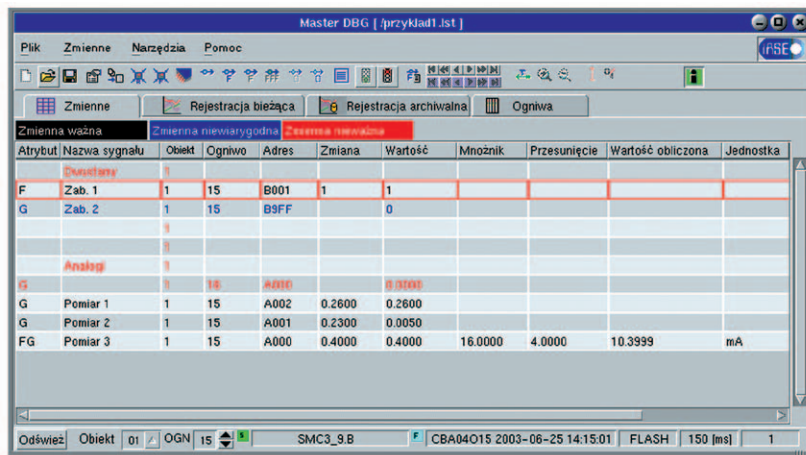
Rys. 8. Schemat ideowy połączenia aplikacji MasterDBG ze sterownikami MASTER

### • Oprogramowanie diagnostyczne MasterDBG

Aplikacja MasterDBG, zrealizowana na platformach operacyjnych QNX4 i QNX6, umożliwia diagnostykę i konfigurację sterowników MASTER (SMC-3, SMC-4) z poziomu stacji inżynierskiej i operatorskiej. Oprogramowanie MasterDBG komunikuje się ze sterownikami MASTER przez pojedyncze lub redundancjne bramki MGate, za pomocą bezpośrednich lub rutowanych połączeń. Obecnie z jednej aplikacji MasterDBG możliwy jest równoczesny dostęp online do ośmiu obiektów technologicznych (stacji automatyki). Możliwe jest rozszerzenie liczby stacji, jeśli wystąpi taka potrzeba instalacyjna. Funkcje diagnostyczne realizowane przez

aplikację umożliwiają:

- sprawdzanie poprawności działania sterownika (odczytywanie stanu jego pracy)
- operacje na jego zmiennych wewnętrznych, takich jak: podgląd wartości i ustawianie wartości.
- Funkcje konfiguracyjno-serwisowe pozwalają na:
  - włączenia/wyłączenia z obsługi kolejnych stacji automatyki (bramek MGate)
  - konfigurację portów komunikacyjnych stacji automatyki
  - przesłanie do poszczególnych sterowników programów użytkowych
  - zdalny restart programu użytkowego wybranego sterownika (restart z RAM lub FLASH)



Zmienna ważna	Zmienna nieważna	Zmienna nieaktualna								
Atrybut	Nazwa sygnału	Obiekt	Ogniw	Adres	Zmiana	Wartość	Mnożnik	Przesunięcie	Wartość obliczona	Jednostka
<b>Przebieg</b>										
F	Zab. 1	1	15	B001	1	1				
G	Zab. 2	1	15	B9FF		0				
<b>Analizy</b>										
FG		1	15	A010		0.0100				
G	Pomiar 1	1	15	A002	0.2600	0.2600				
G	Pomiar 2	1	15	A001	0.2300	0.0050				
FG	Pomiar 3	1	15	A000	0.4000	0.4000	16.0000	4.0000	10.3999	mA

Rys. 9. Główne okno aplikacji MasterDBG

- przepisywanie programów w sterownikach z RAM do FLASH
- odforsowywanie wszystkich zmiennych w ogniwie.

#### • Przeglądarka arkuszy programowych ReginViewer

Przeglądarka ReginViewer, podobnie jak MasterDBG, jest narzędziem inżynierskim, uruchamianym zasadniczo na stacjach inżynierskich, ale może być dostępna również z opcji inżyniera systemu na stacjach operatorskich. Obecnie z przeglądarki możliwa jest wizualizacja arkuszy programowych z zestawem bieżących pomiarów, jak również forsowanie (ustawianie) zmiennych. Trwają prace rozszerzenia funkcjonalności przeglądarki o możliwość rejestracji w plikach zmiennych, zawartych na arkuszach. Wybór arkuszy jest dostępny z menu przeglądarki, jak również ze schematów synoptycznych.

#### 6. Podsumowanie podstawowych cech systemu MASTER w aspekcie realizacji kompleksowych instalacji

Podsumowując najważniejsze cechy Systemu

Automatyzacji MASTER, w aspekcie jego zróżnicowanych konfiguracji edycji obiektowych oraz stosunkowo łatwej integracji komunikacyjnej z systemami innych producentów, należy wymienić m.in.:

- możliwość tworzenia rozproszonych lub scentralizowanych instalacji obiektowych systemu ze złożonym, zróżnicowanym poziomem procesowym i dowolną liczbą równorzędnych stacji operatorskich oraz stacjami inżynierskimi, umożliwiającymi dostęp online do wszystkich zasobów systemu MASTER
- wykonanie wielu funkcjonalnych komponentów systemu MASTER, włączanych wybiórczo do realizowania konkretnych potrzeb użytkownika w konkretnych instalacjach obiektowych
- możliwość wykonywania doraźnych modyfikacji w systemie, zgodnie z oczekiwaniami użytkowników
- możliwość zastosowania różnorodnej synchronizacji elementów systemu z wykorzystaniem oprogramowania i zegarów firmowych lub dostępnych na rynku (zegary satelitarne, zegary DCF,

serwery NTP, serwery TP dostępne w systemie (TCP,UDP)/IP)

- szybki, niezawodny system komunikacji między poszczególnymi jego komponentami (10 Mb–1 Gb dla sieci), oparty na preferowanych standardowych protokołach transportowych (TCP, UDP)/IP
- możliwość aplikacji dowolnych standardowych i firmowych protokołów komunikacyjnych
- wdrożone linki (Open Modbus, OPC, firmowe) do systemów automatyzacji lub systemów nadrzędnych, takich firm jak: Emerson, Honeywell, Alstom, ControlTec, Sternet, ABB, Procom i innych
- wdrożone witryny internetowe systemu MASTER, udostępniające dane w sieciach zakładowych oraz łatwa integracja z dowolnymi systemami innych producentów
- możliwość zdalnych działań diagnostyczno-serwisowych z wykorzystaniem łącz VPN
- szybką i profesjonalną reakcję pracowników Instytutu na obiektowe potrzeby serwisowe lub awaryjne.

Reasumując, System Automatyzacji MASTER zapewnia wystarczające zasoby i mechanizmy potrzebne w kompleksowej automatyzacji obiektów przemysłowych, jak również umożliwia tworzenie heterogenicznych instalacji poprzez łatwą integrację z systemami innych producentów.

#### Bibliografia

1. Kieleczawa A. i in., Koncepcja i funkcjonalność mechanizmów sieciowych Systemu Automatyzacji MASTER, Energetyka 2011, s. 12–16.
2. Białecki M. i in., Description of automation system: DCS MASTER, Wrocław, maj 2012.
3. Białecki M. i in., Rozwój Systemu Automatyzacji MASTER w kierunku nowych sposobów komunikacji z systemami zewnętrznymi, Wrocław, grudzień 2010.



**Michał Białecki**

mgr inż.

Instytut Automatyki Systemów Energetycznych sp. z o.o.

e-mail: [michal.bialecki@iase.wroc.pl](mailto:michal.bialecki@iase.wroc.pl)

Absolwent Wydziału Informatyki Politechniki Wrocławskiej, od 2004 roku zatrudniony w Instytucie Automatyki Systemów Energetycznych, obecnie na stanowisku specjalista inżynierjno-techniczny. Specjalista w dziedzinie tworzenia aplikacji obiektowych poziomu operatorskiego systemu MASTER, odpowiedzialny za wizualizację procesów przemysłowych na stacjach operatorskich. Uczestnik licznych wdrożeń na obiektach energetycznych i produkcyjnych.

**Radosław Izakiewicz**

mgr inż.

Instytut Automatyki Systemów Energetycznych sp. z o.o.

e-mail: [radoslaw.izakiewicz@iase.wroc.pl](mailto:radoslaw.izakiewicz@iase.wroc.pl)

Absolwentka Wydziału Elektroniki Politechniki Wrocławskiej. Od 2005 roku zatrudniony w Instytucie Automatyki Systemów Energetycznych na stanowisku specjalista badawczo-techniczny. Zakres jego pracy obejmuje: prace programistyczne, głównie modyfikację, rozbudowę oraz modernizację oprogramowania Systemu Automatykacji MASTER w zakresie oprogramowania stacji operatorskich, inżynierskich oraz edycji aplikacji obiektowych.

**Antonina Kieleczawa**

mgr inż.

Instytut Automatyki Systemów Energetycznych sp. z o.o.

e-mail: [antonina.kieleczawa@iase.wroc.pl](mailto:antonina.kieleczawa@iase.wroc.pl)

Absolwentka Wydziału Elektroniki Politechniki Wrocławskiej. W Instytucie Automatyki Systemów Energetycznych zatrudniona od 1977 roku, obecnie na stanowisku starszy specjalista badawczo-techniczny. W latach 1983–1988 oddelegowana do pracy w ZIBJ w Dubnej, w zespole analiz i obróbki informatycznej pomiarów reakcji jądrowych, prowadzonych w Laboratorium Reakcji Jądrowych. Współtwórca polskiego Systemu Automatykacji MASTER i rejestracji zakłóceń RZ-SPEEDY4. Specjalista w dziedzinie rozwiązań koncepcyjnych poziomu operatorskiego systemu MASTER oraz modułu komunikacji i synchronizacji czasu. Członek Grupy Roboczej (WG) Międzynarodowej Federacji ds. Automatyki IFAC – TC9.5.

**Piotr Pietras**

mgr inż.

Instytut Automatyki Systemów Energetycznych sp. z o.o.

e-mail: [piotr.pietras@iase.wroc.pl](mailto:piotr.pietras@iase.wroc.pl)

Absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Wrocławskiej, kierunek informatyka. W Instytucie Automatyki Systemów Energetycznych zatrudniony od 1996 roku. Współtwórca Systemu Automatykacji MASTER i rejestratora zakłóceń RZ-SPEEDY4. Specjalista w zakresie interfejsu użytkownika, systemów archiwizacji i pakietu edycyjnego ww. systemów. Kontynuuje prace rozwojowe i modernizacyjne w zakresie oprogramowania operatorskiego i inżynierskiego dla obu systemów.

**Roman Skakowski**

dr inż.

Instytut Automatyki Systemów Energetycznych sp. z o.o.

e-mail: [roman.skakowski@iase.wroc.pl](mailto:roman.skakowski@iase.wroc.pl)

Absolwent Wydziału Elektrycznego wyższej uczelni ХИМЭСХ w Charkowie na Ukrainie. Uzyskał tytuł doktora nauk technicznych w Instytucie Energoelektryki Politechniki Wrocławskiej. W Instytucie Automatyki Systemów Energetycznych zatrudniony od 1996 roku, obecnie na stanowisku kierownika Zakładu Informatyki Elektroenergetycznej. Specjalizuje się w rozwoju polskiego Systemu Automatykacji MASTER, jest współtwórcą Systemu Nadzrędnego MASTER oraz opracowanego w Instytucie Systemu Rozdziału Mocy LFC dla polskich elektrowni, zgodnego z nowo wdrażanym krajowym systemem LFC (ang. *Load Frequency Control*).

**Wojciech Szubert**

dr inż.

Instytut Automatyki Systemów Energetycznych sp. z o.o.

e-mail: [wojciech.szubert@iase.wroc.pl](mailto:wojciech.szubert@iase.wroc.pl)

Dyrektor techniczny Instytutu Automatyki Systemów Energetycznych. Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Wrocławskiej, kierunek systemy elektroenergetyczne. Tematyka jego rozprawy doktorskiej dotyczyła diagnostyki turbozespołów z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych (2008). Członek Rady Naukowej Instytutu Automatyki Systemów Energetycznych Sp. z o.o.

**Edward Ziaja**

mgr inż.

Instytut Automatyki Systemów Energetycznych sp. z o.o.

e-mail: [edward.ziaja@iase.wroc.pl](mailto:edward.ziaja@iase.wroc.pl)

Prezes zarządu w Instytucie Automatyki Systemów Energetycznych Sp. z o.o. Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Wrocławskiej. Osiągnięcia zawodowe: autor i współautor 3 patentów i wzorów użytkowych oraz 8 nagród rektora za działalność naukową i wynalazczą na Politechnice Wrocławskiej, autor i współautor wdrożeń 10 patentów w elektroenergetyce polskiej oraz ponad 30 prac publikowanych w prasie branżowej.