

Możliwości realizacji inteligentnego nadzoru instalacji spawalniczych z wykorzystaniem rozwiązań ICT oraz serwisów WEB 2.0

Jacek Zieliński, Marcin Słowikowski, Sławomir Puchalski, Zbigniew Pilat

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP, Warszawa

Streszczenie: Urządzenia wykorzystywane do budowy zrobotyzowanych stanowisk produkcyjnych są dzisiaj powszechnie wyposażane w inteligentne sterowanie. Umożliwia ono nie tylko wydajną wymianę informacji z innymi komponentami instalacji lecz również pozwala implementować bardzo skuteczne, programowo-sprzętowe narzędzia diagnostyczne. Operatorzy i technolodzy zyskują możliwość monitorowania stanu tych urządzeń, jak też przebiegu procesu. Zastosowanie kontrolerów komunikacyjnych i przyłączenie urządzeń do sieci globalnej umożliwia realizację tego monitoringu w trybie zdalnym. Jego efektywność podnosi wykorzystanie nowoczesnych rozwiązań ICT. W artykule przedstawiono praktyczne rozwiązanie realizujące zdalny monitoring zrobotyzowanej instalacji spawalniczej i wykorzystujące serwisy WEB 2.0.

Słowa kluczowe: automatyzacja, spawanie, zdalna diagnostyka, WEB 2.0

1. Wstęp

Wśród wielu barier wprowadzania robotyzacji w polskich przedsiębiorstwach [1] najważniejszą jest niewątpliwie sprawa kosztów. Problem ten obejmuje nie tylko wydatki poniesione na samą inwestycję, ale także te związane z bieżącą eksploatacją instalacji. Istotną pozycją są tu koszty konserwacji i usług serwisowych. Kolejną przeszkodą jest poziom merytoryczny kadry przedsiębiorstw. Dotyczy to nie tylko pracowników podstawowej obsługi stanowisk zrobotyzowanych, ale także nadzoru technicznego oraz menedżerów. Szczególnie ci ostatni, często z powodu niedostatecznej wiedzy, po prostu obawiają się robotyzacji, nie dostrzegają płynących z niej korzyści i rezygnują z inwestycji w tę dziedzinę. Średnia kadra techniczna (technologzy, szefowie produkcji) nie jest w stanie szybko opanować wiedzy związanej zarówno z robotyzacją, jak też specyfiką technologii zrobotyzowanych, które wymagają nierzadko całkiem innego podejścia, niż w tradycyjnej realizacji procesu. Typowym przykładem są zrobotyzowane instalacje spawalnicze. Pierwszym problemem jest dobór parametrów technologicznych. Ich zestaw w stanowiskach zrobotyzowanych jest często inny, niż w stanowiskach ręcznych. Inny jest też sposób ich zadawania. Większość parametrów znajduje się w programie robota lub w programach inteligentnych sterowników zestawów spawalniczych, które komunikują się z robotami. Niektóre parametry mogą być przez te sterowniki ustawiane w sposób automatyczny. Zarówno sterownik robota, sprzętu spawalniczego, jak też innych urządzeń współpracujących

w zrobotyzowanej instalacji spawalniczej, mają zaimplementowane liczne funkcje diagnostyczne i generują różnorodne komunikaty informujące o stanie samych urządzeń, jak i o przebiegu procesu. Wykorzystanie tych możliwości wymaga wiedzy i doświadczenia, a na początku na pewno wielu szkoleń i konsultacji.

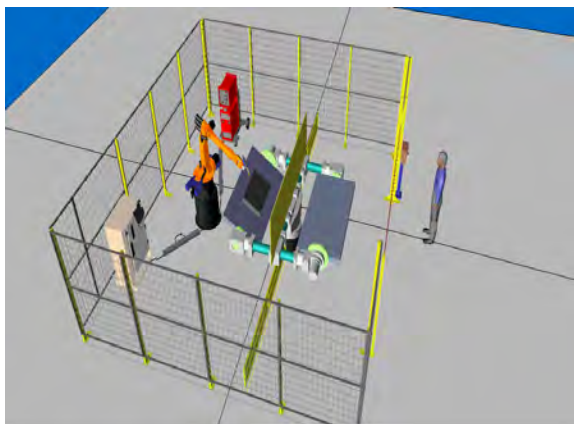
W rozwiązaniu tego typu problemów przychodzi z pomocą nowoczesna technologia ICT. Producenci robotów oraz sprzętu z nimi współpracującego wyposażają te urządzenia w mechanizmy sprzętowe i programowe umożliwiające szybką komunikację. Mogą one zostać wpięte w zakładowe sieci informatyczne, a za ich pośrednictwem uzyskać dostęp do zasobów sieci globalnej. Serwisy internetowe, w tym najnowsze rozwiązania typu WEB 2.0, umożliwiają implementację inteligentnych systemów zdalnego nadzoru i doradztwa technicznego. Stwarza to nową jakość pracy z instalacjami zrobotyzowanymi, podnosi komfort i bezpieczeństwo użytkowników, przyczyniając się jednocześnie do obniżenia kosztów. Dla dostawców te nowoczesne narzędzia stanowią istotne ułatwienie w diagnozowaniu i konserwacji sprzętu w okresie gwarancyjnym, dają możliwość obniżenia kosztów działania, a jednocześnie są bardzo silnym narzędziem wspomagającym aktywność marketingową.

2. Przepływ informacji w systemie sterowania typowego stanowiska zrobotyzowanego spawania

Projekt zrobotyzowanego stanowiska spawania musi spełniać wymogi klienta. Przy jego opracowaniu, na początku przeprowadza się zarówno analizę techniczną, jak też ekonomiczną. Bardzo ważnym jest uwzględnienie problemów bezpieczeństwa. W efekcie powstają szczegółowe wymagania techniczne, które określają parametry projektowanego stanowiska, w tym:

- ogólne rozplanowanie stanowiska,
- konfigurację kinematyczną – typ manipulatora robota,
- przestrzeń roboczą – w tym promień zasięgu robota,
- maksymalne gabaryty detali spawanych,
- maksymalny ciężar detalu spawanego,
- wymagany udźwig robota,
- wymagane parametry ruchu – prędkości i dynamika ruchów, dokładność i powtarzalność,
- komunikację robota z otoczeniem – rodzaj, liczba i parametry kanałów we/wy,
- wyposażenie dodatkowe, np. pokrowiec ochronny, sprzęgło antykolizyjne.

Te dane są wykorzystywane przy opracowaniu projektu technicznego stanowiska. Zawiera on szczegółową konfigurację



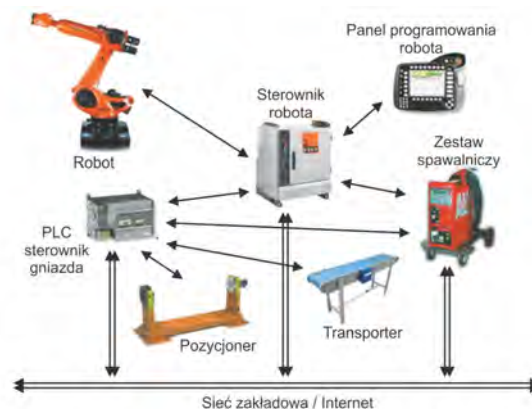
Rys. 1. Typowe gniazdo spawalnicze
Fig. 1. Layout of a typical welding stand

cję. Typowe stanowiska spawalnicze zawierają następujące urządzenia (rys. 1):

- 1) robota przemysłowego z układem sterowania, przystosowany do współpracy z zestawem spawalniczym,
- 2) zestaw spawalniczy, zawierający źródło prądowe, układ chłodzenia, podajnik drutu, palnik, układ sterowania przystosowany do współpracy z robotem,
- 3) sterownik stanowiska – najczęściej PLC w odpowiedniej konfiguracji, na ogół z panelem operatorskim,
- 4) pozycjoner w ustalonej konfiguracji, wyposażony w przyłącza elektryczne, pneumatyczne itp.,
- 5) przyrządy spawalnicze,
- 6) ogrodzenie stanowiska,
- 7) system bezpieczeństwa
 - a) kurtyny świetlne,
 - b) drzwi ryglowane,
 - c) system „stop awaryjny”,
 - d) sterownik bezpieczeństwa,
- 8) magazynki doprowadzające detale,
- 9) sprzęt dodatkowy, np. system do weryfikacji definicji narzędzia, czyszczarka palnika, urządzenie filtrowentylacyjne itp.

Coraz więcej urządzeń stosowanych do budowy zrobotyzowanych stanowisk spawalniczych wyposażanych jest w inteligentne sterowanie. Komunikacja sterownika gniazda z robotem i spawarką, jak również wymiana informacji między robotem a spawarką odbywa się dzisiaj na ogół za pośrednictwem przemysłowych sieci komputerowych. Wbudowana inteligencja tych urządzeń umożliwia również ich producentom implementowanie bardzo skutecznych, programowo-sprzętowych narzędzi diagnostycznych. Dzięki temu operatorzy i technolodzy zyskują możliwość monitorowania stanu samych urządzeń, jak też przebiegu procesu. Dostawcy sprzętu oferują specjalne pakiety oprogramowania na standardowe stacje PC, na ogół wyposażone w wygodne i funkcjonalne interfejsy graficzne. Oprogramowanie to umożliwia odczyt interesujących danych, rozbudowę oprogramowania maszyny, archiwizowanie ustawień i komunikatów, a czasem pozwala także sterować urządzeniem z poziomu komputera. Pracownik, który chce zdiagnozować stan zrobotyzowanego gniazda spawania, przychodzi do niego z laptopem, łączy się z kolejnymi urządzeniami i odczytuje potrzebne informacje. Rozbudowując urządzenia technologiczne o dodatkowe

kontrolery komunikacyjne, można je połączyć z zakładową siecią informatyczną. Takie rozwiązanie pozwala zorganizować monitorowanie stanowiska zrobotyzowanego z komputera na biurku technologa, szefa produkcji czy dyrektora. Możliwe jest wtedy także włączenie sterowników urządzeń technologicznych, wprost lub przez sieć zakładową, do sieci globalnej Internet. Wtedy monitoring instalacji w trybie zdalnym może być realizowany z dowolnego miejsca na świecie, również przez przedstawicieli dostawców lub producentów nadzorowanych urządzeń. Jego efektywność może

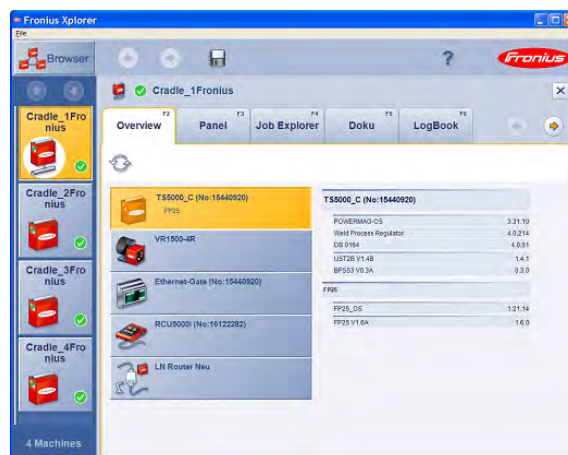


Rys. 2. Przepływ informacji w typowym gnieździe spawalniczym
Fig. 2. Information flow in the typical welding installation

znacznie podnieść wykorzystanie nowoczesnych rozwiązań ICT. Zaawansowane serwisy sieciowe umożliwiają m.in. realizację systemu dostępu użytkownika do informacji i porad dotyczących produktu, for dyskusyjnych, baz typowych problemów, szkoleń itp. Na rys. 2 przedstawiono schemat przepływu informacji w takim typowym zrobotyzowanym gnieździe spawalniczym [2], rozbudowanym od strony sterowania o bloki komunikacyjne.

3. Lokalne monitorowanie procesu spawania

Jednym z liderów na rynku zaawansowanego sprzętu spawalniczego jest austriacka firma Fronius [3]. Od ponad 60 lat oferuje nowoczesne zestawy do spawania MMA, MIG/MAG i TIG. Urządzenia najnowszej generacji rodzi-



Rys. 3. Okno główne programu Fronius Explorer
Fig. 3. Main window of a Fronius Xplorer

ny TransSynergic [3] wyposażane są w mikroprocesorowe układy sterowania. Realizują one m.in. dobór i utrzymanie parametrów spawania, sterowanie podawaniem gazów osłonowych, redukcję odprysków itp. Sterowniki te są przystosowane do współpracy z zewnętrznym komputerem PC. Połączenie odbywa się za pomocą standardowego kabla sieciowego, przyłączonego do specjalnej przystawki lub za pomocą karty komunikacyjnej SmartMedia. Firma opracowała oprogramowanie Fronius Xplorer, instalowane na PC, które służy do wymiany informacji ze spawarką, w tym do zarządzania i analizowania danych o wszystkich parametrach spawania. Jest to uniwersalny pakiet oprogramowania, wspólny dla różnych systemów spawalniczych Fronius.

Oprogramowanie Xplorer oferuje następujące możliwości:

- dokładną informację o urządzeniach wchodzących w skład systemu spawalniczego: dane na temat źródła prądu, podajnika, modułów, przystawek,
- aktualny rzeczywisty status każdego urządzenia (włączone/wyłączone, spawa/nie spawa, błąd/ostrzeżenie)
- sterowanie źródłem prądu z komputera PC,
- funkcję backup/restore (archiwizowania/odzyskania) – automatyczna archiwizacja danych w odpowiednim przedziale czasowym,
- kompleksową analizę parametrów z podaniem konkretnych wartości czasu pracy, zużycia prądu, gazu i drutu,
- dane z systemu Xplorer są prezentowane w formie gotowych raportów lub są eksportowane do programu Microsoft Excel,
- łatwą rozbudowę oprogramowania przez aktywowanie dodatkowych modułów (licencji) np. SFI (ang. *Spatter Free Ignition* – zapłon bez odprysków).

Gromadzenie danych przez program Xplorer jest zupełnie niewidoczne dla spawacza lub robota i nie wpływa na sam proces spawania. Informacje są błyskawicznie przesyłane do systemu komputerowego, co pozwala na śledzenie procesu spawania w czasie rzeczywistym.

4. Możliwości realizacji zdalnego dostępu na przykładzie spawarek Fronius

Użycie dedykowanych rozwiązań (np. programu Fronius Xplorer) pozwala na realizację dostępu lokalnego i zdalnego przy użyciu sieci wewnętrzzakładowej oraz dostępu do Internetu. Program Fronius Xplorer oferuje kilka możliwości realizacji komunikacji spawarki z urządzeniami zewnętrznymi, niestety większość z nich wiąże się z pewnymi ograniczeniami:

- Bezpośrednie połączenie lokalne przez złącze RS-232 między komputerem a spawarką. Przy połączeniu tym wykorzystuje się kabel serwisowy firmy Fronius, można uruchomić aplikację Fronius Explorer (z ograniczoną funkcjonalnością) oraz uaktualnić oprogramowanie “firmware” spawarki i jej modułów. Opcją jest możliwość wykorzystania konwerterów RS-232-Ethernet do zdalnego dostępu do spawarki za pośrednictwem Internetu.
- Kolejną opcją jest komunikacja z wykorzystaniem skrosowanego kabla ethernetowego do bezpośredniego połączenia między spawarką i komputerem. Takie połączenie jest

szybsze od RS-232 i bezpieczniejsze od połączeń bezpośrednio wykorzystujących Internet. Przy tym połączeniu także możliwe jest wykorzystanie pełnej funkcjonalności programu Fronius Xplorer.

- Istnieje możliwość podłączenia spawarki bezpośrednio do Internetu przez nadanie jej publicznego adresu IP. Przy takim połączeniu można uzyskać pełną funkcjonalność dostępu, jaką oferuje program Fronius Xplorer, brak jednak możliwości zabezpieczenia spawarki przed nieautoryzowanym dostępem.

Instalację zdalnego monitoringu zestawu spawalniczego zdecydowano się wykorzystać do testów w ramach prac projektu WEB2SME [6]. Celem projektu jest dostarczenie innowacyjnych kompleksowych rozwiązań informatycznych, pozwalających na rozszerzenie działalności MŚP na rynkach globalnych. Wśród rezultatów projektu są narzędzia współpracy i zarządzania wiedzą oraz serwisy inżynierskie, które umożliwiają rozszerzenie mechanizmów obsługi produktu oferowanych przez MŚP. Wyniki te były testowane na tzw. demonstratorach technologii. Jednym z nich było właśnie stanowisko spawalnicze ze zdalnym nadzorem. Wykorzystano w nim najnowszy model zestawu spawalniczego TransSynergic 3000 [3], wyposażonego w inteligentny programator parametrów spawania i moduł komunikacyjny Ethernet. Ze względów bezpieczeństwa i z powodu problemów z instalacją programu Fronius Xplorer na platformach z różnymi systemami operacyjnymi, zdecydowano się na zastosowanie zdalnego dostępu do spawarki wykorzystując komputer z dedykowanym interfejsem WWW. Takie rozwiązanie umożliwia zastosowanie zabezpieczonego dostępu (mechanizm autoryzacji) oraz nie wymaga instalacji dedykowanego oprogramowania na zdalnym komputerze łączącym się z spawarką.

5. Wykorzystanie serwisów WEB 2.0

Biorąc pod uwagę możliwości, jakie oferuje Internet, zarysowała się koncepcja zastosowania w realizacji demonstratora serwisów WEB 2.0, wykorzystywanych jako źródło skumulowanej wiedzy i umiejętności użytkowników w odniesieniu do zadań związanych ze zdalną konserwacją i diagnostyką. Problemy związane z konserwacją mogą być rozwiązywane z udziałem użytkowników sieci, wykorzystujących wspólną wiedzę diagnostyczną [4], wymaga to jednak opracowania zestawu tzw. usług rozszerzonych, obejmujących także wsparcie i obsługę klienta.

W ramach przeprowadzonych badań wstępnie zdefiniowano podstawowe funkcjonalności, które powinien mieć system zdalnego nadzoru:

- zapewnienie dostępu zdalnego do urządzeń z uwzględnieniem mechanizmu autoryzacji, różnych poziomów dostępu, możliwości konfiguracji urządzenia, zdalnej aktualizacji oprogramowania urządzenia,
- skrypty działające na serwerze aplikacji umożliwiające analizę działania urządzenia/gromadzenie informacji o urządzeniu i jego wykorzystaniu, zużyciu,
- system powiadomień i alarmów wykorzystujący dane gromadzone przez system zdalnego nadzoru. Informacje będą dystrybuowane przez wiadomości wewnątrz systemu,

e-maile zdefiniowane w systemie i komunikaty SMS (opcja); celem powiadomień i alarmów jest informowanie o stanach awaryjnych i anormalnych związanych z projektowanym systemem i urządzeniami monitorowanymi,

- zdalna konfiguracja i możliwość aktualizacji oprogramowania oparta na mapowaniu funkcjonalności urządzenia; komputer widzi zdalne urządzenie jako lokalne, co umożliwia zastosowanie dedykowanego oprogramowania firmy Fronius.

6. Praktyczna realizacja systemu

Wybranie metody bazującej na zestawianiu internetowego połączenia ze spawarkami pozwoliło na zastosowanie gotowych, sprawdzonych i cenionych na rynku informatycznym rozwiązań. Wybrano oprogramowanie dostarczane przez niemiecką firmę TeamViewer GmbH, które, jak podaje na swoich stronach producent [7], wykorzystuje ponad 100 mln użytkowników. Daje to solidne podstawy, aby twierdzić, że oferowana funkcjonalność, osiągnięta dzięki połączeniu dobrze zaprojektowanej strony WWW serwisu oraz odpowiedniemu oprogramowaniu, przyniesie użytkownikom wymierne korzyści.



Rys. 4. Koncepcja systemu wykorzystującego oprogramowanie Team Viewer

Fig. 4. System concept with use of TeamViewer

Oprogramowanie TeamViewer zapewnia administrację i realizację zdalnych połączeń internetowych. Zostało stworzone do realizacji zadań zdalnej pomocy, co z gruntu wymusza spełnianie najsurowszych wymogów bezpieczeństwa użytkownika. Zestawianie połączenia wymaga podjęcia następujących działań:

1. Instalacji aplikacji na komputerze z dostępem do Internetu lub dostęp do jej odpowiednika umieszczonego na serwerze producenta (strona internetowa).
2. Instalacji aplikacji na oddalonym komputerze, uruchomionej w trybie bezobsługowym lub wersja aplikacji, w której na połączenie musi zezwolić użytkownik tego komputera. Niezbędne jest również zainstalowanie i uruchomienie aplikacji Fronius Explorer oraz zestawienie połączenia sieciowego między komputerem zdalnym a spawarką.
3. Zalogowania się i wyboru komputera, do którego ma nastąpić połączenie lub, w przypadku wersji wymagającej obsługi, kontakt z oddalonym użytkownikiem w celu uzyskania wymaganego numeru ID i wygenerowanego hasła.
4. Po zestawieniu połączenia uzyskuje się ustaloną przez obie strony funkcjonalność.

Dzięki zastosowaniu tego rozwiązania serwisant może uzyskiwać dostęp do wszystkich parametrów oferowanych przez oprogramowanie producenta spawarek Fronius.

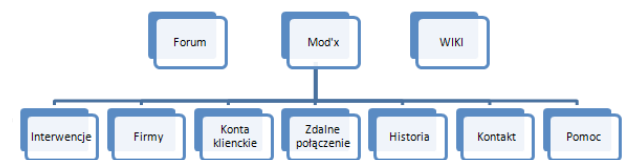
Oprócz informacji dotyczących aktualnego przebiegu procesu spawania, użytkownik ma dostęp do zakładki z informacjami o błędach procesu spawania, statystykach z tym związanych oraz diagramów pokazujących zależności między napięciem prądu, natężeniem prądu oraz zużyciem drutu spawalniczego.



Rys. 5. Widok panelu spawarki prezentujący aktualne parametry pracy – Fronius Explorer

Fig. 5. View of a welding device panel presenting the working parameters – from Fronius Explorer

Drugim składnikiem, stanowiącym o sile tego rozwiązania jest wspomniana wyżej strona WWW serwisu. Można by powiedzieć, że jest to strona zapewniająca funkcjonalność zbliżoną do rozwiązań z grupy CRM, czyli oprogramowania do zarządzania relacjami z klientami. Strona serwisu zdalnego jest systemem do obsługi interwencji prowadzonych przez usługodawcę. Zapewnia zcentralizowaną, ograniczoną prawami dostępu przestrzeń gromadzenia i dostępu danych dla wybranych grup odbiorców. Modularna budowa, oparta na oprogramowaniu ModX [5] (oprogramowanie typu CMF – ang. *Content Management Framework*, stworzone do budowania szkieletów systemów zarządzania treścią), pozwoliła na klarowny i bezpieczny podział praw dostępu i sposób prezentacji opisywanych modułów.



Rys. 6. Hierarchia części składowych systemu

Fig. 6. Hierarchy of a system components

Wykorzystanie zdalnego dostępu do urządzeń i instalacji spawalniczych pozwoli na:

- monitorowanie bieżącego stanu urządzeń i instalacji spawalniczych oraz ich działania, co zapewni szybsze reagowanie na powstające problemy eksploatacyjne, a nawet potencjalnie na wykrycie możliwości powstania awarii zanim ona nastąpi,
- zdalną konserwację i rekonfigurację urządzeń (np. przez zdalną aktualizację oprogramowania).

Wykorzystanie serwisów WWW, wspieranych przez technologie WEB 2.0., powinno także przynieść szereg korzyści, m.in.:

- szybszą integrację i wyszkolenie nowego personelu własnego, dzięki wymianie wiedzy,
- lepszy dostęp do wiedzy na temat urządzeń i procesów spawalniczych oraz rozwiązywania problemów związanych z ich eksploatacją dla integratorów systemów, jak też ich użytkowników,
- poprawę wizerunku i zwiększenie wiarygodności firmy, jako dostawcy urządzeń spawalniczych i serwisu dzięki wprowadzeniu nowych możliwości komunikacji.

Aby uzyskać wymienione funkcjonalności dostosowane do potrzeb klienta docelowego, jakim są małe i średnie przedsiębiorstwa o ograniczonych zasobach ludzkich i finansowych należy opracować rozwiązanie (system) oparte na architekturze zorientowanej na usługi (ang. *Service Oriented Architecture*). Takie dedykowane rozwiązanie powinno integrować oprogramowanie wspierające współpracę z istniejącymi programami (np. narzędziami do diagnostyki i konserwacji, bazy danych klientów itp.), umożliwiające ekonomiczne świadczenie innowacyjnych usług związanych z pomocą techniczną i obsługą klientów przez MŚP o globalnym zasięgu, oraz innowacyjne narzędzia do prostego, samodzielnego generowania i aktualizacji usług przez użytkowników, w oparciu o założenia koncepcji WEB 2.0, m.in. bazowy zestaw uniwersalnych usług dostosowanych do potrzeb MŚP, czy zestaw narzędzi do efektywnego tworzenia i modyfikacji usług.

Niniejsza praca prezentuje rezultaty osiągnięte w projekcie realizowanym w ramach 7. Projektu Ramowego – Badania na rzecz MŚP: „Tworzenie usług rozszerzonych w MŚP o zasięgu globalnym w oparciu o koncepcję Web 2.0” (WEB2SME – WEB 2.0 Driven Service-Builder for Product Extension in Globally Acting SMEs). Grant – numer umowy: 232125.

Bibliografia

1. Petz M., Pilat Z.: *Rozwój robotyzacji spawania w ostatnich 20 latach*. AUTOMATION 2008, Konferencja Naukowo-Techniczna. Automatyzacja - Nowości i Perspektywy, Warszawa, 2008.
2. [www.vitralab.eu] – strona projektu *VITRALAB Virtual Training Laboratory in Automated and Robotized Manufacturing Systems*, Leonardo da Vinci Transfer Of Innovation Project, Lifelong Learning Programme, Project Number – 2009-1-SK1-LEO05-00785, 2009–2011, koord. TUK Koszyce, Słowacja.
3. [www.fronius.com/] – strona firmy Froniu.
4. ISO, Genewa, Szwajcaria, 2002, ISO 13374-1, „Condition monitoring and diagnostics of machines – Data processing, communication and presentation - Part 1: General guidelines”.
5. [www.modx.pl/].
6. [www.web2sme.eu/] – strona projektu *WEB2SME WEB 2.0 Driven Service-Builder for Product Extension in Globally Acting SMEs*.
7. [www.teamviewer.com] – strona firmy TeamViewer GmbH.

Possibility of implementing intelligent welding system supervision using ICT solutions and WEB 2.0 services

Abstract: Equipment used for the construction of robotic manufacturing cells are now commonly equipped with intelligent control. It not only enables efficient exchange of information with other components of the system but also allows to implement a very efficient hardware and software diagnostic tools. Operators and technologists gain the ability to monitor the status of these devices, as well as the process. The use of communication controllers and connecting devices to the global network enables the realization of this monitoring in remote mode. Its effectiveness can be increased by the use of modern ICT solutions. The article presents a practical example of implementation of remote monitoring of the welding system with the use of WEB 2.0 services.

Keywords: automation, remote diagnostic, WEB 2.0

mgr inż. Jacek Zieliński

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej. Obecnie jest pracownikiem Przemysłowego Instytutu Automatyki i Pomiarów PIAP. Zainteresowania naukowe to wykorzystanie e-learningu oraz nowoczesnych środków wymiany informacji w edukacji zawodowej oraz zdalna diagnostyka urządzeń i instalacji przemysłowych.

e-mail: jzielinski@piap.pl



mgr inż. Marcin Słowikowski

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej. Jest pracownikiem Przemysłowego Instytutu Automatyki i Pomiarów PIAP. Koordynator projektów Leonardo da Vinci. Zainteresowania ICT, e-Learning, diagnostyka.

e-mail: mslowikowski@piap.pl



mgr inż. Sławomir Puchalski

Absolwent Polsko-Japońskiej Wyższej Szkoły Technik Komputerowych z 2005 r. Od 2006 r. pracownik PIAP, zajmuje się realizacją prac związanych z dziedziną informatyki w realizowanych projektach międzynarodowych.

e-mail: spuchalski@piap.pl



mgr inż. Zbigniew Pilat

Absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej. Pracuje w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów PIAP. Specjalizuje się w automatyzacji i robotyzacji procesów produkcyjnych. Prowadzi wiele prac wdrożeniowych. Wykonawca i koordynator krajowych i międzynarodowych projektów badawczo-rozwojowych w obszarze automatyki i robotyki. Autor wielu publikacji i patentów.

e-mail: zpilat@piap.pl

