

doi:10.15199/48.2017.01.03

Archiwizacja danych i serwisowanie zdalne systemu do nagrzewania indukcyjnego

Streszczenie. W artykule podjęto zagadnienie zdalnego diagnozowania i serwisowania nagrzewnicy indukcyjnej. Przedstawiono architekturę opracowanego i zaimplementowanego systemu serwisowania zdalnego, omówiono zastosowane protokoły komunikacyjne oraz przeprowadzono dyskusję na temat rodzaju i formy gromadzonych danych serwisowych. Przedstawiono też koncepcję budowy aplikacji umożliwiającej przeglądanie i analizę danych serwisowych zgromadzonych na serwerze, określając dla niej wymagania funkcjonalne i нефункционаłne. Podjęto dyskusję odnośnie możliwych dróg implementacji zaproponowanej architektury.

Abstract. The paper raises the problem of remote diagnosis and servicing of an induction heater. The architecture of the developed and implemented system of remote service was presented. We discuss the applied communication protocols and a discussion was held about the type and form of data collected. The concept of an application that allows to view and analyze service data stored on the server was presented. Its functional and nonfunctional requirements were defined. The possible ways of proposed architecture implementations were discussed. **Remote diagnosis and servicing of an induction heater**

Słowa kluczowe: nagrzewanie indukcyjne, serwisowanie zdalne.

Keywords: induction heating, remote service.

Wprowadzenie

Nowoczesne technologie informatyczne dają szerokie możliwości diagnozowania i serwisowania, także zdalnego, różnorodnych urządzeń i procesów przemysłowych i badawczych, w tym systemów nagrzewania indukcyjnego. Już na etapie projektowania systemu komputerowego sterującego serwisowanym zdalnie urządzeniem należy podjąć odpowiednie decyzje co do sposobu i zakresu realizowanych zdalnie usług serwisowych, a w konsekwencji dokonać wyboru odpowiednich technologii.

W artykule podjęto zagadnienie zdalnego diagnozowania i serwisowania nagrzewnicy indukcyjnej, w szczególności budowanego w ramach projektu Programu Badań Stosowanych NCBiR generatora do nagrzewania dwuczęstotliwościowego [1, 2]. Analizowany system należy do grupy energoelektronicznych urządzeń w.c.z. dużej mocy, co szczególnie uzasadnia celowość stosowania tego typu wspomaganego serwisowania obejmującego zarówno systemy zbierania i magazynowania danych serwisowych, jak i komunikację zdają oraz systemy obróbki danych serwisowych.

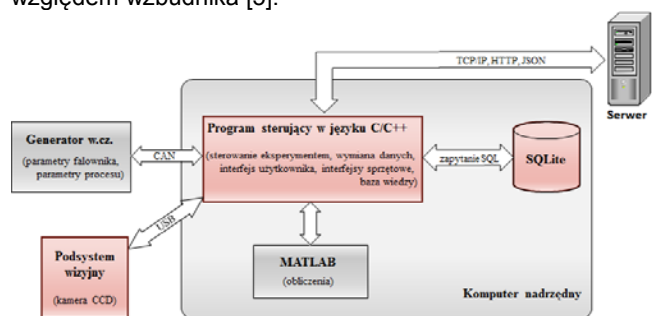
W artykule przedstawiono architekturę opracowanego i zaimplementowanego systemu serwisowania zdalnego, omówiono zastosowane protokoły komunikacyjne oraz przeprowadzono dyskusję na temat rodzaju i formy gromadzonych danych serwisowych. Przedstawiono również koncepcję budowy aplikacji umożliwiającej przeglądanie i analizę danych serwisowych zgromadzonych na serwerze, określając dla niej wymagania funkcjonalne i нефункционаłne. Podjęto dyskusję odnośnie możliwych dróg implementacji zaproponowanej architektury.

System komputerowy nadzorujący pracę stanowiska do nagrzewania indukcyjnego

Projekt systemu komputerowego nadzorującego pracę stanowiska do nagrzewania indukcyjnego przedstawiono na rysunku 1. Przyjęto następujące rozwiązania:

1. system zbudowany został w oparciu o komputer o standardowej architekturze PC;
2. komunikacja systemu nadzorującego ze stanowiskiem badawczym odbywa się w całości poprzez magistralę w przemysłowym standardzie CAN;
3. wyniki przeprowadzonych eksperymentów oraz reguły wnioskowania dla bazy wiedzy przechowywane są lokalnie w relacyjnej bazie danych opartej na technologii SQLite;

4. nadrzędne oprogramowanie komputerowego systemu nadzorującego napisane zostało w całości w języku C/C++ i pełni następujące funkcje: sterowanie eksperymentem, archiwizacja i wymiana danych, baza wiedzy, interfejs użytkownika, komunikacja ze stanowiskiem badawczym;
5. procedury obliczeniowe zostały w większości zaimplementowane w środowisku Matlab oraz skompilowane do dynamicznie ładowanych bibliotek typu dll;
6. system ma możliwość opcjonalnej wymiany informacji z serwerem nadrzędnym (usługi serwisowe i integracja wiedzy pozyskanej z wielu niezależnych systemów pomiarowych), usługi serwisowe z wykorzystaniem technologii: HTTP [3] i JSON [4];
7. system posiada zaimplementowany moduł inspekcji wizyjnej, który po wyposażeniu stanowiska w kamery, pozwala na wizyjną kontrolę poprawności załadunku wsadu względem wzbudnika [5].



Rys. 1. Projekt systemu komputerowego nadzorującego pracę stanowiska badawczego.

Monitorowanie procesu i dane serwisowe

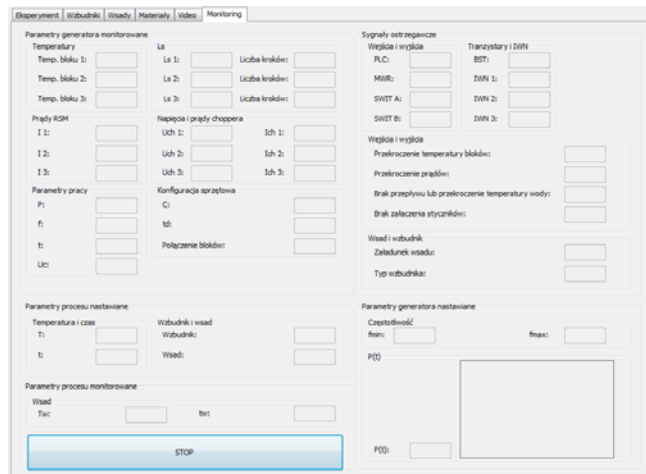
Podczas realizacji procesu grzania komputer wbudowany w stanowisko dokonuje pomiaru szeregu sygnałów opisujących zarówno aktualny stan procesu jak i aktualny stan źródła zasilania. Zgromadzone informacje przesyłane są do komputera nadzorującego pracę stanowiska, gdzie są prezentowane w czasie rzeczywistym i zapisywane w lokalnej bazie danych po zakończeniu procesu.

Dane przekazywane do komputera nadzędnego można podzielić na pięć grup:

1. parametry procesu nastawiane:
 - temperatura dopuszczalna;

- całkowity czas procesu;
 - wybrany rodzaj wzbudnika;
 - załadowany wsad;
2. parametry procesu monitorowane:
 - aktualna temperatura wsadu;
 - czas nagrzewania aktualnego wsadu;
 3. parametry generatora nastawiane:
 - częstotliwość minimalna;
 - częstotliwość maksymalna;
 - moc zadana;
 4. parametry generatora monitorowane (w tym parametry pracy, parametry źródła zasilania i konfiguracja sprzętowa):
 - temperatury bloków generatora;
 - wartości RSM prądów bloków generatora;
 - napięcia i prądy „chopperów”;
 - aktualna moc;
 - aktualna częstotliwość pracy generatora;
 - czas od załączenia mocy;
 - napięcie wyjściowe U_C
 - aktualne wartości L_S ;
 - załączona pojemność C ;
 - czas martwy t_d ;
 - sposób połączenia bloków generatora (równoległy lub szeregowy);
 5. sygnały ostrzegawcze:
 - wejścia i wyjścia: PLC, MWR, SWIT;
 - tranzystory (BST) i IWN;
 - przekroczenie temperatury bloków;
 - przekroczenie dopuszczalnych wartości prądów;
 - brak przepływu lub przekroczenie temperatury wody;
 - brak załączenia styczników;
 - załadunek wsadu i zgodność typu wzbudnika.

Zakładkę interfejsu użytkownika prezentującą wyszczególnione wyżej dane przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2 Zakładka „Monitoring” programu sterującego pracą stanowiska do nagrzewania indukcyjnego.

Na zlecenie operatora lokalnego informacje serwisowe źródła zasilania w powiązaniu z informacjami dotyczącymi realizowanego procesu (eksperymentu) mogą być przesłane do serwera nadrzędnego. Ze względu na ochronę danych handlowych przesyłane informacje są połączone jedynie z kodem identyfikującym rodzaj wykonywanego eksperymentu i jedynie za wyraźną zgodą operatora mogą być uszczegółowione. W realizowanym systemie wprowadzono więc dwa poziomy autoryzacji. Pierwszy dotyczy zagadnień ściśle serwisowych i nie jest związany z udostępnieniem żadnych informacji produkcyjnych, natomiast drugi pozwala na udostępnianie

takich informacji, co jest wykorzystywane przez serwer nadrzędny głównie do rozbudowywania specjalistycznych procedur i reguł wnioskowania dla jego bazy wiedzy.

Przesyłane informacje serwisowe powinny być na tyle szczegółowe, aby umożliwiły ustalenie przyczyn awarii oraz o ile to możliwe zaproponowanie sposobu jej usunięcia, a jeśli nie przekazanie odpowiednich informacji wyspecjalizowanemu zespołowi serwisowemu.

Pobierane przez serwer nadrzędny dane serwisowe można podzielić na trzy podstawowe grupy opisujące trzy podstawowe stany stanowiska pomiarowego:

1. GOTOWOŚĆ - stanowisko jest sprawne i gotowe do pracy, przekazywane informacje obejmują m.in.: przepływy wody chłodzącej, obecność napięcia zasilania, sprawność wybranych modułów.
2. OSTRZEŻENIE - stanowisko jest sprawne, jednak niektóre z jego parametrów przekroczyły wartości dopuszczalne, wśród przekazywanych informacji znajdują się m.in.: temperatury dopuszczalne wybranych modułów, dopuszczalne natężenia prądów w wybranych obwodach, napięcie dopuszczalne obwodu rezonansowego.
3. AWARIA - stanowisko uległo awarii, przekazywane są informacje takie jak: przekroczenie temperatury krytycznej wybranych podzespołów, uszkodzenie wybranych modułów.

Archiwizacja danych serwisowych

Lokalną bazę danych stanowiska do nagrzewania indukcyjnego zdecydowano się zrealizować w technologii SQLite [6]. SQLite to system zarządzania relacyjną bazą danych [7] oraz biblioteka języka C implementująca silnik SQL (ang. Structured Query Language – strukturalny język zapytań) i dająca możliwość używania bazy danych bez konieczności uruchamiania osobnego procesu RDBMS (ang. Relational Database Management System – system zarządzania relacyjną bazą danych). W wielu zastosowaniach, a w szczególności w systemach wbudowanych, takie rozwiązanie wydaje się najpraktyczniejsze.

Projektując bazę danych starano się zachować jej jak największą elastyczność pod względem opisu przechowywanych eksperymentów, ich parametrów, konfiguracji stanowiska pomiarowego, pozyskanych danych pomiarowych oraz uzyskanych wyników. Szczegółowy opis projektu bazy danych znaleźć można w [8].

W przypadku serwera serwisowego zdecydowano się wykorzystać PostgreSQL w wersji 9.3 (<http://www.postgresql.org.pl/>) [9]. PostgreSQL jest jednym z najbardziej zaawansowanych serwerów bazodanowych dostępnych jako oprogramowanie otwarte (ang. *open source*). PostgreSQL jest standardową bazą danych w dystrybucji CentOS a jego dodatkowa zaleta jest zaimplementowany konstruktor protokołu JSON współpracujący z metodami ekstrakcji danych.

Schema bazy danych serwera serwisowego zgodny jest ze schematem lokalnych baz danych stanowisk badawczych, został jedynie uzupełniony o elementy umożliwiające identyfikację źródła danych oraz określenie historii i stopnia zaawansowania obsługi serwisowej:

- dane identyfikacyjne stanowiska badawczego od którego zostały pozyskane dane serwisowe;
- status określający etap obsługi serwisowej, od pozyskania danych do zakończenia serwisowania;
- opis zdarzeń serwisowych.

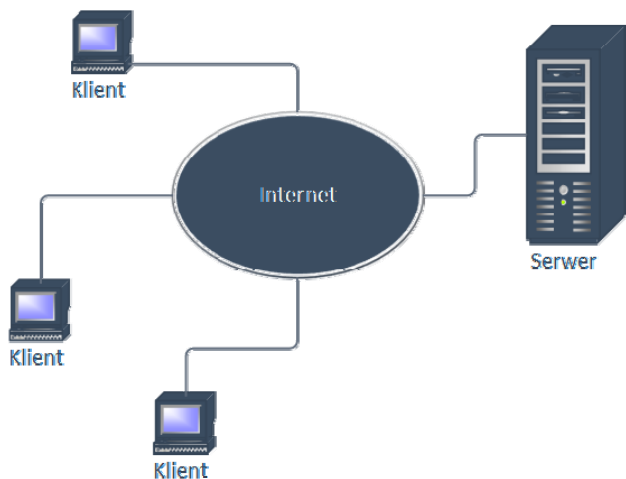
Architektura i projekt komputerowego systemu zdalnego wspomaganie serwisowania

Architekturę, współpracującego ze zdalnym serwerem nadrzędnym, zespołu systemów nadzorujących stanowiska produkcyjno-badawcze z nagrzewnicami indukcyjnymi

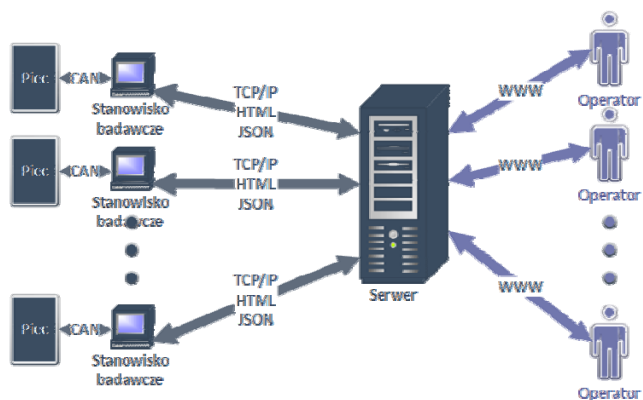
zdecydowano się zaprojektować zgodnie z modelem klient-serwer (Rys. 3). Jest to architektura systemu komputerowego, w której występuje wyraźny podział ról:

- **serwer** - strona świadcząca usługę lub udostępniająca zasoby, tryb pracy: pasywny;
- **klient** - strona żądająca dostępu do danej usługi lub zasobu, tryb pracy: aktywny, z usług jednego serwera może zazwyczaj korzystać wiele klientów.

Projekt systemu, w skład którego wchodzi systemy nadzorujące stanowiska produkcyjno-badawcze (klienci) oraz serwer nadrzędny przedstawiono, w sposób ogólny, na rysunku 4.



Rys. 3. Architektura klient-serwer.



Rys. 4. Nadzorujące systemy pomiarowo-kontrolne z serwerem nadrzędnym.

Zgodnie z przedstawionymi założeniami serwer nadrzędny nie jest niezbędny do pracy stanowiska nagrzewania indukcyjnego, jednak znacząco może zwiększyć jego możliwości przetwarzania danych pomiarowych oraz zapewnić szybkie, zdalne, wsparcie serwisowe. Podkreślić należy, że jakiegokolwiek przekazanie danych ze stanowiska pomiarowego do serwera nadrzędnego jest opcjonalne i następuje na wyraźne życzenie operatora. W zaproponowanym rozwiązaniu serwer nadrzędny pełni następujące funkcje:

- gromadzi wyniki udostępnionych mu eksperymentów, przeprowadzanych z wykorzystaniem komunikujących się z nim stanowisk badawczych;
- udostępnia zgromadzone wyniki eksperymentów specjalistycznym procedurom obliczeniowym mającym na celu wypracowanie nowych, bądź aktualizację istniejących reguł wnioskowania dla bazy wiedzy, w oparciu o którą prowadzone są dalsze eksperymenty;

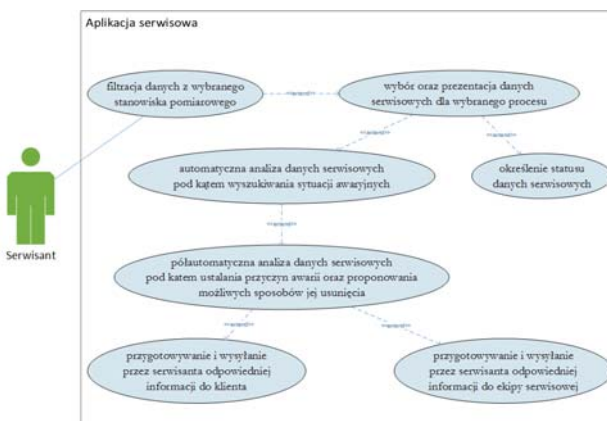
- udostępnia do pobrania przez stanowiska badawcze wypracowanych, aktualnych reguł wnioskowania;
- pobiera dane serwisowe na temat pracy stanowiska badawczego, mogące posłużyć do analizy jego stanu, a tym samym mogące służyć do ustalenia przyczyn awarii oraz zaproponowania sposobu jej usunięcia.

Szczegółowe diagramy przypadków użycia serwera nadrzędnego dla systemu zewnętrznego będącego systemem kontrolno-pomiarowym i dla jego operatora oraz szczegóły implementacyjne serwera przedstawiono w [10].

Aplikacja serwisowa przeznaczona jest do pracy z serwerem świadczącym usługi serwisowe oraz udostępniającym zgromadzone zasoby. Jej zadaniem jest umożliwienie wykonywania prac serwisowych serwisantom posiadającym odpowiednią wiedzę obejmującą problematykę systemów nagrzewania indukcyjnego (producent serwisowego urządzenia).

W projekcie aplikacji określone zostały następujące wymagania funkcjonalne (Rys. 5):

- filtracja danych z konkretnego stanowiska pomiarowego;
- wybór oraz prezentacja danych serwisowych dla wybranego procesu;
- określenie statusu danych serwisowych;
- automatyczna analiza danych serwisowych pod kątem wyszukiwania sytuacji awaryjnych;
- półautomatyczna analiza danych serwisowych pod kątem ustalania przyczyn awarii oraz proponowania możliwych sposobów jej usunięcia;
- przygotowywanie i wysyłanie przez serwisanta odpowiedniej informacji do klienta;
- przygotowywanie i wysyłanie przez serwisanta odpowiedniej informacji do ekipy serwisowej.



Rys. 5. Diagram przypadków użycia aplikacji serwisowej.

Określone zostały dodatkowo następujące wymagania niefunkcjonalne:

- praca pod kontrolą systemu operacyjnego MS Windows minimum w wersji 7;
- obsługa protokołu wymiany danych HTTPS.

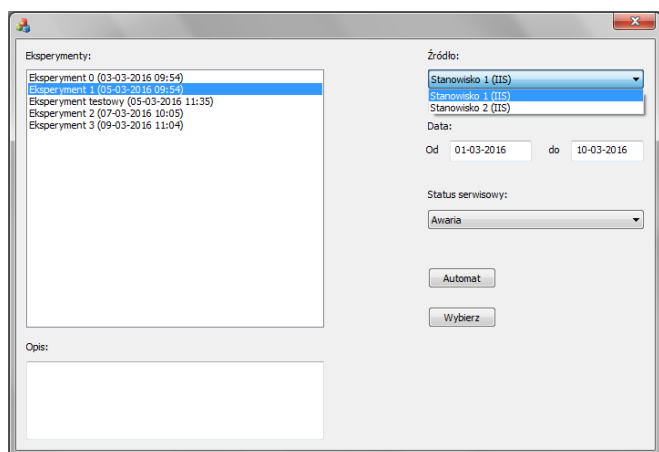
Aplikacja serwisowa stanowić będzie samodzielny program napisany w języku C++ z wykorzystaniem biblioteki MFC (Microsoft Foundation Classes). Do poprawnego działania aplikacji niezbędne jest zapewnienie jej możliwości komunikowania się z serwerem, na którym gromadzone są dane serwisowe z różnych stanowisk pomiarowych. Komunikacja pomiędzy aplikacją a serwerem realizowana będzie przy wykorzystaniu protokołu komunikacyjnego HTTPS stanowiącego szyfrowaną odmianą protokołu HTTP. Dane serwisowe przesyłane będą w formacie JSON.

Okno główne aplikacji serwisowej (Rys. 6) pozwala użytkownikowi na wyświetlenie wszystkich eksperymentów przeprowadzonych na danym stanowisku pomiarowym, które przeprowadzone zostały w konkretnym przedziale czasowym.

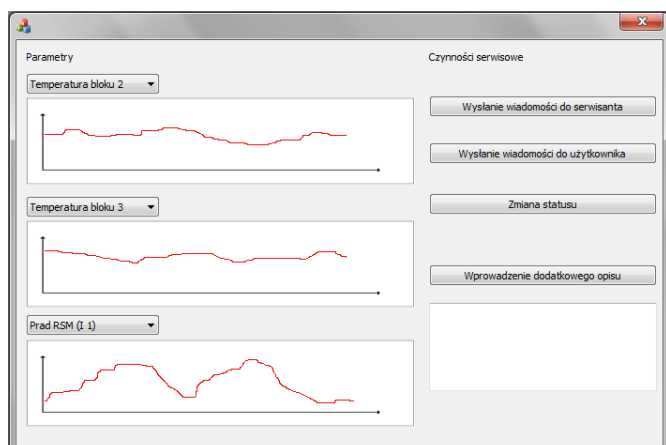
Dla wybranego eksperymentu możliwe jest również określenie statusu serwisowego.

Przycisk 'Automat' odpowiada za podjęcie próby automatycznego wykrycia awarii stanowiska na podstawie zgromadzonych z niego danych eksperymentalnych.

Przycisk 'Wybierz' pozwala na otwarcie okna ze szczegółowymi informacjami na temat aktualnie zaznaczonego eksperymentu (Rys. 7).



Rys. 6. Okno główne aplikacji serwisowej.



Rys. 7. Okno prezentujące szczegóły wybranego eksperymentu.

W oknie prezentującym szczegóły wybranego eksperymentu użytkownik ma możliwość podglądu przebiegów wybranych parametrów eksperymentu w postaci wykresów. Ponadto, możliwy jest również wybór jednej z następujących czynności serwisowych:

- wysłanie wiadomości do serwisanta;
- wysłanie wiadomości do użytkownika;
- zmiana statusu serwisowego;
- wprowadzenie dodatkowego opisu.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono architekturę opracowanego i zaimplementowanego systemu nadzorującego z serwerem nadrzędnym. Zastosowanie takiego serwera znacząco zwiększa możliwości stanowiska produkcyjnego, czy

badawczego zarówno w obszarze związanych ze sterowaniem procesem i urządzeniem, jak i w obszarze monitorowania, archiwizacji i diagnozowania. Efektywna praca systemu nadzorującego uzależniona jest zarówno od pracy współpracującego z nim systemu pomiarowego i komunikacyjnego, jak i jego możliwości obliczeniowych oraz zasobów pamięci. Dzięki oprogramowaniu opartemu o licencje typu public domain (np. SQLite) istnieje możliwość ograniczania kosztów budowy efektywnych baz danych. Budowane bazy danych mogą służyć nie tylko do archiwizacji przebiegu procesu produkcyjnego, ale jak w przedstawionym przykładzie być z powodzeniem wykorzystywane również do diagnozowania i serwisowania nagrzewnicy indukcyjnej oraz stanowień element bazy wiedzy (w tym wspieranej zdalnie) wspomagającej jej pracę. Istotnym elementem procesu serwisowego jest możliwość jego wspomaganie poprzez zdalne diagnozowanie przyczyn awarii. Przedstawiony system wychodzi naprzeciw tym oczekiwaniom w odniesieniu do energoelektronicznego źródła w.cz. dużej mocy w postaci dwuczęstościowego generatora do nagrzewania indukcyjnego.

Praca finansowana ze środków NCBiR w ramach projektu Badań Stosowanych nr umowy PBS1/A4/2/2012

Autorzy: dr inż. Krzysztof Strzecha Instytut Informatyki Stosowanej, ul. Stefanowskiego 18/22, 90-924 Łódź, E-mail: krzysztof.strzecha@p.lodz.pl, dr inż. Tomasz Koszmider Instytut Informatyki Stosowanej, ul. Stefanowskiego 18/22, 90-924 Łódź, E-mail: tomasz.koszmider@p.lodz.pl, dr hab. inż. Jerzy Zgraja prof.PŁ., Politechnika Łódzka, Instytut Informatyki Stosowanej, al. Politechniki11 18/22, 90-924 Łódź, E-mail: jzgraja@p.lodz.pl.

LITERATURA

- [1] P. Chudzik, G. Lisowski, J. Zgraja, Ł. Kazimierski, 'Układy pomiarowe do identyfikacji obciążenia i wyznaczania mocy w generatorze LLC do nagrzewania indukcyjnego', *Przegląd Elektrotechniczny*, Nr 3/2016, ISSN 0033-2097, ss. 53-56
- [2] G. Lisowski, P. Chudzik, J.Zgraja, 'System zabezpieczeń wysokoczęstościowego generatora do nagrzewania indukcyjnego', *Przegląd Elektrotechniczny*, Nr 3/2016, ISSN 0033-2097, ss. 87-91
- [3] RFC 2616: Hypertext Transfer Protocol. The Internet Society, 1999
- [4] RFC 4627: The application/json Media Type for JavaScript Object Notation (JSON). The Internet Society, 2006
- [5] T. Koszmider, J. Zgraja, K. Strzecha, 'Video component of a computer system to supervise of charge position by induction heating', *Przegląd Elektrotechniczny*, Nr 3/2016, ISSN 0033-2097, ss. 107-1095
- [6] Kreibich J.A.: Using SQLite. O'Reilly Media 2010
- [7] Date C.J.: Wprowadzenie do systemów baz danych. WNT 2000
- [8] Strzecha K., Zgraja J., (2014) System bazodanowy wspomagający sterowanie i archiwizację procesu nagrzewania indukcyjnego. Konferencja Naukowo-Techniczna: Modelowanie i Sterowanie Procesów Elektrotechnologicznych, 15-17 września 2014, Kielce
- [9] Dybikowski Z.: PostgreSQL. Helion 2012
- [10] Strzecha K., Zgraja J., Koszmider T., (2014) Serwisowa komunikacja zdalna systemu do nagrzewania indukcyjnego. Konferencja Naukowo-Techniczna: Modelowanie i Sterowanie Procesów Elektrotechnologicznych, 15-17 września 2014, Kielce