

Dedykowany system WWW w modułach cyfrowych zabezpieczeń i pomiarów

Streszczenie. W artykule przedstawiono zagadnienia związane z wykorzystaniem elementów współczesnych technologii internetowych do budowy systemów pomiarowo – sterujących. Omówiono problematykę związaną ze specyfiką ich działania i wykorzystania serwerów WWW oraz stron internetowych do prezentacji stanu zdalnie nadzorowanych urządzeń. Jako przykład praktycznego wykorzystania technologii internetowych zaprezentowano system nadzorowania pracy urządzenia zabezpieczeń energetycznych CZIP produkowany przez firmę Relpol S.A..

Abstract. The paper presents issues related to the use of elements of modern Internet technologies for the development of measurement and control systems. Issues related to the specificity of their operation and use of WWW servers and websites for presenting the status of remotely supervised devices are discussed. As an example of the practical use of internet technologies, a system of supervising the operation of the energy measurement and protection CZIP device manufactured by Relpol SA is presented. (**Dedicated WWW system in the modules of digital measurement and protection**).

Słowa kluczowe: Systemy pomiarowo - sterujące, WWW, systemy zabezpieczeń energetycznych.

Keywords: Control – measurement systems, WWW, energy protection systems.

Wstęp

Istnieje wiele typów systemów pomiarowo – sterujących, które nadzorują pracę ważnych obiektów i urządzeń, np. związanych z produkowaniem i dostarczaniem energii elektrycznej. Wiele z tych systemów instalowanych jest w miejscach trudno dostępnych np. w miejscach gdzie jest produkowana energia w elektrowniach wiatrowych. Tego typu systemy przygotowane są do automatycznej i samodzielnej pracy w trybie ciągłym. Nadzór nad poprawnością działania tych urządzeń możliwy jest za pomocą systemów klasy SCADA, które wykorzystują określone protokoły komunikacyjne w które są wyposażane urządzenia pomiarowo – sterujące. Coraz powszechniejsze staje się także wykorzystanie sieci lokalnych do nadzorowania pracy urządzeń w czasie rzeczywistym [1, 2]. Tego typu rozwiązania są znane już od wielu lat, jednak są to dość drogie systemy i w wielu przypadkach jest to przeszkodą w ich wdrażaniu przez wielu użytkowników. Spora grupa użytkowników jest zainteresowana wdrożeniem systemów o mniejszej funkcjonalności niż typowe systemy SCADA. Istnieje zapotrzebowanie na rozwiązania systemowe które są dedykowane dla konkretnych urządzeń i zastosowań [3], są łatwe w instalacji, konfiguracji i użytkowaniu, wykorzystują sieć Internet[4], technologie zgodne z IoT [5], urządzenia mobilne oraz nie są drogie.

Technologie WWW od wielu lat obecne są w wielu gałęziach gospodarki, także w przemyśle [6, 7]. Możliwości współcześnie dostępnych rozwiązań pozwalają na budowanie aplikacji internetowych, które również mogą być wykorzystywane w zadaniach systemów pomiarowo – sterujących. W tym przypadku projektanci tego typu systemów muszą się zmierzyć z wieloma problemami związanymi z nawiązywaniem komunikacji z nadzorowanymi urządzeniami, przesyłaniem treści stron WWW do różnego typu urządzeń końcowych nie tylko komputerów PC, aktualizacją zawartości stron WWW, różną jakością połączeń sieciowych, bezpieczeństwem przesyłanych danych itp. W artykule zostaną omówione wybrane możliwości budowy tego typu systemów przy użyciu aktualnie dostępnych technologii, jak HTML 5, AJAX, SVG [8] itp. Jako przykład systemu zrealizowanego w przedstawiony sposób zostanie omówiony system nadzorowania systemów zabezpieczeń i pomiarów CZIP. System został zbudowany w postaci portalu WWW umożliwiającego nadzorowanie oraz sterowanie

urządzeniem w sposób zdalny za pomocą przeglądarki WWW i sieci Internet.

Systemy pomiarowo - sterujące w sieci Internet

Nadzorowanie pracy systemów pomiarowo – sterujących w sieci Internet w zdecydowanej większości polega na wykorzystaniu technologii World Wide Web do graficznej prezentacji statusu pracy urządzeń, generowania raportów lub informowania o sytuacjach alarmowych itp. Technologia WWW wykorzystuje szereg usług, protokołów, serwerów i oprogramowania klienckiego. Użytkownicy końcowi usług WWW wykorzystują wyspecjalizowane programy klienckie nazywane przeglądarkami WWW. Przeglądarki mogą być uruchamiane nie tylko na komputerach PC ale także na urządzeniach typu tablet lub smartfon lub nawet smartwatch. Dzięki łączności bezprzewodowej wykorzystującej sieć GSM przeglądarki mogą być uruchamiane w miejscach, gdzie wcześniej nie było to możliwe.

Przeglądarki za pomocą protokołu HTTP umożliwiają pobieranie materiałów zapisanych na serwerach WWW w postaci plików HTML. Zawartość plików HTML jest wyświetlana w sposób graficzny w przeglądarkach internetowych. Typowe pliki HTML mają jednak charakter statyczny, są one zapisane na dysku serwera i przesyłane do przeglądarki poprzez połączenie sieciowe bez zmian zawartości treści stron. Takie rozwiązanie nie nadaje się do prezentowania informacji o charakterze dynamicznym pochodzących z systemów pomiarowo – sterujących ponieważ w tego typu systemach ważna jest aktualność prezentowanych informacji. Informacje mogą się często zmieniać i może to nie być widoczne.

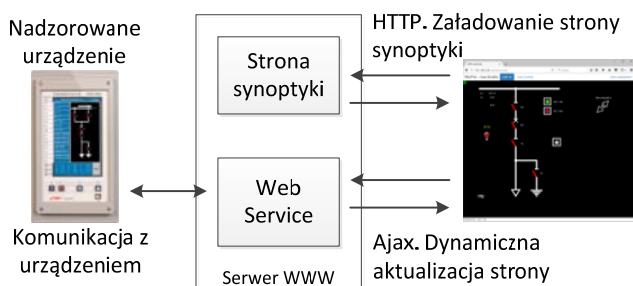
Dynamiczne strony WWW i systemy pomiarowo - sterujące

Istnieją technologie umożliwiające publikowanie stron WWW w sposób dynamiczny. Strona wynikowa WWW jest tworzona na serwerze WWW w odpowiedzi na odwołanie do jej adresu z przeglądarki WWW. Przed utworzeniem końcowej postaci strony na poziomie serwera WWW może nastąpić odwołanie do zewnętrznych systemów, jak serwery baz danych, urządzenia nadzorowane przez sieć, inne systemy, itp. Przykłady tego typu technologii to PHP, ASP.NET czy Java. Strony budowane w ten sposób mogą prezentować treść aktualizowaną w momencie odwołania z przeglądarki do serwera, czyli strony mają charakter

dynamiczny. Aktualizacja zawartości strony w przeglądarce wymaga jej ponownego załadowania z serwera, co może powodować opóźnienia w oczekiwaniu na odpowiedź i chwilowe znikanie i ponowne pojawianie się zawartości strony na ekranie przeglądarki co często użytkownik odbiera jako nieprzyjemny dla oka efekt. Zawartość strony w przeglądarce jest aktualna tylko w momencie jej dynamicznego tworzenia na serwerze WWW. Jakakolwiek zmiana stanu nadzorowanego urządzenia będzie uwidoczniła na stronie WWW w przeglądarce użytkownika dopiero po ponownym jej załadowaniu z serwera WWW.

Aktualizacja zawartości strony WWW w tle

Rozwiązaniem problemu ponownego ładowania całej zawartości strony WWW może być użycie technologii AJAX, czyli technologii asynchronicznych odwołań sieciowych języka JavaScript w tle strony WWW bez przeładowania całości strony. W pierwszym kroku strona WWW pobierana jest z serwera do przeglądarki w postaci pliku HTML. Plik może mieć charakter statyczny lub może być przygotowany dynamicznie na potrzeby wstępnie przygotowanej zawartości. W pliku kodu strony WWW znajduje się także część skryptu JavaScript przetwarzanego przez przeglądarkę. Przeglądarka w kolejnym kroku rozpoczyna proces periodycznej aktualizacji danych poprzez wysyłanie zapytań o dane do serwisów sieciowych udostępniających dane o pracy urządzenia. Serwis sieciowy w momencie wywołania przez przeglądarkę uruchamiany jest na poziomie serwera WWW i posiada możliwość połączenia z nadzorowanym urządzeniem np. za pomocą protokołu Modbus. Możliwy jest odczyt stanu lub sterowanie urządzeniem. Serwis sieciowy powinien być uruchomiony na tym samym serwerze WWW, gdzie działa strona WWW dzięki czemu całość może działać na tym samym typowym dla WWW kanale komunikacyjnym, który nie jest blokowany przez serwisy typu firewall. Dane odebrane przez serwis z nadzorowanego urządzenia mogą być odpowiednio przetworzone i wyniki mogą być wysłane jako odpowiedź do przeglądarki. Na poziomie strony WWW skrypt, który wywołał zapytanie o dane odbiera je, przetwarza i przygotowuje do dalszej obróbki. Zawartość na stronie WWW jest wyświetlana tylko w tych miejscach, gdzie treść uległa zmianie, co nie powoduje konieczności odświeżenia całej strony w przeglądarce – rys 1.



Rys. 1. Aktualizacja zawartości strony WWW w tle

Dane pobierane są z serwera WWW przy użyciu technologii komunikacyjnej wykorzystującej protokół http(s) i mogą być opakowane w formacie XML lub JSON. Po odebraniu danych w przeglądarce następuje ich przetworzenie i wyświetlenie w odpowiednich miejscach strony WWW np. jako wartości tekstowe lub jako zmiana właściwości obiektów. Strona może być przygotowana w taki sposób, że po uaktywnieniu trybu pełnego ekranu

w przeglądarce aplikacja będzie działać jak typowa aplikacja uruchamiana lokalnie.

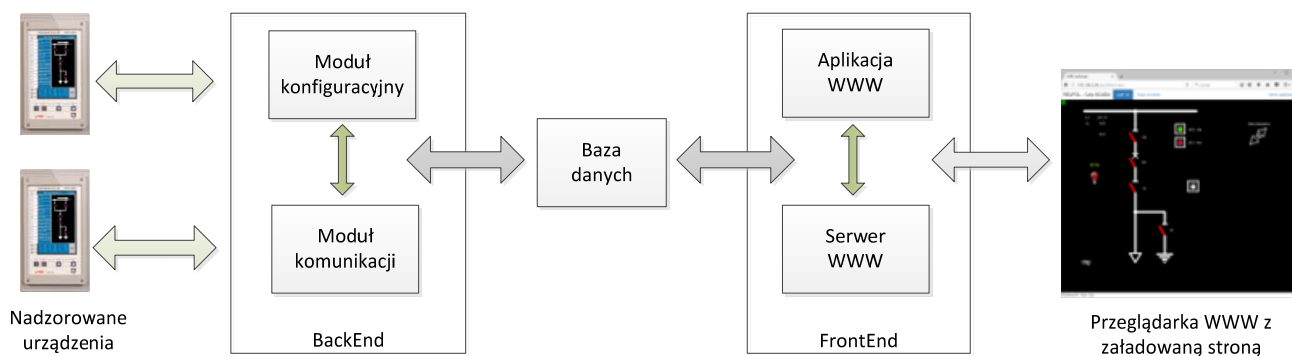
Innym mechanizmem pozwalającym na komunikację z poziomu strony w przeglądarce i serwera WWW jest mechanizm WebSocket z HTML 5. Jest to technologia podobna w działaniu do znanej technologii Socket wykorzystywanej do komunikacji w sieci za pomocą protokołu TCP/IP. Umożliwia dwukierunkową komunikację pomiędzy serwerem WWW a przeglądarką WWW w czasie rzeczywistym.

Prezentacja obrazów synoptycznych na stronach WWW

W systemach pomiarowo – sterujących często wykorzystuje się obrazy synoptyczne w postaci plików graficznych reprezentujących nadzorowany proces lub urządzenie. Ekran synoptyczny mogą zawierać aktywne obszary wyświetlające informacje lub reagujące na polecenia wydawane przez użytkownika. W przypadku aplikacji internetowych informacje mogą być wyświetlane na urządzeniach z różną wielkością ekranu, jak typowe monitory PC, laptopy, tablety czy smartfony. Obraz graficzny na ekranie synoptycznym musi być wtedy skalowany do odpowiedniego rozmiaru ekranu. Skalowanie w przypadku klasycznych obrazów zapisanych rastrowo często daje wyraźne pogorszenie jakości wyświetlanego obrazu w postaci rozmycia. Rozwiązaniem jest użycie wektorowego sposobu prezentacji obrazu. HTML 5 pozwala na użycie formatu SVG (Scalable Vector Graphics) na stronach WWW. Rozwiązanie to bardzo dobrze nadaje się do budowy aplikacji, które muszą wyświetlać skalowalne obrazy synoptyczne jak systemy pomiarowo - sterujące. Obsługa formatu SVG zaimplementowana w HTML 5 daje spore możliwości projektantom. Możliwe jest programowe manipulowanie zawartością obrazów, jak zmiana ich właściwości typu kolor elementów lub tła, wyświetlanie lub ukrywanie elementów. Drugą bardzo przydatną funkcjonalność to możliwość definiowania procedur obsługi zdarzeń jak kliknięcie określonego fragmentu obrazu, np. klawisza, prostokąta lub innej figury. Dzięki temu możliwe jest połączenie funkcji sterowania z obrazem synoptycznym, co z punktu widzenia wygody użytkownika jest bardzo cenne i pożądane. Możliwe jest także programowe manipulowanie obiektami obrazu i ich cechami w pliku SVG na zasadzie DOM (Document Object Model) w języku JavaScript, co jest bardzo powszechnie stosowaną techniką budowy stron WWW. W ten sposób można łatwo odwołać się do określonego obiektu np. symbolizującego stan urządzenia i zmienić jego kolor tła na kolor sygnalizujący awarię lub inny stan. Podobnie z obiektami wyświetlającymi wartości tekstowe, np. pola informacyjne o pomiarach, które musi być często aktualizowane. Aktualizacja zawartości obiektu SVG nie wymaga przerysowania całej zawartości obiektu tylko zmieniany obiekt jest aktualizowany.

Budowa systemu pomiarowo – sterującego

System pomiarowo – sterujący może współpracować z wieloma urządzeniami aktywnymi z którymi może się komunikować za pomocą różnych interfejsów i protokołów. Urządzenia aktywne często mają złożone procedury konfiguracyjne, do których musi być dostosowany system nadzorujący. Systemy prezentujące stan urządzenia na aktywnych obrazach synoptycznych wymagają przygotowania ich do pracy, zdefiniowania obrazów synoptycznych, połączenie ich z określonymi rejestrami itp.



Rys. 2. Budowa internetowego systemu pomiarowo – sterującego

Oprogramowanie konfiguracyjne tego typu systemów może być bardzo rozbudowane. Uruchomienie systemu może wymagać ustawienia dużej liczby parametrów. Oprogramowanie prezentujące stan systemu w postaci stron WWW wymaga użycia serwera WWW, który będzie miał możliwość dostępu do informacji o działaniu systemu. Przeglądarka może się cyklicznie zwracać o dane do serwera WWW za pomocą poleceń AJAX. Serwer WWW powinien nawiązać połączenie z danym urządzeniem, pobrać z niego określone informacje i odesłać do przeglądarki. Jako serwery WWW powszechnie wykorzystuje się wydzielone, wyspecjalizowane moduły programowe, np. Microsoft IIS, Apache, Nginx i inne. Serwer WWW zazwyczaj nie jest połączony w jeden monolityczny blok programowy z oprogramowaniem komunikującym się z urządzeniami aktywnymi. Funkcje serwera WWW i bloku komunikacji z urządzeniami są rozdzielone. Takie rozwiązanie zwiększa również poziom bezpieczeństwa systemu. Część realizującą funkcje konfiguracji systemu wraz z procedurami komunikacji z nadzorowanymi urządzeniami nazywana jest często BackEnd a część prezentująca informacje dla użytkownika końcowego FrontEnd – rys 2.

Ponieważ moduł FrontEnd jest oddzielony od modułu BackEnd musi być możliwość pobierania informacji o działaniu monitorowanych urządzeń na potrzeby przygotowania stron WWW. Czynność ta wymaga uwzględnienia konfiguracji systemu, np. jakie urządzenia są monitorowane, jakie parametry są prezentowane, jak ma wyglądać obraz synoptyczny, jakie będą konta użytkowników z jakimi uprawnieniami itp. Wszelkie informacje konfiguracyjne mogą być przechowywane w lokalnej bazie danych systemu. Możliwe jest również stosowanie bazy danych jako bufora do komunikacji między modułami FrontEnd i BackEnd. System FrontEnd może pobierać informacje o aktualnym stanie z odpowiednich tabel w bazie danych. Informacje o aktualnym stanie mogą być cyklicznie umieszczane w tabelach przez moduł BackEnd. Podobnie polecenia wydawane przez użytkowników systemu z poziomu obrazów synoptycznych (np. włączenie lub wyłączenie urządzeń) mogą być wpisywane do tabel w bazie danych przez moduł FrontEnd z poziomu strony WWW a następnie mogą być czytane i przetwarzane przez moduł BackEnd i uruchamiane na fizycznych urządzeniach. Polecenia mogą być kolejgowane w odpowiednich tabelach dzięki temu system może być użytkowany z wielu stanowisk jednocześnie.

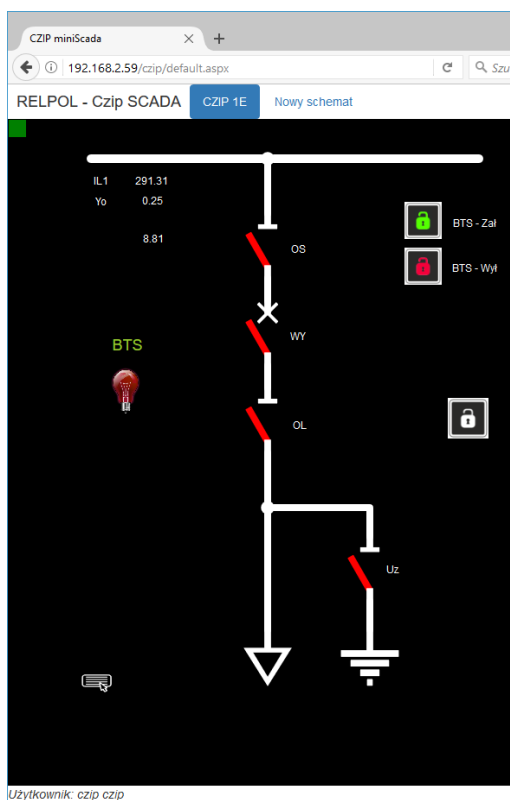
Bezpieczeństwo systemu

System nadzorujący pracę urządzeń energetycznych umożliwiający ich sterowanie za pomocą sieci Internet musi być odpowiednio zabezpieczony przed próbami nieautoryzowanego dostępu osób trzecich. Konstrukcja systemu znacząco utrudnia lub uniemożliwia dostęp do

nadzorowanych urządzeń. Użytkownik końcowy systemu ma dostęp do strony WWW, która umożliwi prezentację stanu urządzeń. Serwer WWW, który obsługuje połączenia z przeglądarkami pobiera dane potrzebne do prezentacji na stronach WWW z bazy danych, która jest buforem pomiędzy systemem prezentacji informacji na WWW a modulem łączącym się z nadzorowanymi urządzeniami. Baza danych dostępna jest tylko dla wewnętrznych systemów i nie można się do niej połączyć z zewnątrz. Samo połączenie przeglądarki z serwerem WWW można uruchomić w trybie szyfrowanym po zainstalowaniu odpowiedniego certyfikatu na serwerze. Dostęp do strony WWW wymaga zalogowania się. Konto i hasło definiuje administrator systemu. Informacje te są zaszyfrowane. Moduł nadzorujący dostęp do urządzenia działa samodzielnie i nie posiada możliwości sterowania z zewnątrz, co uniemożliwia przejęcie jego funkcji. Komputer, który będzie pełnił rolę serwera w tym systemie powinien być także odpowiednio zabezpieczony poprzez zamknięcie wszystkich niepotrzebnych do pracy portów TCP/IP za pomocą szczelnego oprogramowania typu Firewall. Możliwe jest ograniczenie dostępu do tego komputera tylko do określonych adresów IP komputerów użytkowników, co stanowi kolejny silny poziom zabezpieczeń. Możliwe jest również zdefiniowanie dostępu do serwera WWW poprzez kanał VPN, do którego konieczne będzie posiadanie odpowiednich uprawnień dostępowych. Aktywując omówione mechanizmy można zapewnić wysoki poziom bezpieczeństwa systemu.

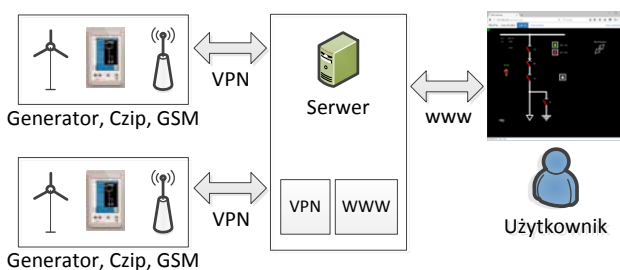
System nadzorowania urządzeń zabezpieczających

W firmie Relpol S.A. opracowany został system monitorowania urządzeń CZIP [9, 10]. Moduły zabezpieczeń CZIP posiadają możliwość dołączenia do sieci Internet za pomocą interfejsu Ethernet i zdalnego nadzorowania. Funkcjonalność ta została wykorzystana do zbudowania systemu składającego się z opisanych w poprzednim rozdziale komponentów. System wymaga skonfigurowania obrazów synoptycznych na podstawie konfiguracji modułów CZIP w specjalnie przygotowanym programie konfiguracyjnym dostępnym dla administratora. Dostęp do systemu dla użytkowników możliwy jest tylko po zalogowaniu dla uprzednio zdefiniowanego konta. Konto może mieć określone uprawnienia pozwalające np. na sterowanie urządzeniem lub tylko wgląd w aktualny stan. Stan monitorowanych urządzeń CZIP prezentowany jest na interaktywnych, definiowanych obrazach synoptycznych – rys 3. Dzięki wykorzystaniu formatu SVG obrazy synoptyczne można dowolnie powiększać i pomniejszać bez utraty jakości w przeglądarkach. Stan urządzenia prezentowany jest w postaci aktywnych elementów zmieniających wygląd, np. odłączników. Elementy mogą być sterowane w reakcji na kliknięcie odpowiedniego obrazu na ekranie.



Rys. 3. Obraz synoptyczny w przeglądarce.

Strony WWW skalują się do rozmiaru ekranu użytkownika końcowego. Tego typu rozwiązanie bardzo dobrze sprawdza się także na ekranach dotykowych w urządzeniach mobilnych, jak smartfony, gdzie obrazy synoptyczne nie tracą jakości.



Rys. 4. System zdalnego nadzorowania pracy generatorów wiatrowych

Przykład wykorzystania systemu

System może być wykorzystany w zadaniach monitorowania odległych urządzeń produkujących energię odnawialną, np. elektrownie wiatrowe. Zazwyczaj te urządzenia instalowane są z dala od miejsc zamieszkałych. Istnieje potrzeba zdalnego monitorowania ich stanu lub zmiany ich ustawień bez konieczności wizyty personelu technicznego. W takim przypadku może zostać zbudowane rozwiązanie systemowe wykorzystujące bezprzewodową łączność GSM oraz opracowany system. Każdy generator wiatrowy może być nadzorowany przez osobne urządzenie CZIP. Każde urządzenie CZIP musi być wyposażone w modem GSM, który umożliwia zestawienie połączenia VPN z serwerem na którym zainstalowany jest system WWW. Dzięki temu z poziomu serwera będzie dostępne połączenie z każdym z urządzeń nadzorujących generatory. Do komunikacji z urządzeniami CZIP może zostać

wykorzystany jeden z zaimplementowanych protokołów komunikacyjnych wykorzystujących TCP/IP. Dzięki zastosowaniu połączenia VPN łączność pomiędzy serwerem WWW a poszczególnymi nadzorowanymi urządzeniami będzie zaszyfrowana. Operator systemu po jego skonfigurowaniu będzie miał możliwość nadzorowania jego działania po wejściu na adres serwera WWW. Po zalogowaniu się możliwy będzie dostęp do ekranów synoptycznych, raportów zdarzeń oraz sterowania stanem urządzeń.

Podsumowanie

W artykule omówiono wybrane zagadnienia budowy systemów pomiarowo – sterujących prezentujących informacje na stronach WWW na przykładzie systemu nadzorowania urządzenia CZIP produkowanego przez firmę Relpol S.A zakład Polon w Zielonej Górze. System wykorzystuje wybrane możliwości najnowszego standardu HTML 5 między innymi w zakresie prezentacji aktywnych, skalowalnych, wektorowych obrazów synoptycznych prezentujących stan urządzeń zabezpieczeniowych CZIP. Opracowane rozwiązanie nie może zastąpić profesjonalnych systemów SCADA, może być jednak dla nich alternatywą w sytuacji, gdy potrzebne są tylko proste możliwości prezentacji stanu urządzenia i sterowania jego funkcjami. W podobny sposób mogą być budowane rozwiązania dla innych urządzeń.

Autorzy: dr inż. Robert Szulim, Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Metrologii, Elektroniki i Informatyki, ul. Prof. Szafrana 2, 65-516 Zielona Góra, E-mail: R.Szulim@ime.uz.zgora.pl; dr inż. Beata Zięba, Dyrektor, E-mail: Zieba.B@relpol.com.pl; Władysław Sieluk, Główny Konstruktor, E-Mail: Sieluk.W@relpol.com.pl; Relpol S.A. zakład Polon, ul. Browarna 11, 65-849 Zielona Góra,.

LITERATURA

- [1] Michta E., Szulim R., Markowski A., Miczulski W., Inteligentne podstacje elektroenergetyczne, Przegląd Elektrotechniczny, 2014, nr 11, 42-44
- [2] Szulim R., Zastosowanie rozwiązań programowych standardu IEC 61850 typu Open - Source do integracji systemów pomiarowo-sterujących, Przegląd Elektrotechniczny, 2014, nr 11, 48-50
- [3] Michta E., Szulim R., Technologie internetowe w rozproszonych systemach pomiarowo-sterujących, Pomiary, Automatyka, Kontrola, 2003, nr 2-3, 47--52
- [4] Szulim R., Technologia zmiennych sieciowych w rozproszonych systemach pomiarowo-kontrolnych, Pomiary, Automatyka, Kontrola, 2010, Vol. 56, nr 11, 1318-1320
- [5] Szulim R., Markowski A., Michta E., The Azure platform in measuring - control systems based on Internet of Things concept, Measurement Automation Monitoring, 2016, Vol. 62, no. 7, 245-247
- [6] Michta E., Szulim R., Technologie internetowe w systemie monitorowania bramek dozymetrycznych, Pomiary, Automatyka, Robotyka, 2004, nr 7-8, 138--141
- [7] Michta E., Szulim R., Systemy pomiarowo-sterujące z wbudowanymi serwerami WWW, Pomiary, Automatyka, Kontrola.- 2002, nr 7-8, 77--80
- [8] World Wide Web Consortium, 2018, <https://www.w3.org>
- [9] Szperkowska M., Sieluk W., Szulim R., Wykorzystanie aparatury EAZ do eliminowania niekorzystnych zjawisk w sieciach średnich napięć z generacją rozproszoną, Pomiary, Automatyka, Kontrola.- 2014, Vol. 60, nr 11, 988--990
- [10] Szperkowska M., Sieluk W., Szulim R., Zintegrowany cyfrowy system zabezpieczeń i pomiarów dla rozdzielni średniego napięcia, Pomiary, Automatyka, Kontrola, 2012, Vol. 58, nr 9, 795--797