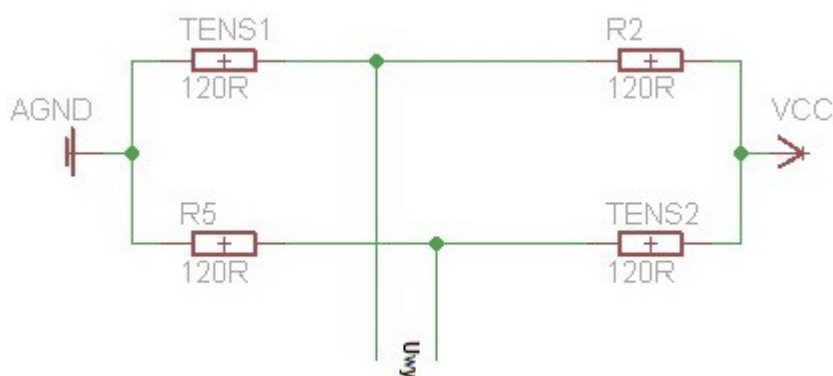


4.1. Schemat i opis układu pomiarowego

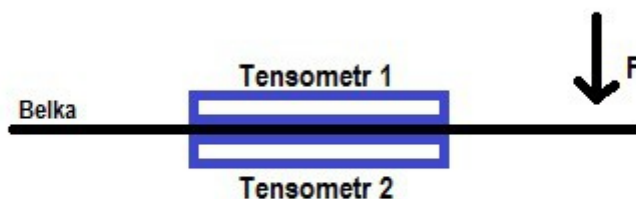
Układ pomiarowy składa się z dwóch części zależnych od siebie, w skład urządzenia pomiarowego wchodzi czujnik pomiarowy oraz urządzenie zbierania danych z poszczególnych czujników:

Czujnik jest urządzeniem mobilnym bezprzewodowym. Jego zadaniem jest pomiar siły i naprężeń przy pomocy dwóch tensometrów w układzie pół-mostkowym, rys.4.1.



Rys.4.1. Układ tensometrów w układzie pół-mostkowym.

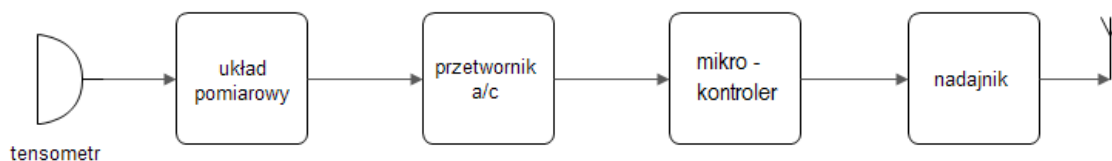
Umieszczenie tensometrów pokazane jest na rys.4.2. jest to właściwe położenie dla wybranego rodzaju pomiarowego mostka tensometrycznego. Gdy powstaje naprężenie, na jednym tensometrze rezystancja maleje a naprzeciwległym rośnie. Sprawia to że napięcie na tensometrach ma przeciwny znak, więc różnica napięć jest większa co przyczynia się do większej czułości i dokładności pomiaru.



Rys.4.2. Ułożenie tensometrów w układzie pomiarowym.

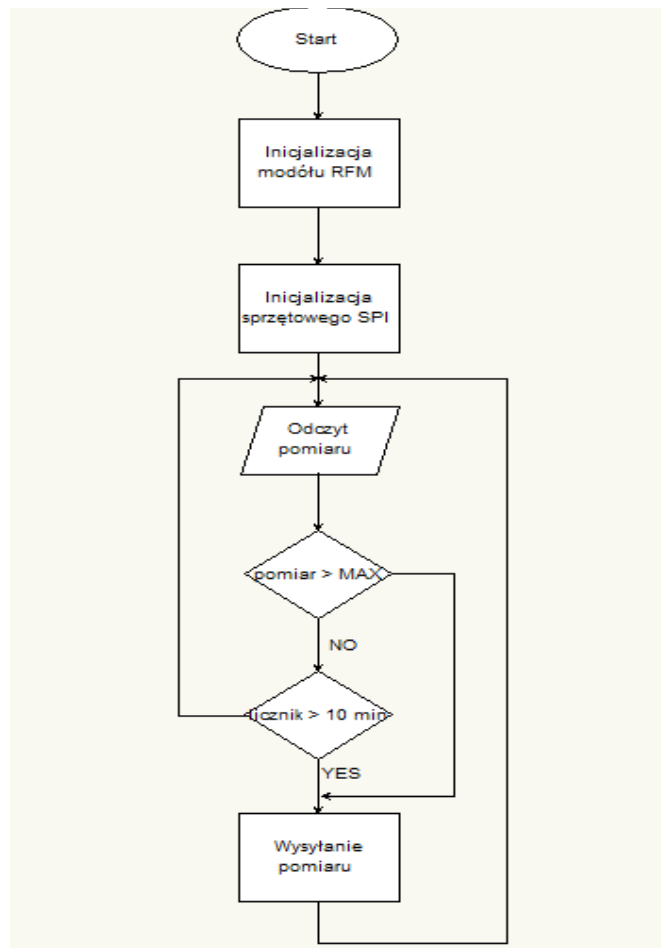
Napięcie różnicowe poddawane jest próbkowaniu przez 22-bitowy przetwornik ac/dc w pewnych odstępach czasu. Pomiar nadzorowany są przez mikrokontroler który zapisuje dany pomiar w pamięci. Następnym etapem jest porównywanie pomiaru czy nie przekroczył dozwolonej granicy. Jeżeli pomiar przekracza ustaloną granicę wysyłany jest automatycznie do urządzenia master, w przeciwnym wypadku pomiary wysyłane są w odstępach 10min.

Następuje to poprzez moduł FM. Schemat blokowy czujnika pokazany jest na rysunku 4.3.



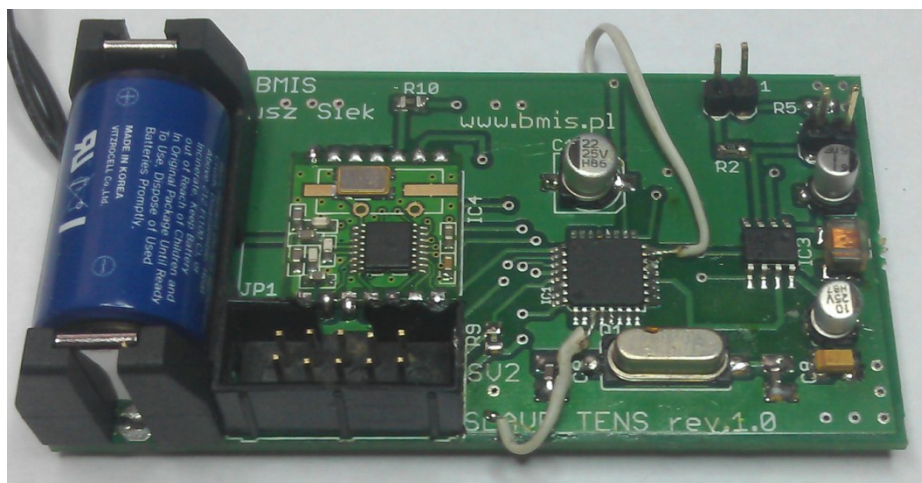
Rys.4.3. Schemat blokowy układu czujnika.

Program w mikrokontrolerze po starcie inicjalizuje i ustawia parametry modułu bezprzewodowego RFM 433 MHz, ustawia w nim zakres częstotliwości, częstotliwość kanału, prędkość transmisji, moc wyjściową nadajnika. Parametry te mają wpływ na zasięg i prawidłowe działanie modułu, dlatego powinny być tak samo ustawiane w urządzeniu nadawczym jak i w odbiorczym aby zapewnić w jak największym stopniu poprawność działania całego systemu. Program w pętli głównej odczytuje w pewnych przedziałach czasowych dane z przetwornika analogowo -cyfrowego. Po każdorazowym odczytaniu pomiaru sprawdza czy nie przekroczono stanu progowego, jak również czy minęło już 10 minut od nadania ostatniego pomiaru. Czujnik wysyła pomiar w dwóch przypadkach jeśli pomiar jest większy od maksymalnego i jeśli timer jest większy od 10 min. Te warunki sprawdzane są z każdą pętlą programu. Schemat blokowy programu pokazany jest na rysunku 4.4.



Rys.4.4. Algorytm programu czujnika.

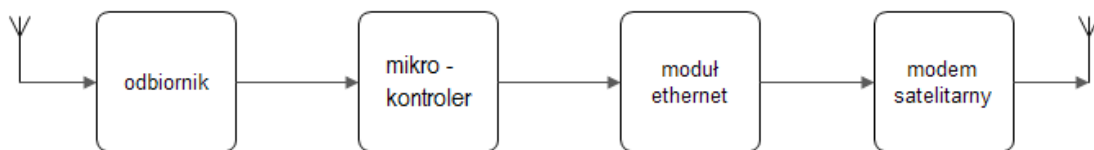
Na rysunku 4.5 przedstawiony jest rzeczywisty układ pomiarowy



Rys 4.5 Czujnik do pomiaru naprężeń.

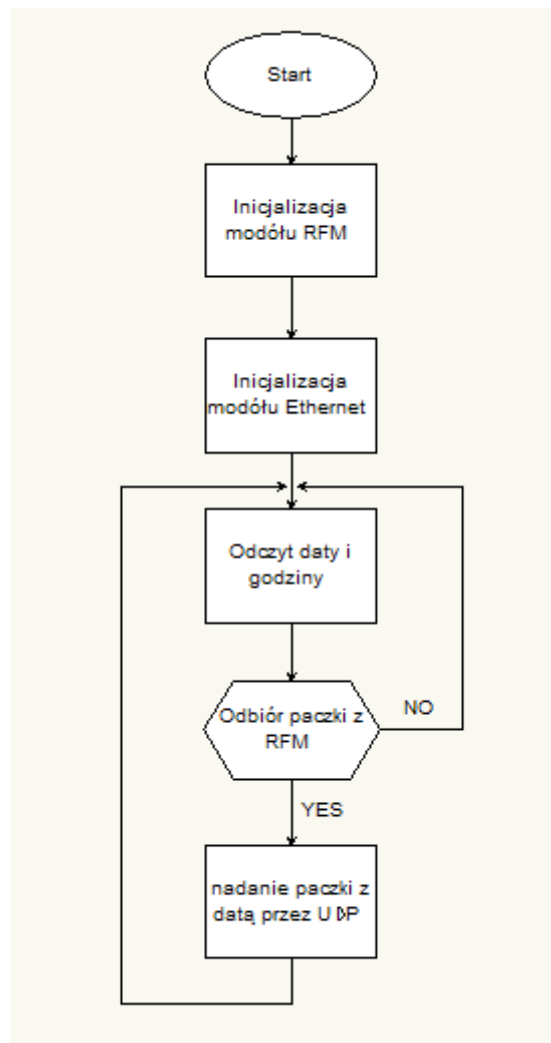
Urządzenie master, służy zbieraniu danych ze wszystkich czujników pomiarowych. Jest

to urządzenie stacjonarne zasilające z sieci. Posiada wbudowany zegar czasu rzeczywistego z podtrzymaniem baterijnym. Potrzebne jest to aby każdemu zebranemu pomiarowi przypisać aktualną datę i godzinę kiedy został zrobiony. Urządzenie wyposażone jest w odbiornik FM który cały czas nasłuchuje i czeka na nadchodzące dane. Po przechwyceniu pomiarów ze wszystkich czujników i przypisaniu im daty, mikrokontroler pakuje dane do jednej ramki danych i wysyła je poprzez moduł ethernetowy, rysunek 4.6. obrazuje schemat blokowy układu master.



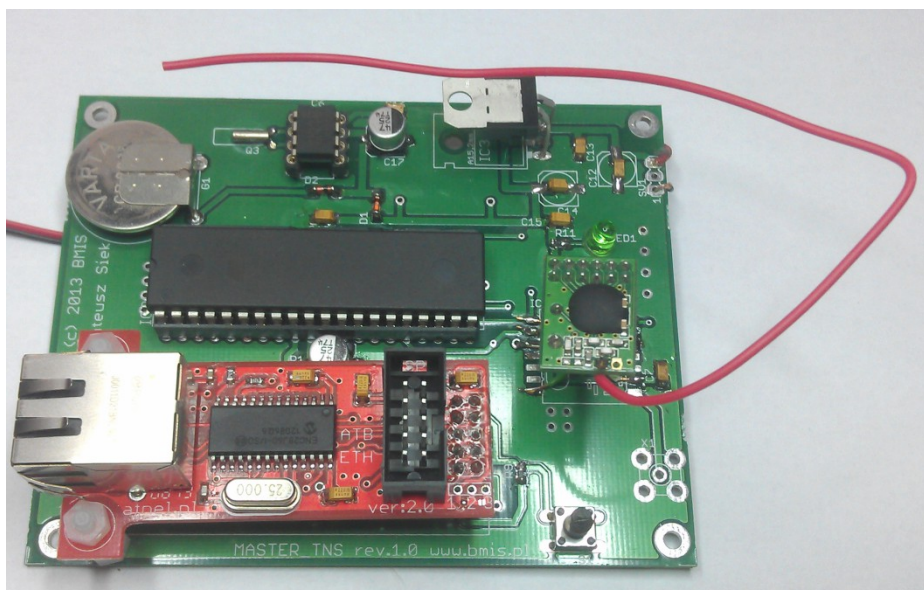
Rys.4.6. Schemat blokowy układu master.

Na początku programu inicjalizujemy moduł RFM, oczywiście jak to było wcześniej opisane z ustawieniami takimi samymi jak w programie czujnika. Następnym krokiem w programie jest ustawienie modułu ethernetowego. Aby działał on poprawnie należy nadać mu adres MAC jak i adres IP. Ważne jest również podanie adresu bramy sieci lan, oraz adresy IP serwera na który będą wysyłane paczki danych z tego właśnie urządzenia. Na podstawie tych ustawień następuje inicjalizacja modułu ENC. Przy pierwszym wgrywaniu programu należy ustawić również aktualną datę i godzinę która zostanie wgrana do układu RTC, z skąd będzie później odczytywana i podporządkowywana pomiarowi. W pętli głównej znajduje się właśnie taka funkcja która za każdym wykonaniem pętli odczytuje aktualną datę, jeśli nastąpi przerwanie od układu RFM, następuje wysłanie paczki danych zawierający datę jak i pomiar za pomocą protokołu udp na serwer. Algorytm ten widnieje na rysunku 4.7.



Rys.4.7. Algorytm programu master.

Na rysunku 4.8 znajdują się zdjęcie rzeczywistego układu master



Rys 4.8 urządzenia zbierania danych, master.

4.2. Opis interfejsu użytkownika

Interfejs użytkownika został napisany w języku skryptowym PHP, pod systemem

operacyjnym Ubuntu Linux. Pierwsza część skryptu zawiera odczytywanie danych zapisanych w bazie danych, program dokonuje odczytu najpierw informacji z pliku 'plik_stanu' gdzie zapisywane są takie informacje jak ilość czujników zainstalowanych w systemie, oraz ich nazwy, niezbędne jest to do dalszych odczytów informacji oraz generowania strony. Drugim krokiem działania skryptu jest odczytanie wyników pomiarowych z poszczególnych czujników zapisanych w plikach pod nazwami własnymi czujników i zapisanie ich do zmiennych.

Użytkownik ma możliwość oglądanie wyników archiwalnych jak i bieżących, umożliwia to panel po lewej stronie strony, rys. 4.9. Umożliwia on wybór typu wykresu:

Opcje	Wykresu
Typ	Bieżący ▼
Rok	2013
Miesiąc	05
Dzień	08
Godzina	0-6 ▼

Rys.4.9. Panel wyboru typu wykresu.

- bieżący - widoczne są pomiary w chwili obecnej, a gdy czujnik wygeneruje kolejny pomiar wykres jest generowany automatycznie z nowym pomiarem,
- dzienny - generuje wykres pomiarowy z aktualnego dnia wybranego przez użytkownika, oraz przedziału godzinowego,
- miesięczny - generuje wykres pomiarowy z pełnego miesiąca z wartością średnią z każdego dnia,
- roczny - generuje wykres pomiarowy, każdy punkt jest średnią z połowy miesiąca,

Poniżej znajdują się okna tekstowe rok, miesiąc, dzień gdzie ręcznie wpisujemy datę dla jakiej chcemy przeglądać archiwalne wyniki pomiarów, oraz pasek wyboru zakresu godzinowego o zakresach 0-6, 6-12, 12-18, 18-24.

Kolejną opcją wyboru jest wybór aktualnego czujnika dla jakiego chcemy przeglądać dane, rys.4.10. Możliwe jest wybranie kilku czujników aby porównać wartości na nich w danych chwilach czasowych. Po prawej stronie czujnika jest informacja o aktualnym stanie czujnika, wartość 'on' wskazuje że centrala ma komunikację z danym czujnikiem, natomiast wartość 'off' wskazuje że przy ostatnim zapisie danych urządzenie nie przesłało pomiaru, brak komunikacji.

Czujnik	Stan
<input type="checkbox"/> c0x0100	on
<input type="checkbox"/> c0x0101	on
<input type="checkbox"/> c0x0102	on

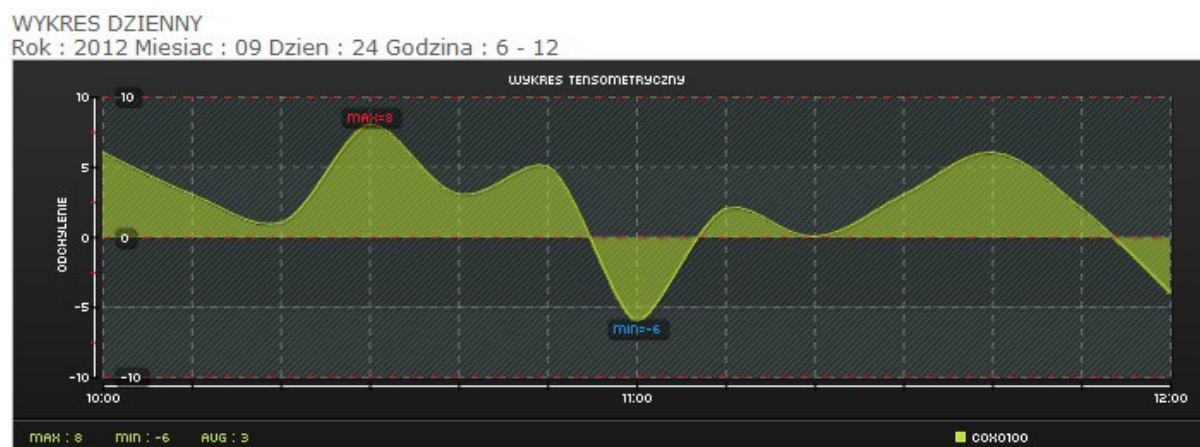
Zatwierdz

Rys.4.10. Panel wyboru czujników.

Po wybraniu odpowiednich opcji potwierdzamy je przyciskiem 'Zatwierdz'. Dane te zapisywane są również do bazy danych więc przy wylogowaniu i następnym logowaniu zostaną wczytane na nowo.

Na stronie po lewej stronie pod opcjami wyboru typu wykresu znajduje się ikona z rozmieszczeniem czujników zainstalowanym na danym obiekcie. Kliknięcie na nią spowoduje powiększenie zdjęcia z rozmieszczeniem czujników.

W centralnej części aplikacji webowej znajduje się wygenerowany wykres z wynikami z zakresu wybranego przez użytkownika, rys.4.11. Do generacji wykresu użyto klas pChart, napisane również w języku PHP wykorzystujące bibliotekę GD. Cały ten proces wykonywany jest po stronie serwera a do klienta wysyłany jest już tylko sam obraz.

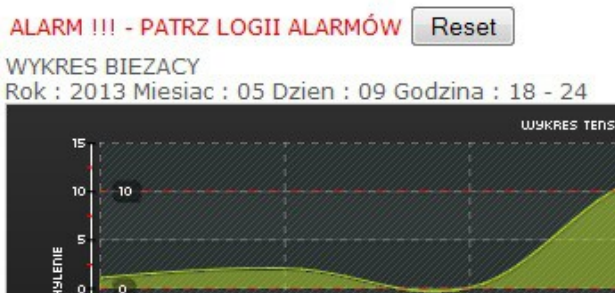


Rys.4.11. Wykres danych z czujnika.

Na wykresie można odczytać maksymalne wartości dodatnie jak i ujemne, oraz wartość średnią z całego wygenerowanego wykresu. Linia zerowa po środku wskazuje normalne położenie tensometru. System jest wyposażony w alarmowanie użytkownika w sytuacjach w których dany czujnik przekroczy zakres pomiarowy. Ustawiony jest on programowo w zależności od potrzeb całego systemu pomiarowego. Ostrzeżenie to pokazywane jest w chwili przekroczenia wartości i sygnalizowane jest czerwonym migającym napisem powyżej okna z

przebiegiem, rys.4.12. Równocześnie zapisywane jest w oknie 'Historia alarmów' w przypadku gdy alarm będzie zgłaszany wielokrotnie użytkownik będzie miał wgląd w całą historię alarmów.

WYKRESY CZUJNIKÓW



Rys.4.12. Alarm, przekroczenie stanu progowego.

Aby skasować dany alarm służy w tym celu przycisk 'Reset', po skasowaniu alarmu pojawi się wpis w historii alarmów. Informował on będzie o dacie i godzinie skasowania alarmu oraz z jakiego adresu IP zostało to zrobione. Przykładowe okno z logami widoczne jest poniżej, rys.4.13.

LOGII ALARMÓW

```
c0x0100 2013-3-26 21:40 -> 12
c0x0101 2013-3-26 21:40 -> 12
c0x0102 2013-3-26 21:40 -> 12
Alarm zresetowano 2013-03-26 21:41:46 IP: 31.174.32.61
```

Rys.4.13. Listing logów alarmu

4.3. Przykładowe zastosowanie systemu

Dany bezprzewodowy system pomiarowy możemy wykorzystywać do monitorowania naprężeń rozległych konstrukcji stalowych, rozmieszczając czujniki w kilku punktach. Przykładem takiej konstrukcji jest dach hali która jest wykonana całkowicie lub częściowo z elementów stalowych. Umożliwi to stały nadzór całej połaci dachu przed nadmiernym naprężeniem spowodowanym przykładowo napieraniem śniegu w okresie zimowym.

System ten możemy również wykorzystać do bezprzewodowego pomiaru ciężkości silosów magazynujących które są rozmieszczone w znacznych odległościach od siebie.

Mocując takie czujniki u ich podstaw nie musimy ingerować w infrastrukturę obiektu (nie potrzebujemy instalować dodatkowego okablowania).

Urządzenie to także może umożliwić monitorowanie mostów lub kładek przejezdnych aby wykryć przejeżdżający pojazd. Przykładowo gdy monitorujemy obiekt chroniony.

5. Badania

5.1. Opis funkcjonalności

Układ sprawdzono pod względem poprawnego działania fizycznie jak i za pomocą oprogramowania stworzonego na potrzeby testowania układu. Program ten symuluje nadawanie pakietu przez układ master. Wysyła on identyczne paczki danych na serwer. Na serwerze uruchomione jest oprogramowanie nasłuchujące, te same co do odbioru oryginalnych danych z urządzenia zbierania danych. Na rysunku 5.1. Pokazane jest wysłanie trzech ramek do serwera znajdującego się pod adresem IP 192.168.1.100.

```
root@Sniper:~/programy_cpp/socketc/pr6/bin/Debug# ./pr6 192.168.1.100 2013,09,12
,18,10,5,on
send 21 bytes to 192.168.1.100
root@Sniper:~/programy_cpp/socketc/pr6/bin/Debug# ./pr6 192.168.1.100 2013,09,12
,18,20,4,on
send 21 bytes to 192.168.1.100
root@Sniper:~/programy_cpp/socketc/pr6/bin/Debug# ./pr6 192.168.1.100 2013,09,12
,18,30,-3,on
send 22 bytes to 192.168.1.100
root@Sniper:~/programy_cpp/socketc/pr6/bin/Debug#
```

Rys.5.1. Nadanie trzech ramek danych.

Po stronie serwera uruchomiony został terminal aby zaobserwować poprawność odbieranych danych przez oprogramowanie odbierające i zapisujące je do bazy danych. Okno terminala pokazane jest na rysunku 5.2.

```

root@Sniper:/var/www/praca# ./ms_server
Czekam na dane...Pakiet dostarczono z adresu IP: 192.168.1.100
Paczka ma 21 bitow wielkosci
Tresc paczki to: "2013,09,12,18,10,5,on"
Czekam na dane...Pakiet dostarczono z adresu IP: 192.168.1.100
Paczka ma 21 bitow wielkosci
Tresc paczki to: "2013,09,12,18,20,4,on"
Czekam na dane...Pakiet dostarczono z adresu IP: 192.168.1.100
Paczka ma 22 bitow wielkosci
Tresc paczki to: "2013,09,12,18,30,-3,on"
Czekam na dane...

```

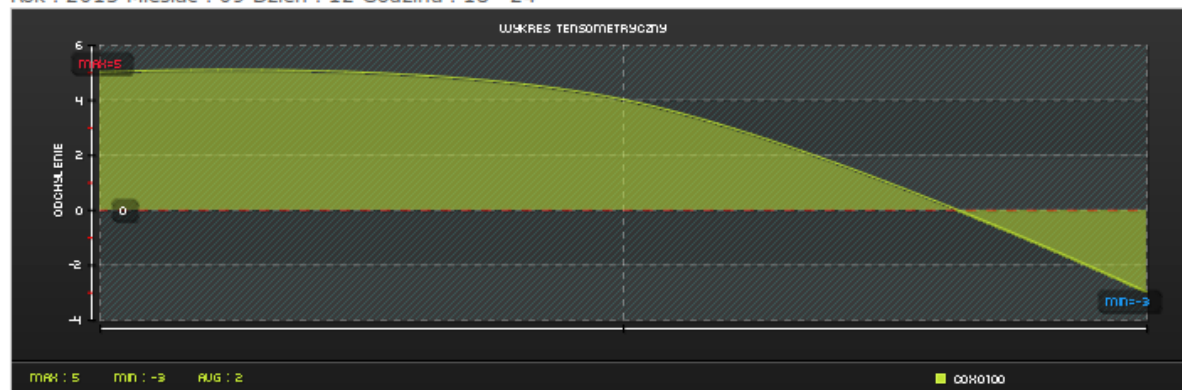
Rys.5.2. Odbiór paczek na serwerze.

W momencie odbierania danych możemy zaobserwować ich reprezentację na stronie internetowej. Na rysunku 5.3. widoczne jest że wyniki generowane na wykresie są identyczne z wynikami odbieranymi przez program na serwerze jak i z danymi wysyłanymi do niego.

WYKRESY CZUJNIKÓW

WYKRES BIEZĄCY

Rok : 2013 Miesiąc : 09 Dzień : 12 Godzina : 18 - 24



Rys.5.3. Reprezentacja wyników na stronie.

Układ został także przetestowany pod względem nadania paczki z pomiarem przekraczającym wartość maksymalną naprężenia. Wartość maksymalna przy testach została ustawiona na wartość 10. Rysunek 5.4. przedstawia nadanie kilku kolejnych ramek danych wraz z ramką zawierającą pomiar powyżej wartości maksymalnej.

```

root@Sniper:~/programy_cpp/socketc/pr6/bin/Debug# ./pr6 192.168.1.100 2013,09,12,19,30,-3,on
send 22 bytes to 192.168.1.100
root@Sniper:~/programy_cpp/socketc/pr6/bin/Debug# ./pr6 192.168.1.100 2013,09,12,19,40,-2,on
send 22 bytes to 192.168.1.100
root@Sniper:~/programy_cpp/socketc/pr6/bin/Debug# ./pr6 192.168.1.100 2013,09,12,19,50,1,on
send 21 bytes to 192.168.1.100
root@Sniper:~/programy_cpp/socketc/pr6/bin/Debug# ./pr6 192.168.1.100 2013,09,12,20,00,0,on
send 21 bytes to 192.168.1.100
root@Sniper:~/programy_cpp/socketc/pr6/bin/Debug# ./pr6 192.168.1.100 2013,09,12,20,10,4,on
send 21 bytes to 192.168.1.100
root@Sniper:~/programy_cpp/socketc/pr6/bin/Debug# ./pr6 192.168.1.100 2013,09,12,20,20,14,on
send 22 bytes to 192.168.1.100
root@Sniper:~/programy_cpp/socketc/pr6/bin/Debug#

```

Rys.5.4. Nadawanie ramki danych z przekroczonym progiem maksymalnym.

Oprogramowanie odbiorcze odebrało pakiety zaprezentowane na rysunku 5.5. Widoczne jest na

nich iż pakiety nadane są prawidłowo odbierane przez serwer. W ostatnim pakiecie na pozycji 6 widoczna jest wartość pomiaru 14, znacznie przekraczająca stan maksymalny.

```
Czekam na dane...Pakiet dostarczony z adresu IP: 192.168.1.100
Paczka ma 22 bitow wielkosci
Tresc paczki to: "2013,09,12,19,30,-3,on"
Czekam na dane...Pakiet dostarczony z adresu IP: 192.168.1.100
Paczka ma 22 bitow wielkosci
Tresc paczki to: "2013,09,12,19,40,-2,on"
Czekam na dane...Pakiet dostarczony z adresu IP: 192.168.1.100
Paczka ma 21 bitow wielkosci
Tresc paczki to: "2013,09,12,19,50,1,on"
Czekam na dane...Pakiet dostarczony z adresu IP: 192.168.1.100
Paczka ma 21 bitow wielkosci
Tresc paczki to: "2013,09,12,20,00,0,on"
Czekam na dane...Pakiet dostarczony z adresu IP: 192.168.1.100
Paczka ma 21 bitow wielkosci
Tresc paczki to: "2013,09,12,20,10,4,on"
Czekam na dane...Pakiet dostarczony z adresu IP: 192.168.1.100
Paczka ma 22 bitow wielkosci
Tresc paczki to: "2013,09,12,20,20,14,on"
Czekam na dane...
```

Rys.5.5. Odebanie pakietów.

Wygenerowany wykres na stronie przedstawiony jest na rysunku 5.6. Widać na nim wyraźnie wartość pomiaru przekraczającą ustawione wcześniej maksimum na 10. Do wykresu przedstawiającego wyniki pomiarów została dodatkowo wygenerowana linia obrazująca próg graniczny. Ponadto oprogramowanie wykryło fakt przekroczenia tej wartości i powyżej wykresy została dodana informacja o alarmie.

WYKRESY CZUJNIKÓW

ALARM !!! - PATRZ LOGII ALARMÓW

Reset

WYKRES BIEZĄCY

Rok : 2013 Miesiac : 09 Dzień : 12 Godzina : 18 - 24



Rys.5.6 Przekroczenie wartości progowej.

5.2. Możliwości rozbudowy systemu

W przyszłości jest możliwość rozbudowy systemu pomiarowego o takie właściwości jak:

- monitorowanie stanu baterii, sygnalizowanie o niskim stanie jak i o jej wymianie na nową,
- stworzenie oprogramowania umożliwiającego komunikację zwrotną do urządzenia

'master', odczyt danych przez użytkownika w dowolnej chwili, zmiana granicy alarmu, zmiana częstości pomiarów,

- możliwość informowania użytkownika o przekroczeniu wartości granicznej, stanie baterii poprzez wysłanie do niego sms-a,
- stworzenie bazy danych użytkowników systemu z różnymi uprawnieniami (user, admin),
- możliwość zmniejszenia rozmiarów czujnika pomiarowego jak i jego energooszczędności,
- możliwość dołączenia do całego systemu innych czujników, takich jak czujnik dymu, gazu, wilgotności, temperatury itp.,