

Wojciech Kreft*, Mariusz Filipowicz**, Andrzej Raźniak**

Architektura i analiza pomiarów węzłów ciepłowniczych na przykładzie Miasteczka Studenckiego AGH

1. Wprowadzenie

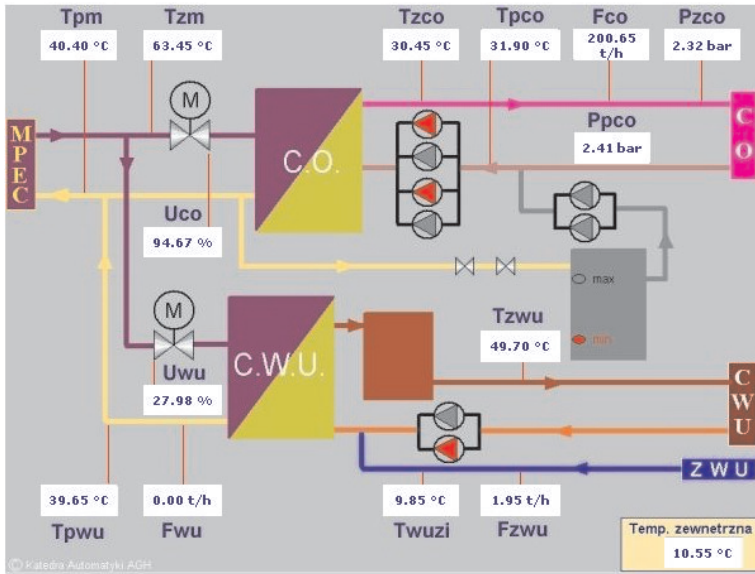
Celem tej pracy jest pokazanie działania systemu ciepłowniczego, zaprezentowanie stanu urządzeń automatyki oraz przeanalizowanie danych pomiarowych zebranych w węzłach ciepłowniczych. Węzeł ciepłowniczy jest to zestaw instalacji i urządzeń służących do zapewnienia właściwych dostaw ciepła do budynku. Standardem jest, że struktura ta składa się z dwóch niejako odrębnych układów: centralnego ogrzewania (CO) i ciepłej wody użytkowej (CWU). Przykładem wizualizacji tych układów jest ekran synoptyczny zrealizowany w środowisku iFix Intellution, przeznaczonym do monitorowania pracy węzła ciepłowniczego AGH (rys. 1).

Układ CO służy do zaopatrywania grzejników w ciepłą wodę, natomiast układ CWU służy do zaopatrywania instalacji poboru wody także w ciepłą wodę. Zazwyczaj w budynkach w pomieszczeniach węzła ciepłowniczego znajdują się osobne wymienniki ciepła zarówno do CO jak i CWU (rys. 2), chociaż czasami bywa, że zestaw wymienników ciepła CO oraz CWU jest jeden na większy kompleks budynków (przykładem jest kompleks budynków AGH).

W latach 2005–2006 wykonano w ramach grantu uczelnianego zamawianego GUZ 21.10.210.91 inwentaryzację sprzętu automatyki w węzłach ciepłowniczych Miasteczka oraz pomiary wielkości fizycznych poszczególnych węzłów (temperatury, przepływy, moce). W każdym z badanych węzłów ciepłowniczych umieszczono przepływomierz ultradźwiękowy oraz czujniki termoparowe. W opisach poszczególnych węzłów ciepłowniczych przedstawiono parametry wymienników, schemat rozmieszczenia urządzeń pomiarowych, charakterystyki pomiarów oraz krótki opis.

* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, Katedra Automatyki, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

** AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Energetyki i Paliw, Katedra Zrównoważonego Rozwoju Energetycznego, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków



Rys. 1. Ekran synoptyczny głównego wymiennika ciepła kompleksu budynków AGH (z archiwum Katedry Automatyki AGH)



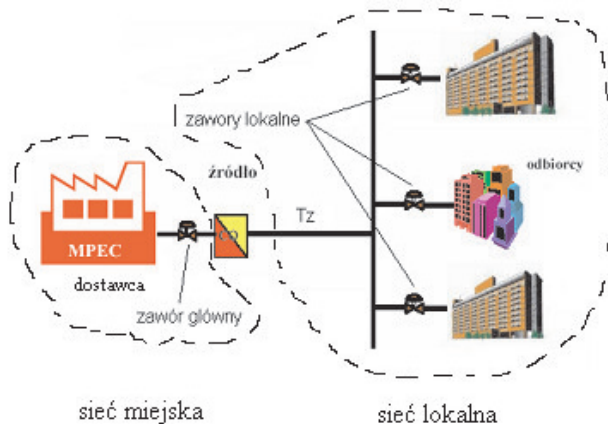
Rys. 2. Wymienniki CO i CWU wraz ze zbiornikiem ciepłej wody w węźle ciepłowniczym jednego z akademików Miasteczka Studenckiego AGH

2. Działanie systemu ciepłowniczego

System ciepłowniczy jest systemem złożonym. Jego celem jest dostarczanie takiej ilości energii cieplnej, aby warunki panujące w pomieszczeniach budynku były komfortowe.

Z drugiej jednak strony zadaniem tego systemu jest minimalizacja zużycia energii cieplnej, z czym się oczywiście wiąże oszczędności. System ciepłowniczy na ogół oprócz wymiennika ciepła CO składa się również z wymiennika ciepła CWU, którego zadaniem jest przekazywanie ciepła z miejskiej sieci MPEC do lokalnej sieci budynku, która służy do zaspokajania potrzeb użytkowników w ciepłą wodę użytkową. W przeciwieństwie do układu sterowania CO, w przypadku CWU sprawa jest prostsza, gdyż zadaniem jest utrzymywanie określonej temperatury ciepłej wody użytkowej niezależnie od temperatury zewnętrznej.

Poniżej przedstawiono przykład systemu ciepłowniczego budynków Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, gdzie z jednego wymiennika ciepła energia jest dostarczana do większości budynków uczelnianych [1, 3, 4] (rys. 3). Z hydraulicznego punktu widzenia taki system, oprócz wymiennika, składa się z serii zaworów. Może być modelowany jako szeregowe połączenie hydraulicznych rezystancji o zmiennych wartościach, ograniczających przepływy medium grzewczego. Zaworem głównym jest zawór regulacyjny znajdujący się po pierwotnej stronie wymiennika ciepła (sieć miejska MPEC). Regulacja nim powoduje zapewnienie określonej temperatury wewnętrznej w pomieszczeniach. Z kolei w części wtórnej wymiennika znajdują się zawory lokalne umieszczone na zasilaniu poszczególnych budynków. Ich celem jest realizacja obniżek temperaturowych w pomieszczeniach budynku, gdy nie przebywają w nich ludzie. Jest to realizowane przez zmniejszenie stopnia otwarcia zaworu, a co za tym idzie przepływu. To z kolei ma bezpośredni wpływ na zmniejszenie temperatury wewnętrznej.

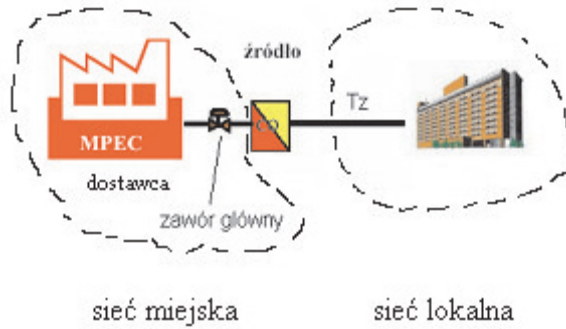


Rys. 3. Schemat dostarczania energii cieplnej do budynków kompleksu uczelnianego AGH

Z kolei rysunek 4 przedstawia schemat systemu ciepłowniczego dla budynku, który ma indywidualny wymiennik ciepła CO.

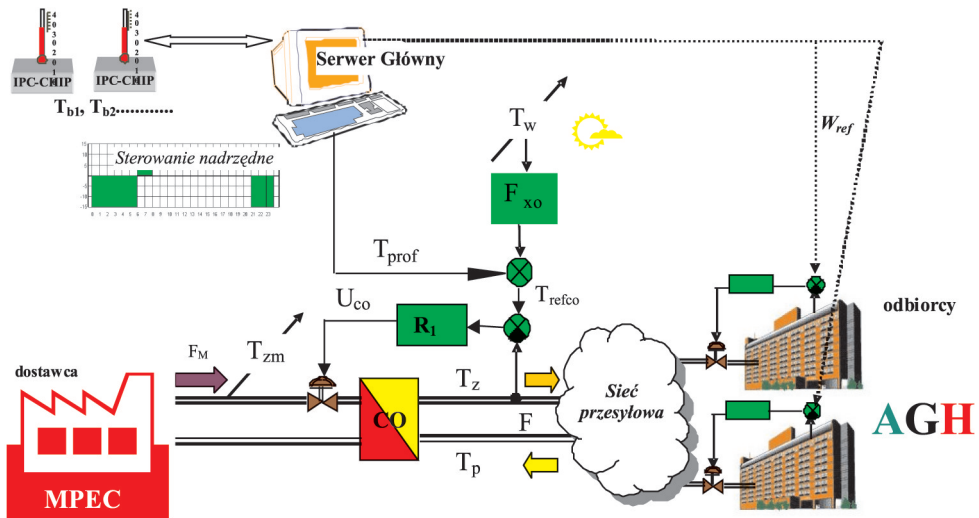
Taka sytuacja ma miejsce w przypadku akademików Miasteczka Studenckiego AGH. System wymienników CWU wygląda wtedy analogicznie jak wymienników CO.

W takim schemacie podstawowym sposobem regulacji energii dostarczanej do budynku jest manipulacja zaworem głównym. Nie ma tutaj zaworu lokalnego na wtórnej stronie wymiennika, gdyż przepływ po stronie wtórnej jest stały i wymuszany pompą cyrkulacyjną.



Rys. 4. Schemat dostarczania energii ciepłej do budynku Miasteczka Studentckiego AGH

3. Sterowanie nadrzędne



Rys. 5. Schemat układu regulacji T_z [11]

Moc pracy wymiennika CO musi uwzględniać zapotrzebowanie na energię budynków (budynku) do niego podłączonych, czyli zadawać określoną temperaturę zasilającą T_z . Jest to możliwe dzięki temu, że T_z jest osiągnięta przez układ sterowania nadrzędnego, natomiast przepływ po wtórnej stronie wymiennika jest stały i jest wymuszany poprzez pompę

cyrkulacyjną [10]. Głównym zatem sposobem zmiany ilości dostarczanej energii jest zmiana temperatury T_z .

Celem układu sterowania nadrzędnego jest zapewnienie określonej temperatury T_z na zasilaniu wtórnej strony wymiennika ciepła (rys. 5). Musi mieć ona taką wartość, aby zapewnić odpowiednią temperaturę wewnątrz budynku T_{pom} . Zazwyczaj jako komfortową temperaturę uważa się $T_{pom} = 20$ °C [5], jednak w celu oszczędności energii w godzinach nocnych i podczas świąt stosuje się obniżki temperatur o kilka stopni [7]. Tak więc aby uzyskać odpowiednią temperaturę T_{pom} , należy zadać odpowiednią wartość T_z . Wartość zadana T_z będzie więc uzależniona od wartości T_{pom} , jaką chcemy aby była, ale przede wszystkim od wartości temperatury zewnętrznej T_w [10].

Budynek można modelować w przybliżeniu jako jedno duże pomieszczenie z jednym grzejnikiem. Tak więc bilans cieplny składa się jedynie z mocy doprowadzającej z grzejnika oraz mocy traconej na zewnątrz przez ściany i okna [10]. Bilans taki dla stanu ustalonego jest następujący:

$$Fc_w(T_z - T_p) = (T_{pom} - T_w)K \quad (1)$$

gdzie:

- F – przepływ masowy wody przez budynek,
- c_w – ciepło właściwe wody,
- T_z – temperatura na wejściu budynku,
- T_p – temperatura na wyjściu budynku,
- T_{pom} – średnia temperatura pomieszczeń w budynku,
- T_w – temperatura na zewnątrz,
- K – średni współczynnik wymiany ciepła przez ścianę i okna przemnożony przez powierzchnię wymiany.

Współczynnik K można wyznaczyć ze wzoru (1), mierząc takie wartości jak T_z , T_p , T_{pom} , T_w oraz F . Z kolei temperatura T_p wynika też z pewnej prawidłowości fizycznej, a mianowicie z intensywności przekazu ciepła przez grzejniki do budynku. Intensywność ta może być modelowana za pomocą równań różniczkowych cząstkowych [8].

Wszystkie grzejniki w budynku można sprowadzić do jednej rury grzewczej o odpowiedniej długości l i określonej intensywności przekazu ciepła k . Wtedy temperatura powrotu wyrazi się następującym wzorem [10]:

$$T_p = (T_z - T_{pom})e^{-\frac{lk}{Fc_w}} + T_{pom} \quad (2)$$

gdzie:

- l – długość grzejnika,
- k – współczynnik intensywności wymiany ciepła dla grzejnika razy obwód wymiany.

Iloczyn lk można wyznaczyć ze wzoru (2) znając pozostałe wielkości. Oznaczmy pomocniczo iloczyn lk jako L .

Tak więc podstawiając wzór (2) do (1), otrzymujemy:

$$Fc_w(T_z - T_{pom}) \left[1 - e^{-\frac{L}{Fc_w}} \right] = (T_{pom} - T_w)K \quad (3)$$

Z tego wynika zależność na T_z w funkcji T_{pom} oraz T_w w stanie ustalonym:

$$T_z = T_{pom} + \frac{(T_{pom} - T_w)K}{Fc_w \left[1 - e^{-\frac{L}{Fc_w}} \right]} \quad (4)$$

Ostatnią zależność można traktować jako przepis na wartość zadaną T_z . Przyjmuje ona zatem postać typu:

$$T_z = T_{pom} + \alpha(T_{pom} - T_w) \quad (5)$$

Powyższa zależność definiuje wartość zadaną temperatury zasilania w zależności od zadanej wartości T_{pom} oraz temperatury zewnętrznej T_w . Wartość zadaną temperatury T_{pom} przyjmuje się zazwyczaj jako 20 °C, natomiast współczynnik α przyjmuje się jako pewną wartość stałą. Przykładowo dla instalacji ciepłej AGH wynosi ona 1,75. W praktyce jednak zależność (5) może przyjmować bardziej skomplikowaną funkcję, którą nazywa się krzywą grzewczą. Krzywe grzewcze są definiowane w sterownikach, które są specjalnie przeznaczone do sterowania systemami grzewczymi. Takie sterowniki występują również w węzłach ciepłowniczych Miasteczka Studenckiego AGH.

4. Inwentaryzacja sprzętu ciepłowniczego i automatyki

W ramach grantu uczelnianego zamawianego GUZ 21.10.210.91 pod koniec 2005 roku przeprowadzono inwentaryzację sprzętu w węzłach ciepłowniczych akademików Miasteczka Studenckiego AGH. Celem jej było stwierdzenie aktualnego stanu funkcjonowania urządzeń ciepłowniczych, ze szczególnym uwzględnieniem urządzeń automatyki. Inwentaryzacja została przeprowadzona we wszystkich akademikach Miasteczka i wykazała dużą różnorodność aparatury automatyki (sterowników) oraz trybów jej konfiguracji. Wyniki inwentaryzacji podaje tabela 1 [6].

Tabela 1
Inwentaryzacja węzłów ciepłowniczych i automatyki

	DS-1	DS-2	DS-3	DS-4	DS-5	DS-6	DS-7	DS-8	DS-10	DS-11	DS-12	DS-13	DS-14	DS-15	DS-16	DS-17	DS-1
Tab-liczka Węzła	TAK	NIE	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK
Schemat Instalacji	TAK	NIE	TAK	NIE	TAK	NIE	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE	NIE	NIE	TAK	TAK	TAK	NIE
Liczba pomieszczeń	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2
Zawory regulacyjne	ZMCO ZMCO ZMCO	ZMCO ZMCO	ZMCO ZMCO ZMCO	ZMCO	ZMCO ZMCO	PMCO ZMCO PBCO	ZMCO ZMCO	ZMCO ZMCO	ZMCO	ZMCO ZMCO	ZMCO	ZMCO ZMCO	ZMCO PMCW1 PMCW2	ZMCO PMCW1 PMCW2	ZMCO ZMCO	ZMCO ZMCO	ZMCO PMCW PMCW
Typ sterownika	ECL 5000	ECL 2000	TAC XENTA 451 TA XENTA 301	ECL 9600	ECL 9600	TA 2242	TA 2242	TA 2242	R 303-1 ???	ECL 9600	R 303-1 ???	ECL 300 C-47	TA 6751 TA 6751	ECL 9300	TA 2242	R 303-1 ???	TA 6751 TA 6751
Tyb pracy sterownika	Ręka	Goto-wość	???	Słońce	Słońce	Słońce	Zegar	Zegar	???	Słońce	???	Słońce	???	Słońce	Zegar	???	???
MOC C.O. [kW]	434,3	517,2	667	206,3	167,4	162,9	196	156,7	164,7	228,4	216	194,5	518,8	190,4	208,1	243,6	861
MOC C.W.U. [kW]	183,7	184	341	78	76,7	78,5	78,5	78,5	76,7	76	77	77	341	77	77	77	160,4

Legenda:

Z – zasilanie, P – powrót, M – obieg sieci miejskiej, B – obieg sieci budynku, CO – obieg CO, CW – obieg CWU
CW1, CW2 – dwa obiegi CWU, || – dwa ostatnie zawory połączone równolegle, ??? – brak pewności

4.1. Oznaczenia trybów pracy sterowników

Działanie ręczne (ręka). Używać tylko podczas konserwacji i serwisu.

Uwaga! Ochrona systemu przed zamarzaniem jest wyłączona w tym trybie działania.

Działanie automatyczne (symbol zegara). Jest to normalny tryb pracy. Temperatura jest regulowana według wprowadzonego harmonogramu dziennego, z automatycznym przełączaniem na okresy temperatur komfortu lub zredukowanej.

Stała temperatura komfortu (symbol słońca). Nie ma oddziaływania harmonogramu dziennego. Stosować, gdy wymagany jest wydłużony okres komfortu, np. przy całonocnym przyjęciu.

Stale zredukowana temperatura (symbol księżycy). Harmonogram dzienny nie jest wykorzystany. Stosowany jest ten tryb działania przy opuszczaniu miejsca zamieszkania np. urlop.

Gotowość (symbol gotowości). Ogrzewanie jest wyłączone, ale sterowanie układu ciepłej wody jest aktywne. Działa ochrona przed zamarzaniem.

4.2. Opis sterowników

ECL 2000

Regulator ten jest cyfrowym kompensatorem pogodowym wyposażonym w wyświetlacz i najnowocześniejsze możliwości komunikacyjne. Komunikuje się przez sieć LONWorks z serwerem sterującym. Regulator ten może być użyty do sterowania dwóch obiegów CO oraz jednego obiegu CWU. Oprócz pomiarów wielkości związanych z instalacją, wykorzystuje on także pomiar temperatury zewnętrznej. Steruje on zaworem regulacyjnym.

ECL 5000

Regulator nowej generacji, swobodnie programowalny o wielu rozbudowanych funkcjach regulacyjnych przydatnych w bardziej skomplikowanych i nietypowych instalacjach ciepłowniczych. Modułowa budowa i elastyczne oprogramowanie umożliwi dopasowanie go do wymogów praktycznie każdej instalacji. Dlatego ze względu na swoją uniwersalność dobierany jest i konfigurowany indywidualnie. Pozwala na regulację do trzech obiegów (np. CO i 2 CWU). Może komunikować się z otoczeniem przez sieć LonWorks, Modbus, profibus lub M-BUS.

ECL 9300

Regulator pogodowy firmy Danfoss. Pobiera on informację o pięciu temperaturach (zasilanie i powrót sieci miejskiej, zasilanie budynku CO i CWU oraz temperatura zewnętrzna) oraz realizuje odpowiednie przepływy na stronach pierwotnych obu wymienników. Przepływy te są realizowane za pomocą zaworów regulacyjnych. Obecnie jednak regulator pogodowy ECL 9300 można zastąpić nowocześniejszym regulatorem ECL Comfort 200 z kartą P30.

ECL 9600

Regulator pogodowy firmy Danfoss. Pobiera on informację o pięciu temperaturach (zasilanie i powrót sieci miejskiej, zasilanie budynku CO i CWU oraz temperatura zewnętrzna) oraz realizuje odpowiednie przepływy na stronach pierwotnych obu wymienników za pomocą zaworów regulacyjnych. Obecnie jednak regulator pogodowy ECL 9600 można zastąpić nowocześniejszym regulatorem ECL Comfort 300 z kartą C60 lub C66.

TA 2242

Regulator dwufunkcyjny, przeznaczony do pracy w miejskich i lokalnych systemach grzewczych. Temperatura wody CO jest regulowana od temperatur: zewnętrznej, wg krzywej grzewczej oraz w pomieszczeniu. Temperatura CWU – przez regulator stałowartościowy. Seria regulatorów TA i TAC produkowana jest przez firmę Schneider Electric.

TA 6751

Jest jednostką do zdalnej komunikacji. Obecnie ten produkt nie figuruje już w katalogach, tak więc trudno znaleźć jakieś szczegółowe informacje na ten temat.

TAC XENTA 451

Moduły z wejściami i wyjściami analogowymi. Są wykorzystywane jako rozszerzenia sterowników TAC XENTA. Moduły te posiadają cztery uniwersalne wejścia, cztery termistorowe wejścia i dwa analogowe wyjścia. Wejścia mogą także być użyte jako cyfrowe. Moduł komunikuje się z otoczeniem przez sieć LONWorks.

TA XENTA 301

Swobodnie programowalny sterownik, zaprojektowany dla małych i średnich rozmiarów systemów grzewczych oraz wentylacyjnych. Jest prosty w programowaniu i implementacji oprogramowania. Programuje się go przy użyciu specjalnego narzędzia graficznego TAC Menta. Sterowniki te mogą pracować w większej grupie połączone siecią LonWorks. Ma on wyjścia komunikacyjne, takie jak RS232 oraz RJ45.

ECL 300 C-47

Regulator nowej generacji, może sterować dwoma obiegami grzewczymi. Programowalny jest przy użyciu karty C-47. Wymiana karty zmienia sposób działania regulatora. Regulatory te posiadają możliwość transmisji danych.

R 303-1

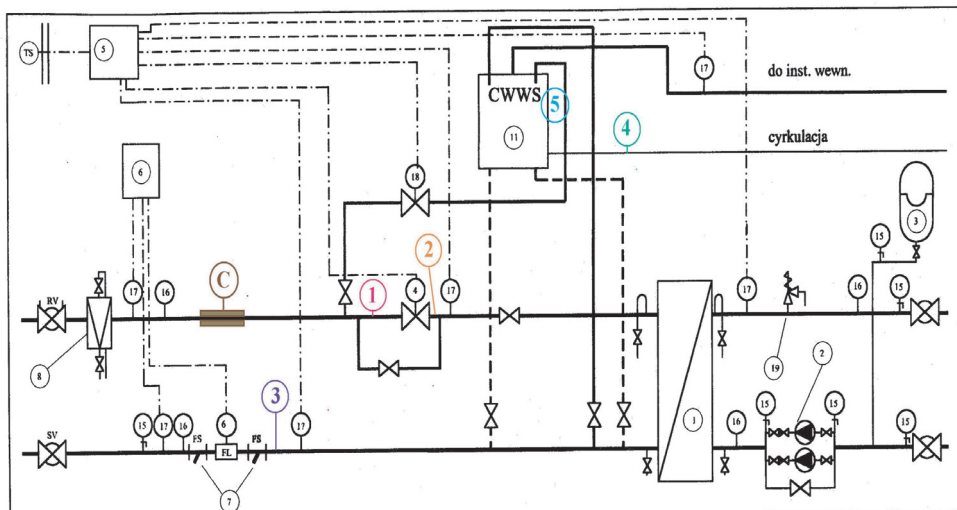
Brak danych na jego temat.

Oznaczenia trybów pracy i opisy sterowników pochodzą z ich dokumentacji.

5. Przykład badania pracy urządzeń automatyki węzła ciepłego

W ramach projektu GUZ 21.10.210.91, po inwentaryzacji sprzętu przeprowadzono pomiary w wybranych wymiennikowniach. Przebadano wówczas pod tym kątem siedem

wybranych akademików. Szczegółowo zostaną zaprezentowane wyniki jednego z nich, DS – Bonus. Zaprezentowany okres pomiarowy mieścił się w przedziale od 18.01.2006 9:00 do 20.01.2006 9:00. Stosowano zewnętrzne urządzenia pomiarowe umożliwiające rejestrację danych. Na rysunku 6 pokazano schemat rozmieszczenia urządzeń pomiarowych na schemacie węzła ciepłowniczego akademika DS – Bonus. Z kolei na rysunku 7 pokazany jest przebieg danych pomiarowych z wybranego akademika, DS – Bonus.



Rys. 6. Schemat węzła DS – Bonus z zaznaczeniem miejsc pomiarowych.

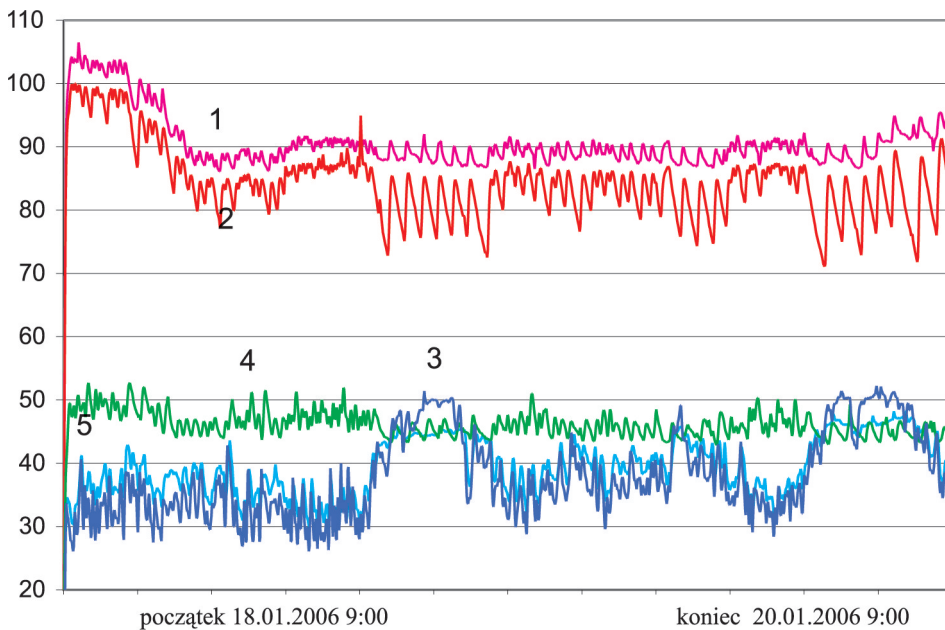
1 – zasilanie przed zaworem regulacyjnym, 2 – zasilanie za zaworem regulacyjnym, 3 – powrót, przed licznikiem przepływu, 4 – cyrkulacja C.W,U, 5 – połączenie wewnętrzne wymiennika. Przepływomierz ultradźwiękowy „Controlotron” zamocowany jest w miejscu oznaczonym C

Pomiary temperatur dokonano 8-kanalowym rejestratorem temperatury FDL8 firmy Inteco. Dokładność urządzenia podawana przez producenta wynosi $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ [9]. Temperatury te mierzone były co dwie minuty.

Analizując pomiary temperatur przed zaworem regulacyjnym i za nim, można zaobserwować, że charakter tej drugiej jest bardzo podobny do pierwszej, ale jest on zdecydowanie bardziej zakłócony. Wynika to prawdopodobnie z tego, że sam zawór, jako element mechaniczny stanowi źródło zakłócenia temperatury. Dodatkowo zawór był elementem nie izolowanym cieplnie, w przeciwieństwie do otaczających go rur. Może zatem tracić pewną ilość ciepła, co tłumaczyłoby dlaczego temperatura za nim jest niższa niż przed nim.

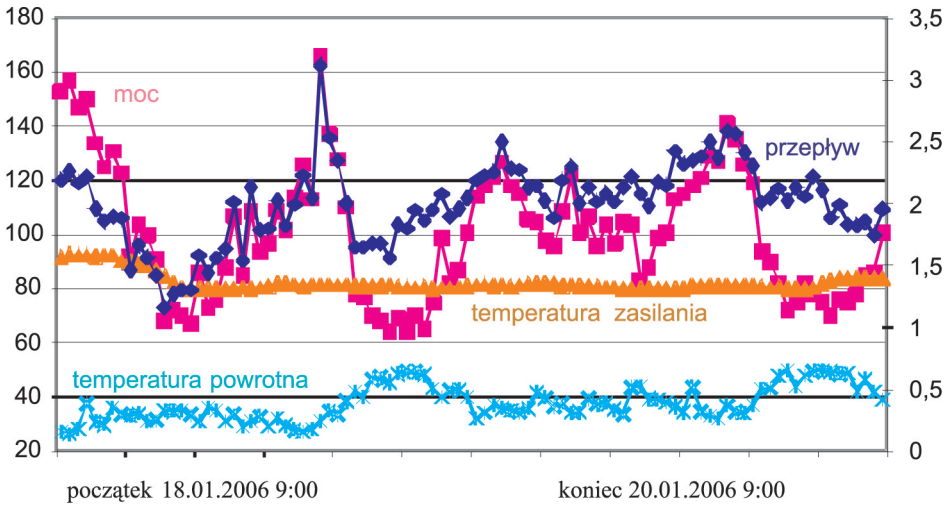
Zakłócenia przebiegu obu temperatur wyraźnie wskazują oscylacyjne działanie zaworu regulacyjnego. Warto również zwrócić uwagę na fakt, że temperatura nr 3, czyli temperatura powrotna popołudniami osiąga wartości maksymalne. Oznacza to, że wówczas różnica pomiędzy temperaturami zasilającą i powrotną maleje, czyli pobór ciepła przez budynek również maleje. Jest to jak najbardziej prawidłowa rzecz, gdyż o tej porze zazwyczaj tem-

peratura zewnętrzna jest w ciągu doby maksymalna, a zatem moc pobierana przez budynek minimalna. Z kolei temperatura nr 4 jest temperaturą powrotną obiegu CWU (cyrkulacja) i pomijając drobne zakłócenia, przyjmuje ona stałą wartość. Dzieje się tak, gdyż temperatura ciepłej wody użytkowej z założenia powinna być stała, niezależna od temperatury zewnętrznej.



Rys. 7. Przebieg temperatur z rejestratora FDL8 z akademika DS – Bonus. Na pionowej osi z lewej strony temperatury podano w °C. Na poziomej osi podany jest czas pomiarów. Cyfry przy wykresach odpowiadają cyfrom z rysunku 6

Rysunek 8 przedstawia dane zmierzone przy pomocy wielofunkcyjnego miernika firmy Controlotron. Widać wyraźną korelację między przepływem a mocą. Wynika z tego, że sterowanie mocą zachodzi w głównej mierze przez sterowanie przepływem. Z kolei daje się zaobserwować prawidłowość, że gdy rośnie temperatura powrotna, to maleje moc. Warto również zwrócić uwagę, że temperatura zasilania przez większą część okresu właściwie w ogóle się nie zmienia. Jest to spowodowane tym, że jest to temperatura, która jest zadawana bezpośrednio z sieci miejskiej. Zmienia się tylko nieznacznie pod wpływem znacznej zmiany temperatury zewnętrznej. Z kolei od wczesnych godzin porannych obserwuje się spadek temperatury powrotnej. Można to wytłumaczyć zwiększonym poborem mocy wymiennika CWU. Wcześniej rano w tym samym czasie większość mieszkańców bierze prysznic, w związku z tym, następuje duży pobór ciepłej wody użytkowej. Na to miejsce obieg cyrkulacji jest uzupełniany świeżą zimną wodą, która przechodząc przez wymiennik ciepła CWU pobiera znacznie większą moc niż ciepła woda.



Rys. 8. Dane z wielofunkcyjnego miernika „Controlotron”. Na pionowej osi z lewej strony temperatury odczytywać należy w °C, natomiast moc w kW. Przepływ należy odczytywać z prawej strony w m³/h. Na poziomej osi podany jest czas pomiarów

Urządzenie pomiarowe firmy Controlotron, za pomocą którego zebrano dane zamieszczone na ostatnim rysunku, jest wielofunkcyjnym miernikiem, którego najważniejszą funkcją jest ultradźwiękowy pomiar przepływu. Wykonuje się go na jeden z dwóch sposobów. Sondy ultradźwiękowe można umieścić po przeciwnych stronach rury (tryb „direct”) albo po jednej stronie rury (tryb „reflect”). W trybie „direct” ultradźwięki przechodzą na wskroś rury z urządzenia emitującego do rejestrującego, natomiast w trybie „reflect” ultradźwięki przechodzą przez rurę, a następnie odbijając się od brzegu, wracają na tę samą stronę [2]. Pomiar wykonany był w trybie konfiguracji „direct”. Dokładność pomiaru przepływu jest w dużej mierze uzależniona od przenikalności ultradźwięków przez materiał badany, natomiast przedstawione pomiary przepływu mają dokładność około 1 litra na godzinę. Dane były rejestrowane z okresem 30 minut.

6. Podsumowanie

Z przebadanych danych pomiarowych wynika, że w domach studenckich Miasteczka Studenckiego AGH działa regulacja automatyczna. Można by odnieść większe oszczędności, gdyby korzystnie dobrać krzywe grzewcze i je realizować. Takie możliwości ma większość regulatorów pogodowych zainstalowanych w węzłach ciepłowniczych MS AGH. Kolejnym krokiem w poszukiwaniu oszczędności na ogrzewaniu jest ocieplenie budynków, co zresztą od czasu prowadzenia inwentaryzacji i pomiarów już zrealizowano. Można wreszcie pomyśleć o zainstalowaniu struktury teleinformatycznej, umożliwiającej ciągły

monitoring oraz możliwość kompleksowego sterowania nadrzędnego obejmującego wszystkie akademiki lub przynajmniej cały ciąg budynków. Przykładowo, jeśli chodzi o strukturę teleinformatyczną to w 2000 roku zainstalowano ją na terenie kompleksu budynków AGH. Okazało się wówczas, że już w sezonie grzewczym 2000/2001 koszty projektu zostały zwrócone pod postacią mniejszych opłat za energię ciepłą, czyli mniej więcej po roku. Również w przypadku kompleksu budynków Miasteczka można odnieść wymierne oszczędności finansowe związane ze zużyciem energii cieplnej.

Praca powstała dzięki grantowi uczelnianemu zamawianemu GUZ 21.10.210.91, którego kierownikiem był drugi autor.

Literatura

- [1] Bania P., Grega W., *Nonlinear Model Predictive Controller for Heating System*. 10th IEEE International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics, Międzyzdroje, Poland, 2004, 511–516.
- [2] Controlotron, *System 990E Uniflow*. Dokumentacja techniczna miernika, New York, 1994.
- [3] Grega W., *Współczesne metody automatyki w sterowaniu i monitorowaniu systemów energetycznych*. Energetyka Ciepła i Zawodowa, nr 1, 2002, 31–35.
- [4] Grega W., Kołek K., *Sterowanie nadrzędne węzłem ciepłym*. Pomiary, Automatyka, Robotyka, vol. 5, nr 7, 2001, 18–24.
- [5] Grega W., Kołek K., Bania P., *Optymalne sterowanie węzłem ciepłowniczym*. XIV KKA, Zielona Góra 24–27 czerwca 2002.
- [6] Grega W., Kreft W., Obłąkowska D., Raźniak A., Filipowicz M., *Monitorowanie węzłów ciepłowniczych na przykładzie AGH*. Rynek Instalacyjny 9, 2007, 78–85.
- [7] Grega W., Zygmunt H., Kołek K., Bania P., Kwasnowski P., *Monitorowanie i optymalizacji zużycia energii cieplnej w AGH*. Sprawozdanie z uczelnianego grantu badawczego AGH, 2002.
- [8] Incropera F.P., Witt D.P., *Fundamentals of heat and mass transfer*. John Wiley & Sons, New York, 1990.
- [9] Inteco, *Rejestrator Temperatury FDL8*. Instrukcja obsługi, Kraków, 2005.
- [10] Kreft W., *Model zużycia energii cieplnej przez budynek dla różnych strategii sterowania*. Automatyka (półrocznik AGH), t. 9, z. 3, 2005.
- [11] Kreft W., *Hierarchiczne i rozproszone sterowanie dystrybucją energii cieplnej*. Pomiary Automatyka Robotyka, 9, 2010, 61–67.