

Analiza przyczyn niezadawalającego schładzania wody sieciowej powrotnej w węzłach cieplnych

Analysis of the causes of unsatisfactory cooling of return network water in heating substations

RAZUMKOVA KATSIARYNA, SMYK ADAM, LASKOWSKI RAFAŁ

DOI 10.36119/15.2019.11.1

W artykule przedstawiono przyczyny niezadawalającego schładzania wody sieciowej w niektórych węzłach cieplnych. Analizę przeprowadzono na podstawie danych pomiarowych obecnie realizowanych w węzłach. Wskazano dodatkowe parametry, których pomiar umożliwiłby pełną diagnostykę przyczyn zawyżania temperatury wody sieciowej powrotnej.

Słowa kluczowe: system ciepłowniczy, węzeł cieplny, parametry wody sieciowej.

The article presents the reasons for unsatisfactory cooling of network water in some heating substations. The analysis was based on measurement data currently being carried out at the heating substations. Additional parameters have been indicated, the measurement of which would enable full diagnostics of the reasons for the temperature increase in DH network return water.

Keywords: district heating system, heating substation, DH network water parameters.

Wstęp – rola węzłów cieplnych w systemie ciepłowniczym

System ciepłowniczy tworzą źródła ciepła, sieć ciepłownicza, przepompownie sieciowe, węzły cieplne i odbiorcy. Są to współpracujące ze sobą maszyny, urządzenia i instalacje służące do wytwarzania, przesyłania i odbioru ciepła. Wytwarzanie odbywa się najczęściej przez spalanie węgla, gazu, oleju lub biomasy. W dużych i średnich systemach ciepłowniczych produkcja ciepła odbywa się często w kogeneracji, czyli jednocześnie z produkcją energii elektrycznej, co pozwala zmniejszyć zużycie paliwa i emisję substancji szkodliwych a w tym dwutlenku węgla.

Ze źródła ciepło przekazywane jest w formie gorącej wody o odpowiedniej temperaturze do sieci ciepłowniczej, a następnie do węzłów cieplnych w budynkach będących odbiorcami ciepła na potrzeby centralnego ogrzewania (co), technologii (ct) oraz ciepłej wody (cw). Wzorcowe wartości temperatury zasilania i powrotu wody sieciowej w systemie ciepłowniczym w sezonie ogrzewniczym określa t.zw. wykres regulacyjny lub tabe-

la regulacyjna. Zgodnie ze standardami jakościowymi możliwe są odchylenia od wartości temperatury wody z wykresu regulacyjnego o kilka % lub kilka stopni Celsjusza [10],[11]. Istotną cechą nowoczesnych systemów ciepłowniczych czwartej (4DH) i piątej generacji (5DH) jest znaczące obniżenie temperatury wody sieciowej zasilającej oraz uzyskiwanie możliwie maksymalnego schładzania wody powrotnej [7]. Obniżenie temperatury prowadzi bowiem do zmniejszenia strat przesyłania ciepła w sieciach i zwiększenia efektywności kogeneracji w źródłach ciepła [4], [5], [6], [8], [10]. Za schładzanie wody sieciowej (zasilanie > powrót) odpowiadają węzły cieplne i współpracujące z nimi instalacje odbiorcze w budynkach. Niedostateczne schładzanie wody sieciowej powrotnej jest zjawiskiem niekorzystnym, gdyż prowadzi do wzrostu strat przesyłania ciepła i pogorszenia warunków pracy bloków ciepłowniczych kogeneracyjnych.

W Warszawie system ciepłowniczy (WSC) jest jednym z największych w Europie. Efektywne prowadzenie WSC jest bardzo istotne ze względów ekonomicznych oraz ochrony środowiska. WSC jest zasilany gorącą wodą, zwaną wodą sie-

ciową. Sieci o długości blisko 1800 km, którymi dostarczane jest ciepło do ok.19 000 obiektów na terenie Warszawy, pokrywają 80% potrzeb stolicy. Sieć składa się w 18% z rurociągów magistralnych, w 40% z rurociągów rozdzielczych i w 42% z przyłączy. Moc zamawiana w źródłach to ok. 3 600 MW, a przesył ciepła rocznie za pośrednictwem sieci ciepłowniczej wynosi ok. 10 TWh. Straty w sieci i węzłach cieplnych, zależne od warunków klimatycznych w danym roku, stanowią 10-12%. Warszawski system ciepłowniczy jest zasilany z czterech źródeł: EC Siekierki, EC Żerań, Ciepłowni Kawęczyn i Ciepłowni Wola, należących do PGNiG TERMIKA oraz małej EC (10 MWq) w ZUO-ZUSOK. Warszawska sieć ciepłownicza ma strukturę rozgałęziono-pięścieniową. Atutem takiej struktury jest to, że każdy obszar może być zasilany z dwóch kierunków, a w razie awarii jednego z nich, obszar jest zasilany z innego źródła, co znacznie zwiększa pewność zasilania wszystkich odbiorców.

Ważnym ogniwem systemu ciepłowniczego są węzły cieplne (WC), czyli obiekty stanowiące połączenie sieci ciepłowniczej z instalacją w budynku. W węzłach ciepło

Inż. Katsiaryna Razumkova – Veolia Energia Warszawa S.A,

dr hab.inż. Rafał Laskowski ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-0248-7866>, dr inż. Adam Smyk ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-9514-7907> – Politechnika Warszawska, Instytut Techniki Ciepłej, corresponding author: adam.smyk@itc.pw.edu.pl

może być transformowane do odpowiednich parametrów na potrzeby ogrzewania (instalacja c.o.), ciepłej wody (instalacja c.w.), wody/pary technologicznej (instalacja c.t.). W węzle są zgrupowane urządzenia przekazujące ciepło do instalacji c.o., c.w. i c.t. oraz urządzenia kontroli i pomiaru parametrów nośnika ciepła. W Warszawie jest około 17 000 węzłów, z których 98% to węzły indywidualne. Ze względu na to, że węzły indywidualne mają większą efektywność energetyczną, węzły grupowe są w trakcie likwidacji.

Wyposażenie węzłów ciepłych zależy od typu i mocy węzła. Jednak są urządzenia występujące we wszystkich węzłach, w tym: wymienniki ciepła, zawory regulacyjne, elektroniczne regulatory pogodowe, pompy obiegowe, liczniki ciepła, odmulacze i filtry. Każdy węzeł wyposażony jest w licznik ciepła oraz automatykę pogodową. Automatyka pogodowa steruje dopływem ciepła, wykorzystując czujniki temperatury powietrza zewnętrznego i wody w instalacjach wewnętrznych. Gdy temperatura powietrza spada poniżej granicznej, instalacja centralnego ogrzewania automatycznie włącza się i uruchamia dostawę ciepła do budynku. Gdy temperatura powietrza wzrasta, automatyka wyłącza dostawę ciepła do instalacji centralnego ogrzewania.

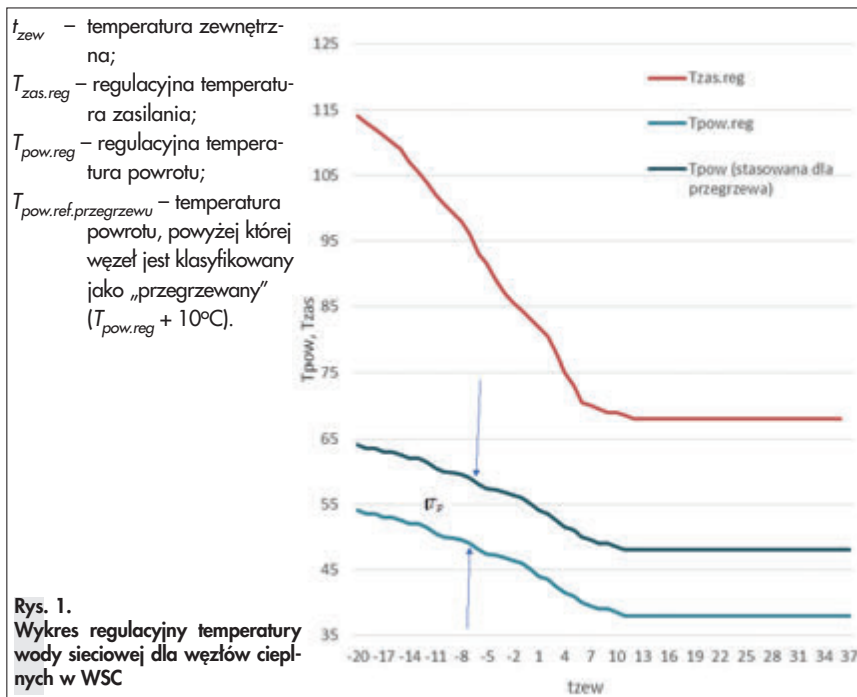
Każdy węzeł ciepły ma czujniki temperatury wody zasilającej i powrotnej, co umożliwia zapisywanie danych do bazy danych i pozwala na analizę poprawności pracy poszczególnych węzłów.

Węzły ciepła pełnią następujące, zasadnicze, funkcje:

- dostarczanie ciepła z systemu do instalacji odbiorców,
- kontrola i regulacja parametrów, takich jak: temperatura, ciśnienie i przepływ nośnika ciepła do instalacji c.o., c.w., c.t.,
- kontrola natężenia przepływu nośnika ciepła i dostosowanie ilości przekazywanego ciepła do potrzeb instalacji odbierającej,
- pomiar ilości przekazanego ciepła.

W około 3-4% węzłów ciepłowniczych w warszawskim systemie ciepłowniczym schłodzenie wody sieciowej powrotnej w węzłach ciepłych jest niezadowolające (woda powrotna ma zbyt wysoką temperaturę). Potocznie zjawisko to określane jest jako „przegrzewanie” węzłów ciepłych. Ze względu na jego niekorzystne oddziaływanie na system ciepłowniczy, prowadzone są prace nad jego ograniczeniem i eliminowaniem.

„Przegrzew” występuje, kiedy temperatura wody powrotnej nie spełnia wymagań, czyli jest znacznie większa od warto-



ści, wynikającej z tabeli regulacyjnej. Mogą być stosowane różne kryteria oceny stopnia przegrzewu wody powrotnej. Np. w firmie Veolia Energia Warszawa S.A., żeby oznaczyć węzeł ciepły jako „przegrzewany” różnica średniej temperatury wody powrotnej i temperatury regulacyjnej (rys.1) powinna być większa, niż 10K

$$\Delta T_p = T_{pow} - T_{pow.reg} > 10K \quad (1)$$

a analiza przyczyn niedostatecznego schładzania wody sieciowej ogranicza się do węzłów o mocy średniej w analizowanym okresie, przekraczającej 50 kW.

Przyczyny niedostatecznego schładzania wody sieciowej w węzłach ciepłych

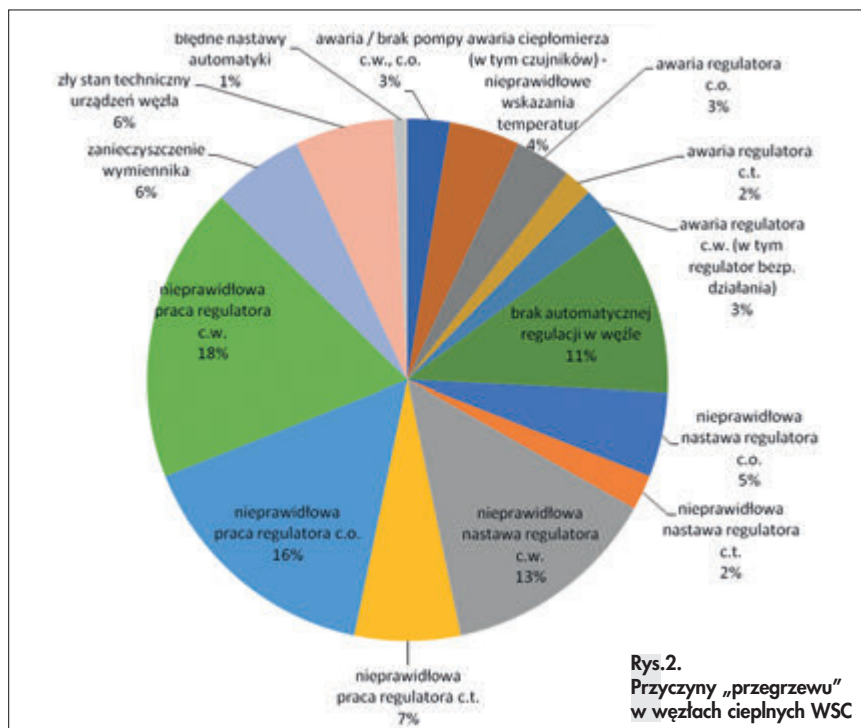
W wyniku wykonanych w pracy [1] analiz wyodrębniono 15 szczególnych przyczyn niedostatecznego schładzania wody sieciowej w węzłach ciepłych (rys.2):

1. awaria pompy c.w., c.o.;
2. awaria ciepłomierza (w tym czujników temperatury) – nieprawidłowe wskazania wartości temperatury;
3. awaria regulatora c.o.;
4. awaria regulatora c.t.;
5. awaria regulatora c.w. (w tym regulatora bezpośredniego działania);
6. brak automatycznej regulacji w węzle;
7. nieprawidłowa nastawa regulatora c.o.;
8. nieprawidłowa nastawa regulatora c.t.;
9. nieprawidłowa nastawa regulatora c.w.;
10. nieprawidłowa praca regulatora c.t.;

11. nieprawidłowa praca regulatora c.o.;
12. nieprawidłowa praca regulatora c.w.;
13. zanieczyszczenie wymiennika – powodem jest zanieczyszczona woda w instalacji odbiorcy, co powoduje nieprawidłowe przekazywanie ciepła pomiędzy czynnikiem ciepła o podwyższonych parametrach, czyli parametrach sieciowych a wodą instalacyjną o niższych parametrach;
14. zły stan techniczny urządzeń węzła – m.in. urządzenia zamontowane w węzle są starej generacji, zamulone regulatory bezpośredniego działania zacinają się i nie można zmieniać nastaw, korozja, brak izolacji;
15. błędne nastawy automatyki.

Analiza on-line przyczyn niedostatecznego schładzania wody sieciowej w węzłach spowoduje skrócenie czasu usunięcia awarii i poprawi efektywność pracy monterów i automatyków. Obecnie przyczynę niedostatecznego schładzania wody określa się po interwencji – wizycie w węzle. Jeśli z wykresów sporządzanych dla większości węzłów widać, że temperatura wody powrotnej jest zawyżona, monter udaje się do węzła by określić tego przyczynę. Analiza on-line, prowadzona z pomocą odpowiedniego algorytmu, pozwoli personelowi technicznemu określić możliwą przyczynę niesprawności w węzle ciepłym oraz przygotować się przed wyjazdem na obiekt do jej usunięcia, co skróci czas naprawy.

Po analizie informacji o przyczynach przeegrzewów zaobserwowanych w ok. 200 różnych węzłach w roku 2018 (rys.2) można zauważyć, że najczęściej występu-



Rys.2. Przyczyny „przegrzewu” w węzłach ciepłych WSC

ją trzy przyczyny:

1. Nieprawidłowa praca regulatora c.w. – 18%;
2. Nieprawidłowa praca regulatora c.o. – 16%.
3. Nieprawidłowa nastawa regulatora c.w – 13%.

Ze względu na brak niezbędnych informacji (pomiaru temperatury wody w instalacji c.o., pomiaru temperatury wody w instalacji c.w., pomiaru ciśnienia) obecnie nie jest możliwa pełna identyfikacja przyczyn „przegrzewu” wody sieciowej. Dlatego znaczną część pracy [1] poświęcono analizie przyczyn połączonych w podgrupach. Ta część analizy nie jest szczegółowo omawiana w artykule, gdyż stanowiła etap pośredni w dochodzeniu do celu jakim jest pełna identyfikacja przyczyn, możliwa po uzupełnieniu wymaganych pomiarów.

Wskaźniki „przegrzewu”

Na podstawie analizy temperatury z wykresów regulacyjnych stosowanych do oceny poprawności pracy węzłów ciepłych, zostały zdefiniowane dwa wskaźniki niedostatecznego schładzania wody sieciowej powrotnej („przegrzewu”).

δt_p – wskaźnik jednomiarowy „przegrzewu” – określony na podstawie wartości jedynie temperatury wody sieciowej powrotnej.

$$\delta t_p = \frac{\Delta T_{pow}}{T_{pow.reg}} = \frac{T_{pow} - T_{pow.reg}}{T_{pow.reg}} \quad (2)$$

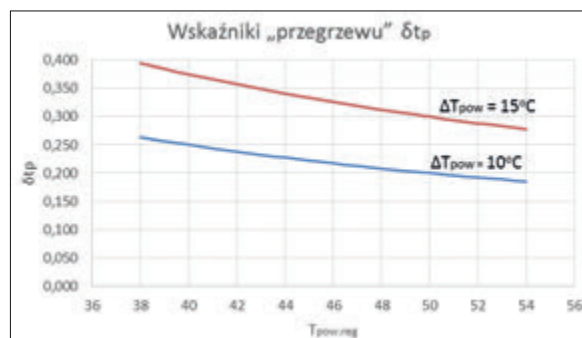
gdzie:

T_{pow} – temperatura rzeczywista wody sieciowej powrotnej w węźle ciepłym, °C;

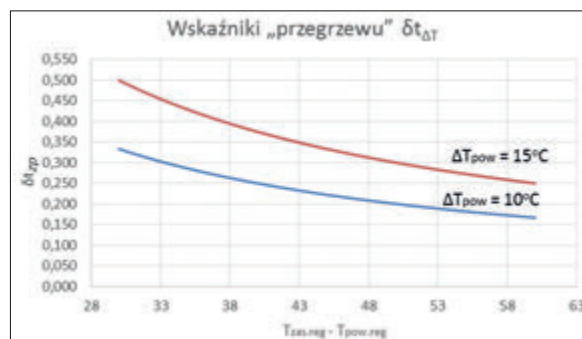
ΔT_{pow} – różnica temperatury wody sieciowej powrotnej rzeczywistej i temperatury wody sieciowej powrotnej z tabeli regulacyjnej, K.

Wskaźnik δt_p określa stopień zawyżenia temperatury powrotu (procentowo) odnośnie do „regulacyjnej” temperatury wody sieciowej powrotnej. Wskaźnik „przegrzewu” zdefiniowany wzorem 2 zależy nie tylko od ΔT_{pow} , ale także od

Rys.3. Wskaźnik przegrzewu δt_p w funkcji temperatury wody powrotnej regulacyjnej $T_{pow.reg}$ dla $\Delta T_{pow} = 10$ i 15K



Rys.4. Wskaźnik przegrzewu $\delta t_{\Delta T}$ w funkcji regulacyjnej różnicy temperatury wody na zasilaniu i powrocie $\Delta T_{reg} = T_{zas.reg} - T_{pow.reg}$ dla $\Delta T_{pow} = 10$ i 15K



wartości temperatury powrotu (dla danej temperatury zewnętrznej) wynikającej z wykresu regulacyjnego. Wykres wskaźnika δt_p od $T_{pow.reg}$ wg rys. 1 dla $\Delta T_{pow} = 10$ i 15K jest przedstawiony na rys.2. Z rys.2 wynika, iż wskaźnik δt_p w sposób bardziej obiektywny wyznacza skalę „przegrzewu” niż sama wartość ΔT_{pow} (wzór 1).

δt_{zp} – wskaźnik dwumiarowy „przegrzewu” – określony z uwzględnieniem różnicy temperatury wody sieciowej zasilającej powrotnej dla stanu regulacyjnego (ΔT_{reg}) i rzeczywistego (ΔT)

$$\delta t_{zp} = \frac{\Delta T_{reg} - \Delta T}{\Delta T_{reg}} \quad (3)$$

gdzie:

ΔT_{reg} – różnica temperatury wody zasilającej i powrotnej w węźle ciepłym z wykresu regulacyjnego, $\Delta T_{reg} = T_{zas.reg} - T_{pow.reg}$ K;

ΔT – rzeczywista różnica temperatury wody zasilającej i powrotnej w węźle ciepłym, $\Delta T = T_{zas} - T_{pow}$ K.

Uwzględniając wzory określające ΔT_{reg} i ΔT otrzymujemy:

$$\delta t_{zp} = \frac{(T_{zas.reg} - T_{pow.reg}) - (T_{zas} - T_{pow})}{T_{zas.reg} - T_{pow.reg}} = \frac{\Delta T_{reg} - \Delta T}{\Delta T_{reg}} \quad (4)$$

Należy zaznaczyć, że wartość ΔT_{reg} powinna być określona dla temperatury

zewnątrznej, dla której została wyznaczona ΔT_{pow} . Wykres wskaźnika δt_{zp} od ΔT_{reg} (wg wartości $T_{zas,reg}$, $T_{pow,reg}$ z rys.1) dla $\Delta T_{pow} = 10$ i $15K$ jest przedstawiony na rys.4. Wartości wskaźnika δt_{zp} są większe od wartości wskaźnika δt_p . Tym samym wskaźnik ten bardziej określa zjawisko „przegrzewu”, występujące w źle pracujących węzłach cieplnych.

Dane z systemu PI Data Link

PI System jest specjalnym systemem programistycznym bazodanowym, jaki gromadzi, analizuje, wizualizuje i przesyła dużą liczbę danych w formie szeregów czasowych z różnych źródeł i systemów. PI Datalink jest jednym z instrumentów PI System, który upraszcza dostęp do danych, ich wizualizacji oraz analizy, umożliwia ładowanie danych z serwera PI do arkusza Microsoft Excel w celu analizy wszystkich danych operacyjnych za pomocą zaawansowanych narzędzi MS-Excel.

Stworzony do analizy pracy węzłów program MS-Excel współpracujący z systemem PI Datalink (rys.5) pozwala odczytywać bieżące i archiwalne dane z pracy węzłów cieplnych, kalkulować średnie dane za wybrany okres – dzień, tydzień, miesiąc, rok oraz wizualizować te dane [1].

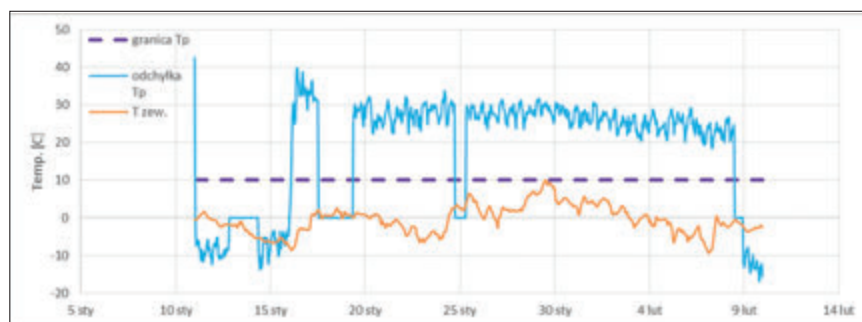
3. Temperatura wody sieciowej powrotnej.
4. Odchyłka rzeczywistej temperatury powrotu od regulacyjnej (rys.7).
5. Przepływ chwilowy wody sieciowej powrotnej.
6. Moc chwilowa WC.

Wykres „T zasilania” (rys.6) pokazuje jaka musi być temperatura wody sieciowej zasilającej w wybranym okresie w zależności od temperatury zewnętrznej i jaka jest w rzeczywistości temperatura zasilania. Z rys.6 widać, że od 16.01.2018 T_{zas} przekroczyła wartość $T_{zas,reg}$ i na stałe była zawyżona do 08.02.2018. Wartości $T_{zas} \approx 0^\circ C$ oznaczają, że w te dni wystąpiły problemy w systemie, rejestrującym

$0^\circ C$ oznaczają, że w te dni wystąpiły problemy w systemie, przekazującym parametry pracy węzła cieplnego w bazie danych.

Przyczyny „przegrzewów” zidentyfikowane na podstawie wykresów temperatury T_p

Wszystkie węzły ciepłone są wyposażone w licznik główny, który jest zamontowany najczęściej na rurociągu z wodą sieciową powrotną. Licznik rejestruje podstawowe parametry pracy węzła oraz pobrane ciepło. Z tego względu wstępna analiza przyczyn niezadowolającego schładzania wody sieciowej została zrealizowana na



Rys.7. Odchyłka temperatury wody sieciowej powrotnej



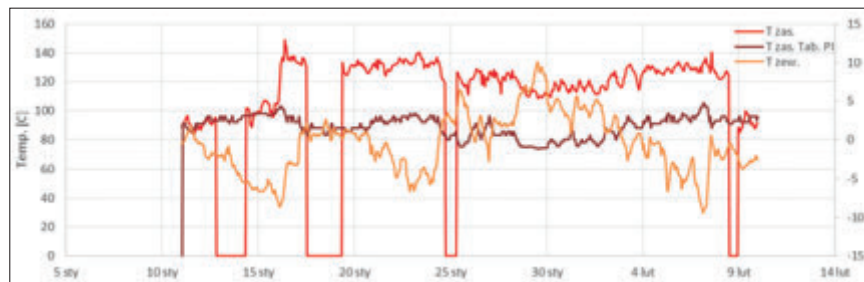
Rys.5. Program MS-Excel współpracujący z systemem PI Datalink do analizy pracy WC

W programie tworzonych jest 6 wykresów, wizualizujących pracę WC:

1. Temperatura wody sieciowej zasilającej (rys.6).
2. Odchyłka rzeczywistej temperatury powrotu od regulacyjnej.

parametry pracy węzła cieplnego w bazie danych.

Wykres „T powrotu – odchyłka” (rys.7) pokazuje, ile stopni wynosi różnica temperatury wody sieciowej powrotnej i temperatury regulacyjnej. Wartości odchyłki \approx



Rys.6. Temperatura wody sieciowej zasilającej

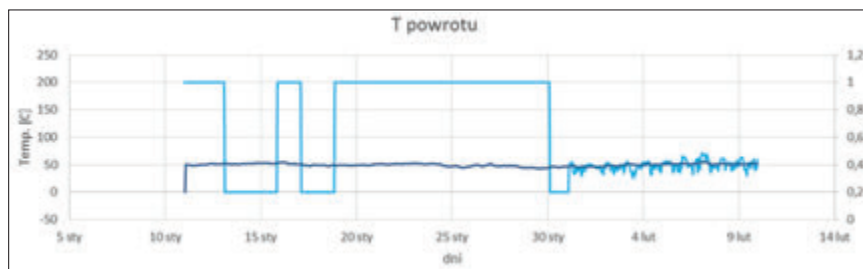
podstawie danych z licznika głównego. Z kształtu wykresu temperatury wody sieciowej powrotnej można wyznaczyć po stronie jakiej instalacji (c.o./c.t. albo c.w.) występuje problem, powodujący niedostateczne schładzanie wody sieciowej, albo wskazać na awarię ciepłomierza. Niżej przedstawiono przykładowe przyczyny niedostatecznego schładzania wody sieciowej określone na podstawie wykresów temperatury T_p . Podane wartości graniczne są określone dla wykresu regulacyjnego WSC.

Wykresy T_p w przypadku awarii ciepłomierza

Temperatura wody sieciowej powrotnej, w zależności od temperatury zewnętrznej, powinna mieścić się w przedziale $38-55^\circ C$. W przypadku awarii ciepłomierza temperatura wody sieciowej powrotnej jest znacznie zawyżona. Z analizy wynikają 2 typy wykresów temperatury wody sieciowej powrotnej, towarzyszące awarii ciepłomierza:

Typ 1

W przypadku, kiedy $T_{pow} \geq 200^\circ C$ i jest stała w ciągu kilku dni albo tygodni można stwierdzić, że to nieprawidłowe wskazanie temperatury spowodowane jest

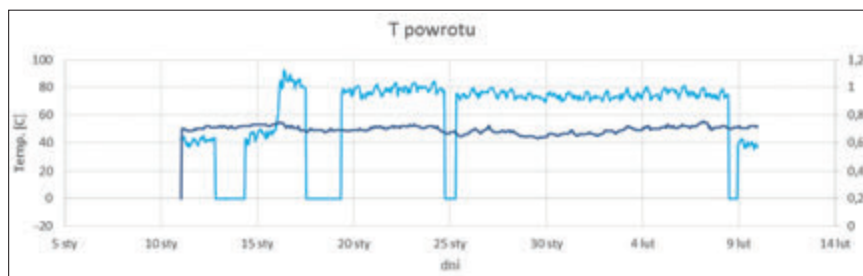


Rys.8.
Wykres T_{pow} w przypadku awarii ciepłomierza w węźle ciepłym – typ 1

awarię ciepłomierza. Przykładowy wykres temperatury wody sieciowej powrotnej przy awarii ciepłomierza typu 1 jest przedstawiony na rys.8.

Typ 2

W przypadku, kiedy różnica temperatury powrotu w stosunku do wartości z wykresu regulacyjnego jest wyższa niż 20°C ($T_{pow} - T_{pow,reg} \geq 20^{\circ}\text{C}$) i dodatkowo występują gwałtowne wzrosty temperatury ponad $95-150^{\circ}\text{C}$, można stwierdzić z dużym prawdopodobieństwem, że występuje awaria ciepłomierza. Przykładowy wykres temperatury wody sieciowej powrotnej przy awarii ciepłomierza typu 2 jest przedstawiony na rys.9.



Rys.9.
Wykres T_{pow} w przypadku awarii ciepłomierza w węźle ciepłym – typ 2

Wykresy T_p w przypadku awarii w instalacji c.o., c.t., c.w.

Na podstawie samej temperatury powrotu wody sieciowej, bez dodatkowych odczytów innych parametrów pracy WC, można tylko wskazać instalację, po stronie której występuje awaria, powodująca niedostateczne schładzanie wody sieciowej:

a) Awaria po stronie instalacji c.o./c.t.

90% przeanalizowanych wykresów temperatury wody sieciowej powrotnej przy problemie w instalacji c.o./c.t. charakteryzują się następującymi cechami:

- Linia T_{pow} powtarza kształt linii $T_{pow,reg}$;
- $T_{pow} - T_{pow,reg} \leq 20^{\circ}\text{C}$;
- Zmiana T_{pow} jest nieregularna, płynna, bez gwałtownych wzrostów i spadków temperatury.

Na wykresie z rys.10 widać, że rzeczywista temperatura powrotu powtarza



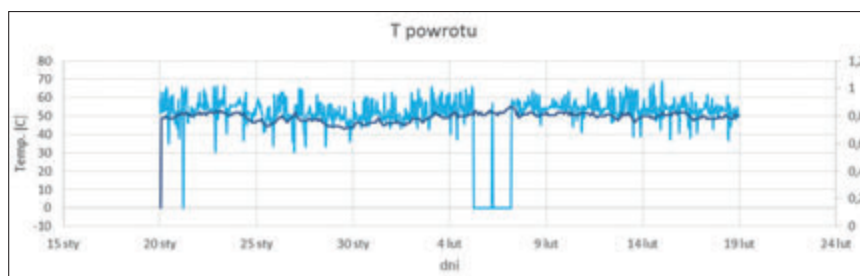
Rys.10.
Wykres T_{pow} w przypadku awarii na instalacji c.o.

kształt linii temperatury z tabeli regulacyjnej, średni przegrzew wynosi około 12°C a zmiana rzeczywistej temperatury wody sieciowej powrotnej jest nieregularna, bez gwałtownych wzrostów.

T_{pow} są charakterystyczne dla pracy instalacji c.w. w okresach dużych rozbiórów, ale T_{pow} powyżej 50°C to ewidentne „przegrzewy”.

Dodatkowe pomiary w węzłach niezbędne dla pełnej identyfikacji „przegrzewów”

Instalację w węźle ciepłym, w której występuje problem powodujący niedostateczne schładzanie wody sieciowej można wskazać, opierając się na wykresie temperatury wody sieciowej powrotnej, stworzonym na podstawie danych z licznika głównego. Aby określić w sposób jednoznaczny przyczynę wystąpienia „przegrzewu”,



Rys.11.
Wykres T_{pow} w przypadku awarii w instalacji c.w.

b) Awaria po stronie instalacji c.w.

Blisko $\frac{3}{4}$ wykresów temperatury wody sieciowej powrotnej przy problemach w instalacji c.w. charakteryzuje się następującymi cechami:

- Linia T_{pow} ma częste i „zagęszczone” zmiany wartości;
- Występują gwałtowne wzrosty i spadki temperatury wody powrotnej;

musimy posiadać dodatkowe odczyty parametrów z urządzeń zamontowanych na module c.o. .

Regulator pogodowy

W celu prawidłowej identyfikacji uszkodzenia poszczególnych elementów wchodzących w skład regulatora pogodowego modułu c.o. wymagana jest:

- Temperatura zasilania instalacji c.o. rzeczywista – $t_{zas.CO rz}$;
- Temperatura zasilania instalacji c.o. obliczeniowa – $t_{zas.CO obl}$;
- Temperatura wody powrotnej sieciowej c.o. – $T_{pow CO}$;
- Temperatura zewnętrzna – t_{zew} .

Kryterium prawidłowej pracy regulatora pogodowego można wyrazić różnicą, której maksymalne wartości odpowiadają najniższej, a minimalne – najwyższej temperaturze zewnętrznej:

$$5^{\circ}\text{C} \leq t_{zas.CO} - T_{pow.CO} \leq 20^{\circ}\text{C} \quad (5)$$

Automatyka modułu c.o.

Do prawidłowego zdiagnozowania problemu z automatyką c.o. potrzebne są następujące dane:

- Temperatura zasilania instalacji c.o. obliczeniowa – $t_{zas.CO obl}$;
- Temperatura zasilania instalacji c.o. rzeczywista – $t_{zas.CO rz}$;

Pompa obiegowa c.o.

Do prawidłowego zdiagnozowania problemu z pompą obiegową potrzebne są następujące dane:

- Temperatura zasilania instalacji c.o. obliczeniowa – $t_{zas.CO obl}$;
- Temperatura zasilania instalacji c.o. rzeczywista – $t_{zas.CO rz}$;
- Temperatura regulacyjna wody powrotnej sieciowej z wymiennika c.o. – $T_{pow reg CO}$;
- Temperatura wody powrotnej sieciowej – T_{pow} ;
- Temperatura zewnętrzna – t_{zew} ;
- Przepływ chwilowy z podlicznika c.o. – $G_{chwil CO}$;
- Różnica ciśnienia przed i za pompą – opcjonalnie;

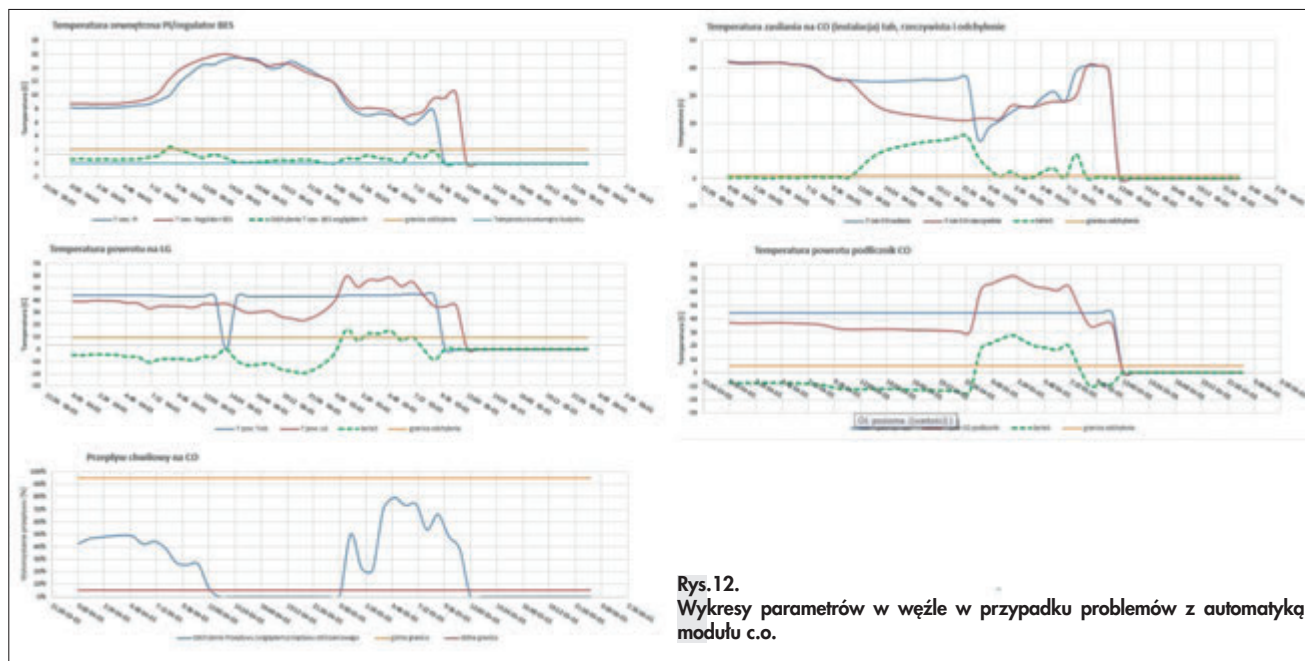
Aby stwierdzić uszkodzenie pompy obiegowej c.o. należy mieć wszystkie odczyty wymienione powyżej i przeanalizować wykresy tych parametrów, jak na rys.12.

wej powrotnej rejestrowanej w liczniku głównym. W/w sekwencję zdarzeń potwierdza również odczyt przepływu chwilowego z podlicznika c.o.

Zanieczyszczenie wymiennika c.o.

Do prawidłowego zdiagnozowania zanieczyszczenia wymiennika c.o. wymagane są następujące dane:

- Temperatura zasilania instalacji c.o. obliczeniowa – $t_{zas.CO obl}$;
- Temperatura zasilania instalacji c.o. rzeczywista – $t_{zas.CO rz}$;
- Temperatura regulacyjna wody powrotnej sieciowej z wymiennika c.o. – $T_{pow reg CO}$;
- Temperatura rzeczywista wody powrotnej sieciowej z wymiennika c.o. – $T_{pow CO}$;
- Temperatura regulacyjna wody powrotnej sieciowej – T_{pow} ;
- Temperatura rzeczywista wody powrotnej sieciowej – $T_{pow reg}$;



Rys. 12. Wykresy parametrów w węźle w przypadku problemów z automatyką modułu c.o.

- Temperatura regulacyjna wody powrotnej sieciowej z wymiennika c.o. – $T_{pow reg CO}$;
- Temperatura wody powrotnej sieciowej – T_{pow} ;

Kryterium wstępne nieprawidłowej pracy automatyki modułu c.o.:

$$t_{zas.CO obl} < t_{zas.CO rz} \quad (6)$$

Jeżeli występuje znaczca różnica pomiędzy $t_{zas.CO obl}$ i $t_{zas.CO rz}$, to znaczy, że w węźle cieplnym występuje problem z automatyką modułu centralnego ogrzewania.

Wskutek wzrostu temperatury zewnętrznej powyżej nastawy nastąpiło czasowe wyłączenie ogrzewania (wykres przepływu chwilowego, niebieska linia $G_{chwil}=0$). W momencie ponownego uruchomienia instalacji c.o. nie wystartowała pompa obiegowa c.o. Nastąpił gwałtowny wzrost temperatury wody sieciowej powrotnej za wymiennikiem c.o. oraz wzrost temperatury zasilania w instalacji c.o. Powodem takiego stanu jest brak przepływu wody instalacyjnej przez wymiennik. Skok temperatury na powrocie sieciowym z wymiennika c.o. spowodował również wzrost temperatury wody sieciowej

Na podstawie odczytanych parametrów można w sposób jednoznaczny określić przyczynę wystąpienia „przegrzewu” na powrocie sieciowym, którą w tym przypadku jest zanieczyszczenie wymiennika c.o.

Kryteria potwierdzające zanieczyszczenie wymiennika są następujące:

1. $t_{zas.CO rz} = t_{zas.CO obl}$ (pokazuje, że automatyka pracuje poprawnie),
2. $T_{pow CO} > T_{pow reg CO}$.

Jeżeli temperatura zasilania instalacji centralnego ogrzewania w rzeczywistości jest taka sama jak temperatura z wykresu regulacyjnego, ale temperatura rzeczywi-

sta wody powrotnej sieciowej z wymiennika c.o. jest większa niż temperatura „regulacyjna”, czyli występuje niedostateczna jej schłodzenie, to można stwierdzić, że wymiennik c.o. jest zanieczyszczony.

Reasumując, niezbędne dodatkowe parametry dla diagnozy i identyfikacji poszczególnych przyczyn niezadawalającego schładzania wody sieciowej („prze-grzewów”) są następujące: $t_{zas.obl}$, $t_{zas.rz}$, T_{powCO} , $T_{powregCO}$, $G_{chwilCO}$, P_{zap} – P_{przedp}

Podsumowanie

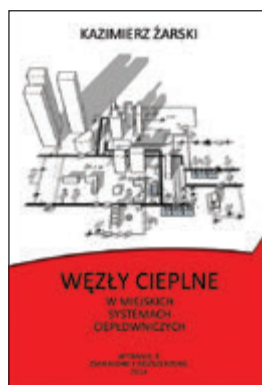
1. W artykule przedstawiono główne przyczyny niezadawalającego schładzania wody sieciowej, występującego w niektórych węzłach ciepłych. Zasadnicza analiza bazuje na kształcie wykresów temperatury wody powrotnej, co zawęża jej zakres i możliwość wskazania usterek, niesprawności i awarii w elementach i instalacjach węzłów. Wskazano zatem dodatkowe parametry, których pomiar umożliwiłby pełną diagnostykę przyczyn zawyżania temperatury wody sieciowej powrotnej i opracowanie algorytmów do bieżącej (on-line) analizy pracy węzłów ciepłych.
2. Bieżąca analiza poprawności schładzania wody sieciowej jest wyrazem

troski o poprawne funkcjonowanie węzłów ciepłych. Zawyżanie temperatury wody powrotnej zmniejsza efektywność wymiany ciepła w samych węzłach, a ponadto powoduje wzrost strat przesyłania w sieci ciepłowniczej oraz pogarsza warunki skojarzonego wytwarzania ciepła i energii elektrycznej w źródłach ciepła.

3. Jako węzły niedostatecznie schładzające wodę sieciową proponuje się przyjąć te węzły, w których wskaźnik jednowiarowy δt_p (wzór 2) lub wskaźnik dwuwiarowy δt_{zp} (wzór 4) przyjmuje wartość większą od wartości granicznej. Wartość graniczna przy restrykcyjnych wymaganiach powinna wynosić 0,12-0,15 a przy mniej restrykcyjnych 0,15-0,18.

LITERATURA

- [1] Razumkova K., Analysis of the causes of the insufficient cooling (“overheating”) of return water in district heating substations in the Warsaw district heating system. BSc Thesis. WUT, Warszawa, 2019.
- [2] OSisoft, Podręcznik użytkownika aplikacji PI DataLink 2017 (niepublikowane).
- [3] Veolia Energia Warszawa S.A., Zbiór podstawowych zasad i reguły tworzenia kodu dla Majątku i Sygnały według standardu RDS PP, Warszawa 2018. (niepublikowane).
- [4] Smyk A., Pietrzyk Z.: Efekty ekonomiczne obniżenia temperatury wody sieciowej
- [5] Smyk A., Szymczyk J.: Obniżenie kosztów ciepła w systemach ciepłowniczych poprzez optymalny dobór wykresów regulacyjnych. PW. Prace Naukowe. Mechanika z.211, str.215-228. OWPW, Warszawa 2005.
- [6] Smyk A., Pietrzyk Z.: „Efektywne wykorzystanie wymienników ciepła w wielofunkcyjnych węzłach ciepłych”. X FCP, Materiały XV KK, IGCP, 2006. str 220-230.
- [7] Lund H, Werner S., Wiltshire R., Svendsen S., Thorsen J.E. Hvelplund F., Vad Mathiesen B., 4th Generation District Heating (4GDH). Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. Energy, Vol.68, 2014.
- [8] Falba Ł., Pietrzyk Z., Smyk A. „Wykorzystanie MES do obliczania strat ciepła w miejskiej sieci ciepłowniczej”, COW 3/2009 s. 8-12.
- [9] Smyk, Laskowski R., Komar D „Return DH water utilization in case of heat supply from CHP to the low-energy-consumption buildings”. Conference Proceedings.CPOTE 2018.
- [10] Smyk A., Pietrzyk Z.: Straty przenikania ciepła w sieci ciepłowniczej w różnych warunkach eksploatacyjnych. Rynek Energii Nr 6(103), str 46-51, 2012.
- [11] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 15 stycznia 2007 r w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemów ciepłowniczych. DzU nr 16, 2007 poz. 92.
- [12] Guidelines for Distric Heating Substations. EuroHeat and Power, October 2008.
- [13] Ustawa Prawo Energetyczne. Tekst ujednolicony, URE, stan na 1.09.2019r.



Recenzowana książka pt. „Węzły ciepłe w miejskich systemach ciepłowniczych” stanowi kompendium nowoczesnej wiedzy z zakresu rozwiązań doprowadzenia ciepła z sieci ciepłych do budynków. Prezentowane rozwiązania uwzględniają wymagania racjonalnego gospodarowania energią, efektywności ekonomicznej i właściwej współpracy z systemem ciepłowniczym.

W książce przedstawiono w sposób logiczny, uporządkowany i przejrzysty całość zagadnień związanych z projektowaniem i eksploatacją współczesnych indywidualnych węzłów ciepłych, które poprzedzono przypomnieniem niezbęd-

nych podstaw teoretycznych. Zawarto w niej kolejno:

- podstawy teoretyczne z zakresu wymiany ciepła i masy w otwartych układach termodynamicznych,
- podstawy doboru i symulacji działania wymiennika ciepła,
- rodzaje i podstawowe schematy węzłów ciepłych,
- procedury projektowania węzłów ciepłych z podziałem na elementy wspólne i z uwzględnieniem specyfiki projektowania wielofunkcyjnych wymiennikowych węzłów ciepłych oraz węzłów zmieszania pompowego na cele ogrzewania,
- podstawowe rodzaje urządzeń pomiarowych, charakterystyki statyczne i dynamiczne urządzeń węzła ciepłego, stosowane w węzłach układy automatycznej regulacji oraz zasady doboru ich podstawowych elementów,

- najważniejsze zagadnienia współpracy węzła ciepłego z siecią ciepłowniczą, rzutujące na wzajemne racjonalne współdziałanie,
- wymagania dotyczące pomieszczeń węzłów ciepłych.

Utylitarnym podsumowaniem książki są przykłady obliczeń węzłów ciepłych wraz z przykładami obliczeń przy pomocy programu komputerowego WEZEL_X.

W zakresie procedur projektowania i zagadnień współpracy węzła ciepłego z siecią ciepłowniczą Autor prezentuje wyniki własnych badań i przemyśleń. Książka stanowi, zgodnie z zapowiedzią, uwieńczenie i podsumowanie Jego dorobku z tego zakresu, choć, moim zdaniem, nie powinna jeszcze oznaczać zakończenia kariery naukowej i zawodowej.

Fragment recenzji
prof.dr hab.inż. Haliny Koczyk
Politechnika Poznańska

Książka została wydana w twardej oprawie w formacie B-5. Cena książki 68 zł + 5% VAT

Zamówienia przyjmuje Ośrodek Informacji „Technika instalacyjna w budownictwie”

02-674 Warszawa, ul. Marynarska 14, tel. (22) 843-77-71, email: wydawnictwo@informacjainstal.com.pl