

■ Marcin Klimczak, Krzysztof Kołek, Marcin Wierzbński,
NG Heat Sp. z o.o.

Hybrydowy węzeł ciepłny z systemem IT

wspomagającym zarządzanie zużyciem energii w budynkach

Polityka klimatyczna Unii Europejskiej oraz kryzys energetyczny wywołany wojną w Ukrainie wymuszają głęboką transformację energetyczną ciepłownictwa systemowego. Dostosowanie się do zachodzących zmian wymaga od przedsiębiorstw eksploatujących miejskie systemy ciepłownicze unowocześniania się oraz wzmacniania orientacji na klienta (końcowego odbiorcę ciepła).

Do najważniejszych czynników wymuszających zmiany w sposobie prowadzenia działalności przez przedsiębiorstwa ciepłownicze należy zaliczyć:

- cele polityki klimatycznej UE, w tym wzrost udziału energii ze źródeł odnawialnych (OZE) w systemach ciepłowniczych, obniżenie emisji CO₂ i konieczność podnoszenia efektywności energetycznej budynków,
- dalsze ograniczanie ilości uprawnień do emisji CO₂ przyznawanych bezpłatnie,
- objęcie systemem handlu uprawnieniami do emisji CO₂ (ETS) budynków i transportu drogowego,
- zaostrożenie standardów energetycznych budynków.

Wszystkie powyższe tendencje będą się przekładały na dalszy spadek wielkości sprzedaży ciepła systemowego, co będzie wymuszać na przedsiębiorstwach ciepłowniczych zmianę modelu biznesowego. W nowym modelu biznesowym przedsiębiorstwa ciepłownicze będą rekompensowały spadek przychodów ze sprzedaży ciepła systemowego poprzez:

- świadczenie usług odbiorcom końcowym,
- integrację ciepła systemowego z rozproszonymi OZE i ciepłem odpadowym,
- oferowanie odbiorcom rozwiązań z obszaru inteligentnego budynku,
- podnoszenie efektywności energetycznej.

Docelowo zmieni się rola sieci ciepłowniczej: z obecnej - polegającej na przesyłaniu ciepła w jednym kierunku od źródła ciepła do odbiorcy końcowego na rolę polegającą na integracji i bilansowaniu dostaw ciepła z wielu źródeł rozproszonych, w tym głównie OZE. Do rozwiązań, które wpisują się w trend transformacji ciepłownictwa systemowego, należy zaliczyć technologię hybrydowego węzła ciepłnego wraz z systemem IT do zarządzania nim oraz efektywnością energetyczną w budynkach.

Technologia hybrydowego węzła ciepłnego (węzeł zintegrowany z OZE)

Przez hybrydowy węzeł ciepłny rozumie się węzeł wyposażony w akumu-

lator ciepła, na który pracują różne źródła ciepła, w tym system ciepłowniczy oraz źródła odnawialne, takie jak panele słoneczne i pompa ciepła (istnieje możliwość integracji pompy ciepła z fotowoltaiką). Układ technologiczny hybrydowego węzła cieplnego opracowano dla istniejącego węzła, który funkcjonuje w jednej ze szkół podstawowych. Pierwotnie w przywołanym budynku źródłem ciepła był dwufunkcyjny kompaktowy węzeł cieplny równoległy z niezależną stabilizacją ciśnienia zarówno dla układu c.o., jak i c.w.u., oparty na wymiennikach płytowych. Układ c.w.u. był wyposażony w zasobniki c.w.u. o łącznej pojemności 1000 l wraz z układem ich ładowania.

Zamówiona przez właściciela szkoły moc cieplna u dostawcy ciepła wynosi:

- na potrzeby c.o. - 250 kW,
- na potrzeby c.w.u. - 50 kW.

Określając układ technologiczny węzła hybrydowego przyjęto następujące założenia:

- budowa węzła musiała wiązać się z najmniejszą możliwą ingerencją

w układ hydrauliczny istniejącego węzła, co zasadniczo ogranicza nakłady inwestycyjne,

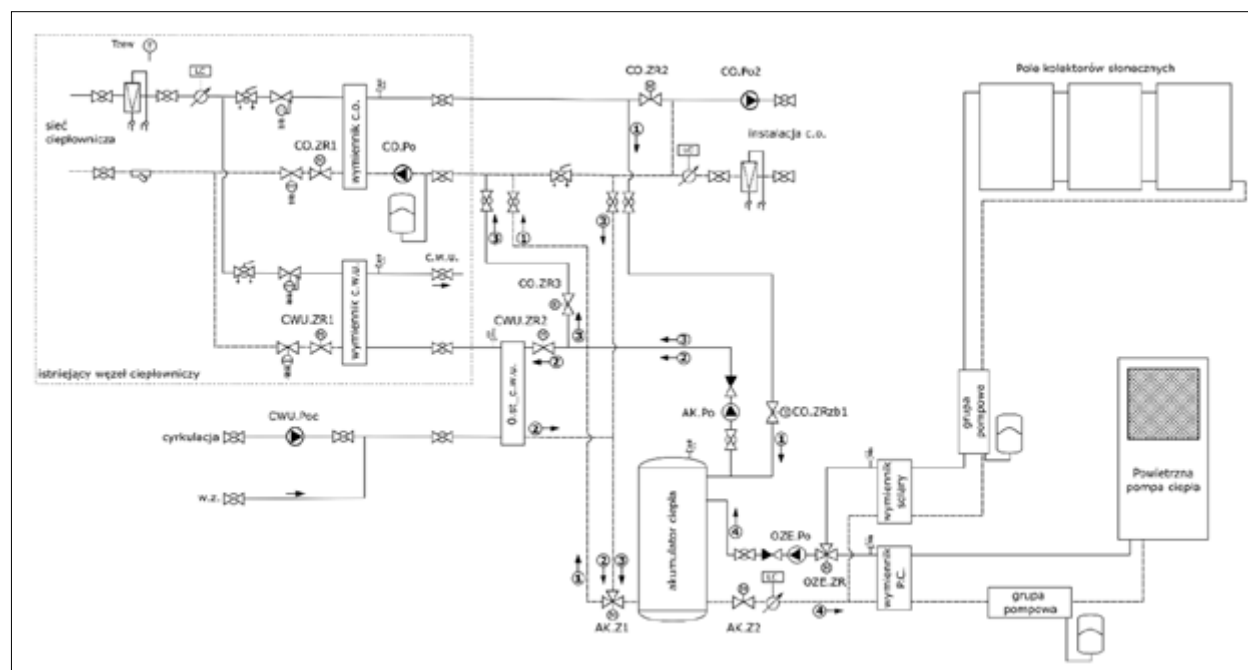
- akumulator ciepła został umiejscowiony po stronie wtórnej (niskociśnieniowej) węzła,
- akumulator ciepła miał umożliwiać jego ładowanie zarówno z systemu ciepłowniczego, jak i źródeł odnawialnych, natomiast jego rozładowanie musiało się odbywać zarówno na potrzeby instalacji c.o., jak i c.w.u.,
- układ hydrauliczny miał mieć możliwość ładowania akumulatora równocześnie z kolektorów słonecznych, jak i pompy ciepła,
- instalacja akumulatora wraz z odnawialnymi źródłami energii musiała zostać wpięta bezpośrednio w wewnętrzną instalację odbiorczą za węzeł cieplny, co umożliwia wykorzystanie źródeł odnawialnych i akumulacji ciepła nawet w tych budynkach, w których węzeł cieplny należy do dostawcy ciepła,
- opracowane rozwiązanie układu hydraulicznego węzła hybrydowe-

go miało być uniwersalne, to znaczy powinna istnieć możliwość dostosowania dowolnego typu węzła ciepłowniczego do sterowania popytem na ciepło, jak i wykorzystania w nim odnawialnych źródeł energii po stronie klienta końcowego.

Podczas modernizacji węzła cieplnego jego strona pierwotna nie uległa zmianie. Po stronie wtórnej zrezygnowano z istniejącego układu zasobników c.w.u. W miejscu tych zasobników postawiono akumulator ciepła o łącznej pojemności 2000 l (dwa zasobniki po 1000 l każdy). Schemat technologiczny hybrydowego węzła cieplnego przedstawiono na rysunku 1.

Ładowanie akumulatora „z sieci ciepłownicznej”

Węzeł został doposażony w układ ładowania akumulatora ciepła pośrednio z sieci ciepłownicznej poprzez wymiennik c.o. (trasa przepływu czynnika oznaczona na rys. 1 strzałkami z indeksem



Rys. 1. Schemat technologiczny hybrydowego węzła cieplnego
Źródło: Opracowanie własne

1). Aby było możliwe ładowanie akumulatora z najwyższym dostępnym parametrem, bez zwiększania temperatury zasilania instalacji wychodzącej na budynek, wprowadzono układ podmieszania (układ wtrowskowy) z dodatkowym zaworem regulacyjnym CO.ZR2, spinką zasilania z powrotem oraz pompą obiegową CO.Po2. Ładowanie akumulatora ciepła przebiega zatem następująco: układ sterowania utrzymuje zadaną (zazwyczaj najwyższą możliwą do uzyskania przy

ziomie za pomocą zaworu regulacyjnego CO.ZRzb1. Woda z akumulatora ciepła kierowana jest na powrót instalacji c.o., gdzie następuje jej zmieszanie z wodą powrotną powracającą z budynku. Woda powrotna po zmieszaniu kierowana jest na powrót wymiennika c.o., gdzie z powrotem zostaje podgrzana do temperatury wymaganej podczas ładowania akumulatora. Po zakończeniu ładowania akumulatora, temperatura zasilania za wymiennikiem c.o. wraca do poziomu

rzystanie ciepła zgromadzonego w akumulatorze na podgrzanie c.w.u. przed istniejący układ hydrauliczny węzła wprowadzono dodatkowy wymiennik ciepła, będący swoistym „zerowym” stopniem podgrzewu c.w.u. W przypadku pracy układu bez wykorzystania akumulacji ciepła, woda zimna na potrzeby c.w.u. po zmieszaniu z cyrkulacyjną - przepływa przez niepracujący dodatkowy wymiennik (0.st_c.w.u.) i wprowadzona jest przed wymiennik ciepła węzła równoległego. Podgrzew wody realizowany jest w tym przypadku standardowo, z utrzymaniem stałej temperatury c.w.u. na wyjściu z wymiennika.

Podczas pracy z wykorzystaniem ciepła zgromadzonego w akumulatorze, po uruchomieniu pompy obiegowej (AK.Po) woda kierowana jest do dodatkowego wymiennika c.w.u. (0.st_c.w.u.) Strumień wody z akumulatora jest regulowany za pomocą zaworu regulacyjnego CWU.ZR2. Układ umożliwi wstępny podgrzew c.w.u. kierowanej do wymiennika węzła równoległego. W przypadku, gdy przy chwilowym poborze temperatura wody z wstępnego podgrzewu c.w.u. jest większa lub równa zadanej w układzie automatyki, zawór regulacyjny c.w.u (CWU.ZR1) zostaje zamknięty.

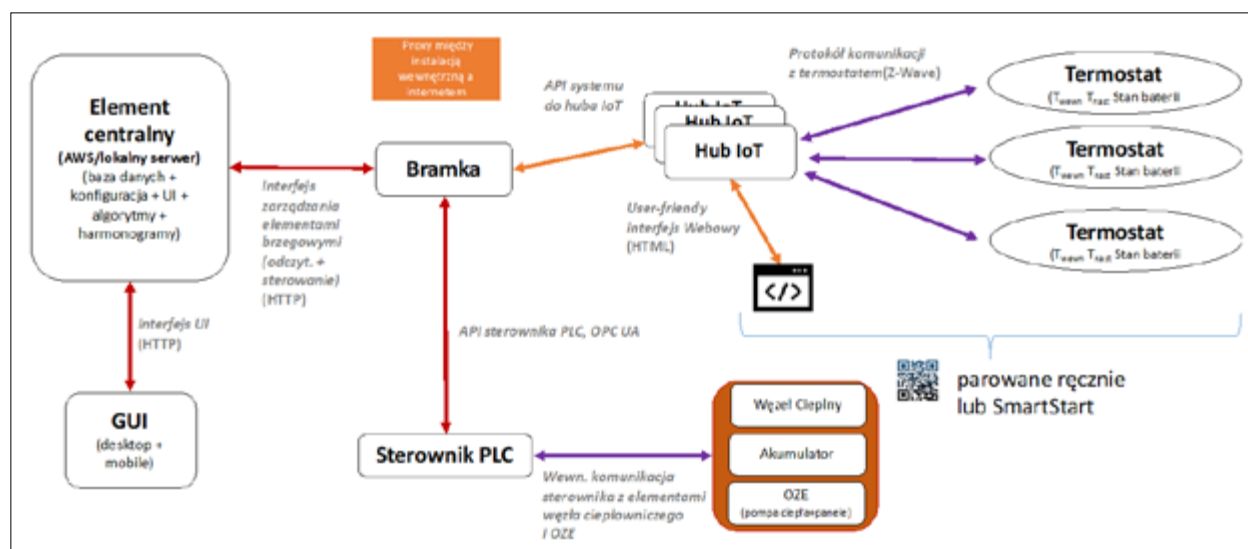
” **Rolę odnawialnych źródeł energii dla budynku pełni pole wodnych kolektorów słonecznych o powierzchni 24 m² oraz powietrzna monoblokowa dwusprężarkowa pompa ciepła o mocy 16.4 kW (A7/W55)**

dostępnych parametrach na sieci ciepłowniczej) temperaturę zasilania za wymiennikiem ciepła c.o. Woda częściowo zostaje skierowana do akumulatora ciepła, a częściowo do zasilanego budynku. Dzięki zastosowaniu układu podmieszania możliwe jest utrzymanie temperatury zasilania wody kierowanej na budynek zgodnej z założoną krzywą grzewczą. Ilość wody kierowanej do akumulatora ciepła utrzymywana jest na zadanym po-

zgodnego z krzywą grzewczą budynku. Dodatkowy układ podmieszania ustawiany jest na 100% przepływ do budynku.

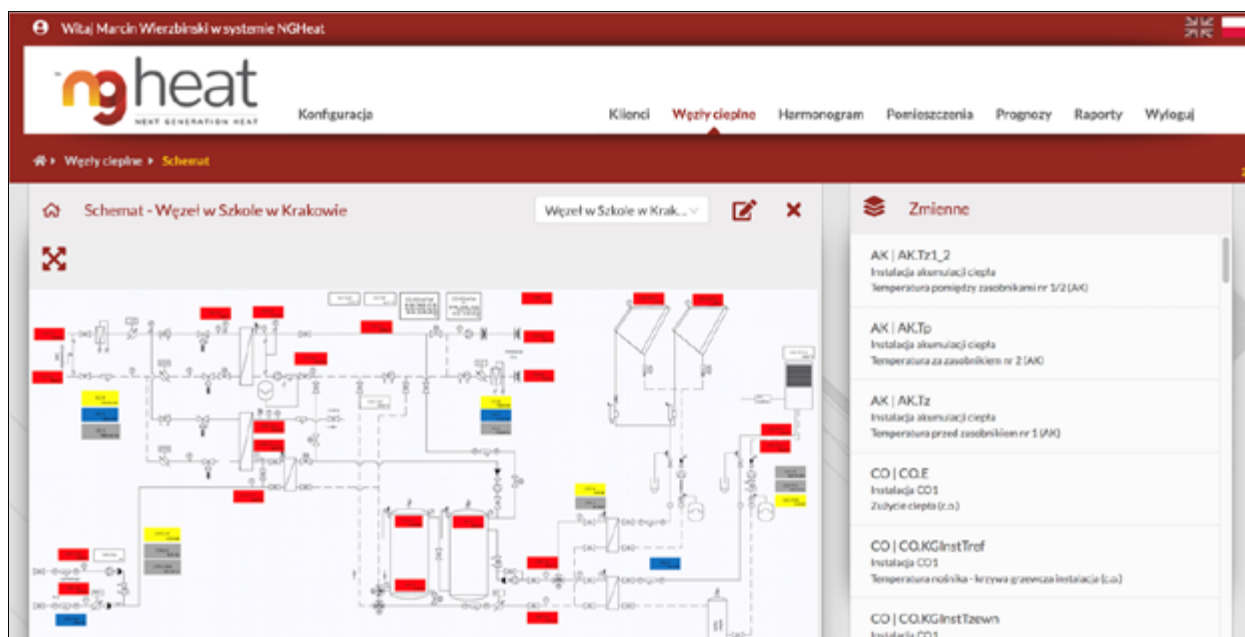
Rozładowanie akumulatora na potrzeby c.w.u.

Trasę przepływu czynnika podczas rozładowania akumulatora na potrzeby c.w.u. oznaczono za pomocą strzałek z indeksem 2. Aby możliwe było wyko-



Rys. 2. Architektura systemu informatycznego wspomagającego zarządzanie zużyciem energii w budynkach wyposażonych w hybrydowy węzeł ciepły

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji z NG Heat Sp. z o.o.



Rys. 3. Widok schematu synoptycznego węzła cieplnego wraz z naniesionymi zmiennymi
Źródło: System informatyczny NG Heat Sp. z o.o.

Zaletą takiego rozwiązania jest brak niebezpieczeństwa powstania ogniska legionelli (brak akumulacji c.w.u.) oraz możliwość wykorzystania czynnika, nawet o niskiej temperaturze, zgromadzonego w akumulatorze ciepła do wstępnego podgrzewu c.w.u.

Rozładowanie akumulatora na potrzeby c.o.

Trasę przepływu czynnika podczas rozładowania akumulatora na potrzeby c.o. oznaczono za pomocą strzałek z indeksem 3. Woda z powrotu budynku kierowana jest częściowo do akumulatora ciepła, a częściowo na powrót wymiennika c.o. Przepływ przez akumulator ciepła wymuszony jest pompą obiegową (AK.Po). Aby możliwe było wykorzystanie ciepła zgromadzonego w akumulatorze, temperatura wody na wyjściu z akumulatora musi być wyższa od temperatury powrotu c.o. Woda z akumulatora kierowana jest poprzez zawór regulacyjny CO.ZR3 przed wymiennik c.o., gdzie następuje zmieszanie wody powracającej z budynku i wychodzącej z akumulatora. W przypadku, gdy po zmieszaniu temperatura wody

wchodzącej do wymiennika c.o. jest większa lub równa temperaturze wynikającej z krzywej grzewczej, zawór regulacyjny c.o. (CO.ZR1) zostaje zamknięty.

Ładowanie akumulatora z OZE

Rolę odnawialnych źródeł energii dla budynku pełni pole wodnych kolektorów słonecznych o powierzchni 24 m² oraz powietrzna monoblokowa dwusprężarkowa pompa ciepła o mocy 16.4 kW (A7/W55). Ze względów technologicznych zdecydowano, iż w obu odnawialnych źródłach energii czynnikiem roboczym jest wodny roztwór glikolu. Z tego też względu układ ładowania akumulatora oddzielony jest od źródeł odnawialnych płytowymi wymiennikami ciepła. Zawór regulacyjny trójdrogowy OZE.ZR pozwala na wybór źródła ciepła, z którego ładowany będzie akumulator ciepła. Przepływ przy ładowaniu akumulatora z OZE wymusza pompa obiegowa OZE.Po. Zawór odcinający z słownikiem AK.Z2 służy do trwałego odcięcia układu źródeł odnawialnych. Zastosowany układ hydrauliczny umożliwia równo-

czesne ładowanie akumulatora ze źródeł odnawialnych i jego rozładowanie na potrzeby c.o. i/lub c.w.u. Takie rozwiązanie pozwala na wykorzystanie nawet minimalnych ilości energii pozyskanych w układzie źródeł odnawialnych, szczególnie do podgrzewu wstępnego c.w.u.

System IT do zarządzania zużyciem energii w budynku wyposażonym w hybrydowy węzeł cieplny

Węzeł hybrydowy może poprawnie i optymalnie pełnić swoją funkcję wyłącznie po zainstalowaniu odpowiedniego oprogramowania posiadanego przez NG Heat. Dodatkowo rolą systemu IT jest zarządzanie zużyciem energii w budynkach. W szczególności funkcjonalność prezentowanego systemu informatycznego umożliwia:

- sterowanie i kontrolę pracy węzła cieplnego zintegrowanego z rozproszonymi źródłami ciepła (panelami solarnymi i/lub pompami ciepła zintegrowanymi z fotowoltaiką), ukierunkowaną na minima-

lizowanie poboru ciepła z systemu ciepłowniczego i tym samym kosztów zakupu ciepła przez odbiorcę końcowego,

- automatyczną i zdalną realizację nastaw pożądanych temperatur wewnątrz poszczególnych pomieszczeń w budynku - w zależności od sposobu i intensywności użytkowania obiektu, w tym poprzez udostępnienie użytkownikom pomieszczeń aplikacji na urządzeniu mobilne,
- „spłaszczenie” profilu poboru mocy cieplnej z systemu ciepłowniczego przy zapewnieniu komfortu cieplnego w budynkach poprzez optymalne sterowanie ładowaniem i rozładowaniem zasobników zainstalowanych w węźle cieplnym,
- optymalizację krzywej grzewczej na wewnętrznej instalacji centralnego ogrzewania budynku w powiązaniu ze sposobem użytkowania obiektu i nastawami temperatur wewnątrznych na termostatach,
- zdalne sterowanie pompami obiegowymi c.w.u. i innymi oraz zdalne

sterowanie temperaturą referencyjną c.w.u.,

- udostępnianie właścicielom/zarządcom budynków informacji o prognozowanych temperaturach zewnętrznych i o przewidywanym ich zapotrzebowaniu na moc cieplną 48 h do przodu,
- udostępnianie właścicielom/zarządcom budynków informacji o zużyciu przez nich ciepła i mo-

- detekcję zakłóceń w pracy instalacji wewnętrznej.

Ogólny schemat architektury systemu informatycznego przedstawiono na rysunku 2.

System informatyczny jest zbudowany w technologii kontenerowej w chmurze Amazon Web Services (AWS). Architektura systemu od strony funkcjonalnej została zaprojektowana jako zbiór współ-

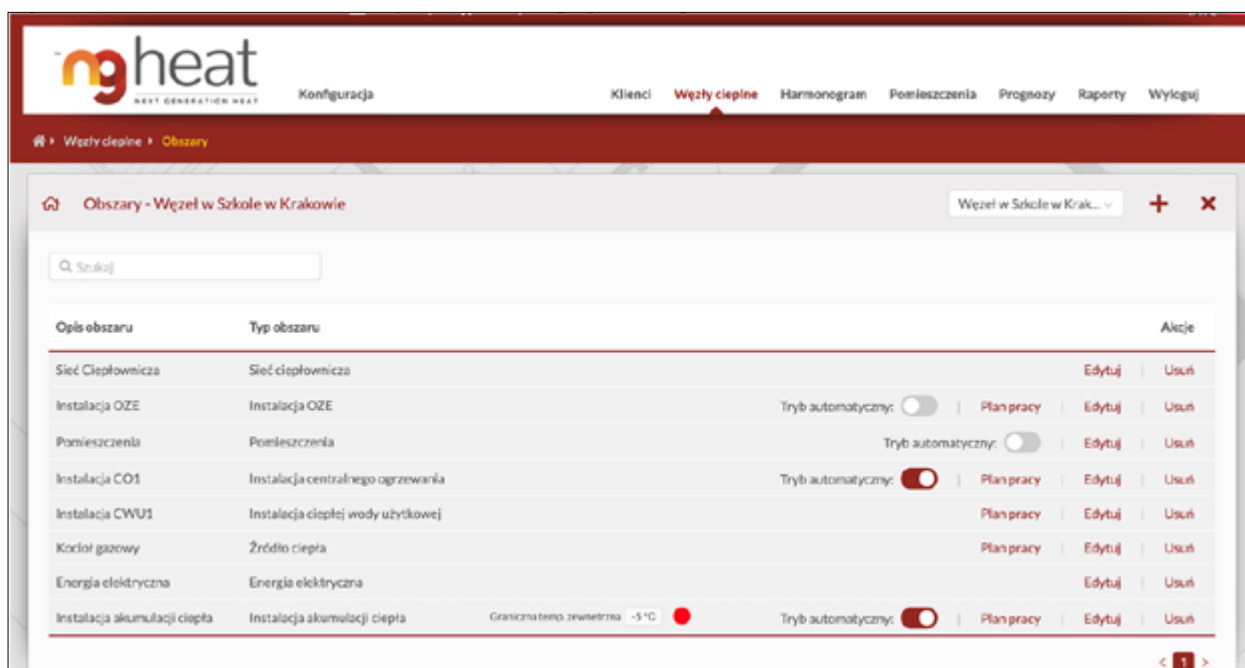
”

Węzeł hybrydowy może poprawnie i optymalnie pełnić swoją funkcję wyłącznie po zainstalowaniu odpowiedniego oprogramowania posiadanego przez NG Heat

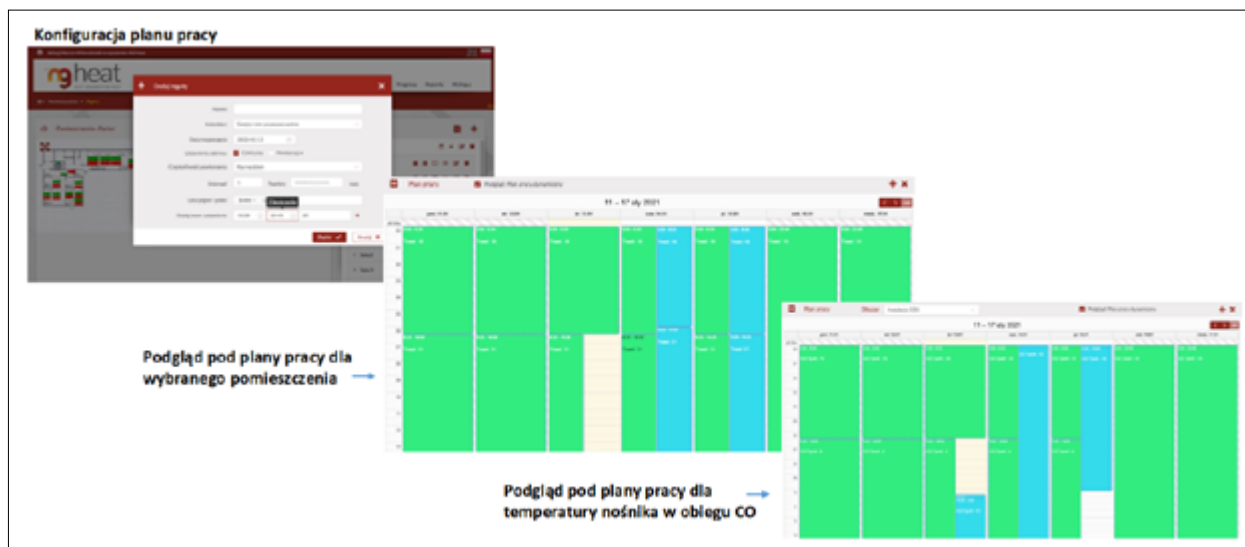
cy cieplnej w czasie rzeczywistym i w różnych, historycznych przekrojach czasowych,

- udostępnianie właścicielom/zarządcom budynków informacji o osiągniętych przez nich oszczędnościach dzięki wdrożeniu systemu IT oraz rozproszonych źródeł energii,

pracujących ze sobą komponentów, które można podzielić ze względu na pełnione role, czyli są to: centralna aplikacja pracująca w chmurze obliczeniowej, posiadająca front-end w postaci webowej oraz towarzysząca jej aplikacja na urządzeniu mobilne, jednostka lokalna (LU), sterownik PLC, bramka/hub IoT oraz bramka VPN pracujące po stronie ob-



Rys. 4. Widok obszarów zarządzania energią w budynku
Źródło: System informatyczny NG Heat Sp. z o.o.



Rys. 5. Przykładowy schemat konfiguracji planu pracy wraz z podglądami pod nie
Źródło: System informatyczny NG Heat Sp. z o.o.

Lp.	Jednostka	Okres poddany analizie	Okres porównawczy	Okres referencyjny przed wdrożeniem systemu
Zakup i produkcja ciepła				
1	GJ	0.700	0.700	1571.900
2	GJ	0.695	0.695	-
3	GJ	0.425	0.425	-
4	GJ	1.820	1.820	-
Zużycie ciepła				
5	GJ	1.500000	1.500000	1342.700
6	GJ	0.304168	0.304168	229.200
7	GJ	0.016	0.016	-
8	GJ	1.820	1.820	-

Rys. 6. Bilans cieplny budynku za wybrany okres
Źródło: System informatyczny NG Heat Sp. z o.o.

sługiwanego węzła cieplnego i budynku, elementy pomiarowe oraz wykonawcze, takie jak: zdalnie sterowane termostaty, zawory, pompy obiegowe, czujniki temperatur, przepływu oraz ciepłomierze również pracujące po stronie obsługiwanego budynku.

Wszystkie wymienione powyżej funkcjonalności są realizowane za pomocą paneli systemu udostępnianych poszczególnym jego użytkownikom. System informatyczny posiada następujące panele dla poszczególnych ról:

- Panel Super Administratora, którym

jest osoba wskazana przez operatora i właściciela systemu,

- Panel Zarządcy Budynku, którym jest osoba wskazana przez właściciela/zarządcę budynków,
- Panel aplikacji na urządzenia mobilne, który jest udostępniany

użytkownikom poszczególnych pomieszczeń w budynku.

Przykładowe widoki z systemu informatycznego przedstawiono na rysunkach 3-6.

Przedstawiony powyżej system IT umożliwia osiągnięcie istotnych korzyści związanych ze zmniejszeniem zakupu ciepła z systemu ciepłowniczego lub energii elektrycznej z sieci elektroenergetycznej poprzez realizację funkcji sterowania zużyciem energii w budynku i instalację lokalnych źródeł OZE.

Podsumowanie

Przedmiotem tego artykułu było przedstawienie układu technologicznego hybrydowego węzła ciepłego wraz z systemem informatycznym, który wspomaga sterowanie nim. Hybrydowy węzeł ciepły jest zasilany w ciepło zarówno z systemu ciepłowniczego, jak i przez źródła odnawialne. Ponadto hybrydowy węzeł ciepły jest wyposażony w akumulator, który może być ładowany zarówno ciepłem z systemu ciepłowniczego, jak i ze źródeł odnawialnych. Jego rozładowywanie natomiast może się odbywać na instalację c.o. lub c.w.u.

Sterowanie hybrydowym węzłem ciepłym odbywa się za pomocą opracowanego przez NG Heat nadrzędnego systemu IT. Zadaniem tego systemu jest nadzór i sterowanie węzłem, źródłami odnawialnymi oraz umożliwienie zarządzania zużyciem energii w budynku. W systemie tym zostały zaimplementowane zaawansowane technologie teleinformatyczne, znane między

innymi z założeń koncepcji „Przemysł 4.0”. Są to:

- digitalizacja informacji i pełna integracja podsystemów i komponentów automatyki,
- monitorowanie i kontrolowanie wszystkich podprocesów składających się na system,
- wykorzystanie łączności sieciowej, w tym technologii bezprzewodowych i internetowych dla uzyskania dostępu do praktycznie każdej przydatnej informacji, w dowolnym czasie, z dowolnego miejsca, tak przez administratora systemu grzewczego, jak i użytkowników budynków,
- zastosowanie modeli matematycznych w projektowaniu i realizacji algorytmów sterowania,
- wykorzystanie koncepcji „*internetu rzeczy*” dla wymiany informacji pomiędzy urządzeniami, systemami i użytkownikami (m. in. poprzez wykorzystanie aplikacji na smartfony, jako interfejsu użytkownika pomieszczenia),
- likwidacja bariery człowiek/urządzenie poprzez zastosowanie inteligentnych i przyjaznych interfejsów użytkownika systemu,
- przetwarzanie „on-line” i analiza wielkich zbiorów danych pochodzących z setek czujników w chmurze obliczeniowej.

Zaprezentowany układ hybrydowego węzła ciepłego wraz z nadrzędnym systemem IT pozwala osiągnąć oszczędności w zakupie ciepła na poziomie od 35 do 65% w zależności od mocy zainstalowanej w odnawialnych źródłach ener-

gii i stanu wyjściowego budynku. Wdrażanie tego typu rozwiązań jest szansą dla przedsiębiorstw ciepłowniczych na transformację eksploatowanych przez nie systemów i na opracowanie nowej oferty dla odbiorców ciepła.

NG Heat Sp. z o.o. pomaga przedsiębiorstwom ciepłowniczym w transformacji energetycznej ich systemów ukierunkowanej na:

- rezygnację z wykorzystywania paliw kopalnych (węgla i gazu ziemnego),
- stopniowe wdrażanie systemów niskotemperaturowych,
- elektryfikację ciepła,
- digitalizację węzłów ciepłych i innych części infrastruktury ciepłowniczej,
- opracowywanie nowej oferty dla odbiorców ciepła,
- opracowywanie nowych modeli biznesowych (np. Heat as a Service).

NG Heat Sp. z o.o. na bazie posiadanych rozwiązań oferuje także szereg usług dla końcowych odbiorców ciepła, w tym ukierunkowanych na wykorzystywanie indywidualnych odnawialnych źródeł energii do ogrzewania budynków i podnoszenia ich efektywności energetycznej. □

Realizacja projektu została dofinansowana z Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój na lata 2014-2020 - Działanie 1.2 Sektorowe programy B+R (konkurs IUSER)