

Modernizacja z kogeneracji do trigeneracji

Marcin Malicki

Kontynuując temat skojarzonego wytwarzania energii, jeszcze raz zajmiemy się sprawą opłacalności wykorzystania kogeneracji – tym razem w kontekście modernizacji. Przyjrzymy się także możliwościom wyboru w zakresie strategii pracy i kryteriów optymalizujących pracę źródła.

Poprawa efektywności energetycznej w obszarze wytwarzania, dostaw i wykorzystania energii to strategiczny cel polityki energetycznej i ekologicznej Polski. Kwestie poprawy efektywności energetycznej znajdują się w centrum zainteresowania Unii Europejskiej – jako najskuteczniejsza metoda ograniczenia zużycia energii pierwotnej, prowadząca bezpośrednio do ograniczenia emisji szkodliwych substancji do atmosfery i poprawy jakości powietrza. Dominujące w tym zakresie działania koncentrują się na zwiększeniu udziału wysokosprawnych jednostek skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła (kogeneracja), pracujących zarówno na potrzeby systemów centralnych, jak i lokalnych. Ich udział powinien rosnąć w perspektywie planowanego 29% wzrostu zużycia energii do 2030 r. (w stosunku do poziomu z 2006 r.) – jako urządzeń:

- mogących osiągać sprawność ponad 90%, a więc znacząco wyższą niż w wypadku generacji rozdzielonej;
- przyczyniających się do ograniczenia emisji CO₂, dzięki zasilaniu np. gazem i produkcji energii w miejscu zapotrzebowania na nią, co ogranicza straty przesyłowe.

Wobec widocznych w ostatnich latach zmian w rocznym bilansie zużycia energii elektrycznej (patrz ramka), szczególnego znaczenia nabiera jednak technologia skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej, ciepła i chłodu (trójgeneracja), umożliwiająca produkcję wszystkich niezbędnych odbiorcy mediów z najwyższą sprawnością, a więc przy najmniejszym zużyciu energii pierwotnej.

! To właśnie modernizacja źródła kogeneracyjnego do trójgeneracyjnego, tj. wyposażonego w zasilany termicznie agregat chłodniczy, przyczyni się w największym stopniu do ograniczenia zużycia energii elektrycznej przez odbiorców w bilansie rocznym

oraz zwiększenia zapotrzebowania na ciepło w deficytowym pod względem sprzedaży ciepła okresie letnim.

Urządzenia tzw. wysokosprawnej kogeneracji są promowane w naszym kraju za pomocą programów o zasięgu sektorowym, wojewódzkim i krajowym, realizowanym m.in. przez NFOŚiGW czy WFOŚiGW. Technologia skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła, najczęściej bazująca na układzie silnika tłokowego z zapłonem

iskrowym, zasilanego gazem i wyposażonego w systemy odzysku ciepła do gorącej wody czy pary, jest już w Polsce stosunkowo dobrze znana i rozpowszechniona. Jednakże źródło dodatkowo wyposażone w chłodziarkę zasilaną termicznie – nie jest zbyt popularne. Pozostawia to szerokie pole do analizy korzyści płynących z modernizacji źródła kogeneracyjnego do trójgeneracyjnego. Sama charakterystyka źródeł kogeneracyjnych, współpracujących z nimi chłodziarek oraz korzyści eksploatacyj-

Całoroczny komfort i ryzyko deficytów mocy

Poprawa efektywności energetycznej ma szczególne znaczenie, gdy weźmie się pod uwagę rosnące zainteresowanie komfortem cieplnym nie tylko zimą, ale i latem. Prowadzi to do istotnego zwiększenia zapotrzebowania na energię do celów produkcji chłodu. Widać to zwłaszcza w rozwiniętych metropoliach, takich jak Londyn, gdzie do 2030 r. prognozuje się wzrost zainstalowanej mocy chłodniczej do 3500 MW, tj. o 40%, głównie z wykorzystaniem urządzeń zasilanych energią elektryczną.

Na świecie systemy chłodzenia są odpowiedzialne za zużycie od 16% do nawet 50% energii elektrycznej, przy ponad 40% udziale zużycia energii przez sektor mieszkaniowo-usługowy. Skutkuje to występowaniem szczytowego zapotrzebowania na energię elektryczną do celów klimatyzacyjnych w okresie letnim, kiedy to moc krajowego systemu elektroenergetycznego jest mniejsza niż zimą. Sytuacja ta może powodować lokalne deficyty mocy, których przykłady pojawiały się już niejednokrotnie w dużych miastach. W tym roku, po raz kolejny w naszym kraju, padł rekord zapotrzebowania na moc z systemu elektroenergetycznego latem. Znamienne jest, że intensywność wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną jest ponad dwukrotnie większa w miesiącach letnich. Jeśli taki trend będzie się utrzymywał, to do 2030 r. zniknie „dolina letnia”, wyrównując szczytowe zapotrzebowanie zimą i latem.

Choć aktualnie nie ma możliwości wiarygodnego i precyzyjnego określenia udziału zapotrzebowania na moc elektryczną na cele klimatyzacji i chłodzenia w całym zapotrzebowaniu na energię elektryczną, to można się pokusić o pewne szacunki. Dzięki danym dotyczącym obciążenia systemu elektroenergetycznego w Polsce, opublikowanym przez Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A., oraz analizom przeprowadzonym m.in. przez portal „Wysokie Napięcie”, który porównał zapotrzebowanie na moc elektryczną latem 2015 r. w zależności od temperatury zewnętrznej i nasłonecznienia, można przyjąć, że **każdy 1°C temperatury zewnętrznej ponad 22,5°C to od 100 do 200 MW większe zapotrzebowanie na moc elektryczną na cele klimatyzacji i chłodzenia** (w zależności od metody kalkulacji). To bardzo dużo, biorąc pod uwagę, że podczas upałów temperatura zewnętrzna dochodzi nawet do 35°C!

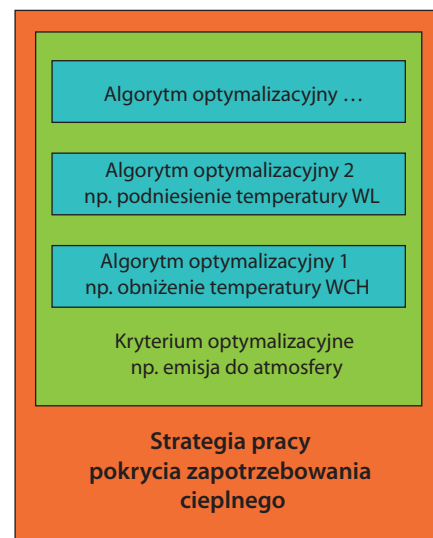
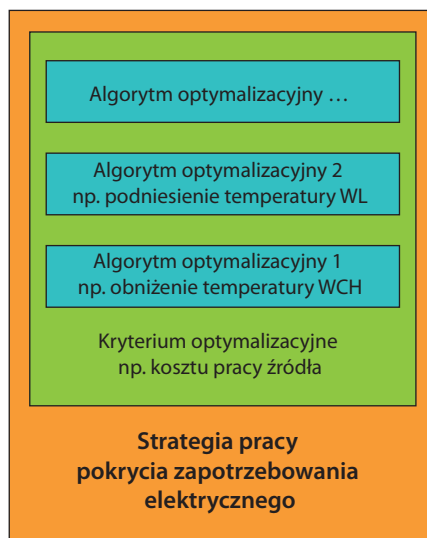
nych została przedstawiona w poprzednim wydaniu (PI 6/2016), dlatego teraz skoncentrujemy się na potencjale implementacyjnym oraz korzyściach płynących z modernizacji źródła kogeneracyjnego do trójgeneracyjnego przy wykorzystaniu bromolitowej chłodziarki absorpcyjnej.

Eksploatowane źródła kogeneracyjne

Proces inwestycji (projektu, doboru, wykonania i eksploatacji) w źródło kogeneracyjne pracujące na potrzeby nowego budynku jest obciążony dużym ryzykiem. Mimo wysokich sprawności sumarycznych silników kogeneracyjnych, mogących przekroczyć nawet 90%, ich zakres regulacji oraz sprawności przy obciążeniach częściowych negatywnie wpływają na koszty eksploatacji całej instalacji. Bezpośrednio obciąża to koszty produkcji mediów dla inwestora. Dodatkowo, popularną praktyką jest niewielkie przewymiarowanie układów kogeneracyjnych w zakresie ciepłowniczym, co prowadzi do produkcji nadmiarowych ilości ciepła, które musi być odprowadzane do atmosfery, obniżając średnioroczną sprawność sumaryczną układu. Sytuację pogarsza również fakt stosunkowo szerokiego zakresu akceptowalnych rozbieżności parametrów roboczych od parametrów nominalnych – według specjalistycznej firmy wykonującej pomiary eksploatacyjne krajowych układów kogeneracyjnych, z 20 przeanalizowanych systemów tylko dwa miały rzeczywistą sprawność elektryczną bądź ciepłowniczą nie niższą od wartości deklarowanych przez producenta. Oznacza to, że 90% przebadanych układów w warunkach eksploatacyjnych produkuje mniej ciepła bądź energii elektrycznej albo do wyprodukowania nominalnej ilości energii zużywa więcej paliwa niż można by się spodziewać na podstawie danych nominalnych. W obu przypadkach jest to tendencja zdecydowanie niekorzystna dla inwestora.

Strategia i kryteria pracy źródeł skojarzonego wytwarzania energii

Mimo ograniczeń fizycznych, praca takiego źródła z wykorzystaniem właściwej strategii i kryteriów optymalizacyjnych to jedyny sposób na zapewnienie najniższych kosztów jego pracy. Brak wyboru strategii gwarantuje natomiast straty, rozumiane jako koszty pracy przy-



1. Kryteria kształtujące pracę systemu kogeneracyjnego lub trójgeneracyjnego tworzą strukturę hierarchiczną. Podstawą jest wybór zasadniczej strategii pracy, następnie kryteriów optymalizacyjnych, które z kolei umożliwiają wdrożenie prostych algorytmów, dodatkowo zwiększających efektywność

padające na jednostkę wyprodukowanej energii, które są wyższe od minimalnych możliwych do osiągnięcia.

Krajowe uwarunkowania prawne umożliwiają stosunkowo bezproblemowe wprowadzanie nadwyżek produkowanej energii elektrycznej do sieci. Niestety, ciepło może być tylko albo wykorzystywane na miejscu, albo odprowadzane do atmosfery. W tym kontekście, przy eksploatacji źródeł skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła, należy zdecydować o wyborze jednej z dwóch podstawowych strategii pracy (opisanych szerzej w PI 6/2016):

- pokrycia zapotrzebowania elektrycznego (PZE), gdy priorytetem pracy źródła jest pokrywanie zapotrzebowania na energię elektryczną;
- pokrycia zapotrzebowania cieplnego (PZC), gdy priorytetem pracy źródła jest pokrywanie zapotrzebowania cieplnego.

Oprócz wyboru strategii pracy, istotne jest także uwzględnienie licznych kryteriów optymalizacyjnych, które zależą od specyfiki pracy instalacji, jej kształtu oraz celów przed nią stawianych. Kryteria te mogą wymuszać optymalną pracę systemu w danym momencie. Przykładowo: jeśli system wyposażony jest w więcej niż jeden silnik i więcej niż jedną chłodziarkę, kryterium optymalizacyjne, analizując aktualne dane, może zdecydować o pracy źródła w sposób minimalizujący koszty energii dla odbiorcy – wybrać tylko jeden silnik i tylko jedną chłodziarkę, bądź całkowicie wyłączyć źródło.

Skomplikowanie kryteriów rośnie wraz ze stopniem zaawansowania technicznego instalacji

kogeneracyjnej czy trójgeneracyjnej, ale wśród podstawowych kryteriów można wyróżnić:

- **kryterium kosztu pracy** – koszt wytworzenia mediów przez źródło trójgeneracyjne w danej chwili jest na bieżąco porównywany z kosztem alternatywnym, np. zakupu energii elektrycznej z sieci, wytworzenia ciepła czy chłodu przy użyciu systemu konwencjonalnego. Jeśli koszt pracy źródła trójgeneracyjnego w optymalnym wariantcie pracy jest wyższy od kosztu alternatywnego, źródło jest zatrzymywane;
- **kryterium zużycia energii pierwotnej** – zużycie energii pierwotnej źródła trójgeneracyjnego w danej chwili jest na bieżąco porównywane ze zużyciem energii pierwotnej przy wykorzystaniu energii elektrycznej, ciepła i chłodu z dostępnych źródeł, np. energii elektrycznej z sieci. Jeśli zużycie energii pierwotnej źródła trójgeneracyjnego w optymalnym wariantcie pracy jest wyższe, źródło jest zatrzymywane;
- **kryterium ograniczenia emisji CO₂ do atmosfery** – emisja CO₂ przez źródło trójgeneracyjne w danej chwili jest porównywana z emisją CO₂ w wypadku wykorzystania energii elektrycznej, ciepła i chłodu z dostępnych źródeł. Jeśli emisja CO₂ źródła trójgeneracyjnego w optymalnym wariantcie pracy jest większa, źródło jest zatrzymywane.

Można wskazać jeszcze wiele innych, dodatkowych kryteriów, takich jak: obniżenie kosztów energii zużywanej przez instalację, obniżenie ilości energii kupowanej z sieci, ograniczenie

zużycia wody czy zwiększenie poziomu bezpieczeństwa dostawy energii.

! Kryteria optymalizacyjne, szczególnie w obszarze kosztów pracy, zależą w dużej mierze od ram prawnych, w których pracuje instalacja – np. we Włoszech znane są kryteria umożliwiające pracę źródeł tylko w wypadku możliwości sprzedaży energii elektrycznej do sieci powyżej ustalonego kosztu.

Ciekawym przypadkiem kryteriów optymalizacyjnych są algorytmy optymalizujące pracę poszczególnych elementów systemu. O ile strategia pracy źródła odpowiada za dostosowanie mocy kompletnego układu do zapotrzebowania na wiodące medium, a kryteria pracy za wybór optymalnego kształtu pracy źródła oraz podjęcie decyzji o jego włączeniu bądź wyłączeniu, to algorytmy optymalizacyjne, bazując na już ustalonych kryteriach, prowadzą np. do poprawy parametrów pracy systemów wchodzących w skład źródła. Doskonałym przykładem jest tutaj układ chłodziarki absorpcyjnej oraz wieży chłodniczej, którego zachowanie przy obciążeniach częściowych pozwala na zmniejszenie lub zwiększenie zużycia ciepła z układu kogeneracyjnego, umożliwiając wykorzystanie go do innych celów, bądź zmniejszenie ilości ciepła wysokoparametrowego odprowadzanego do atmosfery za pomocą awaryjnych układów chłodzenia. Wdrożenie tego rodzaju kryterium optymalizacyjnego zestawu urządzeń, zaimplementowane w formie prostego algorytmu sterowania, będzie miało istotny wpływ zarówno na efekty strategii pracy, jak i na wyniki znanych kryteriów optymalizacyjnych.

Co sprawdza się w naszym kraju?

W Polsce przy wykorzystaniu źródeł skojarzonej produkcji energii stosuje się głównie strategię pokrycia zapotrzebowania na ciepło (PZC). Wynika to przede wszystkim z takich uwarunkowań, jak:

- możliwość wprowadzania nadmiaru energii elektrycznej do sieci;
- przymus odprowadzania nadmiaru ciepła do atmosfery;
- stosunkowo stały współczynnik skojarzenia układów kogeneracyjnych, rozumiany jako stosunek produkowanego ciepła na jednostkę wyprodukowanej energii elektrycznej.

Ciepło nie ulega zatem odprowadzeniu do atmosfery, a ilość wyprodukowanej energii elektrycznej zależy od ilości wyprodukowanego ciepła. Wymusza to pracę źródła kogeneracyjnego ze zmiennym obciążeniem w ciągu doby czy roku, z mocą elektryczną daleką od nominalnej. Zwiększenie zapotrzebowania na ciepło może w tym przypadku przynieść bardzo dobre efekty.

! Jeśli przy zastosowaniu strategii PZC zwiększy się zapotrzebowania na ciepło, np. na cele produkcji chłodu, to możliwe będzie zwiększenie ilości produkowanej energii elektrycznej, a jednocześnie – obniżenie jednostkowego kosztu eksploatacyjnego oraz znaczące obniżenie zapotrzebowania na energię elektryczną na potrzeby produkcji chłodu.

Model modernizacji z CHP do CCHP

Aby przeanalizować korzyści, jakie może przynieść modernizacja układu kogeneracyjnego do trójgeneracyjnego, opracowano model takiej modernizacji, w którym wykorzystano dane dotyczące faktycznego zużycia ciepła i chłodu przez budynek biurowy zlokalizowany w województwie mazowieckim. Założono możliwość modernizacji maszynowni tego obiektu, wyposażonej w układ kogeneracyjny, zasilany gazem ziemnym, o mocy elektrycznej 1,1 MW i ciepłowniczej 1,34 MW, oraz w konwencjonalną chłodziarkę sprężarkową o mocy 1 MW – poprzez instalację bromolitowej chłodziarki absorpcyjnej produkującej chłód do celów klimatyzacyjnych. Dalsze założenia do modernizacji i analizy:

- przyjęto, że istniejący układ kogeneracyjny został zaprojektowany do pokrycia całego zapotrzebowania na ciepło w cyklu rocznym, a jego sprawność sumaryczna to 90%, równo podzielona między sprawność elektryczną i ciepłowniczą;
- jako strategię pracy źródła przyjęto pokrycie zapotrzebowania na ciepło, bez uwzględnienia kryteriów czy algorytmów optymalizacyjnych; nadmiarowa ilość ciepła jest odprowadzana przez awaryjny układ chłodzenia, zlokalizowany poza granicą bilansową (przy obliczeniu sprawności rzeczywistej układu modelowego uwzględniono tylko ciepło wykorzystane);
- moc chłodziarki absorpcyjnej ma w pełni pokrywać zapotrzebowanie na chłód budyn-

ku; przy doborze mocy uwzględniono dostępną temperaturę wody gorącej pochodzącej z układu kogeneracyjnego oraz wymaganą temperaturę i ilość wody lodowej do celów klimatyzacyjnych; chłodziarka ma wytwarzać taką samą temperaturę wody lodowej jak istniejący układ sprężarkowy;

- zakres regulacji układu przeanalizowano dwuvariantowo – raz dla jego mocy minimalnej równej 30%, z możliwością regulacji mocy co 10% (wariant 1), oraz ponownie dla minimalnej mocy układu równej 25%, z możliwością regulacji do 50, 75, 90 i 100% mocy nominalnej (wariant 2, częścię stosowany).

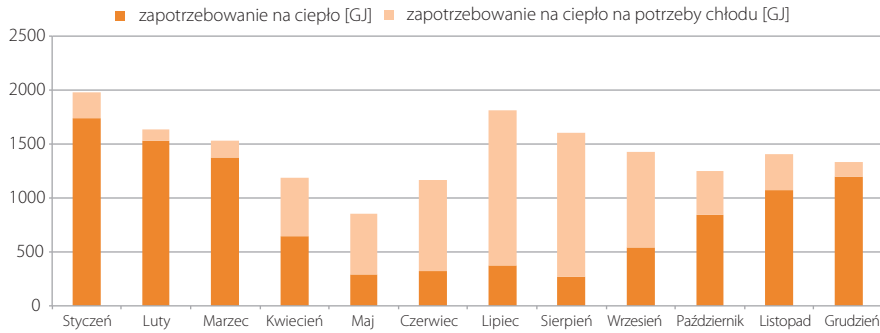
Dzięki założeniu, że źródło będzie pracować z wykorzystaniem strategii pracy pokrycia zapotrzebowania na ciepło oraz bez dodatkowych kryteriów czy algorytmów optymalizacyjnych, możliwa była pełna ocena efektów modernizacji. Inną, stosowaną na świecie metodą modernizacji źródła kogeneracyjnego do trójgeneracyjnego jest obliczenie ilości nadmiarowego ciepła w cyklu eksploatacyjnym oraz – na bazie kryteriów obejmujących maksymalizację stopy zwrotu z inwestycji oraz minimalizację zużytej energii pierwotnej – dobór chłodziarki pracującej na potrzeby pokrycia stałego, bazowego zapotrzebowania na chłód obiektu. Zapotrzebowanie szczytowe pokrywane jest w takim wypadku przez istniejące agregaty sprężarkowe, zastąpione przez chłodziarkę absorpcyjną.

Efekty modernizacji

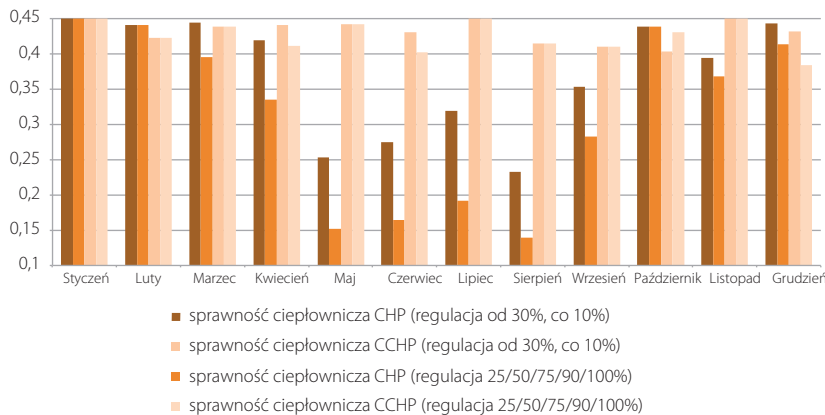
Stworzony model modernizacji, wykorzystujący rzeczywiste dane, pozwolił na dokładne porównanie sytuacji przed i po modernizacji (wyniki na wykresach) w zakresie:

- średniorocznej sprawności produkcji energii elektrycznej i ciepła dla układu kogeneracyjnego i trójgeneracyjnego;
- zapotrzebowania na energię elektryczną do celów klimatyzacyjnych.

Zmiana profilu zapotrzebowania na ciepło i wzrost produkcji ciepła. Pierwszym krokiem do obliczenia sprawności średniorocznej wytwarzania energii elektrycznej i ciepła z układu kogeneracyjnego pracującego ze strategią pokrycia zapotrzebowania na ciepło jest poznanie profilu zapotrzebowania na ciepło. W naszym modelu profil ten został przygotowany na podstawie rzeczywistych danych zużycia ciepła. Roczne zużycie ciepła produkowanego przez układ kogeneracyjny dla budyn-



2. Zapotrzebowanie na ciepło na potrzeby centralnego ogrzewania, ciepłej wody użytkowej i produkcji chłodu



3. Sprawność cieplownicza układu kogeneracyjnego i trójgeneracyjnego dla dwóch wariantów regulacji

ku modelowego wynosiło 10 200 GJ, osiągając maksimum w styczniu (1738 GJ) i minimum w maju (270 GJ). W polskich warunkach jest to tendencja spodziewana. Miesiące zimowe charakteryzują się najniższą temperaturą zewnętrzną, a przez to zapotrzebowanie na ciepło na cele grzewcze jest najwyższe. Jednocześnie, w miesiącach letnich, zapotrzebowanie na wodę gorącą ogranicza się do pokrycia zapotrzebowania na c.w.u. Modernizacja źródła kogeneracyjnego do trójgeneracyjnego w tym obszarze przyniosła zatem największe korzyści. W związku z tym, że szczyt zapotrzebowania na chłód na potrzeby klimatyzacji występuje w naszym kraju latem, instalacja chłodziarki absorpcyjnej, która do produkcji chłodu używa głównie ciepła, doprowadziła do znaczącego wzrostu zapotrzebowania na wodę gorącą w tym okresie. W maju (wcześniej najbardziej deficytowy miesiąc jeśli chodzi o zapotrzebowanie na ciepło) wzrosło ono z 270 GJ do 853 GJ, osiągając maksimum w lipcu – tylko na potrzeby chłodu wymagane było aż 1438 GJ ciepła. Do ciekawej sytuacji doszło w styczniu, kiedy to zapotrzebowanie na ciepło na potrzeby chłodu, powiększone o zapotrzebowanie

na ciepło na potrzeby grzewcze, przewyższyło moc zainstalowaną układu kogeneracyjnego. Po modernizacji układu kogeneracyjnego do trójgeneracyjnego roczna produkcja ciepła wzrosła z 10 200 GJ do 17 167 GJ, a więc aż o około 60%. Szczegółowe wyniki zaprezentowano na rys. 2.

Wzrost sprawności średniorocznej. Kolejnym krokiem przy obliczaniu średniorocznej sprawności produkcji energii było obliczenie sprawności wytwarzania energii elektrycznej i ciepła dla kolejnych miesięcy pracy układu. Obliczenie przeprowadzono dla dwóch wymienionych wcześniej wariantów regulacji systemu, przed i po modernizacji z układu kogeneracyjnego do trójgeneracyjnego. Założono przy tym, że:

- sprawność produkcji energii elektrycznej dla obciążeń częściowych jest taka sama jak dla obciążenia nominalnego (założenie korzystne, jeśli weźmie się pod uwagę specyfikę pracy dostępnych na rynku układów kogeneracyjnych);
- całość energii elektrycznej wyprodukowanej przez układ kogeneracyjny zostaje zużyta bądź wprowadzona do sieci.

Jednocześnie, w wypadku ciepła, w związku z pracą systemu przy strategii pokrycia zapotrzebowania na ciepło, przyjęto najbliższy punkt pracy pozwalający na pokrycie zapotrzebowania. Analiza wykazała, że po modernizacji systemu kogeneracyjnego do trójgeneracyjnego dla każdego z wariantów regulacji układu osiąga się wyższą sprawność średnioroczną, a konkretnie:

- dla wariantu 1, zakładającego regulację układu kogeneracyjnego od 30% w przedziałach 10%, sprawność sumaryczna przed modernizacją wynosiła 82,2%, a po modernizacji 88,22%;
- dla wariantu 2, zakładającego regulację układu kogeneracyjnego w zakresie 25, 50, 75, 90 i 100%, sprawność sumaryczna przed modernizacją wynosiła 76,44%, a po modernizacji 87,56%.

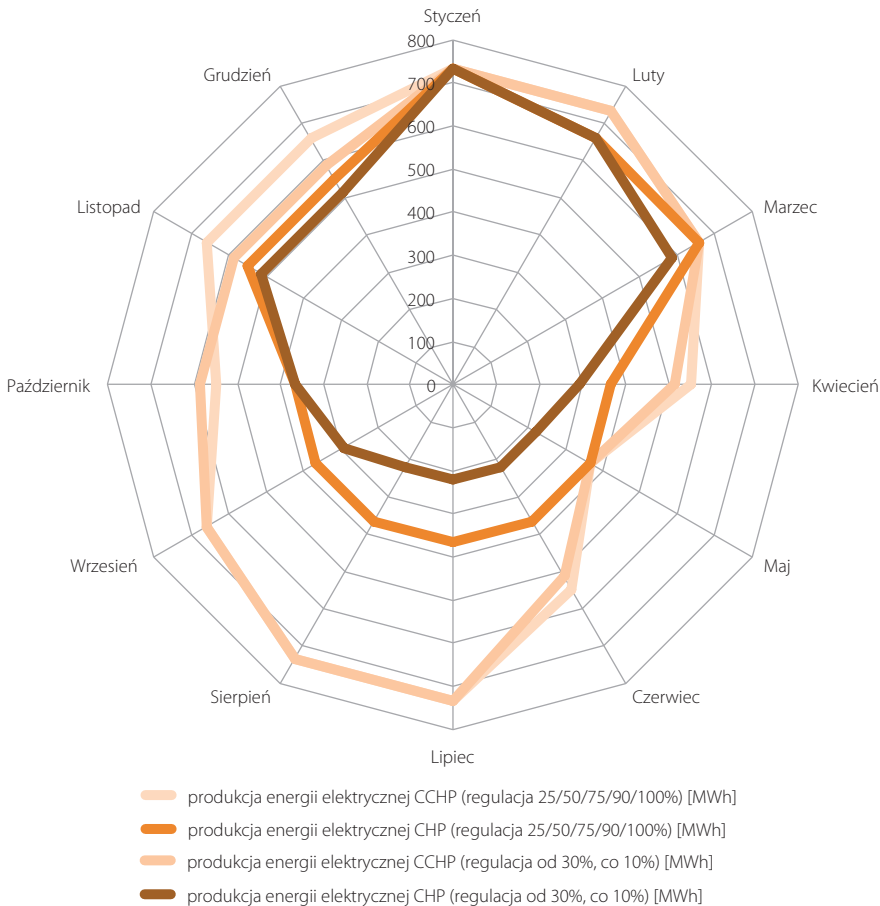
Wzrost sprawności widoczny jest szczególnie w miesiącach letnich i wynika głównie z dociążenia układu dodatkową mocą w najbardziej deficytowych momentach. Sprawności cieplownicze układu przed i po modernizacji dla obu wariantów regulacji pokazuje rys. 3.

Wzrost produkcji energii elektrycznej.

Następnie obliczono produkcję energii elektrycznej z układu kogeneracyjnego i trójgeneracyjnego. Warto zaznaczyć, że wielkość tej produkcji (przy pełnym wykorzystaniu wyprodukowanego ciepła) ma bezpośredni wpływ na efektywność inwestycji. Wyższa produkcja oznacza rozłożenie kosztów stałych i nakładów eksploatacyjnych na więcej jednostek energii, a ponadto umożliwia pokrycie większej części zapotrzebowania na energię w budynku i ograniczenie zakupu energii z sieci.

W tym wypadku także przeprowadzono obliczenia dla obu wariantów regulacji, przed i po modernizacji (rys. 4). Okazało się, że przed modernizacją układ był w stanie wyprodukować 4840 bądź 5720 MWh energii elektrycznej (odpowiednio dla wariantu 1 i 2), natomiast po dodaniu bromolitowego agregatu absorpcyjnego 7407 bądź 7590 MWh (odpowiednio dla wariantu 1 i 2).

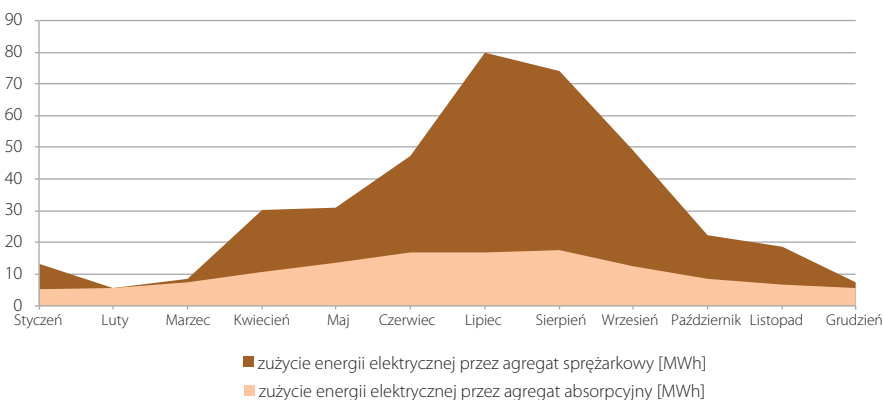
Wykres na rys. 4 prezentuje produkcję energii elektrycznej w każdym z miesięcy roku dla obu wariantów pracy układu, przed i po modernizacji. Miesiące rozmieszczone są na obwodzie wykresu. Dla każdego z nich obliczono produkcję energii elektrycznej oraz połączono ją z produkcją z kolejnego miesiąca, tworząc obszary zamknięte. Im mniejsze pole obszaru, tym mniejsza jest roczna produkcja energii elektrycznej.



4. Produkcja energii elektrycznej z układu kogeneracyjnego przed i po modernizacji, z uwzględnieniem wariantów regulacji

Dzięki wykresowi wyraźnie widać, że w miesiącach zimowych układ kogeneracyjny produkuje tyle samo energii elektrycznej co układ trójgeneracyjny, ponieważ zapotrzebowanie na ciepło do produkcji chłodu jest bardzo małe albo nie występuje. W miesiącach letnich zaznacza się natomiast wyraźna przewaga układu trójgeneracyjnego.

Ograniczenie zużycia energii elektrycznej na cele klimatyzacji. Różnice w produkcji energii elektrycznej to nie jedyna korzyść z modernizacji. Zastąpienie konwencjonalnego układu sprężarkowego, wykorzystującego do produkcji chłodu głównie energię elektryczną, układem z agregatem absorpcyjnym, który wykorzystuje głównie ciepło, pozwala także



5. Zapotrzebowanie na energię elektryczną do celów produkcji chłodu

ograniczyć zapotrzebowanie na energię elektryczną na potrzeby klimatyzacji. Porównano zatem zużycie energii elektrycznej przez agregat sprężarkowy ze spodziewanym jej zużyciem przez agregat absorpcyjny. W analizie uwzględniono dodatkowe zużycie energii elektrycznej przez wieżę chłodniczą oraz pompy wody chłodzącej pracujące na potrzeby agregatu absorpcyjnego (agregat sprężarkowy nie potrzebuje do pracy wieży chłodniczej). Wyniki pokazały, że dzięki modernizacji zużycie energii elektrycznej na cele produkcji wody lodowej do celów klimatyzacyjnych zostało ograniczone z 387 MWh do 128 MWh rocznie, a więc ponad trzykrotnie. Szczegółowe dane zaprezentowano na rys. 5.

Nasz uproszczony model modernizacji, stworzony na bazie rzeczywistych danych eksploatacyjnych, pokazał, że niezależnie od przyjętego wariantu regulacji układu, rozbudowa źródła kogeneracyjnego do trójgeneracyjnego zapewni w analizowanym przypadku:

- wzrost średniorocznej sprawności wytwarzania energii o 6-9%;
- zwiększenie produkcji energii elektrycznej o 1870-2567 MWh;
- ograniczenie zapotrzebowania na energię elektryczną do celów klimatyzacyjnych o 259 MWh.

Zastosowanie agregatu absorpcyjnego (zamiast chłodziarki sprężarkowej) przyczynia się zatem do poprawy efektywności wytwarzania energii i powinno być brane pod uwagę każdorazowo przy inwestycjach polegających na instalacji układu kogeneracyjnego. Oczywiście, aby precyzyjnie i w pełni ocenić wpływ rozbudowy systemu do trójgeneracyjnego, trzeba skonstruować szczegółowy model układu oraz rozważyć strategię pracy rozszerzoną o kryteria i algorytmy optymalizacyjne. Jak wspomniałem wcześniej, przeprowadzenie modernizacji i późniejsza eksploatacja źródła skojarzonego wytwarzania energii bez ściśle określonej strategii pracy układu oraz kryteriów optymalizacyjnych nie przyniesie zakładanych efektów. ■

O AUTORZE

dr inż. Marcin Malicki, dyrektor ds. technologii w New Energy Transfer S.A., kier. naukowy projektów badawczo-rozwojowych, autor publikacji i współtwórca wynalazków. Koncentruje się na zagadnieniach dotyczących poprawy efektywności energetycznej układów skojarzonych z wykorzystaniem technologii sorpcyjnych.

