WYDAWNICTWO SIGMA-NOT

Cena 30,00 zł (w tym 5% VAT)

12
2017
(rok LII)
ISSN 0009-4919
e-ISSN 2449-9390

CHŁODNICTWO

KLIMATYZACJA • WENTYLACJA • AUTOMATYKA • SERWIS • TECHNOLOGIA PRZECHOWALNICZA

WARRANTY CABERO 2 · PERFORMANCE CABERO WARRANTY · ENERGY CABERO SAVING · GUARD ANTI CABERO COOLING GOODS

CHŁODNICE NA BEZPOŚREDNIE ODPAROWANIE AMONIAKU

LNS® www.lns.com.pl

MINISTRY OF REFRIGERATION

Rozwiązania instalacji chłodniczych zwiększające efektywność energetyczną w mleczarniach

Technical solutions for refrigeration plants increasing energy efficiency in creameries

dr inż. Stefan Reszewski
Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczno-Energetyczny, Katedra Termodynamiki, Teorii Maszyn i Urządzeń Cieplnych

DOI: 10.15199/8.2017.12.2

W artykule przedstawiono przykład realizacji instalacji chłodniczej zawierającej uzasadnione pod kątem energetycznym ulepszenia. Instalacja chłodnicza której dotyczy artykuł jest instalacją przemysłową i ma duże szanse na realizację ponieważ ma zastąpić ponad 40-letnią istniejącą instalację chłodniczą. Nowa instalacja chłodnicza będzie już uzbrojona w instalacje zwiększające efektywność energetyczną całego obiektu.

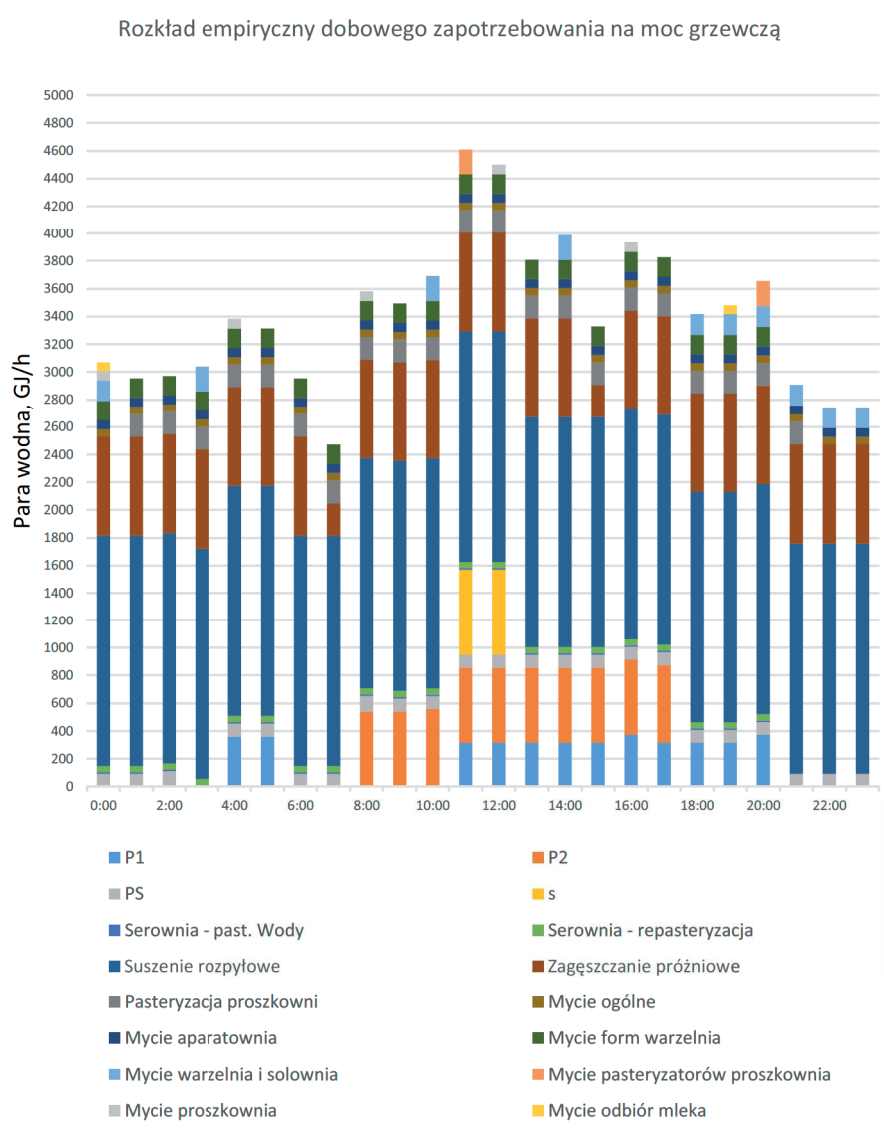
Słowa kluczowe: audyt energetyczny, oszczędności energii pierwotnej, uniknięta emisja CO_2, odzysk ciepła, system free-cooling

The paper presents the example of industrial refrigeration plant containing the modifications which can lead decreasing of energy consumption and CO2 emission. The design can be approved because the existing more than 40 years old refrigeration plant should be replaced.

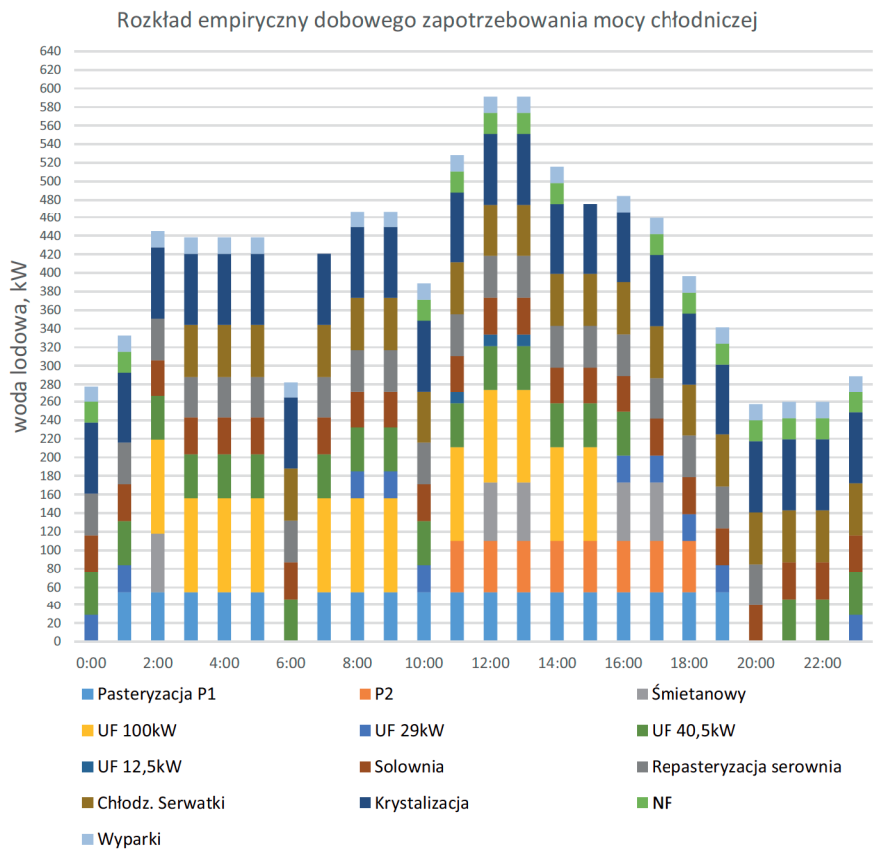
Key words: energy audit, original energy savings, avoided emission of CO_2, heat recovery, free-cooling

1. AUDYT ENERGETYCZNY PRZEDSIĘBIORSTWA

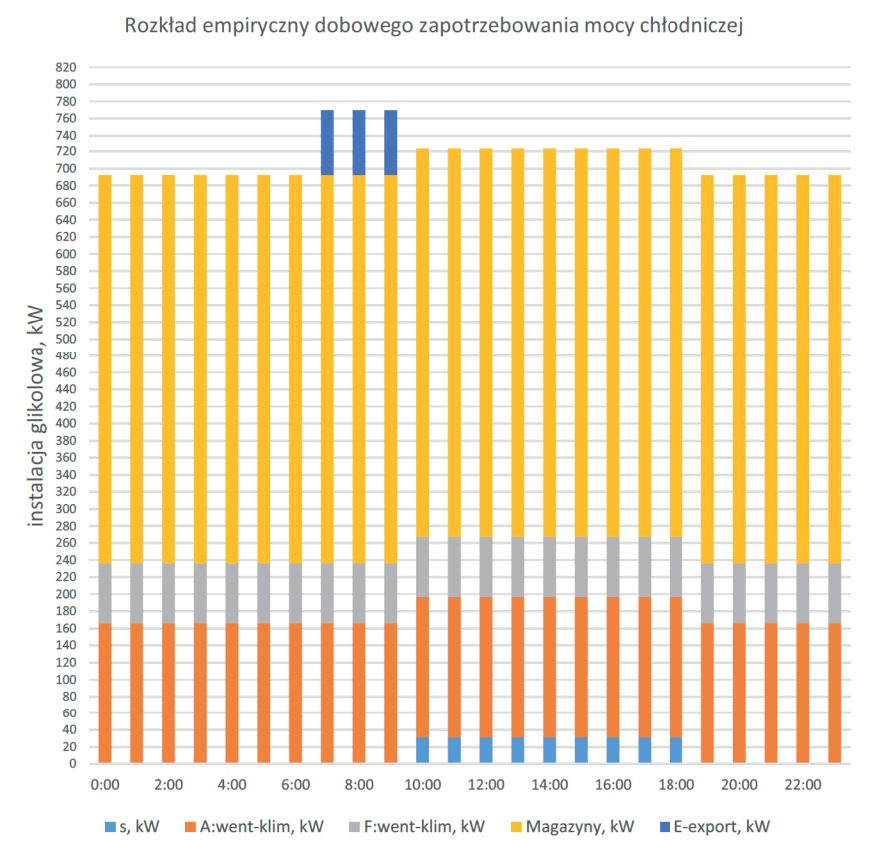
Bezpośrednim powodem, dla którego zakład zdecydował się na przeprowadzenie przebudowy instalacji chłodniczej był impuls zmuszający duże zakłady do realizacji audytu energetycznego. Ta regulacja prawna znalazła swoje odzwierciedlenie w Ustawie o efektywności energetycznej z dnia 20.05.2016 r. [1]. Przeprowadzony audyt energetyczny określił aktualne zapotrzebowanie na moc chłodniczą, grzewczą oraz energię elektryczną dla zakładu mleczarskiego zarówno na cele



Rys. 1. Histogram przedstawiający zapotrzebowanie na moc grzewczą



Rys. 2. Histogram zapotrzebowania na moc chłodniczą odbiorników produkcji zakładu mleczarskiego zaopatrywanych w wodę lodową



Rys. 3. Histogram zapotrzebowania na moc chłodniczą magazynów oraz instalacji klimatyzacyjnej zakładu mleczarskiego zaopatrywanych w ziębiwo (wodny roztwór glikolu propylenowego)

produkcji, jak również na potrzeby bytowe. Rezultatem przeprowadzonych pomiarów oraz obliczeń są histogramy pokazujące zapotrzebowanie na moc chłodniczą oraz moc grzewczą w ciągu doby, co pozwoliło na określenie potencjalnych odbiorników ciepła odpadowego generowanego przez instalację chłodniczą, które za pomocą instalacji odzysku ciepła można z powodzeniem zagospodarować. Wskazano również jakie niezbędne usprawnienia instalacji chłodniczej należy wprowadzić aby osiągnąć cel zwiększenia efektywności energetycznej.

Przygotowanie histogramów jest konieczne aby możliwe było określenie charakteru pracy odbiorników ciepła i podjęcie trafnych decyzji przy zagospodarowywaniu ciepła odpadowego.

Na rysunkach 1, 2 i 3 przedstawiono histogramy, które otrzymano w wyniku obliczeń i pomiarów. Zakład dysponuje kotłownią węglową obsługującą wszystkie odbiorniki mocy grzewczej. Nośnikiem ciepła jest para wodna, która w części jest wykorzystywana do bezpośredniego transferu ciepła. W większości odbiorników jednak odbiornikami ciepła są wymienniki płytowe i instalacje grzewcze wodne. Zakład zrealizował systemy odzysku ciepła z instalacji grzewczych dzięki czemu nawet przed realizacją audytu energetycznego zracjonalizował gospodarowanie moc grzewczą. Do poprawy niestety pozostała instalacja chłodnicza, która w zasadzie pozostała bez większych zmian od ponad 40 lat.

Na rysunku 2 przedstawiono histogram zapotrzebowania na moc chłodniczą dla odbiorników produkcji, które zasilane są wodą lodową o temperaturze +10°C przygotowywaną w dwóch akumulacyjnych chłodniach wody, których parowniki są zasilane R717 z osuszacza centralnego.

Rysunek 3 przedstawia histogram obciążenia instalacji magazynów, która została wykonana w systemie pośrednim zamkniętym ciśnieniowo. Ziębiwem w tej instalacji jest wodny roztwór glikolu propylenowego o stężeniu 37%. Ziębiwo jest schładzane do temperatury docelowej w wymienniku płytowym R717/ ziębiwo a zasilanie tego odbiornika mocy chłodniczej podobnie jak akumulacyjnych chłodni wody jest realizowane z osuszacza

centralnego. Jak wynika z histogramu obciążenie cieplne magazynów zmienia się w nieznacznym stopniu i wynika z zysków ciepła przez przegrody budowlane, wychładzania produktów składowanych w magazynach oraz z tytułu aeracji.

2. OPIS ŹRÓDŁA MOCY CHŁODNICZEJ ZAKŁADU

W audytowanym zakładzie występuje instalacja chłodnicza produkująca dwa rodzaje mediów o różnych temperaturach docelowych:

– woda lodowa wytwarzana w akumulacyjnych chłodniach wody. Woda kierowana na cele chłodnicze procesowe w założeniu powinna mieć +1°C i wynika z kontaktu wody z lodem narastającym na wymiennikach wężownicowych akumulacyjnych chłodni wody (AOW). Powracająca woda do zbiorników z urządzeń produkcyjnych ma temperaturę od 8°C do 15°C w zależności od obciążenia,

– wodny roztwór glikolu propylenowego o temperaturze na zasilaniu odbiorników mocy chłodniczej -2°C. Temperatura glikolu na wlocie do parownika chillera według założeń projektowych to +4°C.

Źródłem mocy chłodniczej dla obu mediów są następujące maszyny chłodnicze:

– zestaw sprężarkowy pracujący z NH_3 jako czynnikiem chłodniczym składający się z czterech sprężarek chłodniczych tłokowych 10 W 92SA sztuk 4, 1974 r, moc silnika 55 kW, o łącznej mocy chłodniczej 440 kW. (Dane na temat mocy sprężarek określone są dla temperatury odparowania -15°C i skraplania +35°C), obsługujący dwie akumulacyjne chłodnie wody produkcji Mostostal Wrocław typ OZWWOF200 – Moc parowników akumulacyjnych chłodni wody to 2 × 220 kW.

Dodatkowo zestaw ten został rozbudowany o sprężarkę śrubową, o mocy chłodniczej 410 kW pracującą wraz ze sprężarkami tłokowymi na osuszacz centralny, z którego zasilane są zarówno parowniki (AOW) jak i wymiennik płytowy przygotowujący glikol o temperaturze -2°C, o wydajności 620 kW. W kolejnym etapie rozbudowano instalacje NH_3 o wymiennik płytowy

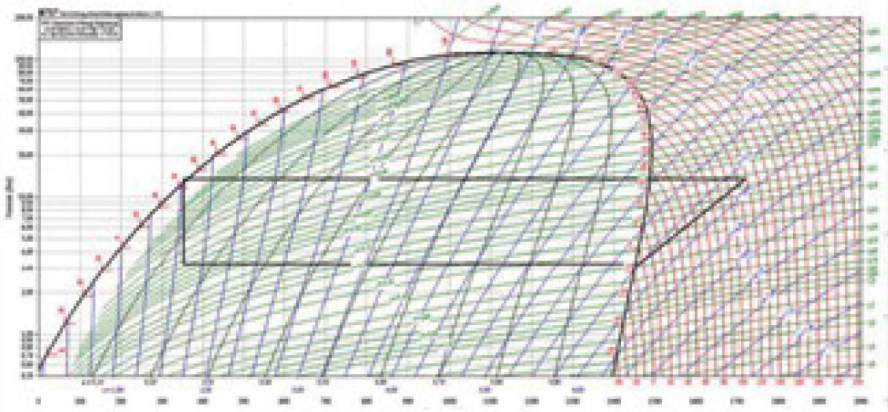
Rys. 4. Ciśnienia pracy zestawu sprężarkowego instalacji chłodniczej

dochładzający wodę na powrocie do akumulacyjnych chłodni wody o mocy chłodniczej 550 kW. Zestaw wyżej wymienionych urządzeń jest obsługiwany przez dwa skraplacze natryskowo wyparne.

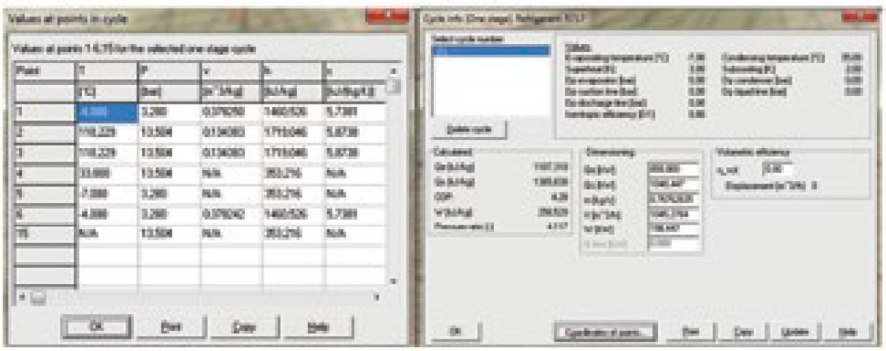
Moc chłodnicza zestawu sprężarkowego to 1107 kW dla temperatury odparowania -7°C i skraplania +35°C. Moc chłodnicza odbiorników (parowników) jest znacznie większa i wynosi 1610 kW.

3. ANALIZA PRACY INSTALACJI CHŁODNICZYCH I OKREŚLENIE PROBLEMÓW

Instalacja chłodnicza została rozbudowana o chiller aby pokryć deficyt mocy zestawu sprężarkowego. Niestety w dalszym ciągu rozbudowa źródła mocy chłodniczej nie jest odczuwalna ponieważ po rozbudowie dostępne jest około 1250 kW, natomiast moc parowników jest w dalszym ciągu zestawu jest znacznie większa. Zapoznając się ze specyfiką pracy zakładu czemu służą sporządzane histogramy można zauważyć, że należałoby rozbudować instalację chłodniczą w części akumulacyjnych chłodni wody jeżeli miałby zostać osiągnięty pożądany efekt ziębienia we wszystkich odbiornikach mocy chłodniczej. Z histogramu rys. 2 zapotrzebowania na moc chłodniczą instalacji AOW wynika, że brakuje cza-



Rys. 5. Odwzorowanie obiegu ziębienia instalacji na wykresie lgp-h w aktualnych warunkach pracy



Rys 6. Wartości parametrów pracy dla charakterystycznych punktów obiegu ziębienia istniejącego zestawu sprężarkowego

su na zakumulowanie mocy chłodniczej w lodzie aby możliwe było pokonanie piku zapotrzebowania na moc chłodniczą występującego w godzinach od 11.00 do 16.00.

Wyniki audytu wskazują, że deficyt mocy chłodniczej ujawnia się na instalacji chłodniczej wodnej obsługującej produkcję:

– przez 9 godzin na dobę,

– przez 5 godzin zapotrzebowanie jest podobne do mocy chłodniczej, którą może pokryć zestaw sprężarkowy obsługujący akumulacyjne chłodnie wody,

– przez 4 godziny zapotrzebowanie jest o około 15% mniejsze niż moc chłodnicza czterech sprężarek tłokowych Dębica.

– przez 6 godzin zapotrzebowanie jest o około 25% mniejsze niż moc chłodnicza czterech sprężarek tłokowych Dębica.

Z histogramu nr 3 odbiorników mocy chłodniczej instalacji glikolowej wynika, że praktycznie instalacja jest stale obciążona w okresie ciepłym i nie ma możliwości aby możliwe było odciążenie instalacji zestawu sprężarkowego. Cała moc chłodnicza generowana przez sprężarkę śrubową oraz cała moc dodatkowego chillera jest w pełni zaangażowana. Zapoznając się z dokumentacją instalacji odbiorników ziębiwa wynika, że zapotrzebowanie na moc chłodniczą konieczną do obsługi odbiorników zasilanych roztworem glikolu o temperaturze -2^{0}C to 994 kW (zainstalowana moc wymienników instalacji glikolowej). Z audytu wynika, że obciążenie maksymalne wynikające z kart doborowych może wystąpić gdy temperatura otoczenia przekroczy 30^{0}C. Przy wyższych temperaturach otoczenia obciążenie zyskami ciepła może nawet przekroczyć moc chłodnic przy wyższych temperaturach otoczenia, co będzie powodowało niedotrzymanie temperatur żądanych w wielu magazynach. Analizując pracę instalacji chłodniczej można dopatrzyć się również pewnych problemów, które mogą mieć znaczący wpływ na realizację efektu ziębienia:

– Obciążenie sprężarki śrubowej mocą chłodniczą wynika przede wszystkim z mocy parownika dochładzającego wodę powracająca do akumulacyjnych chłodni wody. Temperatura odparowania dla tego parownika jest wyższa niż dla parownika schładzającego roztwór glikolu. Wobec powyższego strumień masowy ziębnika będzie dzięki samoregulacji urządzenia chłodniczego kierowany do wymiennika dochładzającego wodę powracająca do akumulacyjnych chłodni wody hamując proces odbioru ciepła w wymiennikach (AOW) oraz parownika płytowego NH_3 – glikol propylenowy. Jest to spowodowane wyższym ciśnieniem parowania, które ustali się w układzie i deficytem strumienia ziębnika.

– Lód zalegający w akumulacyjnych chłodniach wody na głębokości poniżej 1 m wskazuje na brak wystarczającego strumienia masowego R717 oraz niewystarczającą cyrkulację wody opływającej parowniki wężownicowe. Akumulacyjna chłodnica wody powinna być równomiernie obciążona lodem, a sytuacja w której taki parownik jest częściowo zalodzony wskazuje na jej niepoprawną pracę. Ze względu na deficyt strumienia ziębnika odparowanie następuję jedynie w dolnej części (AOW) i tam efekt narastania lodu jest wynikiem odparowania R717. Nierównomierność pokrycia lodem wymienników powoduje kolejny problem jakim jest brak odbioru mocy chłodniczej ze względu na nieodpowiednia cyrkulację wody w (AOW), za którą odpowiedzialne są mieszadła. W ostatnich latach producenci tego typu urządzeń odstąpili od stosowania mieszadeł i instalują pompy oraz odpowiednio ułożone kierownice, które mają za zadanie w pełni wykorzystać powierzchnię wymiany ciepła. Nie udało się zlokalizować czujnika narastania lodu w akumulacyjnych chłodniach wody, co może potwierdzać otrzymane informacje od maszynistów chłodniczych.

Jak wynika z histogramu zapotrzebowanie na moc chłodniczą instalacji glikolowej jest prawie stałe i wynosi od 680 kW do 730 kW. W czasie przeprowadzania audytu (miesiąc marzec 2017) to zapotrzebowanie było pokrywane przez wymiennik płytowy obsługiwany przez zestaw sprężarkowy oraz częściowo przez dodatkowy chiller o wydajności 408 kW. Ponieważ akumulacyjne chłodnie wody potrzebują wydajności ok 411 kW można byłoby przyjąć, że sprężarka śrubowa o wydajności 410 kW wraz z współpracującym z nią chillerem powinna obsłużyć zapotrzebowanie na moc wynikające z histogramu.

Wymiennik dochładzający wodę na powrocie do akumulacyjnych chłodni wody ma 550 kW wobec czego deficyt ujawniający się na instalacji glikolowej może wynosić około 300 kW w stosunku do obciążenia cieplnego przedstawionego na histogramie, a w przypadku temperatur otoczenia skrajnych powyżej 30^{0}C będzie się pogłębiał.

Podsumowując instalacja chłodnicza zakładu ma deficyt mocy zarówno po stronie (AOW) około 200 kW, jak również po stronie ziębiwa około 300 kW.

4. PROPONOWANE ULEPSZENIA INSTALACJI CHŁODNICZEJ

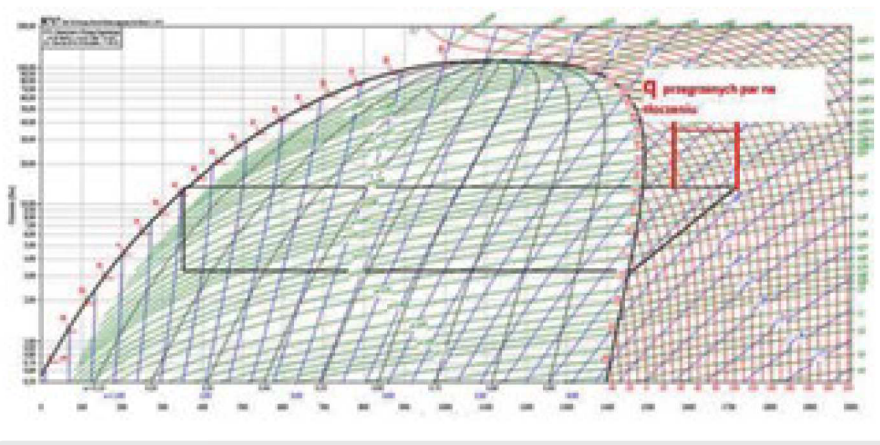
W celu rozwiązania problemów zaproponowano następujące rozwiązania. Projekt koncepcyjny zakładał realizację nowej instalacji chłodniczej w sposób modułowy przy czym proponowane były trzy identyczne moduły, z których jeden spełniałby funkcję szczytowego źródła mocy chłodniczej i w części byłby stałą rezerwą dla pozostałych o łącznej mocy 1980 kW (3 × 660kW).

Zaproponowano dwa warianty realizacji instalacji. Pierwszy (rys. 8) zakłada zastosowanie akumulacyjnych chłodni wody z bezpośrednim odparowaniem NH_3 w wymiennikach (AOW) oraz parownikach płytowych schładzających wodny roztwór glikolu monopropylenowego. Zaproponowano obieg pompowy z osuszaczem centralnym. Dzięki takiemu rozwiązaniu w sposób racjonalny wykorzystuje się moc chłodniczą, zwiększa bezpieczeństwo zakładu oraz możliwe jest niewielkie zmniejszenie napełnienia ziębnikiem instalacji (rys. 8). Zaproponowano zespół trzech agregatów skraplających NH_3 o mocy Q_0 = 660 kW × 3 = 1980 kW. Zestawy wyposażone w systemy odzysku ciepła z gorących par na tłoczeniu oraz z oleju sprężarkowego o mocy Qg= 110 kW × 3 = 330 kW. Jeden zestaw przewidziano jako częściową rezerwę na wypadek awarii lub rozbudowy instalacji odbiorników mocy chłodniczej. Zaproponowano realizację zestawów ze skraplaczami natryskowo wyparnymi. Odbiornikami mocy chłodniczej są trzy akumulacyjne chłodnie wody (AOW) o mocy łącznej 660kW oraz trzy parowniki płytowe skręcane NH_3/

glikol o mocy łącznej 1050 kW. Przewidziano realizację w systemie pompowym z centralnym osuszaczem. Każdy zestaw stanowi niezależny moduł, o którego uruchomieniu decyduje nadrzędny system sterowania oparty na stałym monitorowaniu aktualnego obciążenia instalacji odbiorczej mocy chłodniczej. Każdy agregat skraplający współpracuje z parownikami (AOW) o mocy 220 kW, parownikiem płytowym o mocy 350 kW, oraz wymiennikiem do odzysku ciepła przegrzanych par oraz z oleju sprężarkowego o mocy 110 kW. Na rysunku pokazano pojedynczy moduł instalacji źródła mocy chłodniczej.

Drugi wariant zakłada zastosowanie systemu pośredniego, w którym trzy amoniakalne urządzenia do schładzania cieczy realizują efekt ziębienia zarówno dla (AOW) jak i dla instalacji glikolowej magazynów.

Oba warianty zakładają zagospodarowanie ciepła odpadowego przegrzanych par oraz oleju sprężarkowego w do 330 kW podobnie jak w przypadku wariantu nr 1. Parowniki chillerów zaproponowano przygotować do systemu DX lub do pracy w systemie pompowym z centralnym osuszaczem POC. Na rys. 9 przedstawiono rozwiązanie takiego chillera w systemie DX. Moc urządzeń jest taka sama jak w przypadku wariantu 1 – Q_0 = 660 kW × 3 = = 1980 kW. Różnica zasadnicza jest realizacja akumulacyjnych chłodni wody w systemie pośrednim. W tym wypadku roztwór wodny glikolu monopropylenowego jest kierowany na wymienniki wężownicowe (AOW). Zasilanie wymienników wężownicowych -10°C, powrót - 6°C. Moc wymienników Q_0 = 220 kW × 3 = 660 kW. Zdolność akumulacji do 5000 kg lodu × 3 = = 15 000kg lodu – podobnie jak w przypadku wariantu 1. Zdecydowaną przewagą tego rozwiązania jest maksymalne zmniejszenie napełnienia instalacji NH_3, co jest pożądane przez zakład z racji braku wykwalifikowanych maszynistów chłodniczych w tym rejonie kraju. Wadą jest niewątpliwie pośredni system realizacji skutku chłodniczego na potrzeby (AOW). Nie mniej dzięki zastosowaniu sprzęgła hydraulicznego oraz regulacji jakościowej po stronie odbiorników glikolowych mocy chłodniczej ten niekorzystny aspekt zdecydowanie można ograniczyć.



Rys 7. Odwzorowanie obiegu na wykresie lgp-h dla istniejącego zestawu sprężarkowego z oznaczoną różnicą entalpii przegrzanych par na tłoczeniu

W jednym z kolejnych artykułów zostanie przedstawiony sposób w jaki oceniono wpływ różnic konstrukcyjnych instalacji na spodziewane koszty eksploatacji i omówiony zostanie sposób zminimalizowania różnicy wynikającej z różnych systemów.

Z odwzorowania obiegu ziębienia na wykresie lgp-h wynika, że temperatura pary NH_3 na tłoczeniu wynosi ok. 118°C co z powodzeniem pozwala na odbiór ciepła i przygotowanie medium grzewczego o temperaturze +70°C które można wykorzystać do przygotowania CWU na cele bytowe oraz gorącego medium do ogrzewania budynku biurowego lub tak jak się rekomenduje dla wstępnego podgrzewania wody dla kotłów parowych. Możliwe jest uzyskania stabilnego źródła ciepła o mocy:

$$\dot{Q}_g = \dot{m}_z \cdot q_g = \\ = 0{,}767\,\frac{kg}{s} \cdot 189\,\frac{kJ}{kg} = 144\,kW$$

Dzięki powyższemu zabiegowi możliwe jest zwiększenie współczynnika efektywności instalacji z 4,28 do 5,02 czyli o 17% ze względu na fakt, że ciepło zostanie zużyte na cele użyteczne dla zakładu.

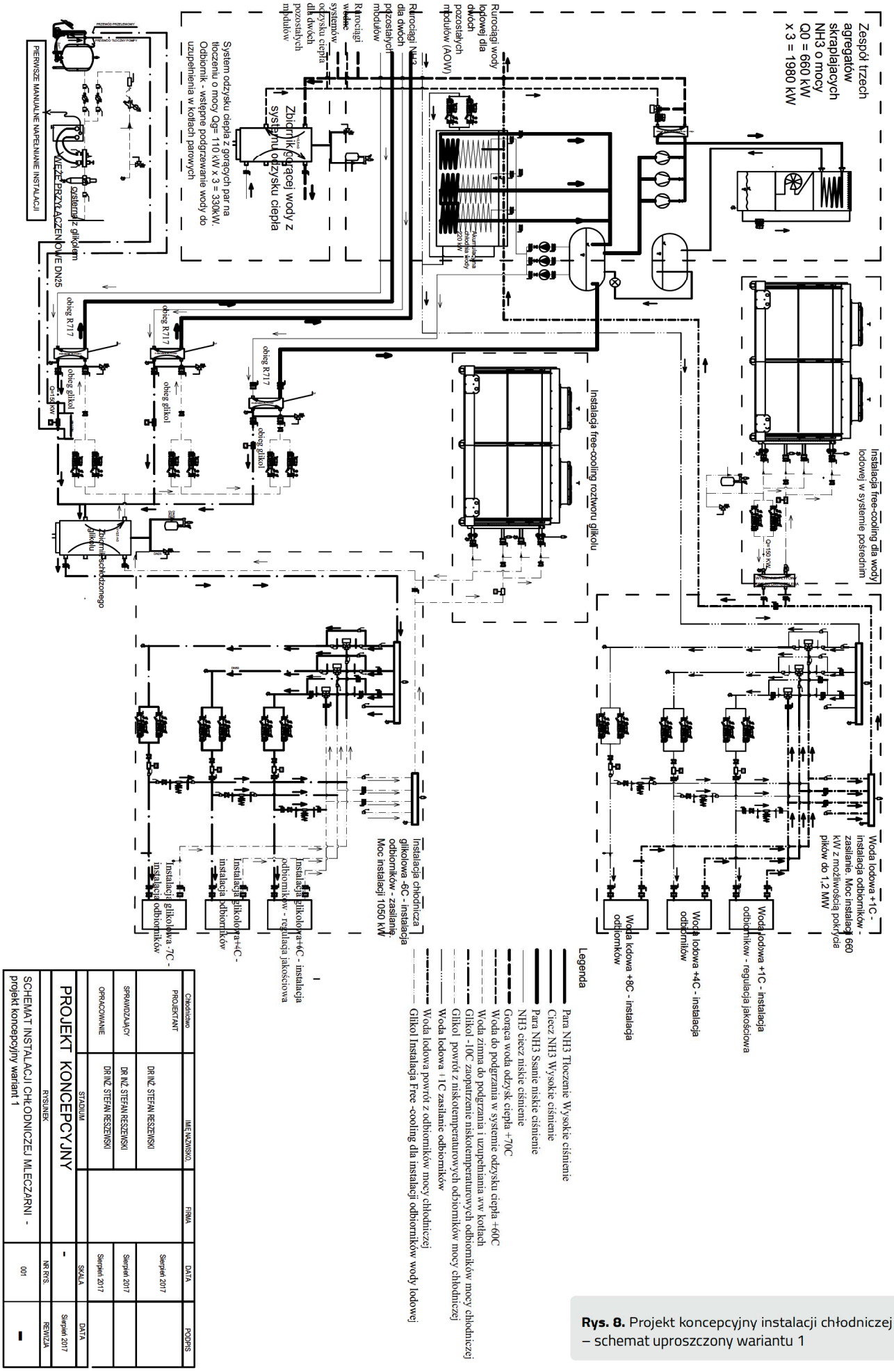
W rzeczywistości temperatura wynikająca z pomiarów dokonanych na samych sprężarkach istniejącego zestawu jest niższa niż 118°C. Odnotowano temperatury od 96°C do 100°C. Oznacza to, że różnica entalpii pary na tłoczeniu wyniesie ok 140 kJ/kg jednak w dalszym ciągu moc grzewcza będąca wciąż do dyspozycji będzie około $\dot{Q}_g$ = 110 kW, co powinno przełożyć się na znaczące oszczędności w ciągu roku. Współczynnik efektywności obiegu ziębno-grzejnego zwiększy się do wartości COP = 4,81, co oznacza jego wzrost o 13% i o tyle lepsze wykorzystanie energii pierwotnej do napędu instalacji chłodniczej.

Ze względu na fakt, że instalacja chłodnicza o mocy około 1000 kW będzie stale pracować aby utrzymać żądane temperatury w instalacji glikolowej oraz w instalacji wody lodowej oszczędności energii wynikające z zastosowania odzysku ciepła skierowanego na wstępne podgrzanie wody uzupełniającej do kotłów wyniesie w ciągu roku:

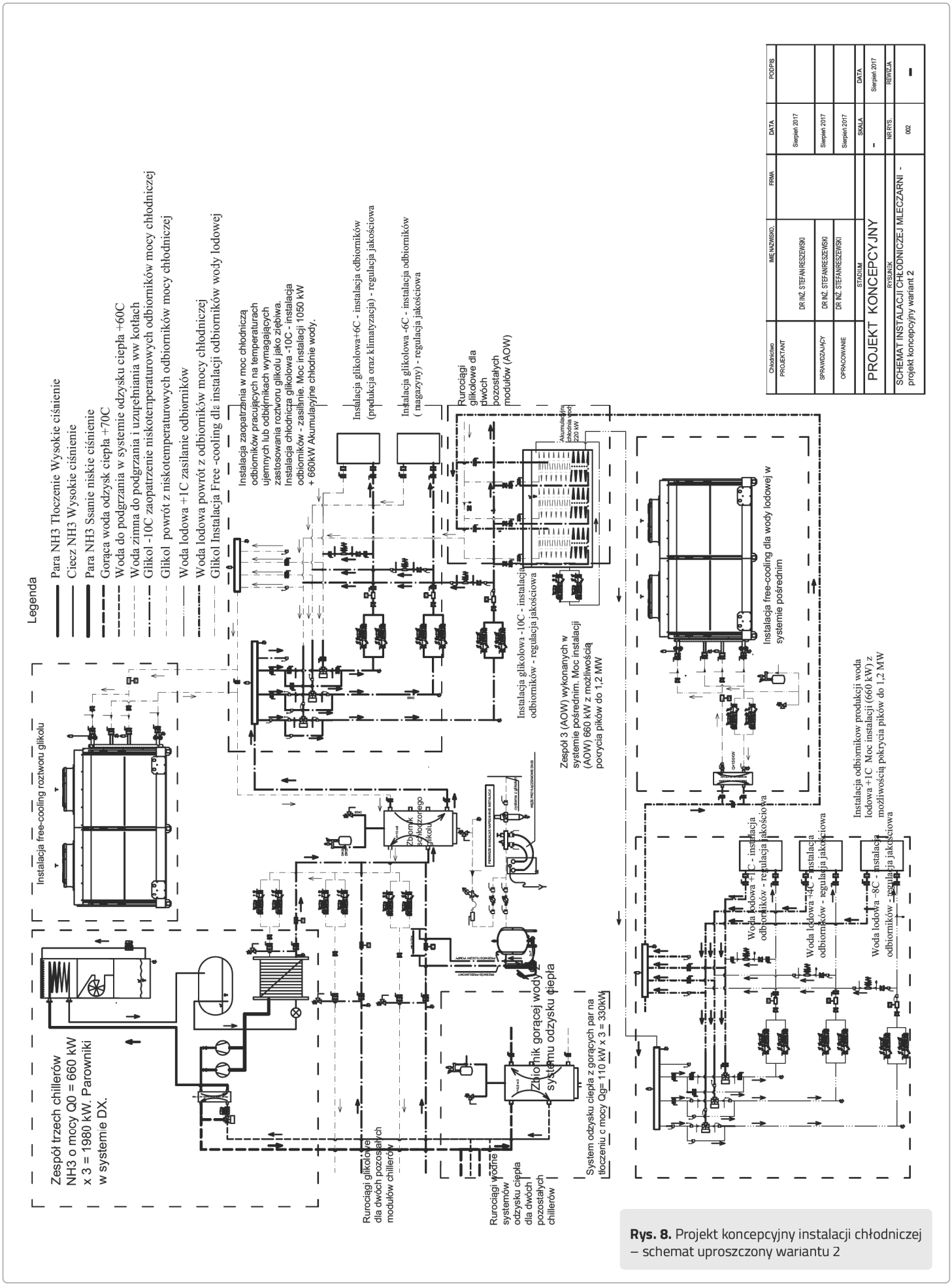
$$E = \dot{Q}_g \cdot 3600s \cdot 24 \cdot 365 = \\ = 110000 \cdot 24 \cdot 365 = 3469GJ$$

Odbiornikiem tego ciepła jest instalacja uzupełniania wody w kotłach parowych dzięki czemu można uniknąć emisji ze spalania węgla. Zastosowane ulepszenia instalacji chłodniczej przy wykorzystaniu ich we wskazanym miejscu dają możliwość zaoszczędzenia około 3469 GJ/rok ciepła generowanego w kotłach parowych, co przekłada się na zaoszczędzenie około 153,6 ton węgla/rok. Efekt przekłada się na uniknięta emisję CO_2 w ilości 36,6 ton [2].

W przypadku omawianego obiektu można realizować dalszą redukcję mocy generowanej przez kotłownię węglową pod warunkiem zastosowania pomp ciepła klasy woda/woda, dla których źródłem ciepła byłoby odpadowe ciepło skraplania. Wymaga to



Rys. 8. Projekt koncepcyjny instalacji chłodniczej – schemat uproszczony wariantu 1



Rys. 8. Projekt koncepcyjny instalacji chłodniczej – schemat uproszczony wariantu 2

jednak reorganizacji całej instalacji grzewczej zakładu po stronie odbiorników ciepła. Wobec powyższego nie rozważano takiej możliwości dla tego obiektu, co nie wyklucza takiego racjonalnego rozwiązania dla podobnych zakładów. W przedstawionym obiekcie jedynym odbiornikiem, który nadawałby się do zagospodarowania ciepła pochodzącego z pomp ciepła klasy woda/woda to wstępne podgrzewanie powietrza do wyparki. Do tego procesu można skierować nie więcej niż 241 kW mocy grzewczej co jednak przekłada się na duże oszczędności w ciągu roku. Ze względu na fakt, wyparka pracuje w trybie ciągłym przez cały rok oszczędności energii w ciągu roku wyniosą:

$$E = \dot{Q}_{odzysku} \cdot 3600s \cdot 24 \cdot 365 = \\ = 241000W \cdot 3600\,s \cdot 24 \cdot 365 = 7600GJ$$

Około 7600 GJ ciepła generowanego w kotłach parowych przekłada się na zaoszczędzenie około 336,6 ton węgla. Uniknięcie spalenia 336,6 ton węgla przekłada się na unikniętą emisję CO_2 w ilości 80 ton.

Kolejne zalecenia zwiększające efektywność instalacji chłodniczej dotyczyły zastosowania systemów free-cooling zarówno dla instalacji wody lodowej, jak i instalacji glikolowej.

Powrót wody lodowej z produkcji do akumulacyjnych chłodni wody proponuje się zaopatrzyć w wymienniki pływowe woda glikol propylenowy 35% aby w okresie zimowym możliwe było wykorzystanie niskiej temperatury powietrza zewnętrznego i w systemie pośrednim zrealizować free cooling schłodzić ją bez uruchamiania pełnej mocy instalacji chłodniczych. Temperatury powietrza zewnętrznego poniżej 0°C występują w lokalizacji zakładu przez około 3500 godzin w ciągu roku. Wobec tego istnieje możliwość wykorzystania ich występowania do realizacji instalacji free cooling. Powracającą wodę z procesów produkcyjnych o temperaturze od 13°C do 15°C można więc z powodzeniem ochłodzić o 3 do 5 K, co daje około 150 kW mocy chłodniczej możliwej do wygenerowania przez system free cooling. Dzięki temu możliwe byłoby wyłączenie minimum jednej ze sprężarek obsługujących akumulacyjną chłodnię wody. Dzięki temu możliwe jest wygenerowanie oszczędności w energii elektrycznej w skali roku:

$$E = (\Delta P) \cdot 3500\,h = \\ = 60\,kW \cdot 3500 = 210000\,kWh$$

Podobnie proponuje się postąpić z instalacjami glikolowymi z tą różnicą, że glikol powracający do parowników obsługiwanych przez instalacje chłodnicze najpierw byłby wprowadzany do Dry – coolerów lub wentylatorowych chłodni wody z wężownicowymi wymiennikami glikolowymi.

Temperatury powietrza zewnętrznego poniżej -5°C występują w lokalizacji zakładu przez około 700 godzin w ciągu roku. Powracający roztwór glikolu z procesów produkcyjnych oraz chłodnic obsługujących magazyny o temperaturze od 4°C do 6°C można więc ochłodzić o 3 K, co daje około 350 kW mocy chłodniczej możliwej do wygenerowania i dzięki temu możliwe byłoby wyłączenie minimum jednej ze sprężarek obsługujących wymienniki NH_3/roztwór glikolu. Możliwe do wygenerowania oszczędności w energii elektrycznej w skali roku:

$$E = (\Delta P) \cdot 700\,h = 150\,kW \cdot 700 = \\ = 105000\,kWh$$

Wskazano na możliwość zastosowania (AOW) z pompami cyrkulacyjnymi zamiast mieszadłami aby zmniejszyć zużycie energii. Mieszadła zastosowane w istniejących akumulacyjnych chłodniach wody mają moc 7 kW każde, co przy 8 mieszadłach daje 56 kW. Silniki pomp stosowanych aktualnie do wymuszenia cyrkulacji wody w (AOW) nowego typu wyniesie do 16 kW. Spodziewane oszczędności energii elektrycznej z tego tytułu w ciągu roku wyniosą:

$$E = (\Delta P) \cdot 24\,h \cdot 365 = \\ = 40\,kW \cdot 24\,h \cdot 365 = 350400\,kWh$$

Suma oszczędności energii elektrycznej w zakładzie po ewentualnej modernizacji z zastosowaniem proponowanych rozwiązań wyniesie około 665400 kWh = 665,4 MWh /rok z tytułu zastosowania pomp zamiast mieszadeł, oraz systemów free-cooling dla instalacji wody lodowej i glikolowej przekłada się na unikniętą emisję CO_2 w ilości 224,7 ton/rok.

Rezultat wynika z faktu, że dla projektów z grupy III (związanych z oszczędnością energii lub paliw) efekt ekologiczny w postaci ograniczenia emisji powinien być ustalony na podstawie ilości energii paliw i nośników zaoszczędzonych Ei oraz związanych z nimi wskaźników emisyjnych z tabeli: war, przy wykorzystaniu zależności: Wartości GWP dla wybranych substancji (według IPCC*) [3]

$$eCO_2 = \Sigma Ei{*}WE,CO_2 = \\ (665{,}400\ \mathrm{MWh}\ {*}3600s/1000){*} \\ 93{,}80\ \mathrm{kg/GJ} = \\ 224{,}7\ \mathrm{ton\ unikniętej\ emisji\ CO_2/rok}$$

gdzie:

e = (roczna emisja gazu cieplarnianego przed realizacją projektu [m³] – roczna emisja gazu cieplarnianego po realizacji projektu [m³])* w GWP

Ei – roczna oszczędność zużycia energii końcowej [MWh]

WE, CO_2 – wskaźnik emisji dla dwutlenku węgla [kg/GJ]

5. PODSUMOWANIE

Przedstawiony artykuł ma na celu przedstawienie możliwości realizacji przemysłowych instalacji chłodniczych z zastosowaniem wielu możliwych ulepszeń prowadzących do minimalizacji zużycia energii pierwotnej. W przedstawionym przypadku przy realizacji nowej instalacji chłodniczej można zrealizować ją w taki sposób, aby już na etapie projektowania przygotować ją tak aby możliwe było racjonalne gospodarowanie mocą chłodniczą oraz wykorzystując możliwości redukcji energii uzyskać efekty przekładające się na znaczne obniżenie kosztów eksploatacji jak również na efekt ekologiczny.

Spodziewany efekt ekologiczny proponowanych ulepszeń to 341,3 tony/rok unikniętej emisji CO_2. Zakład zaoszczędzi około 665 MWh/rok energii elektrycznej oraz około 490 ton węgla/rok.

LITERATURA

[1] Ustawa z dnia 20 maja 2016r. o efektywności energetycznej (Dz. U. z 2016 r. poz. 831)

[2] Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO_2 (WE) w roku 2013 do raportowania w ramach Wspólnotowego Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2016 – Warszawa, Grudzień 2015. Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Krajowy Ośrodek Bilansowania i Handlu Emisjami

[3] Reszewski S. Systemy ziębienia – opracowanie własne