

EKSPLOTACJA INSTALACJI SOLARNYCH Z KOLEKTORAMI CIEPLNYMI

Wprowadzenie

Szybki rozwój techniki Odnawialnych Źródeł Energii wyprzedza bardzo często praktyczną umiejętność ich stosowania. Rosnący popyt na urządzenia oparte na technologii OZE, przy jednoczesnym oferowaniu ich przez firmy nie mające do tego merytorycznego przygotowania powoduje powstawanie wadliwie skonfigurowanych technologicznie instalacji. Skutkiem tego jest, wielokrotnie obserwowane, szybko postępujące uszkodzanie instalacji oraz spadek ich sprawności. Prosta konsekwencją takiego procesu jest rozczarowanie inwestorów i pojawiające się sceptyczne opinie podważające sensowność stosowania techniki kolektorów fototermicznych.

W zakresie stosowania ciepłych kolektorów słonecznych (fototermicznych) szczególnie destrukcyjny wpływ ma osiąganie tzw. temperatur stagnacji tj. osiąganie przez kolektory najwyższych możliwych temperatury bez odbioru ciepła. Długotrwałe i wielokrotne stany stagnacji wpływają na trwałość urządzeń i stan instalacji. Wielu producentów kolektorów zarówno płaskich, jak i próżniowych zastrzega utratę praw gwarancyjnych w wyniku wystąpienia przegrzewu instalacji. Zatem podstawowym zadaniem projektanta i wykonawcy jest zbudowanie instalacji wyposażonej w zabezpieczenia kolektorów przed przegrzewem.

Wbrew popularnym opiniom kolektory płaskie nie są wolne od tego zagrożenia i także ulegają uszkodzeniu w stanach przegrzewu.

Wieloletnia obserwacja dokumentacji projektowych będących podstawą do realizacji instalacji z kolektorami słonecznymi fototermicznymi w oparciu o procedury przetargowe pozwala na uogólnienie, że zdecydowana większość realizowanych obiektów pozbawiona jest zabezpieczenia przed przegrzewami. W szczególności obiekty szkolne narażone są na gwałtowny spadek zapotrzebowania na ciepło np. do podgrzewu wody użytkowej w okresie letnich wakacji. Jednocześnie kolektory słoneczne osiągają w tym okresie najwyższą dobową produkcję ciepła (długi dzień, wysokie kąty padania promieniowania słonecznego).

1. Niszczące działanie temperatur stagnacji w kolektorach fototermicznych

1.1. Wzrost temperatury w kolektorach do temperatury stagnacji

Kolektory słoneczne w standardowym trybie pracy przekazują ciepło do odbiorników solarnych. Mogą to być np. pojemnościowe podgrzewacze wody, bufony co, baseny lub inne technologiczne, niskotemperaturowe odbiorniki. Pojemność cieplną odbiorników dobiera się dla

¹ Mgr inż. Wojciech Wójcik, Projprzem-EKO Sp. z o.o., ul. Osiedlowa 1, Zamość k/Bydgoszczy, 89-200 Szubin, tel.: 52 335 82 50, email: w.wojcik@projprzemeko.pl

znanych wielkości dobowego zapotrzebowania na ciepło oraz charakterystyki poboru ciepła (np. raz dziennie w ilości 14,0 kWh).

O ile spadek mocy kolektorów będący konsekwencją malejącej insolacji (okres pochmurny, poranek, zmierzch itp.) nie stanowi problemu dla instalacji, o tyle brak odbioru ciepła w obiekcie przy pracujących kolektorach prowadzi do wypełnienia pojemności cieplnej odbiorników. W dniach z insolacją przekraczającą 800 W/m² wypełnienie pojemności cieplnej może nastąpić już po kilku godzinach pracy instalacji.

Przy braku odbioru ciepła z odbiorników solarnych realizowany może być tryb awaryjnego zrzuć ciepła z kolektorów do odbiorników - o ile sterowniki wyposażone są w funkcje schładzania kolektorów. Jednak w przypadku pojemnościowych podgrzewaczy wody lub buforów co funkcja ta będzie realizowana co najwyżej do temperatury maksymalnej odbiorników tj. 90°C. Na tym kończy się techniczna możliwość kumulowania ciepła w pojemnościowych podgrzewaczach, a sterowniki bezwzględnie wyłączają pracę pomp obiegów solarnych. Od tego momentu, przy braku odbioru ciepła z kolektorów następuje szybki wzrost temperatury kolektora do osiągnięcia tzw. temperatury stagnacji – najwyższej możliwej do osiągnięcia przez kolektor w warunkach aktualnej insolacji i temperatury otoczenia. Kolektory płaskie osiągają temperatury stagnacji do około 200°C, a kolektory próżniowe nawet ponad 250°C.

1.2. Stagnacja termiczna, czyli stan awaryjny

Stan stagnacji jest stanem awaryjnym. Stan ten jest akceptowalny, gdy czas jego występowania jest krótki, a częstotliwość występowania incydentalna. Jednak praktyka pokazuje, że w instalacjach solarnych często dochodzi do długotrwałych stagnacji. Mogą one powstawać np. w obiektach szkolnych, gdy zapotrzebowanie na ciepło gwałtownie spada w miesiącach wakacyjnych, także budynkach jednorodzinnych, gdy gospodarze wyjeżdżają np. na wakacje dłuższe niż kilka dni. Sprzyjające warunki do powstania stagnacji mogą występować także w zakładach pracy wyposażonych w instalacje solarne w okresach weekendowych, bądź w okresach przerw świątecznych bądź wakacyjnych.

Kolektor będący w stanie stagnacji można porównać do elektrycznej grzałki nurkowej wyjętej z wody (odbiornika ciepła), ale cały czas podłączonej do prądu. Powstaje pytanie jak długo może bez uszkodzeń pozostawać w tym stanie i jakie uszkodzenia ten stan wywołuje.

1.3. Uszkodzenia kolektorów i cieczy obiegowej

Kolektor będący w stanie stagnacji narażony jest na pracę w skrajnych dla siebie temperaturach. Materiały użyte do budowy kolektora odporne są na występujące w nich temperatury stagnacji. Z reguły jest to odporność długotrwała. Jednak także metale używane do produkcji kolektorów, jak np. miedź czy aluminium wykorzystywane między innymi jako podłoża dla warstw absorpcyjnych stają się silnie reaktywne przy temperaturach powyżej 250°C.



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE

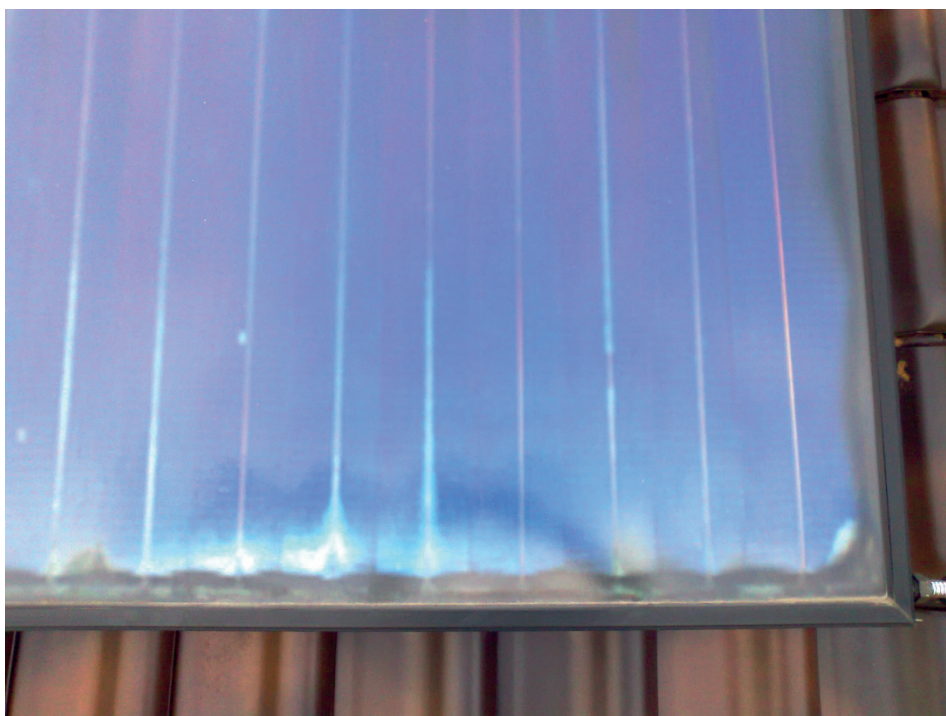
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

Mój region w Europie

Na rysunku 1 pokazano trwale uszkodzoną powierzchnię absorbera kolektora płaskiego w wyniku długotrwałej stagnacji [1]. Rozjaśnienia powierzchni widoczne ponad systemem przewodów cieczy obiegowej oraz w dolnej części kolektora powstały wskutek dyfuzji atomów aluminium z warstwy podłoża do warstwy absorbera. Zjawisko to powstaje w temperaturach około 200°C i wraz ze wzrostem temperatury staje się bardziej intensywne. Główne uszkodzenia powstają wzdłuż pojemnościowych elementów kolektora, które powinny odbierać ciepło: układu rurek systemu równoległo-szeregowego oraz rozdzielacza dolnego. Uszkodzenia tego rodzaju trwale obniżają sprawność urządzenia.



Rys. 1. Widoczne rozjaśnienia na powierzchni absorbera to uszkodzenia materiału w wyniku długotrwałego działania temperatur stagnacji [1]

Drugim istotnym i dotkliwym uszkodzeniem, dla sprawnego działania instalacji, jest polimeryzacja glikolu propylenowego stanowiącego główny składnik medium obiegowego. W klimacie Europy Środkowej płyny stosowane w obiegach solarnych powinny cechować się odpornością na zamarzanie do temperatur otoczenia rzędu -30°C, stąd z reguły stosuje się 40 - 50% wodne roztwory glikolu propylenowego [2].

Roztwory te zachowują wymagane cechy w zakresie od około -30°C do około 160°C. Przy temperaturach cieczy powyżej 170°C następuje rozkład glikolu i jego polimeryzacja. W wyniku polimeryzacji ciecz staje się smołowatą mazią o wysokim stopniu lepkości. W okresie długotrwałej



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

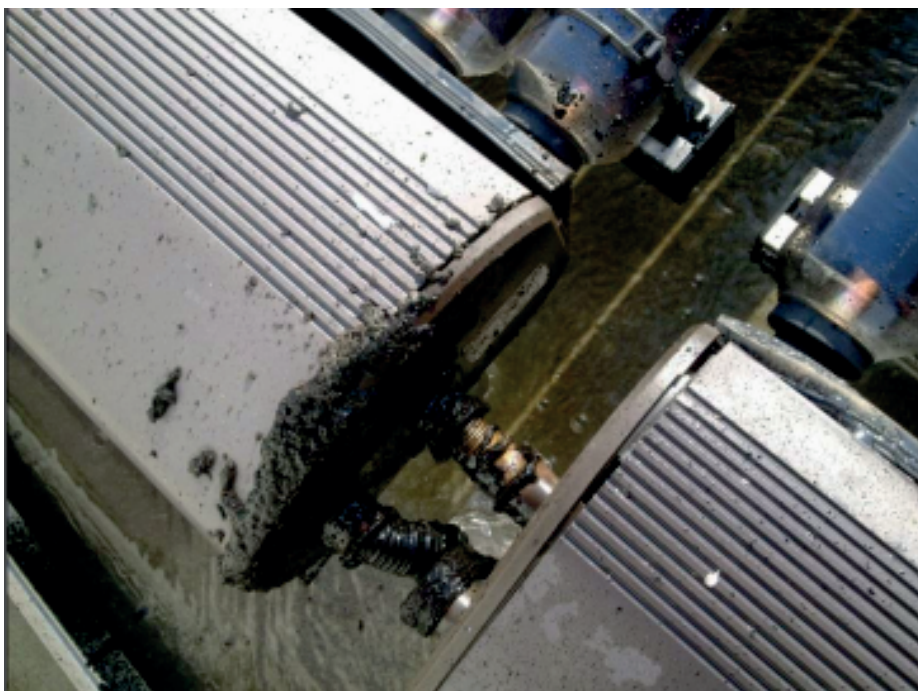
Mój region w Europie

stagnacji następuje trwałe oblepianie wewnętrznych ścianek przewodów kolektora, a następnie zapiekanie się produktów polimeryzacji [3].

Proces ten prowadzi do uszkodzenia wewnętrznego wymiennika ciepła kolektora poprzez trwałe przewężenie średnicy rurek z cieczą obiegową (kryzowanie przepływu) lub nawet jego zatrzymanie.

Kryzowanie przepływu spowoduje wzrost oporów i zmniejszenie przepływu w poszczególnych „gałązkach” wewnętrznego układu równoległo-szeregowego kolektora lub układu szeregowego np. rurki meandrującej. Zjawisko to występuje w niekontrolowany sposób, co w konsekwencji prowadzi do utraty zrównoważonego przepływu cieczy wewnątrz kolektora. To w konsekwencji doprowadzi do nierównomiernego odbioru ciepła z powierzchni absorbera i tym samym stworzy warunki sprzyjające przyspieszonemu „wchodzeniu” kolektorów w kolejne stany stagnacji i przyspieszenie procesu dalszego uszkodzania kolektorów i utraty ich początkowej sprawności.

Warunkiem prawidłowego odbioru ciepła z całej powierzchni absorbera kolektora jest sprawny i niezakłócony wewnętrzny układ hydrauliczny kolektora.



Rys. 2. Widoczne trwałe zapiekania spolimeryzowanego glikolu propylenowego [3]

1.4. Regulacje prawne w odniesieniu do stagnacji

Brak jest w Unii Europejskiej normy określającej wymagania dla urządzeń pozostających w takim stanie oraz regulacji określających stosowanie zabezpieczeń przed stanem stagnacji.



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

Mój region w Europie

Norma PN-EN 12975-1,-2 „Słoneczne systemy grzewcze i ich elementy” jedynie definiuje stan stagnacji oraz sposób badania kolektora w tym stanie. Badanie to przeprowadzane jest w stanie ustalonym i suchym kolektora - bez cieczy obiegowej i nie określa dopuszczalnych tj. akceptowalnych uszkodzeń urządzenia i instalacji. Wprowadza także proste kryterium oceny wytrzymałości kolektora wg zasady „wytrzymuje - nie wytrzymuje” [4], [5].

Niewątpliwie dostrzeżono w Europie problem uszkodzania absorberów w różnych warunkach pracy kolektora zapowiadając wprowadzenie normy prEN 12975-3. Norma ma określać sposób badania wpływu różnych warunków pracy kolektora na jakość i trwałość warstw absorpcyjnych, w tym w wyniku działania długotrwałego przegrzewu [6]. Brak jest w aktualnym projekcie normy odniesień do cieczy obiegowej.

1.5. Koszt naprawy instalacji dotkniętej stagnacją

W zależności od zakresu uszkodzeń koszt naprawy instalacji wynosi od około 5%, w przypadku jednokrotnej regeneracji (wymiany) płynu obiegowego, aż do około 30-50%, w przypadku wymiany kolektorów słonecznych. W sytuacji, gdy brak jest zabezpieczeń instalacji przed przegrzewem koszty te, w szczególności regeneracji płynu obiegowego, będą wielokrotnie.

2. Sposoby zabezpieczania kolektorów przed przegrzewem

2.1. Stosowanie zaawansowanej automatyki

Zaawansowana automatyka sterująca układem solarnym wyposażona jest w szereg algorytmów chroniących kolektory przed przegrzewem. Są to funkcje zarówno schładzania kolektorów, jak i powrotnego schładzania odbiorników ciepła. Z reguły są to funkcje opcjonalne, wymagające aktywacji i działające automatycznie.

Funkcja schładzania kolektorów uruchamiana jest gdy odbiornik lub odbiorniki ciepła solarnego osiągną zadaną temperaturę maksymalną (np. 60°C), a w kolektorach rejestrowany jest dalszy przyrost temperatury do ponad 120°C. Wtedy krótkotrwale, w trybie pełnej wydajności, uruchamiana jest pompa obiegu solarnego dla podania do kolektorów chłodniejszej cieczy z przewodu powrotnego. Ciecz ogrzana z kolektorów „przesuwana jest” do przewodu zasilającego, gdzie w pewnym stopniu wytraca ciepło poprzez izolację. Skokowo uruchamiana pompa, przy całym czasie wzrastającej temperaturze w kolektorach, przesuwa nagrzaną ciecz do odbiornika ciepła solarnego, gdzie następuje oddanie ciepła i stopniowe jego nagrzewanie ponad zadaną temperaturę maksymalną. Proces schładzania kolektorów przebiega do zmierzchu lub do osiągnięcia maksymalnej dopuszczalnej dla odbiornika temperatury. Przyjmuje się, że dla zamkniętych pojemnościowych podgrzewaczy wody graniczną temperaturą jest 90°C.

Po zmierzchu, gdy nie następuje przyrost temperatury na kolektorach, uruchamiana jest funkcja powrotnego schładzania pojemnościowego podgrzewacza. Pompa obiegu solarnego pracuje dopóki temperatura w pojemnościowym podgrzewaczu nie spadnie poniżej zadanej



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

Mój region w Europie

temperatury maksymalnej odbiornika (w tym przykładzie 60°C). Ciepło wygubiane jest na przewodach i w kolektorach.

Funkcje te, z racji sposobu działania, mogą skutecznie ochronić kolektory i instalację przed stagnacją w relatywnie krótkim, kilkudniowym okresie czasu szczególnie silnych insolacji.

Koszt inwestycyjny zastosowania zaawansowanej automatyki jest zaledwie o około 50% wyższy od automatyki standardowej. W koszcie całego przedsięwzięcia inwestycyjnego (budowy instalacji solarnej) stanowi to przyrost zaledwie o około 1,5% w małych instalacjach dla domów jednorodzinnych oraz poniżej 1% w średnich i dużych instalacjach.

2.2. Stosowanie zasilania awaryjnego automatyki

Podstawowym wymaganiem dla prawidłowej pracy instalacji solarnej jest stałe, nieprzerwane zasilanie automatyki. Brak zasilania prowadzi do unieruchomienia pomp obiegowych układu solarnego, a w konsekwencji do ryzyka powstawania stanów stagnacji. Wymagany czas podtrzymania nie powinien być krótszy niż około 4 godziny, najlepiej zbliżony do 8 godzin

Jako zasilacze awaryjne stosuje się odpowiednio dobrane UPS-y, agregaty prądotwórcze lub panele fotowoltaiczne (PV).

W przypadku stosowania paneli PV należy mieć na uwadze, że z uwagi na ich relatywnie niską sprawność w sytuacji słabej insolacji (poniżej 300W/m² - okres pochmurny) brak będzie zasilania elektrycznego. A jest to okres, gdy kolektory fototermiczne, w szczególności próżniowe, wymagają zasilania, bo generują ciepło.

Koszt inwestycyjny awaryjnego zasilania automatyki wynosi, w zależności od zastosowanego rozwiązania i wielkości instalacji od około 5% do 8% całego przedsięwzięcia inwestycyjnego - budowy instalacji solarnej.

2.3. Hydrauliczne sposoby zabezpieczania instalacji

Zaawansowana automatyka powyżej opisana, jak każda wyposażona w podobne funkcje nie ochroni instalacji przed długotrwałym brakiem odbioru ciepła z kolektorów.

Skutecznym sposobem rozpraszania ciepła jest stosowanie chłodziń o mocy chłodzącej zbliżonej do mocy grzewczej pola kolektorów. Chłodziń, w zależności od rozwiązania technologicznego układu solarnego, mogą stanowić odbiorniki o dużej pojemności cieplnej (np. baseny), chłodziń wentylatorowe, a także całe lub wydzielone części obiegów grzewczych.

Jako chłodziń dla układów solarnych można także stosować gruntowe dolne źródła pomp ciepła. Jest to przykład synergicznej pracy dwóch źródeł ciepła z dziedziny OZE. Nadmiarowe ciepło solarne daje możliwość regenerowania w pewnym stopniu dolnego źródła i jednocześnie podwyższa sprawność pompy ciepła.

Idealnym odbiornikiem nadmiarowego ciepła jest gruntowy magazyn ciepła.

Chłodziń rozpraszające nadmiarowe ciepło stanowią ostatni w hierarchii priorytetów odbiornik solarny. Sposób kierowania ciepła do nich musi być bezwzględnie realizowany w trybie



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO

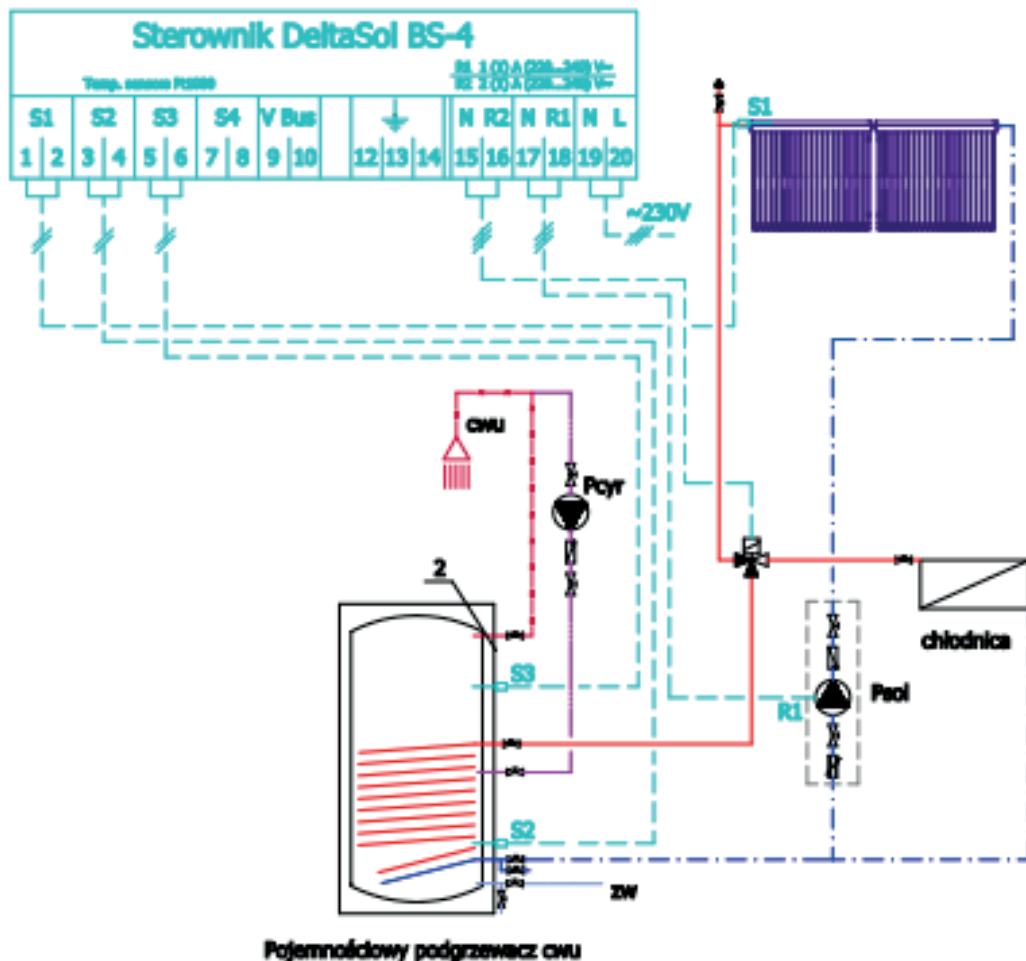


Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

Mój region w Europie

automatycznym. Poniżej zamieszczono schemat prostej pętli schładzającej dla małej instalacji solarnej z jednym odbiornikiem ciepła.

Koszt inwestycyjny budowy hydraulicznej pętli awaryjnego rozpraszania ciepła nadmiarowego wynosi, w zależności od zastosowanego rozwiązania i wielkości instalacji około 6-10% całego przedsięwzięcia inwestycyjnego - budowy instalacji solarnej.



Rys. 3. Schemat ideowy układu solarnej z typowym hydraulicznym zabezpieczeniem instalacji przed przegrzaniem [1]

2.4. Przesłony dla kolektorów

W okresach braku zapotrzebowania na ciepło w odbiornikach solarnych możliwe jest zastosowanie przesłon dla kolektorów. Można rozważać stosowanie przesłon w postaci np. pokrowców na pojedynczy kolektor wykonanych z materiału nieprzezroczystego lub automatycznych rolet sterowanych automatyką solarną. Stosowanie przesłon nad powierzchnią absorpcyjną skutecznie przerywa dopływ energii do kolektora. Rozwiązania te obarczone są jednak istotnymi wadami.

Zaletą pokrowców jest niski koszt wykonania i prostota rozwiązania. Do wad należy zaliczyć ograniczony zakres stosowania - tylko dla instalacji z co najwyżej kilkoma kolektorami z jednocześnie łatwym dostępem. Stosowanie przesłon w postaci pokrowców ograniczone jest miejscem montażu kolektorów. Trudno wymagać od użytkownika instalacji solarnej aby stosował pokrowce, gdy kolektory zamontowane są np. na połaci dachu o kącie pochylenia 45° i ponadto pokrytej blachą. Pokrowce stwarzają także zagrożenie dla osłon szklanych kolektorów w przypadku silnych i porywistych wiatrów i niewłaściwego ich założenia lub uszkodzenia.

Rolety automatyczne do przesłaniania kolektorów znajdują się w ofertach niektórych producentów rolet okiennych. Urządzenie działa w trybie automatycznym i przesłania pole kolektorów nieprzezroczystą tkaniną. Instalowanie rolety ma sens, gdy automatyka solarna sterująca napędem rolety zabezpieczona jest awaryjnym zasilaniem w energię elektryczną i powinna iść w parze z zakupem takiego zabezpieczenia. Istotną wadą rolet jest ich koszt oraz częste problemy z prawidłowym ich działaniem w okresach zimowych po opadach śniegu.



Rys. 4. Roleta zakrywająca powierzchnie absorpcyjne kolektorów [7]



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

Mój region w Europie

Projekt finansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego
Województwa Kujawsko-Pomorskiego na lata 2007-2013 oraz ze środków budżetu Województwa Kujawsko-Pomorskiego.

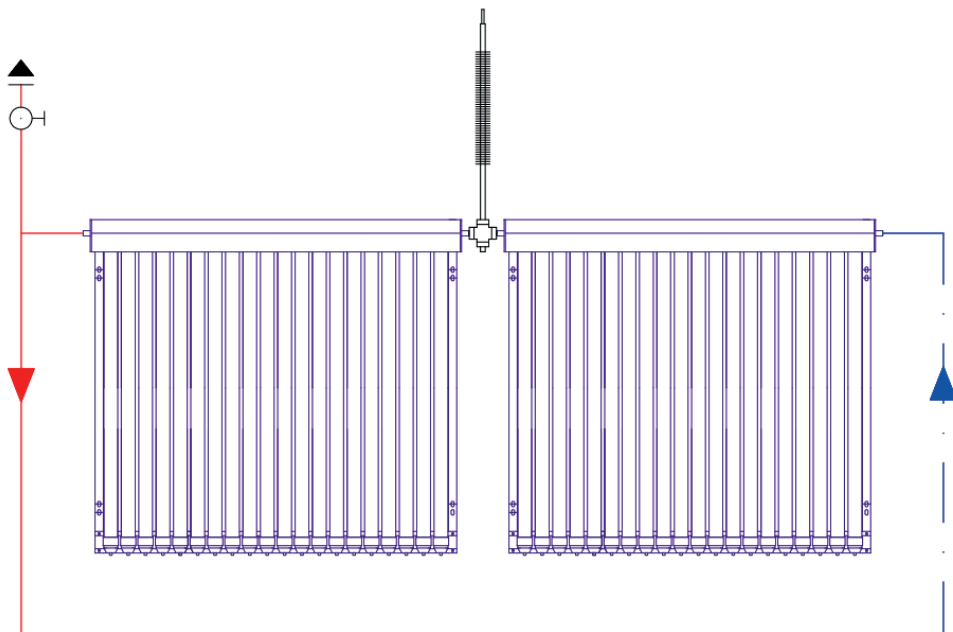
Koszt inwestycyjny pokrowców jest niski i wynosi około 1% kosztów budowy instalacji. Koszt inwestycyjny rolet wraz z zasilaniem awaryjnym jest wysoki, rzędu 30% kosztów budowy instalacji.

2.5. Bezpiecznik termiczny Ekspulser model MST-01

Zabezpieczenia opisane powyżej, z wyjątkiem pokrowców, wymagają sprawnej automatyki i zasilania energią elektryczną. Doświadczenie uczy, że jak coś może się popsuć, to prędzej czy później to nastąpi. Uszkodzeniu może ulec pompa obiegowa, może nastąpić brak zasilania automatyki w wyniku awarii np. układu UPS itp.

Bezpiecznik termiczny Ekspulser model MST-01 jest najnowszym rozwiązaniem chroniącym kolektory przed najwyższymi temperaturami stagnacji. Cechą szczególną tego rozwiązania jest brak mechanicznych części ruchomych oraz brak zewnętrznego zasilania elektrycznego. Urządzenie jest autonomicznym, bezobsługowym i bezawaryjnym modulem montowanym bezpośrednio przy kolektorach. Istotną zaletą jest możliwość zastosowania nie tylko w projektowanych instalacjach, ale także w istniejących [8].

Urządzenie rozprasza ciepło wykorzystując termodynamiczną zasadę działania rurki ciepła. Wykonane jest z materiału o specyficznym przewodnictwie cieplnym minimalizującym straty ciepła w miejscu montażu w normalnym zakresie pracy kolektorów tj.: 20-100°C. Moduł, z uwagi na zastosowane medium transmitujące ciepło, uaktywnia się powyżej temperatury około 150°C.



Rys. 4. Przykładowy schemat podłączenia bezpiecznika termicznego [8]



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA ROZWOJU



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE

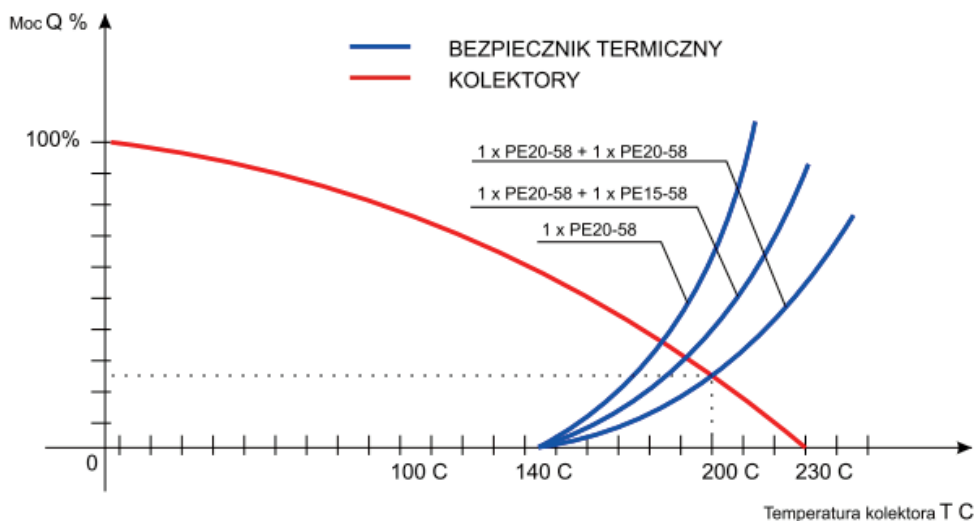
UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

Mój region w Europie

Powyżej tej granicy dalszy wzrost temperatury kolektorów jest hamowany i nie przekracza 200°C. Jest to urządzenie, które pozwala na płynne obniżenie temperatury stagnacji i utrzymanie jej na poziomie bezpiecznym dla infrastruktury kolektora.



Rys. 5. Zależność mocy w funkcji temperatury stagnacji dla różnych mocy kolektorów przypadających na jeden bezpiecznik termiczny Ekspulser model MST-01 [8]

Moc chłodnicza bezpiecznika wynosi ok. 300W. Producent urządzenia przewiduje stosowanie jednego bezpiecznika na 3,0 do 4,0m² powierzchni czynnej kolektora.

Koszt inwestycyjny zastosowania bezpiecznika termicznego wynosi około 3% w kosztach budowy typowej instalacji solarnej dla domu jednorodzinnego. Dla średnich i dużych instalacji szacowany koszt nie przekracza 4% całej inwestycji.

Zakończenie

Bez względu na charakter obiektu, dla którego jest projektowana i budowana instalacja solarna, czy są to sezonowo użytkowane obiekty jak np. pensjonaty, hotele o niestabilnym w roku dobowym zapotrzebowaniu na ciepło do podgrzewania cwu, obiekty szkolne z przerwą wakacyjną, budynki mieszkalne, z których użytkownicy wyjeżdżają na wakacje i inne, należy przewidywać okresy, w których zaniknie zapotrzebowanie na ciepło. W tym czasie kolektory, w szczególności próżniowe, w nieprzerwany sposób będą produkowały ciepło.

W okresach tych, jeżeli nie będzie automatycznie działającej instalacji rozpraszającej nadmiarowe ciepło, niewątpliwie wystąpią warunki do „wchodzenia” kolektorów w stan stagnacji. Stany takie będą prowadziły do szybkiego zniszczenia płynów obiegowych oraz, w konsekwencji,



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

Mój region w Europie

trwałych uszkodzeń kolektorów słonecznych. Koszt inwestycyjny rozwiązań chroniących kolektory przed stagnacją jest daleko niższy od kosztów naprawy zniszczonej instalacji, co uzasadnia ich stosowanie.

Bibliografia

- [1] *Materiały niepublikowane z archiwum autora.*
- [2] WEDEL S., BEZZEL E.: *Heat transfer fluids for solar DHW systems*, Danish Technological Institute, 2000.
- [3] *Degradacja glikolu propylenowego w instalacjach termo-solarnych*, Biotetex, 2012.
- [4] PN-EN 12975-1:2007 Słoneczne systemy grzewcze i ich elementy - Kolektory słoneczne - Część 1: Wymagania ogólne.
- [5] PN-EN 12975-2:2007 Słoneczne systemy grzewcze i ich elementy - Kolektory słoneczne – Część 2: Metody badań.
- [6] *The test results are often misunderstood*, Sun & Wind Energy, 6/2012.
- [7] www.suntime.pl.
- [8] *Instrukcja montażu bezpiecznika termicznego Ekspulser MST-01*, Projprzem-Eko, 2012.



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej w Toruniu

Mój region w Europie