

Warunki efektywnego działania słonecznych układów przygotowania ciepłej wody

Conditions for the effective operations of solar hot domestic water production systems

KAZIMIERZ ŻARSKI, MARIUSZ KRYŻA

DOI 10.36119/15.2024.7-8.1

Artykuł jest kontynuacją zamieszczonego w numerze 6/2024 artykułu „Efektywność przygotowania ciepłej wody w węźle cieplnym współpracującym z instalacją kolektorów słonecznych”, w którym podano m.in. ogólne warunki prawidłowego funkcjonowania słonecznych systemów przygotowania ciepłej wody współpracujących z węzłami cieplnymi. Niniejszy artykuł zawiera omówienie schematów ideowych instalacji słonecznych mogących prawidłowo współpracować z węzłem cieplnym zasilanym z miejskiej sieci ciepłowniczej. Zwrócono w nim także uwagę na nieprawidłowości w oferowanych na rynku schematach instalacji słonecznych, mogące znacznie obniżyć efektywność działania układów przygotowania ciepłej wody.

Słowa kluczowe: węzeł cieplny, kolektory słoneczne, instalacje ciepłej wody, efektywność

The article is a continuation of the article “Efficiency of domestic hot water production in a district heating substation cooperating with the solar collector installation” published in issue 6/2024, which includes, among others, general conditions for the proper functioning of solar hot water production systems cooperating with district heating substations. This article discusses the schematic diagrams of solar installations that can properly cooperate with a district heating substation powered from the municipal heating network. It also draws attention to inaccuracies in the solar installation diagrams offered on the market, which may significantly reduce the efficiency of hot water preparation systems.

Keywords: district heating substation, solar panels, hot domestic water, efficiency

Wstęp

Polska nie jest krajem o zbyt dużej liczbie dni słonecznych. Średnio, na obszarze kraju jest ich 66, a liczba godzin słonecznych nie przekracza 1600 [5]. Stąd stopień pokrycia zapotrzebowania na ciepłą wodę w okresie całego roku zwykle nie przekracza 30-40% [1,2,3]. De facto około 300 dni w roku jest pochmurnych, a więc z niewielką szansą na podgrzanie wody użytkowej promieniami słonecznymi. Efektywność systemów przygotowania ciepłej wody, omówioną w artykule zamieszczonym w numerze 6/2024 [2], mogą jeszcze dodatkowo zmniejszyć występujące nieprawidłowości w schematach ideowych instalacji słonecznych: autonomicznych lub przystosowanych do współpracy z innymi źródłami ciepła: kotłem, pompą ciepła lub węzłem cieplnym. Zadaniem autorów jest zwrócenie uwagi na powszechny charakter informacji publikowanej w Internecie, a także

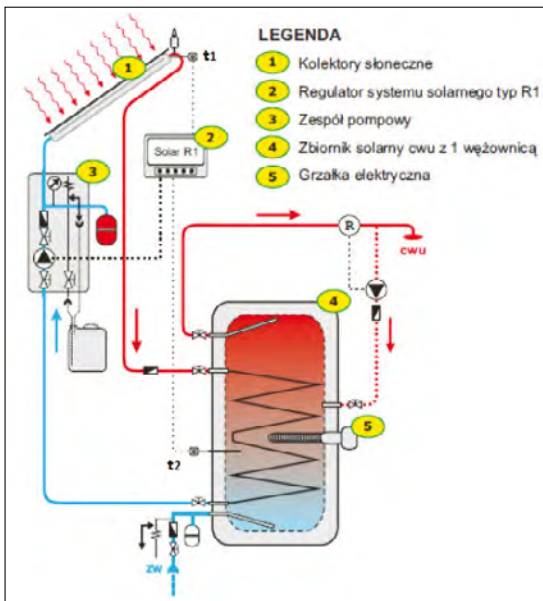
na brak jakichkolwiek krytycznych ocen publikowanych materiałów. Nierzadko dobra, zachęcająca forma graficzna przesłania warstwę merytoryczną informacji. Schematy rozwiązań technicznych są zwykle publikowane przez firmy handlowe: wykonawców lub dostawców urządzeń, stąd również pojawiają się terminy należące do żargonu monterów, jak np. „piec c.o.” zamiast „kocioł”, „panel solarny” zamiast „kolektor słoneczny”, „zbiornik solarny” zamiast „pojemnościowy wymiennik ciepła”. Schematy są adresowane do przyszłych inwestorów lub firm wykonawczych. Niestety, brak jest szeroko dostępnej literatury technicznej, w której można by znaleźć prawidłowe schematy słonecznych układów ogrzewania i przygotowania ciepłej wody. Obok schematów „internetowych” w artykule zamieszczono schemat jednej z wykonanych instalacji, także z pewnymi nieprawidłowościami obniżającymi efektywność przygotowania ciepłej wody.

Elementy schematu ideowego słonecznego systemu przygotowania ciepłej wody mogące obniżyć efektywność działania

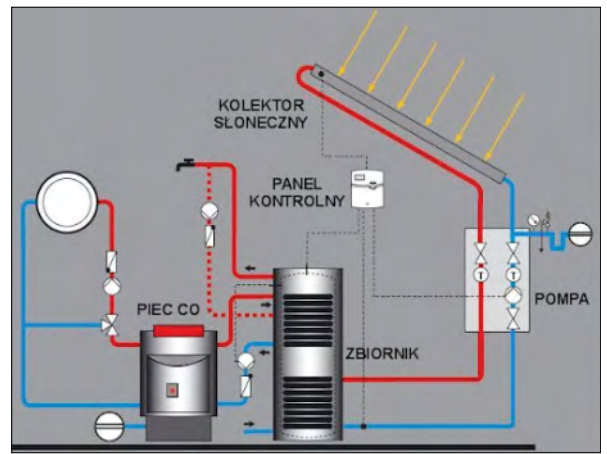
Poniżej przeanalizowano trzy schematy ideowe systemów słonecznych dostępne w Internecie [4,6,7] oraz jeden schemat układu zrealizowanego [8].

Na schemacie pokazanym na rys. 1. [6] można zauważyć następujące elementy mogące obniżyć efektywność działania systemu:

a. Czujnik temperatury wody w wymienniku pojemnościowym (nazwa „zbiornik solarny” jest niewłaściwa) (t_2) jest umieszczony w strefie działania grzałki elektrycznej, zatem po okresie działania grzałki będzie wskazywał wysoką temperaturę wody, co nie pozwoli na włączenie obiegu kolektorów słonecznych w sprzyjających warunkach nasłonecznienia, gdyż różnica temperatury t_1 (obudowy



Rys. 2. Schemat instalacji słonecznej przygotowania ciepłej wody nr 2 [4]



Rys. 1. Schemat instalacji słonecznej przygotowania ciepłej wody nr 1 [6]

kolektora słonecznego) i t_2 będzie zbyt mała lub ujemna.

b. Brak czujnika temperatury nośnika ciepła (w warunkach polskich wodnego roztworu glikolu) za kolektorem słonecznym nie zabezpiecza układu przed uzyskaniem zbyt wysokiej temperatury medium, która może spowodować degradację roztworu glikolu w wyniku rozwarstwienia na wodę i żel.

c. Brak czujnika temperatury ciepłej wody za wymiennikiem pojemnościowym nie zabezpiecza układu przed uzyskaniem zbyt wysokiej temperatury wody użytkowej, co może spowodować niebezpieczeństwo oparzeń, a także intensywne wydzielanie się gazów zawartych w wodzie.

d. Brak czujnika temperatury podgrzanego nośnika ciepła za kolektorem słonecznym nie umożliwia regulacji prędkości obrotowej pompy (3), co przy średnim i małym natężeniu promieniowania słonecznego nie pozwala na podgrzanie wody do temperatury umożliwiającej jej bezpośrednie wykorzystanie i wymaga włączenia grzałki.

e. Włączenie dopływu wody cyrkulacyjnej do wymiennika pojemnościowego w miejscu pokazanym na schemacie eliminuje możliwość regulacji temperatury wody kierowanej do instalacji ciepłej wody (brak pętli sprzężenia zwrotnego w układzie automatycznej regulacji), a także nie daje sygnału do włączenia źródła ciepła podgrzewającego wodę cyrkulacyjną (kolektora słonecznego lub grzałki). Jest zastanawiające, dlaczego przedstawiony schemat stanowi materiał dydaktyczny [6].

Na schemacie pokazanym na rys. 2. [4] można zauważyć następujące elementy wpływające na obniżenie efektywności działania systemu:

a. Na schemacie brak jest czujnika temperatury wody w wymienniku pojemnościowym, który miałby włączać obieg grzejny (pierwotny) kolektora słonecznego przy odpowiedniej różnicy temperatury. Czujnik temperatury nośnika ciepła powracającego z kolektora słonecznego (w dolnej części przed wymiennikiem) będzie wskazywał z pewnością temperaturę niższą niż temperatura obudowy kolektora słonecznego, tym samym sygnał włączenia obiegu kolektora słonecznego będzie ciągły, niezależnie od intensywności nasłonecznienia, co doprowadzi do wychłodzenia wody wypełniającej wymiennik i do ciągłego działania kotła. A więc kocioł ogrzeje wodę ochłodzoną przez układ kolektora słonecznego.

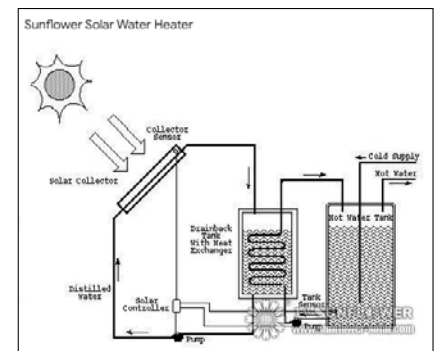
b. Temperatura obudowy kolektora słonecznego nie może być sygnałem włączającym obieg kolektora, albowiem nie ma sygnału informującego o temperaturze wody użytkowej, która ma być podgrzana.

c. Umieszczenie w wymienniku pojemnościowym węzłownicy układu słonecznego i węzłownicy obiegu kotła (nazwa „piec c.o.” jest potoczna) prowadzi do sytuacji, że temperatura wody w zbiorniku po okresie działania kotła będzie wyższa niż temperatura obudowy kolektora słonecznego, nawet gdyby w układzie były prawidłowo umieszczone czujniki temperatury wody podgrzewanej i obudowy kolektora słonecznego.

d. Podobnie jak na schemacie nr 1., brak czujnika temperatury nośnika ciepła (w warunkach polskich wodnego roztworu glikolu) za kolektorem słonecznym nie zabezpiecza układu przed uzyskaniem zbyt wysokiej temperatury medium, która może spowodować degradację roztworu glikolu w wyniku rozwarstwienia na wodę i żel.

e. Podobnie jak na schemacie nr 1., brak czujnika temperatury podgrzanego nośnika ciepła za kolektorem słonecznym nie umożliwia regulacji prędkości obrotowej pompy obiegu słonecznego, co przy średnim i małym natężeniu promieniowania słonecznego nie pozwala na podgrzanie wody do temperatury umożliwiającej jej bezpośrednie wykorzystanie i wymaga włączenia kotła.

Na schemacie pokazanym na rys. 3. [7] można zauważyć kilka „punktów krytycznych”:



Rys. 3. Schemat instalacji słonecznej przygotowania ciepłej wody nr 3 [7]

a. Jeżeli układ obiegu wody grzejnej jest otwarty (w obiegu jest woda destylowana, więc schemat jest adresowany do „ciepłych krajów”), to brak jest połączenia zbiornika (Drainback tank) z atmosferą, jeżeli jest to układ zamknięty, brakuje elementów zabezpieczających przed wzrostem ciśnienia.

b. Jeśli obieg ciepłej wody jest otwarty (jak sugeruje lustro cieczy w zbiorniku Hot water tank), to brak jest elementu kierującego ciepłą wodę do instalacji.

c. Brak jest czujnika temperatury wody w obiegu pierwotnym, zabezpieczającego przed wzrostem temperatury wody ponad wartość użytkową.

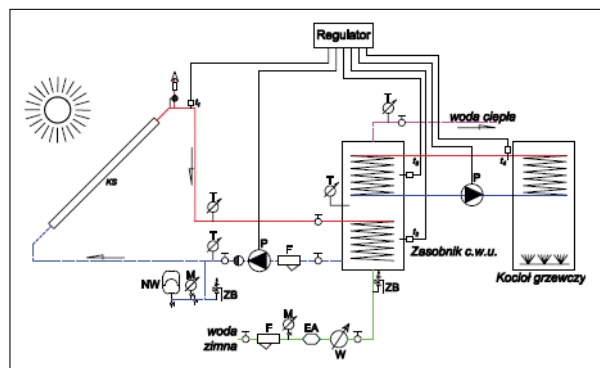
d. Brak czujników temperatury wody w obiegu pierwotnym uniemożliwia

dostosowanie temperatury wody za kolektorem do intensywności nasłonecznienia.

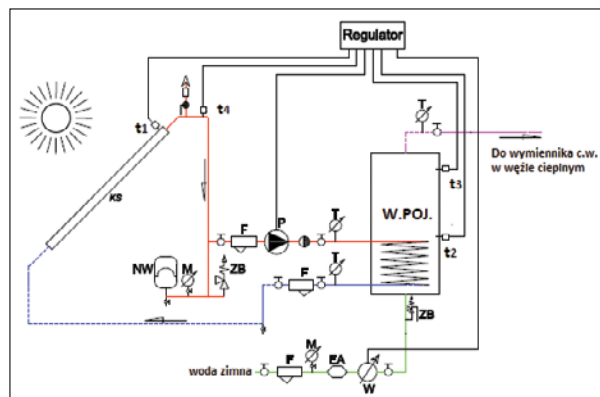
Rodzi się pytanie, dlaczego układ adresowany do otoczenia o temperaturze dodatniej jest tak skomplikowany – wystarczyłby typowy układ kolektora w układzie grawitacyjnym, powszechnie stosowany w takich krajach jak np. Turcja.

W Internecie można znaleźć jeszcze inne, nieliczne schematy, ale nie udało się autorom znaleźć schematu, który eliminowałby wszystkie opisane powyżej „punkty krytyczne”.

Na rysunku 4. pokazano schemat układu słonecznego zrealizowanego w jednym z budynków jednorodzinnych.



Rys. 4. Schemat zrealizowanego słonecznego układu przygotowania ciepłej wody [8]
Oznaczenia:
KS – kolektor słoneczny,
NW – naczynie zbiorcze,
W – wodomierz,
P – pompa,
ZB – zawór bezpieczeństwa, EA – zawór antyskażeniowy, F – filtr, T – termometr, M – manometr



Rys. 4. Optymalny schemat instalacji słonecznej z wymiennikiem pojemnościowym (oprac. autorów)
Oznaczenia:
W.POJ. – wymiennik pojemnościowy,
KS – kolektor słoneczny,
NW – naczynie zbiorcze,
W – wodomierz,
P – pompa, ZB – zawór bezpieczeństwa, EA – zawór antyskażeniowy, F – filtr, T – termometr, M – manometr

Ten schemat jest również niepozbawiony elementów obniżających efektywność działania.

a. Czujnik temperatury kolektora t_1 jest umieszczony w przewodzie, jeśli nawet nie pod izolacją, to w elemencie wykonanym z tworzywa sztucznego, a więc o niższej temperaturze słonecznej. Ten czujnik powinien przysyłać sygnał do regulatora prędkości obrotowej pompy, ale nie powinien włączać obiegu nośnika ciepła.

b. Montaż węzłownicy zasilanej z kotła w tym samym wymienniku pojemnościowym ogranicza działanie kolektora słonecznego po okresie bezsłonecznym, gdy wodę podgrzewa kocioł.

c. Umieszczenie czujnika temperatury w zbiorniku pojemnościowym poniżej górnej krawędzi węzłownicy może prowadzić, podobnie jak w omawianych wcze-

śniej schematach, do ochładzania wody w wymienniku.

d. Brak regulacji prędkości obrotowej pompy układu kolektora słonecznego nie pozwala na osiągnięcie możliwie najwyższej temperatury ciepłej wody, co oznacza konieczność włączenia źródła uzupełniającego (kotła).

Optymalny schemat ideowy instalacji słonecznej współpracującej z węzłem cieplnym

Optymalny schemat słonecznej instalacji przygotowania ciepłej wody współpracującej z węzłem cieplnym

wiono zasadę działania układu automatycznej regulacji parametrów.

a. Czujnik temperatury t_2 powinien być umieszczony w górnej strefie węzłownicy, aby zapobiec wychładzaniu wody przez kolektor słoneczny.

b. Układ podgrzewania wody jest uruchamiany przy różnicy temperatury t_1 (obudowy kolektora słonecznego) i t_2 większej niż $8 \div 10$ K.

c. Czujnik temperatury t_3 wyłącza układ przy temperaturze ciepłej wody 60 °C.

d. Czujnik t_4 wyłącza układ, jeżeli przy najwyższej prędkości obrotowej pompy temperatura wzrośnie powyżej 90 °C. Jest to funkcja awaryjna, sytuacja nie powinna wystąpić przy prawidłowym zaprojektowaniu układu.

e. Czujnik temperatury t_4 w algorytmie krokowym obniża prędkość obrotową pompy (falownik) aż do uzyskania najwyższej temperatury nośnika ciepła (roztworu glikolu). Pozwala to na zminimalizowanie działania drugiego źródła (wymiennika c.w. w węźle cieplnym) i bezpośrednie wykorzystanie wody podgrzanej przez układ kolektora słonecznego.

Nie jest korzystne zastosowanie wymiennika pojemnościowego o zbyt rozbudowanej węzłownicy – zmniejsza to w znacznym stopniu dyspozycyjną pojemność zbiornika (czujnik temperatury powinien być umieszczony w górnej strefie węzłownicy).

Na rys. 5. pokazano schemat instalacji słonecznej przygotowania ciepłej wody z wymiennikiem przepływowym (płytkowym) i omówiono zasadę działania układu automatycznej regulacji parametrów.

a. Układ podgrzewania wody jest uruchamiany przy różnicy temperatury t_1 (obudowy kolektora słonecznego) i t_2 większej niż $4 \div 5$ K, co zwiększa efektywność działania w stosunku do układu z wymiennikiem pojemnościowym w wyniku obniżenia wymaganej różnicy temperatury i obniżenia temperatury wody użytkowej na wejściu do układu podgrzewania.

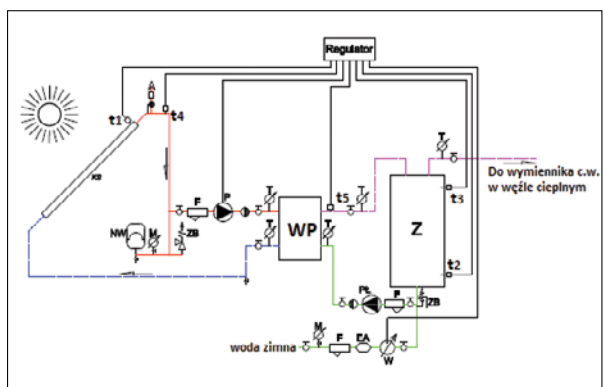
b. Czujnik t_4 wyłącza układ, jeżeli przy najwyższej prędkości obrotowej pompy

współpracującej z węzłem cieplnym powinien eliminować wszystkie uwidocznione w prezentowanych powyżej schematach „słabe punkty”.

Na rys. 4. pokazano schemat instalacji słonecznej przygotowania ciepłej wody z wymiennikiem pojemnościowym i omó-

Rys. 5. Optymalny schemat instalacji słonecznej z wymiennikiem przepływowym (oprac. autorów)

Oznaczenia: WP. – wymiennik przepływowo, Z – zasobnik ciepłej wody, KS – kolektor słoneczny, NW – naczynie zbiorcze, W – wodomierz, P – pompa obiegu grzewczego, PŁ – pompa ładująca zasobnik ciepłej wody, ZB – zawór bezpieczeństwa, EA – zawór antyskażeniowy, F – filtr, T – termometr, M – manometr



temperatura wzrośnie powyżej 90 °C (jest to funkcja awaryjna, patrz poprzedni schemat).

c. Czujnik temperatury t_3 wyłącza układ przy temperaturze ciepłej wody 65 °C (funkcja awaryjna).

d. Czujnik temperatury t_2 wyłącza układ przy temperaturze ciepłej wody 60 °C (zasobnik w pełni naładowany).

e. Czujnik temperatury t_5 obniża prędkość obrotową pompy (falownik) przy temperaturze ciepłej wody 65 °C.

e. Czujnik temperatury t_5 w algorytmie krokowym obniża prędkość obrotową pompy (falownik) aż do uzyskania najwyższej temperatury nośnika ciepła (roztworu glikolu). Pozwala to, podobnie jak w układzie z wymiennikiem pojemnościowym, na zminimalizowanie działania drugiego źródła (wymiennika c.w. w węźle ciepłym) i bezpośrednie wykorzystanie wody podgrzanej przez układ kolektorów słonecznych.

Na rys. 6. zilustrowano sposób połączenia instalacji kolektorów słonecznych

do przygotowania ciepłej wody z węzłem ciepłym.

Woda z układu słonecznego jest kierowana do wymiennika przepływowego w węźle ciepłym. Jeżeli jej temperatura jest niższa niż wymagana ze względów użytkowych albo jest obniżona przez dopływ wody cyrkulacyjnej, otwiera się zawór regulacyjny ZR2, prowadząc do uzyskania właściwej temperatury ciepłej wody w wyniku podgrzania wodą z sieci ciepłowniczej. Rejestracja wskazań wodomierza w układzie słonecznym i ciepłowniczym w układzie węzła ciepłego pozwala na pomiar stopnia pokrycia zapotrzebowania na ciepłą wodę przez układ kolektorów słonecznych.

Wnioski

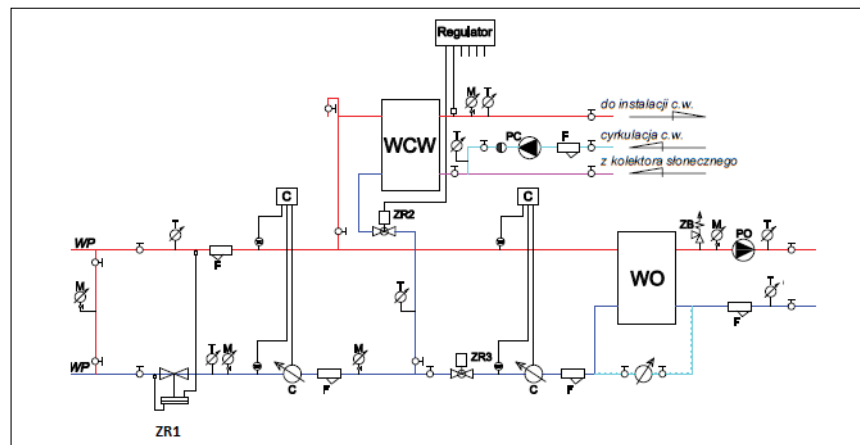
Maksymalne wykorzystanie promieniowania słonecznego do przygotowania ciepłej wody jest możliwe w przypadku optymalizacji schematu ideowego układu oraz w przypadku prawidłowego powiązania

układu słonecznego z instalacją węzła ciepłego zasilanego z sieci ciepłowniczej. Konieczne jest wyeliminowanie wszystkich „punktów krytycznych”, prowadzących do zmniejszenia efektywności działania układu, a nierzadko do „odwrotnych” obiegów termodynamicznych ochładzania wody podgrzanej w dodatkowym źródle ciepła. Układ z wymiennikiem pojemnościowym jest dość popularny, ale znacznie bardziej efektywny jest układ z wymiennikiem przepływowym pokazany na rys. 5. Wymiennik przepływowy charakteryzuje się dużą intensywnością wymiany ciepła, zatem wymaga mniejszej różnicy temperatury medium grzejącego i ogrzewanego. Dopływa do niego woda o niższej temperaturze niż w przypadku wymiennika pojemnościowego, co znacznie poszerza czas możliwego wykorzystania potencjału energii słonecznej przy mniejszej intensywności promieniowania słonecznego.

LITERATURA

- [1] Yao C., B Hao B., Liu S., Chen X. : *Analysis for common problems in solar domestic hot water system field-testing in China*, Energy Procedia, 2015
- [2] Żarski K.: *Efektywność przygotowania ciepłej wody w węźle ciepłym współpracującym z instalacją kolektorów słonecznych*, Instal Nr 6/2024, s. 5-8
- [3] Żukowski M.: *Energy efficiency of a solar domestic hot water system*, https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2017/10/e3sconf_asee2017_00209.pdf
- [4] <http://www.dartech.elk.pl/kolektory-sloneczne.php>
- [5] <https://flexipowergroup.pl/naslonecznienie-w-polsce-a-fotowoltaika/>
- [6] <https://instsani.pl/technik-urzadzen-i-systemow-energetyki-odnawialnej/vademe-cum-energetyki-odnawialnej/energia-sloneczna/kolektory-sloneczne/budowa-zasada-dzialania-i-schematy-instalacji-solarnych/podstawowe-schematy-instalacji-solarnych/>
- [7] http://www.sunflower-solar.com/index.php?act=content&scheduler_id=557
- [8] Schemat istniejącego układu kolektorów słonecznych w ...

Dostęp do stron internetowych: 06.2024



Rys. 5.

Sposób połączenia instalacji kolektorów słonecznych z węzłem ciepłym.

Oznaczenia: WP – woda o wysokich parametrach, WCW – wymiennik ciepłej wody, W – wymiennik ogrzewania, PO – pompa obiegowa ogrzewania, C – ciepłomierz, ZR1 – zawór regulacji różnicy ciśnienia, ZR2 – zawór regulacji temperatury ciepłej wody, ZR3 – zawór regulacji temperatury w sekcji ogrzewania, F – filtr, T – termometr, M – manometr, ZB – zawór bezpieczeństwa