

Transformatorowy piec elektryczny

Zbigniew Goryca, Jerzy Stachurski

1. Wstęp

W Polsce zimą w miastach i osiedlach występuje wysokie zanieczyszczenie powietrza, wielokrotnie przekraczające dopuszczalne normy, co przyczynia się do wielorakich chorób i zwiększonej śmiertelności [1]. Główną przyczyną tych zanieczyszczeń jest ogrzewanie budynków przy pomocy pieców wykonanych według starych technologii i spalających paliwa kopalne niskiej jakości lub tanie drewno [2]. Istnieją programy rządowe [3] dofinansowujące zamianę „kopciuchów” na nowoczesne i wydajne piece gazowe lub elektryczne. Jak na razie programy te w niewielkim stopniu poprawiają sytuację, głównie z powodu niskiej zamożności społeczeństwa.

Prezentowany piec jest adresowany do rodzin posiadających domy jednorodzinne i zainteresowanych ekologicznymi sposobami ogrzewania. Wprawdzie ogrzewanie elektryczne jest przy obecnych cenach energii elektrycznej drogie, ale w pełni bezobsługowe, a zaawansowane systemy sterowania sprawiają, że możliwe jest dowolne ustawianie temperatury w każdym pomieszczeniu budynku w dowolnej porze dnia. Obsługa takiego pieca jest dużo mniej uciążliwa, ponieważ nie trzeba go rozpałać, zasypywać paliwa stałego, pilnować, aby nie zgasł, oraz oczyszczać z popiołu (brak kosztów utylizacji popiołu).

2. Konstrukcja i zasada działania pieca transformatorowego

Ogrzewanie elektryczne może być realizowane na wiele sposobów [4]. Najbardziej popularne są piece wyposażone w elektryczne grzałki odporowe. Zaletą takiego rozwiązania jest niska cena związana z dużą produkcją grzałek i powszechną ich dostępnością. Wadą takiego rozwiązania jest wysoka temperatura drutu odporowego grzałki i związana z tym stosunkowo niska żywotność grzałek (przepalanie się drutu). Dodatkowym minusem jest konieczność wykonania dobrej izolacji elektrycznej między drutem grzejnym a obudową grzałki. Izolacja ta ogranicza w znacznym stopniu przepływ ciepła z rozgrzanego drutu do ogrzewanej wody i tym samym obniża sprawność energetyczną pieca.

Drugim dość powszechnie występującym rozwiązaniem są kable grzejne instalowane w podłogach lub ścianach budynku. Tu również izolacja (elektryczna, tynk) pomiędzy rozgrzanym drutem a powietrzem w pomieszczeniu znacznie obniża efektywność wymiany ciepła. Kolejną wadą tego rozwiązania jest konieczność dużego remontu w przypadku awarii kabla grzejnego.

Sposób ogrzewania zastosowany w piecu transformatorowym nie jest rozwiązaniem nowym. Grzanie tego typu – rozgrzewanie materiału na skutek przepływu prądu o dużej wartości – od wielu lat stosuje się w zgrzewarkach, spawarkach i lutownicach transformatorowych.

Streszczenie: W pracy pokazano konstrukcję i pomiary nowoczesnego pieca elektrycznego przeznaczonego do ogrzewania domu jednorodzinnego. Niewielkie wymiary, wysoka sprawność i brak emisji szkodliwych związków chemicznych to główne zalety tego pieca. Dodatkowym atutem jest cicha praca i niezwykle wysoka trwałość pieca związana z brakiem elementów ruchomych, z niezawodnym elektronicznym sterowaniem oraz wymiennikiem ciepła wykonanym ze stali nierdzewnej. Wyniki przeprowadzonych pomiarów pokazują bardzo wysoką sprawność pieca i współczynnik mocy bliski jedynce.

Słowa kluczowe: piec elektryczny, pomiary, sterowanie

TRANSFORMER ELECTRIC FURNACE

Abstract: The work shows the construction and measurements of a modern electric furnace for heating a single-family house. Small dimensions, high efficiency and no emission of harmful chemicals are the main advantages of this furnace. An additional advantage is the quiet operation and extremely high durability of the furnace due to the lack of moving parts, with electronic control and a heat exchanger made of stainless steel. The results of the measurements performed show the high efficiency of the furnace and the power factor close to one.

Keywords: electric furnace, measurement, control

W pokazywanym piecu jest zastosowany transformator, w którym uzwojeniem wtórnym jest jeden zwój będący wymiennikiem ciepła [5, 6]. Wymiennik ten wykonany z blachy nierdzewnej ma kształt rury o przekroju prostokątnym. Włączenie zasilania transformatora powoduje przepływ dużego prądu w zwartym zwoju i nagrzewanie wymiennika ciepła. Płynąca w wymienniku woda (lub inny płyn) odbiera ciepło z wymiennika i transportuje je do grzejników. Ze względu na dość dużą moc piec musi być zasilany z sieci trójfazowej. Budowę pieca pokazuje rys. 1.

Głównym elementem pieca jest trójfazowy transformator. Na każdej z trzech kolumn transformatora umieszczone jest uzwojenie pierwotne wykonane w postaci dwóch cewek nawiniętych na karkasach. Między tymi cewkami, na kolumnie transformatora umieszczono uzwojenie wtórne. Jak wspomniano wcześniej, uzwojeniem tym jest zwarty zwój wykonany w postaci rury o przekroju prostokątnym, będący wymiennikiem ciepła. Chłodna woda z obiegu cieplnego doprowadzona jest rurą łączącą dolne części trzech wymienników, a woda nagrzana odprowadzana jest z górnej części wymienników. Wymiennik

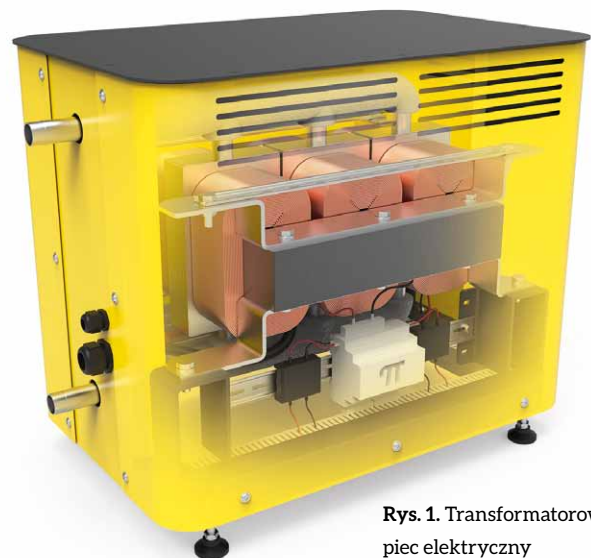
jest odizolowany od rdzenia transformatora oraz od otoczenia materiałem stwarzającym dużą barierę cieplną i dlatego znakomita większość energii cieplnej powstającej w wymienniku przekazywana jest do wody obiegowej.

Załączenie i wyłączenie transformatora zapewniają trzy półprzewodnikowe przekaźniki załączane w zerze, sygnałem pochodzącym ze sterownika. Grzanie wody – załączenie transformatora – następuje wtedy, gdy temperatura wody obiegowej jest niższa od nastawionej wartości. Po osiągnięciu żądanej temperatury transformator zostaje wyłączony, a ponowne jego załączenie następuje po schłodzeniu wody do temperatury określonej histerezą sterownika. Zastosowanie załączanych w zerze przekaźników półprzewodnikowych nie powoduje zakłóceń elektromagnetycznych wpływających na pracę innych odbiorników, a brak iskrzenia styków zapewnia wieloletnią bezobsługową pracę. Wadą tego rozwiązania w stosunku do tradycyjnych styczników jest konieczność odprowadzenia znacznej ilości ciepła wydzielającego się przy załączeniu tych przekaźników. Ponieważ na półprzewodniku występuje spadek napięcia rzędu 1 V, zatem w każdym z nich w warunkach znamionowych (przy prądzie około 15 A) wydzielą się około 15 W. Ciepło to rozpraszane jest przez radiator wyposażony w wentylator chłodzący. Wada ta rekompensowana jest wieloletnią bezawaryjną pracą i brakiem iskrzeń przy wyłączaniu transformatora.

Sterownik pieca ma kilka programów pracy zależnych od pory dnia oraz dnia tygodnia, które wybiera użytkownik. Do sterownika podłączone są czujniki zabezpieczające przed przekroczeniem temperatury oraz przed brakiem przepływu wody. Steruje on także pracą zewnętrznych pomp obiegowych (w obiegu CO i CWU).

3. Wyniki badań pieca

Piec został włączony do instalacji grzewczej wyposażonej w typowe pompy obiegowe i podgrzewał wodę CO, jak i CWU. Badania przeprowadzono przez ponad 12 godzin pracy pieca w sezonie grzewczym.



Rys. 1. Transformatorowy piec elektryczny



Pomiarów elektrycznych dokonywano miernikami analogowym i cyfrowym, pomiaru energii cieplnej dokonano miernikiem HYDROCAL M3, wyliczającym energię cieplną na podstawie pomiarów temperatury wody na wyjściu i wejściu pieca i na podstawie wartości przepływu. Średnie wartości parametrów elektrycznych przeprowadzone miernikiem analogowym (wskazówkowym) QN 10 wynoszą:

- napięcie U_{sr} – 406,7 V;
- prąd I_{sr} – 14,75 A;
- moc czynna P_{sr} – 10,2 kW;
- moc pozorna S_{sr} – 10,39 kVA;
- $\cos \varphi - P_{sr}/S_{sr} = 10,2/10,39 = 0,98$.

Średnie wartości parametrów elektrycznych przeprowadzone miernikiem cyfrowym UPT210 w ciągu 12 godzin wynoszą:

- napięcie U_{sr} – 411,3 V;
- prąd I_{sr} – 15,4 A;
- energia czynna – 126,1 kWh;
- energia bierna – 28,5 kVarh;
- energia pozorna – 129,2 kVAh;
- $\cos \varphi - 126,1/129,2 = 0,976$.

Pomiar energii cieplnej w tym samym czasie:

- E_{cie} – 415 MJ – 115,3 kWh.

Sprawność pieca:

- $\eta - (115,3/126,1) \times 100\% = 91,4\%$.

4. Wnioski

Przedstawiony sposób grzania nie jest nowością – lecz opisany piec stanowi pewną nowość technologiczną i wyróżnia się brakiem zawodnych elementów ruchomych oraz wieloletnią bezawaryjną pracą.

Jest jedynym tego typu urządzeniem, na które producent udziela 20-letniej gwarancji.

Przeprowadzone badania pokazują wysoką sprawność pieca (91,4%) i współczynnik mocy bliski jedności (0,976). Piec ma niewielkie wymiary, pracuje cicho i jest bezobsługowy. Jedyną wadą jest jego duża masa – 128 kg – utrudniająca montaż. Jeżeli użytkownik dysponuje odpowiednio niską taryfą na energię

elektryczną, to piec ten może stanowić dobrą konkurencję dla kondensacyjnych pieców gazowych. Przy posiadaniu licznika dwutaryfowego i podłączeniu pieca do zbiornika buforowego opłaty za energię elektryczną znacznie spadają. Wodę w zbiorniku buforowym nagrzewamy w godzinach obowiązywania tańszej taryfy, a ze skumulowanego ciepła korzystamy całą dobę.

Dodatkowym atutem jest fakt, że piec ten nie stanowi potencjalnego zagrożenia wybuchem, czego nie da się wykluczyć przy piecach gazowych. Piec ten stanowi także konkurencję dla elektrycznych pieców wyposażonych w grzałki, ponieważ góruje nad nimi trwałością.

Literatura

- [1] TREDER M.: *Smog zagrożeniem bezpieczeństwa zdrowotnego w Polsce*. „Rocznik Bezpieczeństwa Międzynarodowego” vol. 11, nr 1, 2017.
- [2] KUCHCIK M., MILEWSKI P.: *Zanieczyszczenie powietrza w Polsce – stan, przyczyny i skutki*. Studia KPZK, 2018 – journals.pan.pl.
- [3] <https://www.prawo.pl/samorzad/wymiana-kopciuchow-starych-piecow-walka-ze-smogiem-rzadowy,506055.html> (2021.01.30).
- [4] STRZYŻEWSKI J.: *Grzejnictwo elektryczne*. Polcen Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2012.
- [5] <https://kociol-indukcyjny.pl/downloads/kotly-indukcyjne.pdf> (2021.01.30).
- [6] DTR: <https://kociol-indukcyjny.pl/downloads/dtr-π.pdf> (2021.01.30).

dr hab. inż. Zbigniew Goryca prof. PŚk – Politechnika Świętokrzyska, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Katedra Inżynierii Budowli i Energii Odnawialnych, e-mail: tgoryca@kki.net.pl;
mgr inż. Jerzy Stachurski – PPUH Perfopol Sp. z o.o. e-mail: jerzy.stachurski@perfopol.pl