
MASZYNY ELEKTRYCZNE

część 10

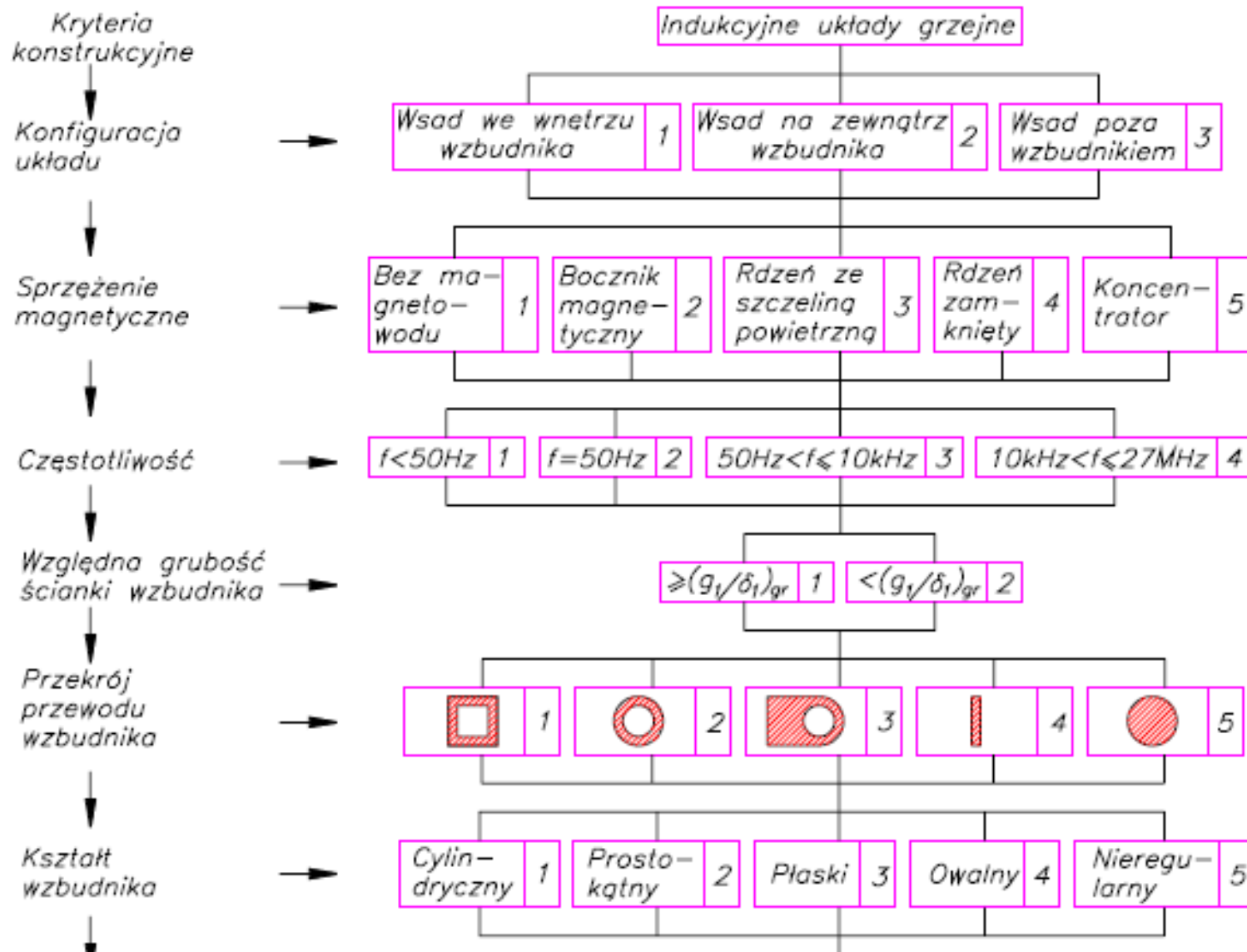
NAGRZEWANIE INDUKCYJNE

Nagrzewanie indukcyjne jest to nagrzewanie elektryczne polegające na generacji ciepła przy przepływie prądów wirowych wywołanych zjawiskiem indukcji elektromagnetycznej w elementach sprzężonych magnetycznie.

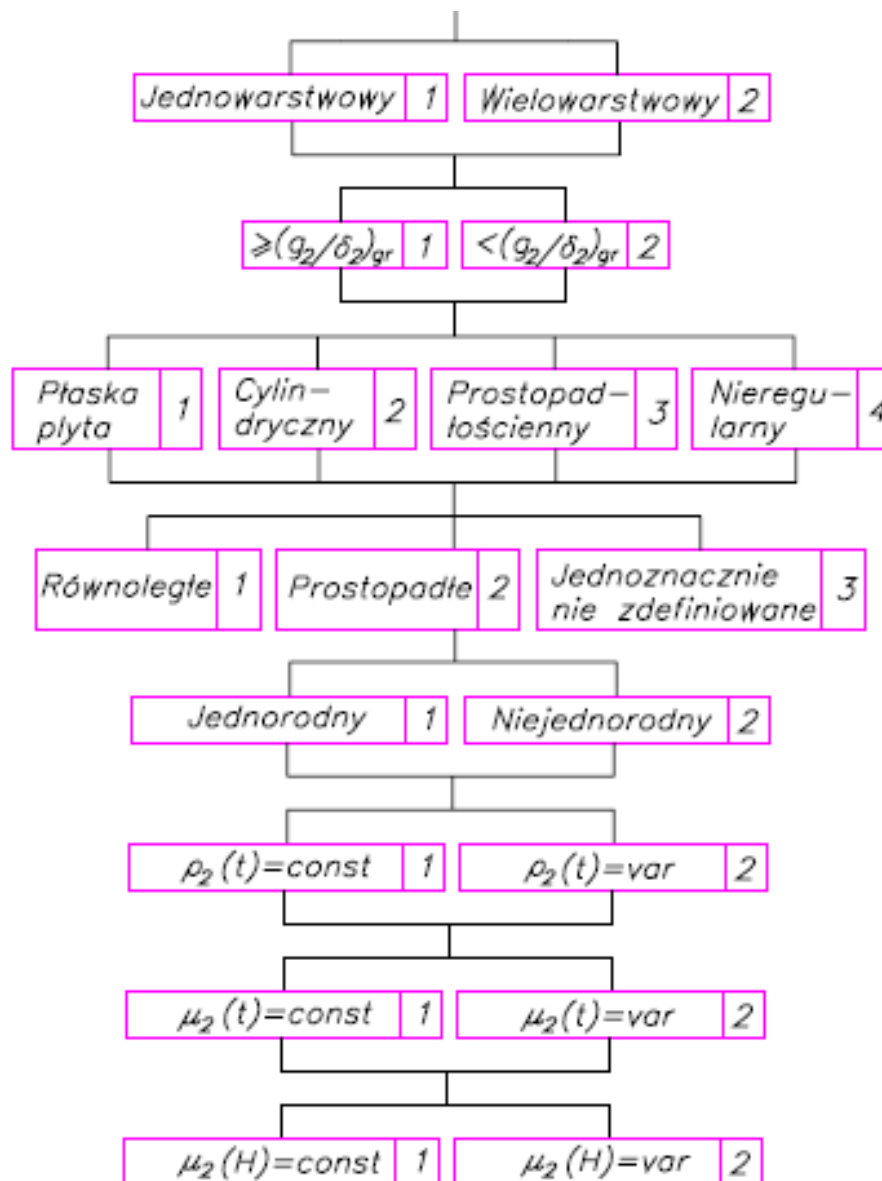
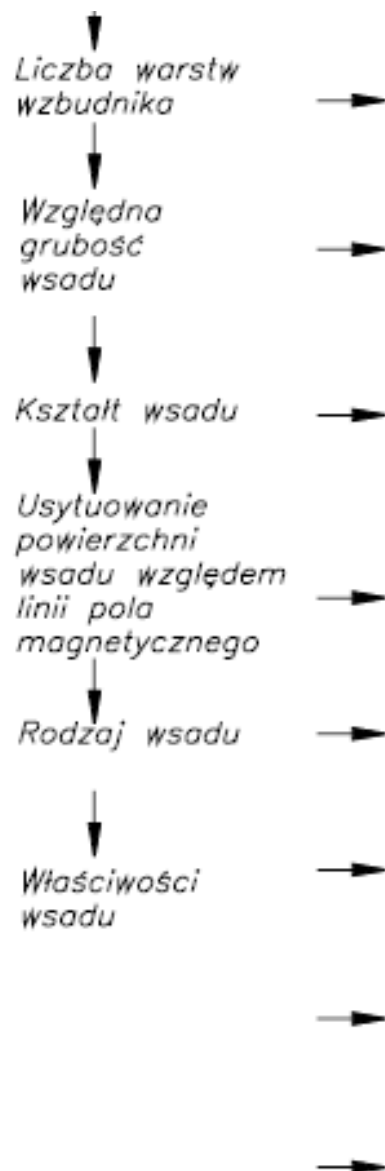
Urządzenia indukcyjne należą do najbardziej zróżnicowanych urządzeń elektrotermicznych. Według kryterium cyklu nagrzewania urządzenia dzieli się na przeznaczone do pracy przerywanej, okresowej i ciągłej. Główną domeną ich zastosowań jest przemysł, ale bywają one także stosowane w gospodarce komunalno-bytowej (np. kuchnie indukcyjne).

Według kryterium technologii - urządzenia indukcyjne wykorzystywane do: obróbki plastycznej, obróbki cieplnej, topienia, suszenia, lutowania, zgrzewania, ogrzewania.

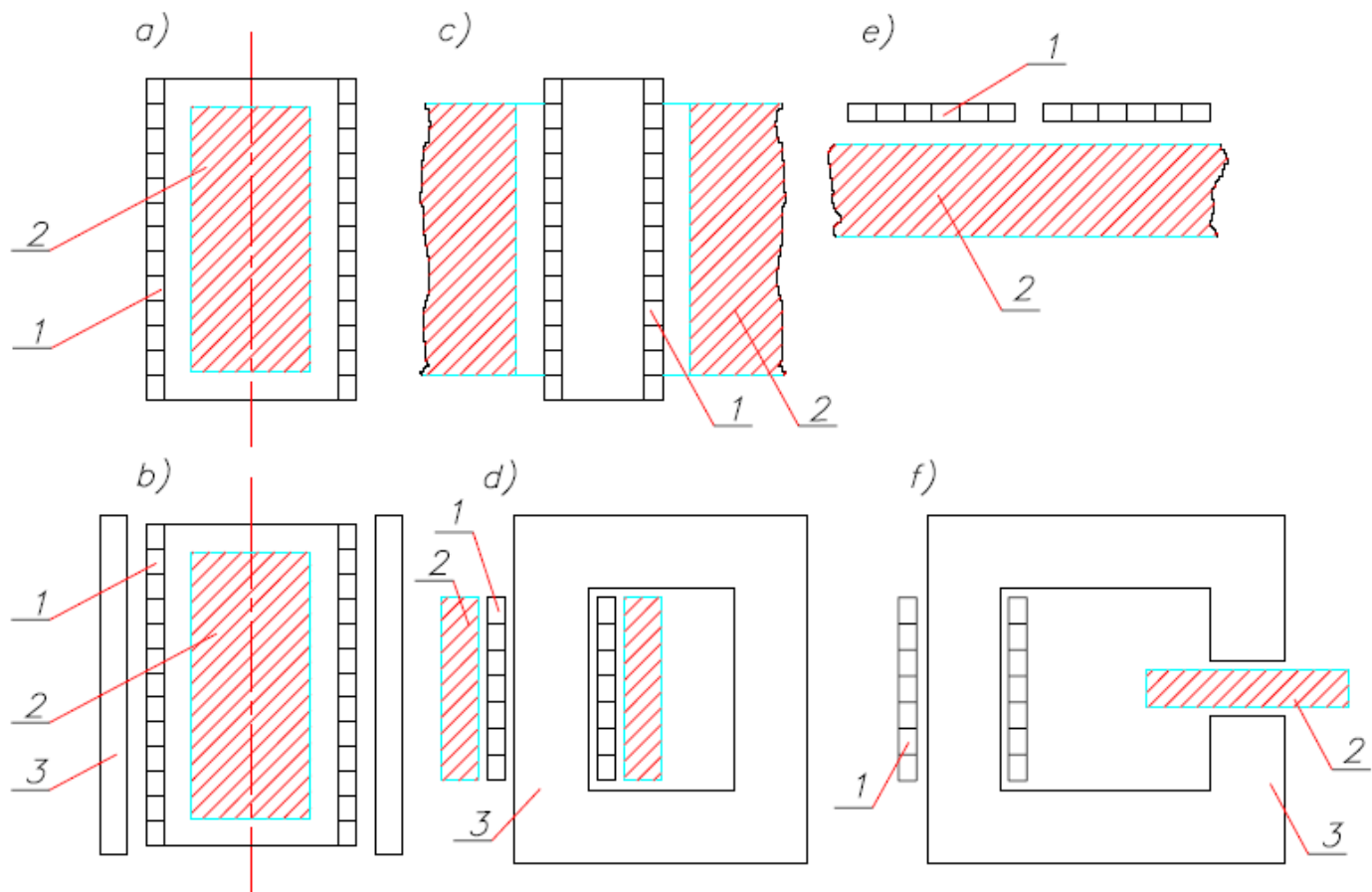
Wychodząc z kryterium konstrukcji, stosuje się podział na nagrzewnice i piece indukcyjne. Często utożsamia się te pojęcia odpowiednio z urządzeniami indukcyjnymi bezkomorowymi i komorowymi



Klasyfikacja podstawowych indukcyjnych układów grzejnych uwzględniająca kryteria konstrukcyjne



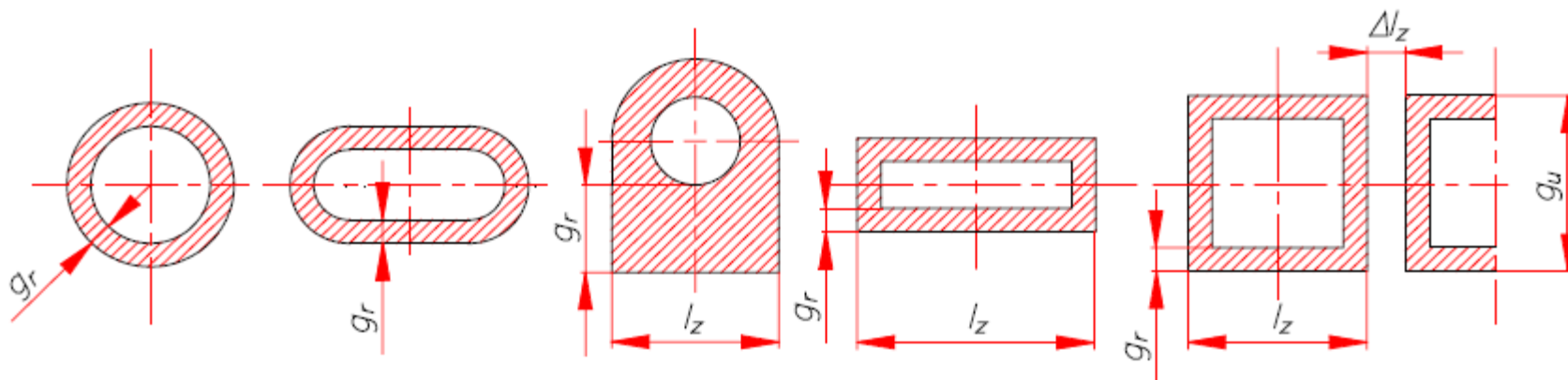
Klasyfikacja podstawowych indukcyjnych układów grzejnych uwzględniająca kryteria konstrukcyjne - cd



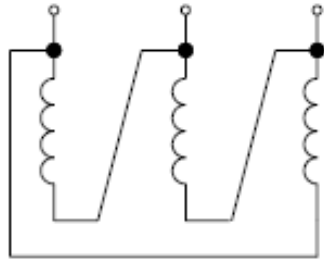
Podstawowe konfiguracje indukcyjnych układów grzejnych: a) wsad we wnętrzu wzbudnika; b) wsad we wnętrzu wzbudnika z bocznikami magnetycznymi; c) wsad na zewnątrz wzbudnika; d) wsad na zewnątrz wzbudnika z rdzeniem zamkniętym; e) wsad poza wzbudnikiem; f) wsad poza wzbudnikiem, z rdzeniem ze szczeliną 1 - wzbudnik, 2 - wsad, 3 - magnetowód

Procesy nagrzewania indukcyjnego są oczywiście możliwe do zrealizowania wyłącznie przy zasilaniu wzbudnika prądem zmiennym. Istotny wpływ na sprawność tych procesów ma częstotliwość prądu indukowanego we wsadzie. Musi być ona dobrana przy uwzględnieniu właściwości i wymiarów wsadu, a także technologicznego celu nagrzewania.

Jeśli przyjąć za podstawę podziału źródeł zasilania zasadę ich działania wyróżnić można: przemienniki statyczne budowane z wykorzystaniem tyrystorów bądź tranzystorów, generatory lampowe i tranzystorowe, generatory maszynowe, przekształtniki transformatorowe i magnetyczne mnożniki częstotliwości.



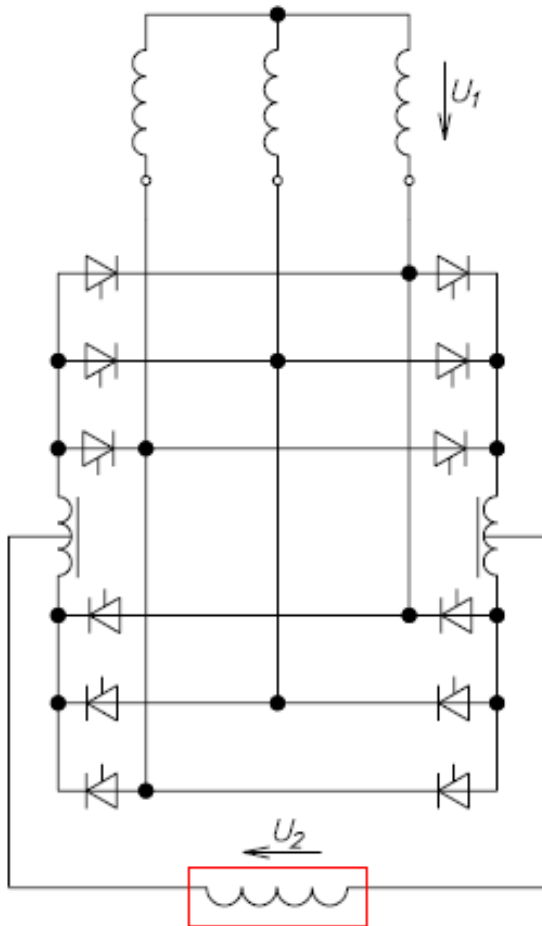
Przekroje przewodów wzbudników wykonanych z przewodów profilowanych

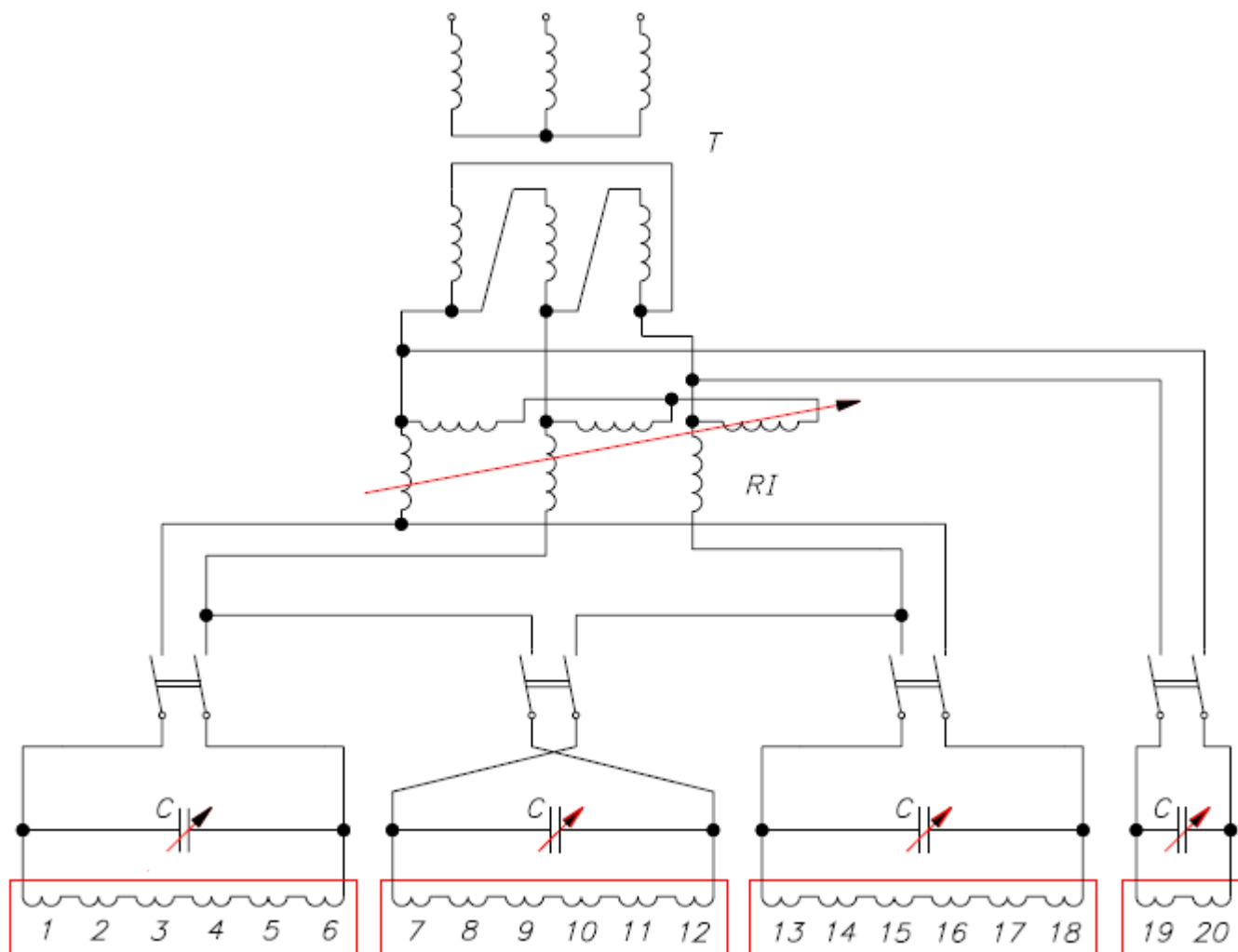


Bezpośredni tyrystorowy przemiennik częstotliwości (cyklokonwerter)

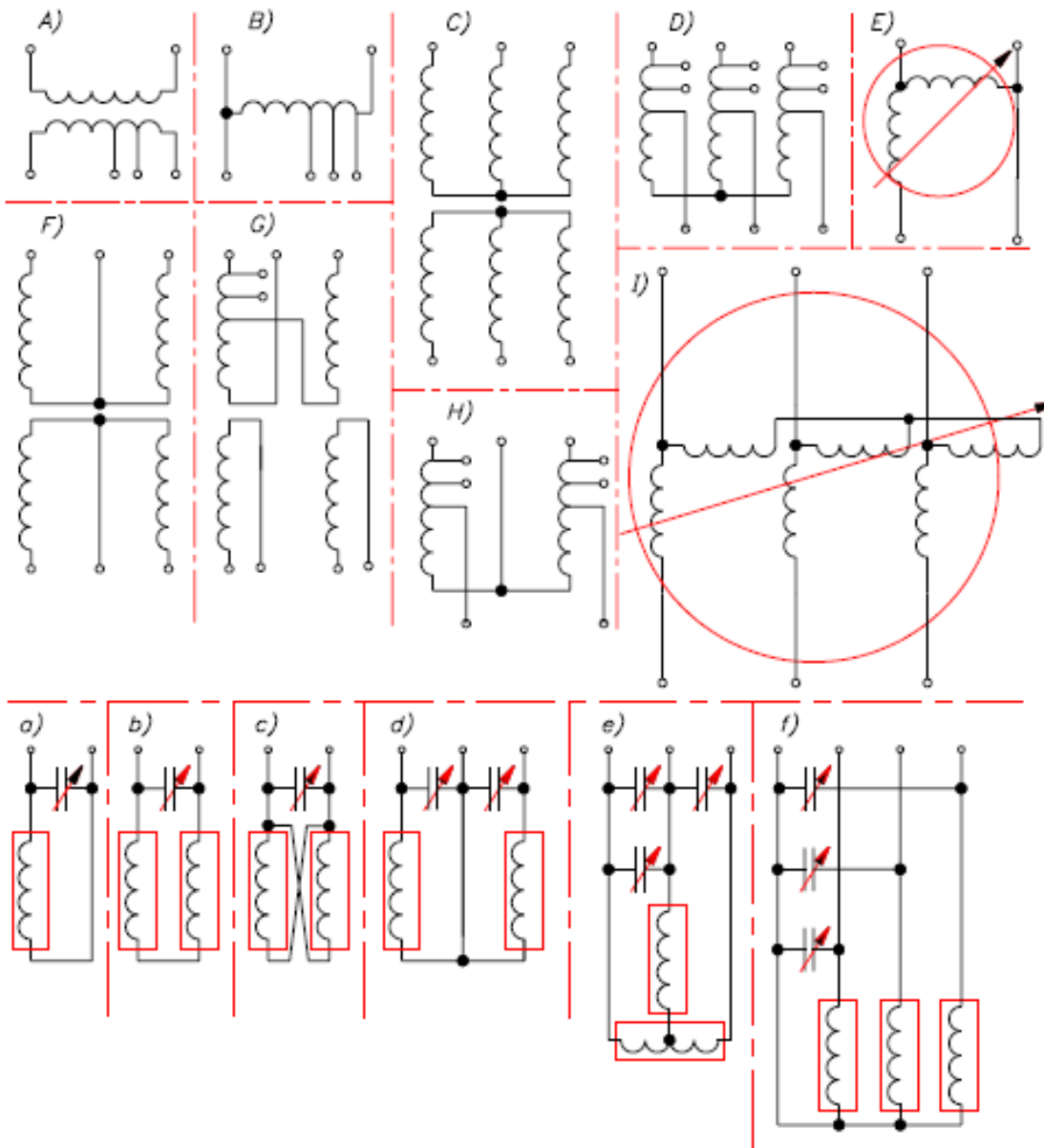
U_1 – na pięcie o częstotliwości sieciowej,

U_2 – napięcie o częstotliwości roboczej (zmniejszonej)



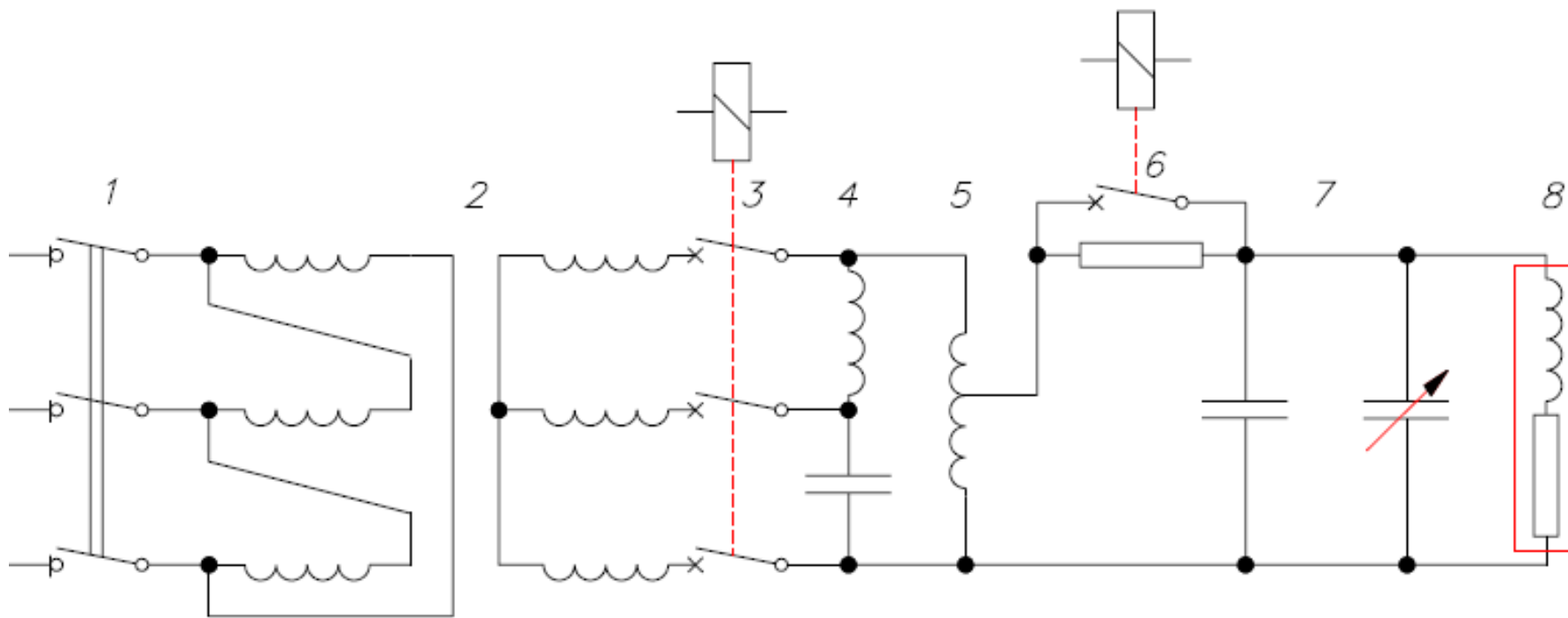


Zasilanie - wzбудnikowej trójfazowej nagrzewnicy częstotliwości sieciowej
T - transformator, RI - regulator indukcyjny, C - baterie kondensatorów do kompensacji mocy biernej

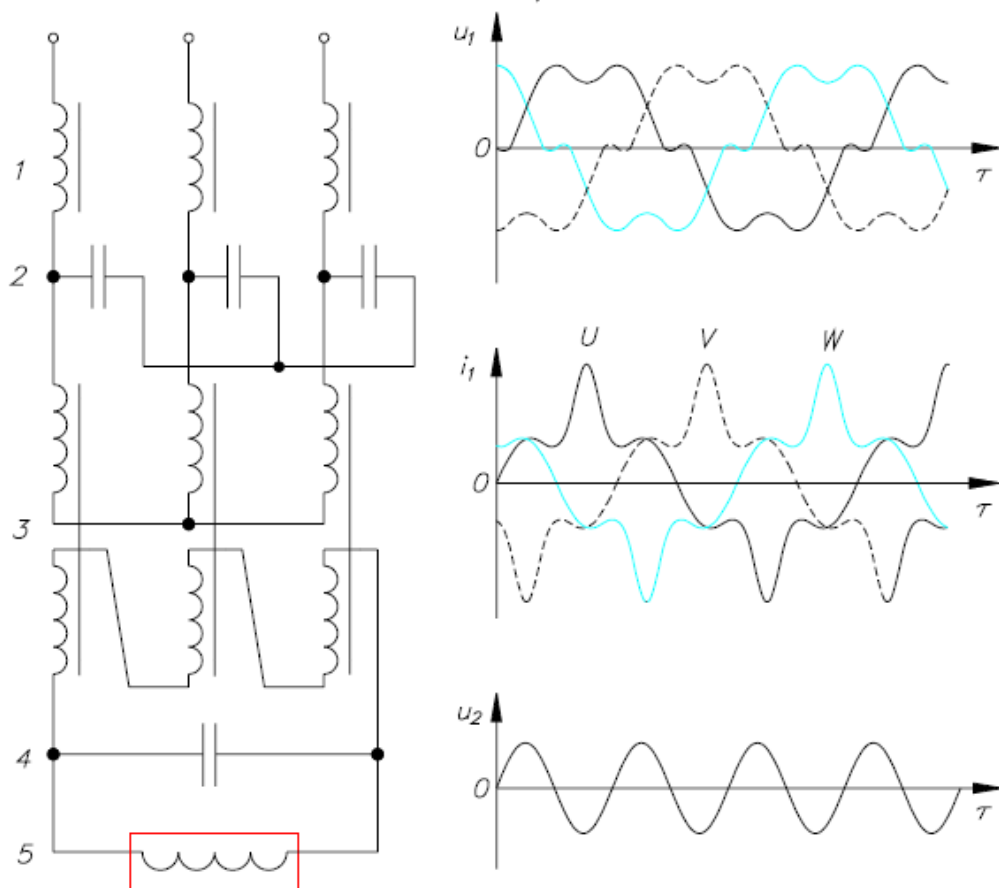


Elementy najbardziej rozpowszechnionych układów zasilania nagrzewnic i pieców indukcyjnych o częstotliwości sieciowej

- A) transformator regulacyjny jednofazowy;
 - B) autotransformator regulacyjny jednofazowy;
 - C) transformator trójfazowy;
 - D) autotransformator regulacyjny trójfazowy;
 - E) regulator indukcyjny jednofazowy;
 - P) transformator trójfazowy w układzie V;
 - G) dwa transformatory jednofazowe w układzie Scotta;
 - H) autotransformator regulacyjny trójfazowy w układzie V;
 - I) regulator indukcyjny trójfazowy;
- a) ÷ f) układy połączeń wzбудników z kondensatorami do kompensacji mocy biernej, przy czym wzбудniki pieca kanałowego w eksploatowane w układzie V wg rys. d) mogą być przełączane także na pracę w układach jak na rysunkach a), b), c)

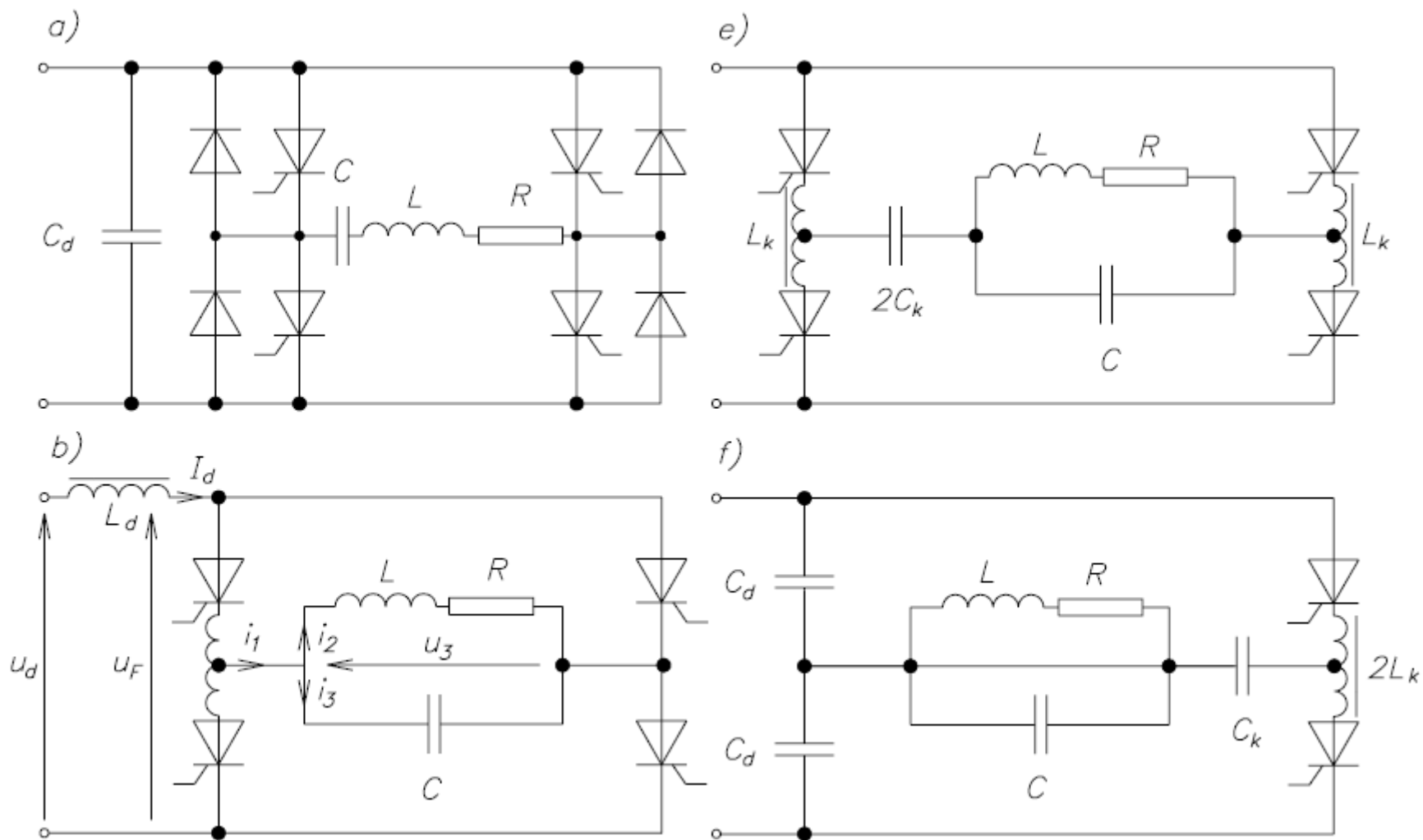


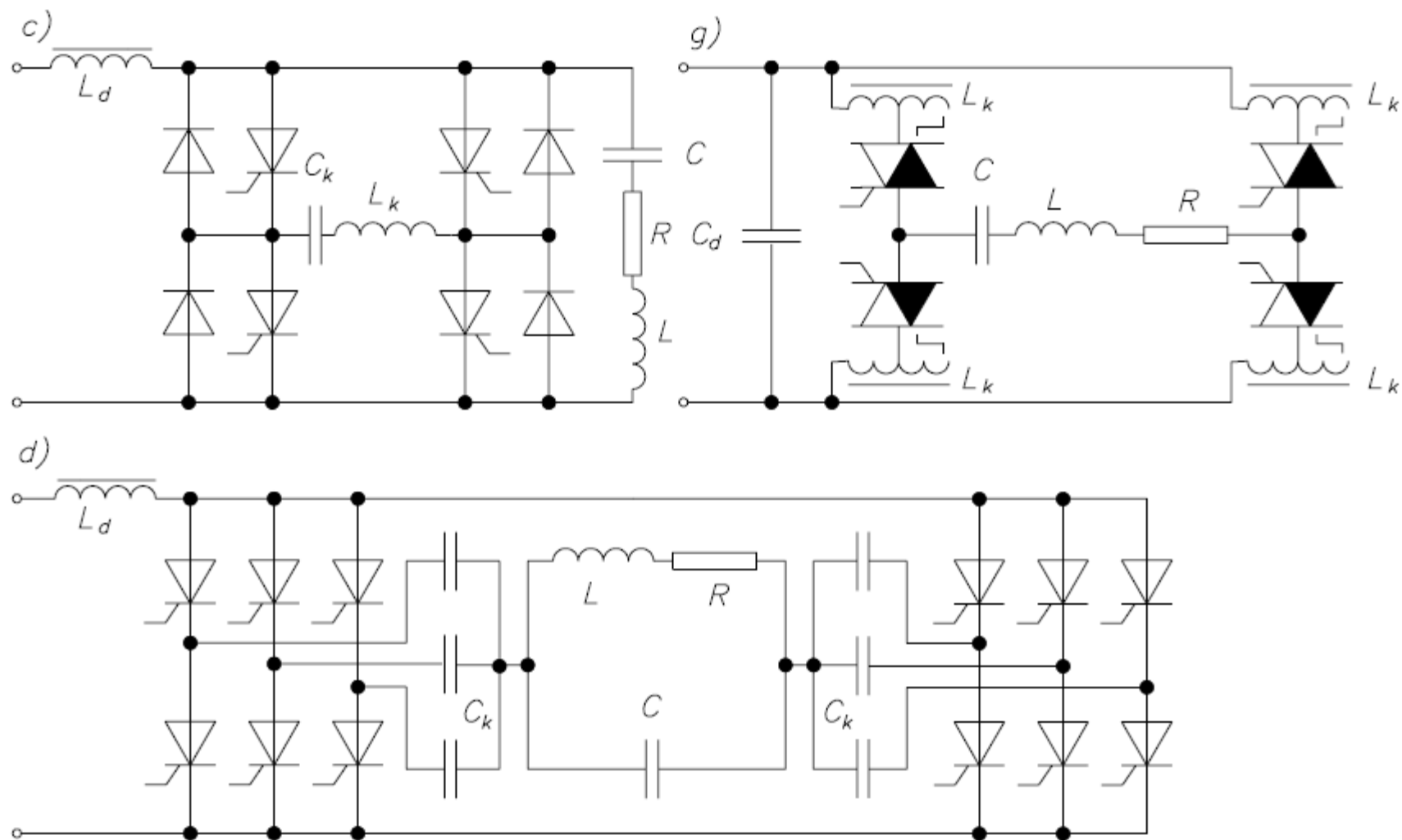
Układ zasilania jednofazowego pieca tyglowego częstotliwości sieciowej
 1 - rozłącznik, 2 - transformator, 3 - wyłącznik piecowy, 4 - układ symetryzacji,
 5 - autotransformator, 6 - rezystor rozruchowy z wyłącznikiem, 7 - baterie kondensatorów do
 kompensacji mocy biernej, 8 - piec



Zasilanie urządzeń indukcyjnych za pośrednictwem magnetycznego potrajacza częstotliwości:

a) schemat układu zasilania; b) przebieg chwilowych wartości prądów i napięć 1 - dławiki wygładzające, 2 - kondensatory tłumiące, 3 - magnetyczny potrajacz częstotliwości, 4 - kondensatory kompensacji i regulacji napięcia, 5 - wzbudnik odbiornika, u^1 , i^1 - napięcie i prąd po stronie pierwotnej potrajacza, u^2 - napięcie wypadkowe po stronie wtórnej





Schematy falowników tyrystorowych stosowanych do zasilania indukcyjnych urządzeń grzejnych:

- a) falownik napięciowy z szeregowym obwodem rezonansowym;
- b) falownik prądowy z równoległym obwodem rezonansowym;
- c) falownik prądowy z szeregowym obwodem rezonansowym o podwójnej częstotliwości;
- d) falownik prądowy z szeregowym obwodem rezonansowym o potrójnej częstotliwości;
- e) falownik prądowy szeregowo - równoległy;
- f) falownik napięciowy drgań tłumionych;
- g) falownik napięciowy z szeregowym obwodem rezonansowym i tyrystorami przewodzącymi wstecznie RCT

C - pojemność obwodu rezonansowego.

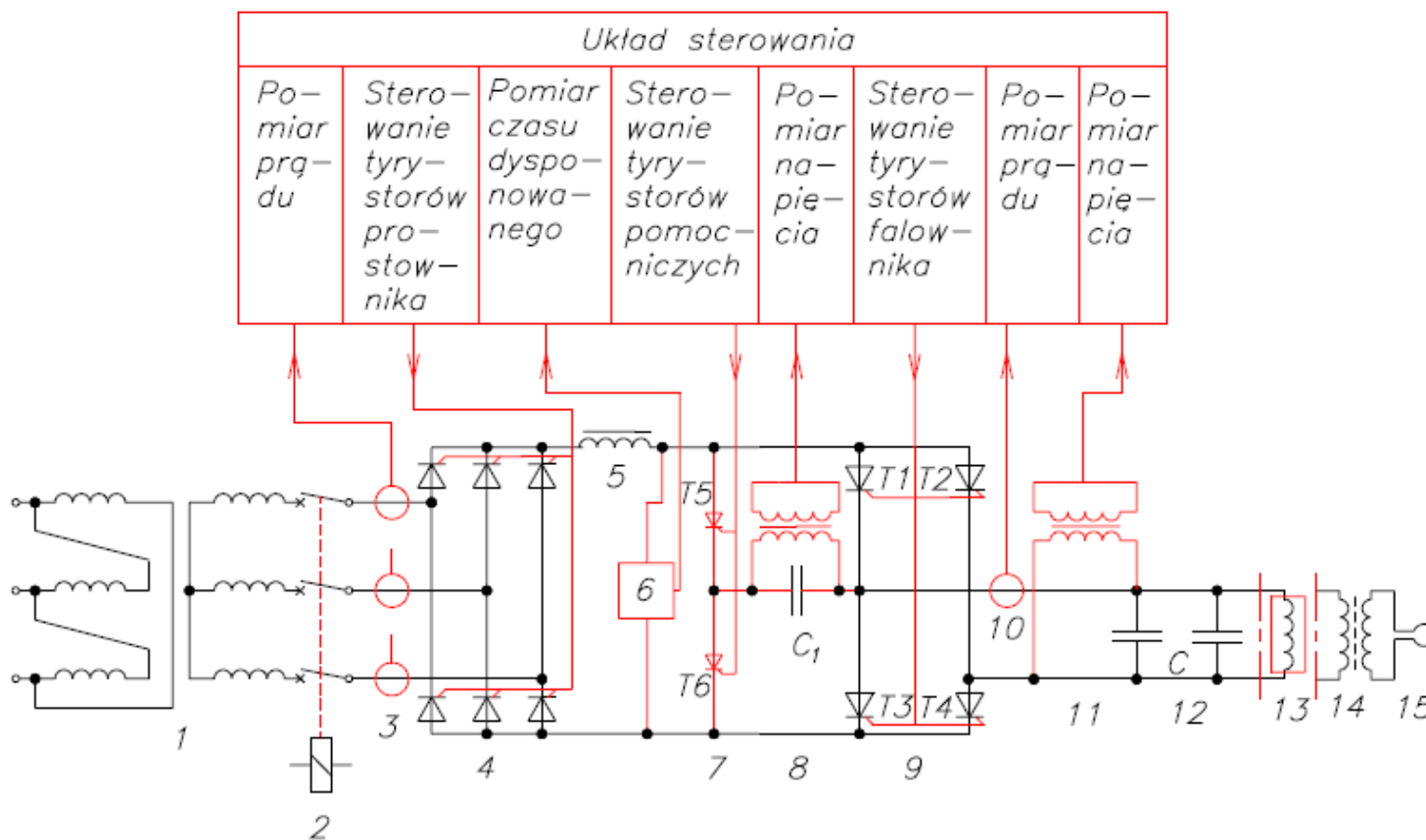
C^d , - pojemność obwodu pośredniczącego,

C^k , - pojemność obwodu komutacyjnego,

L - indukcyjność obwodu rezonansowego,

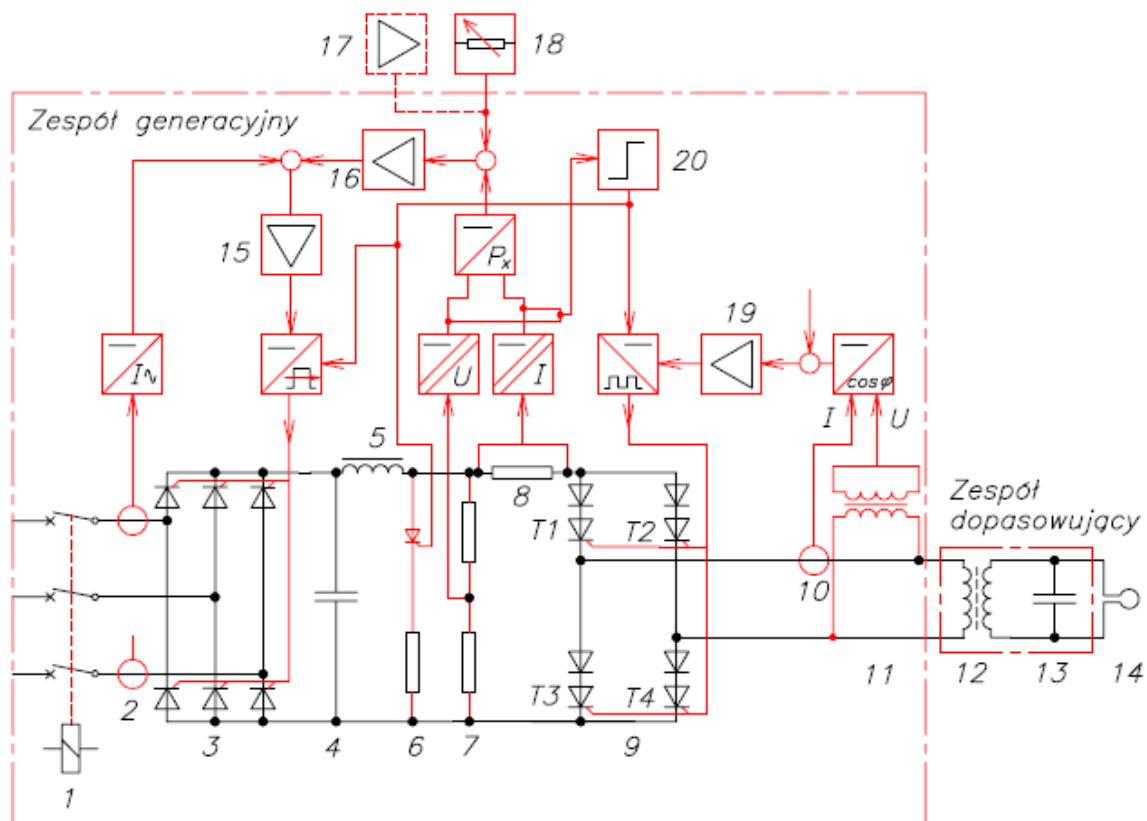
L^d - indukcyjność dławika w obwodzie prądu wyprostowanego,

L^k , - indukcyjność obwodu komutacyjnego, R - rezystancja obciążenia


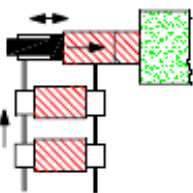
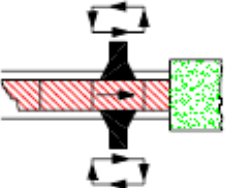

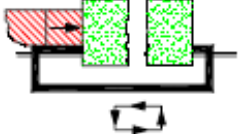
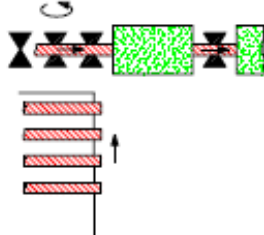


Schemat przemiennika z tyrystorami klasycznymi, równoległym obwodem rezonansowym i falownikiem prądu

1 - transformator zasilający, 2 - wyłącznik główny, 3 - przekładniki prądowe, 4 - prostownik, 5 - dławik, 6 - nastawnik czasu dysponowanego, 7 - tyrystory układu rozruchowego, 8 - kondensator układu rozruchowego, 9 - tyrystory falownika, 10 - przekładnik prądowy, 11 - przekładnik napięciowy, 12 - bateria kondensatorów do kompensacji mocy biernej, 13 - wzbudnik, 14 - transformator dopasowujący, 15 - wzbudnik, (elementy 14 i 15 są alternatywą 13)



Schemat przemiennika z tyrystorami GTO. równoległym obwodem rezonansowym i falownikiem prądu
 1 - wyłącznik główny. 2 - przekładnik prądowy. 3 - prostownik. 4 - kondensator wygładzający. 5 - dławik. 6 - zabezpieczenie przeciwprzepięciowe. 7 - układ pomiaru napięcia. 8 - układ pomiaru prądu. 9 - tyrystory GTO i diody falownika. 10- przekładnik prądowy. 11- przekładnik napięciowy. 12 - transformator dopasowujący. 13 - kondensator obwodu rezonansowego. 14 - wzbudnik. 15 - regulator prądu. 16 - regulator mocy - regulator napięcia. 17 - nadrzędny regulator temperatury. 18 - nastawnik wartości zadanej. 19 - regulator częstotliwości. 20 - układ nadzoru

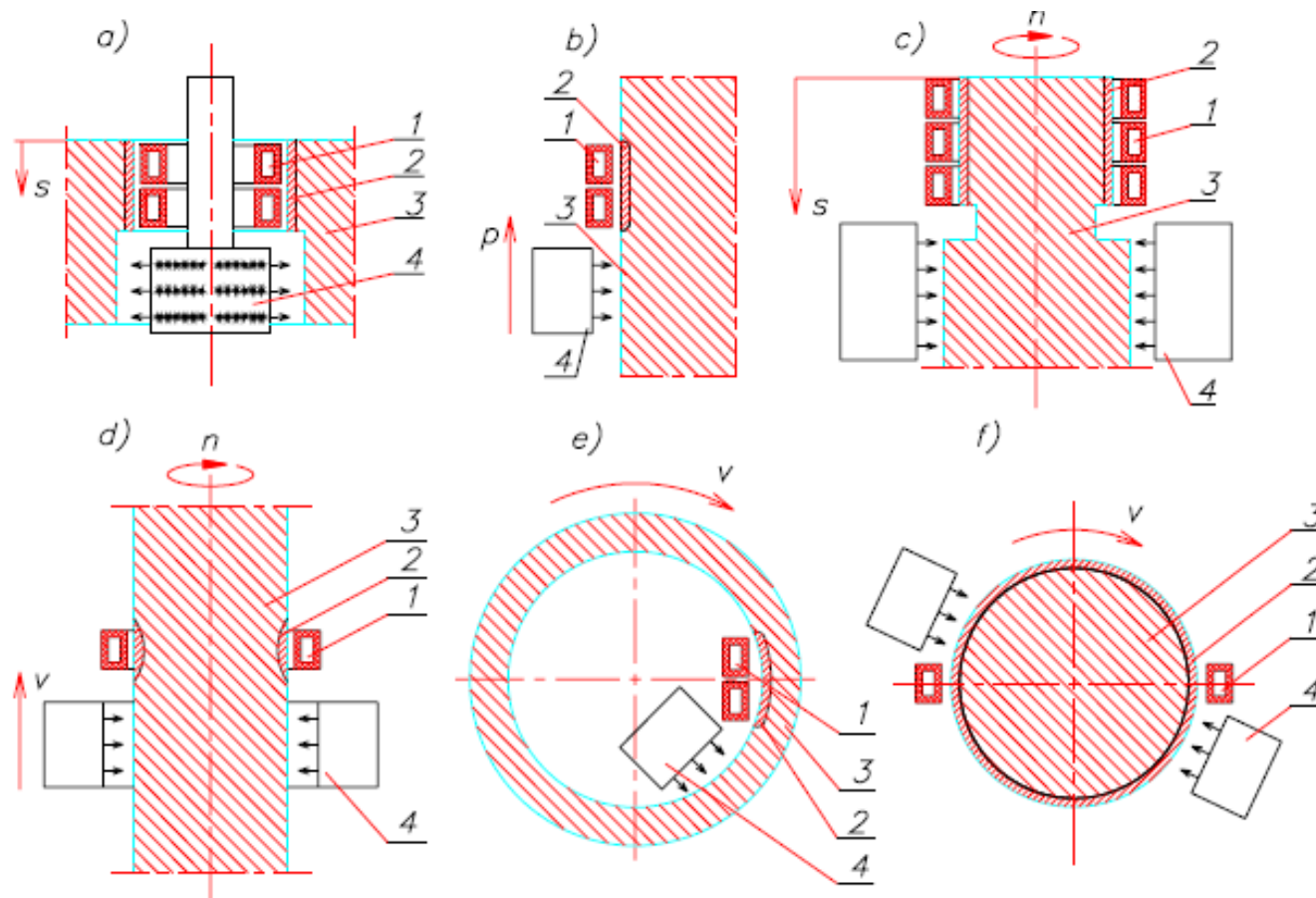
<p>Wyposażenie członu transportu</p>  <p>Wsad</p> <p>Wzbudnik</p>	 <p>System popychaczowy tloczący (widok z góry)</p>	 <p>System popychaczowy kleszczowy (widok z góry)</p>	 <p>System popychaczowy rolkowy (widok z góry)</p>	 <p>System ponośnikowy (widok z boku)</p>	 <p>System samotkowy (widok z góry)</p>
1	2	3	4	5	6
Sposób transportu	skokowy	skokowy lub quasi-ciągły z użyciem kleszczy przenoszących	ciągły z użyciem rolek napędowych	skokowy lub quasi-ciągły z użyciem szyn kroczących	skokowy z ciągłym podawaniem wsadu
Przebieg transportu	ustawienie wsadu na torze ślizgowym. ruch popychacza z wsadem w przód i powrót	wsad ściskany szczękami. ruch w przód. szczęki w bok i ruch do tyłu	ciągły ruch wsadu w przód	unoszenie wsadu w górę. ruch w przód. ruch w dół. powrót	przesuw za pomocą rolek napędowych
Możliwość transportu Elementów pojedynczych	nie	nie	nie	tak	tak. przy dostatecznej ich długości
Możliwość pracy przy Przerwach w podawaniu wsadu	przy dodatkowym wyposażeniu	przy dodatkowym wyposażeniu	przy dodatkowym wyposażeniu	tak	tak
Niebezpieczeństwo „sklejania się” wsadów w wysokich temperaturach oraz przy małej zawartości węgla	tak	tak	tak	niewielkie (można wyeliminować stosując wyposażenie dodatkowe)	tak

Człony transportu wsadu w urządzeniach indukcyjnych z nagrzewnicami skrośnymi – rozwiązania najczęściej stosowane

Hartowanie indukcyjne jest operacją złożoną z dwóch bezpośrednio po sobie następujących zabiegów: nagrzewania i chłodzenia wsadu. przy czym najczęściej jest ono stosowane do obróbki powierzchniowej. Istnieje wiele metod przeprowadzania tych zabiegów.

Na podstawie kryterium ruchu względnego wzbudnika i wsadu wyróżnia się 5 metod podstawowych:

- a) spoczynkową
- b) jednoobrotową
- c) obrotową
- d) obrotowo-postępową
- e) postępową



Przykłady metod hartowania indukcyjnego

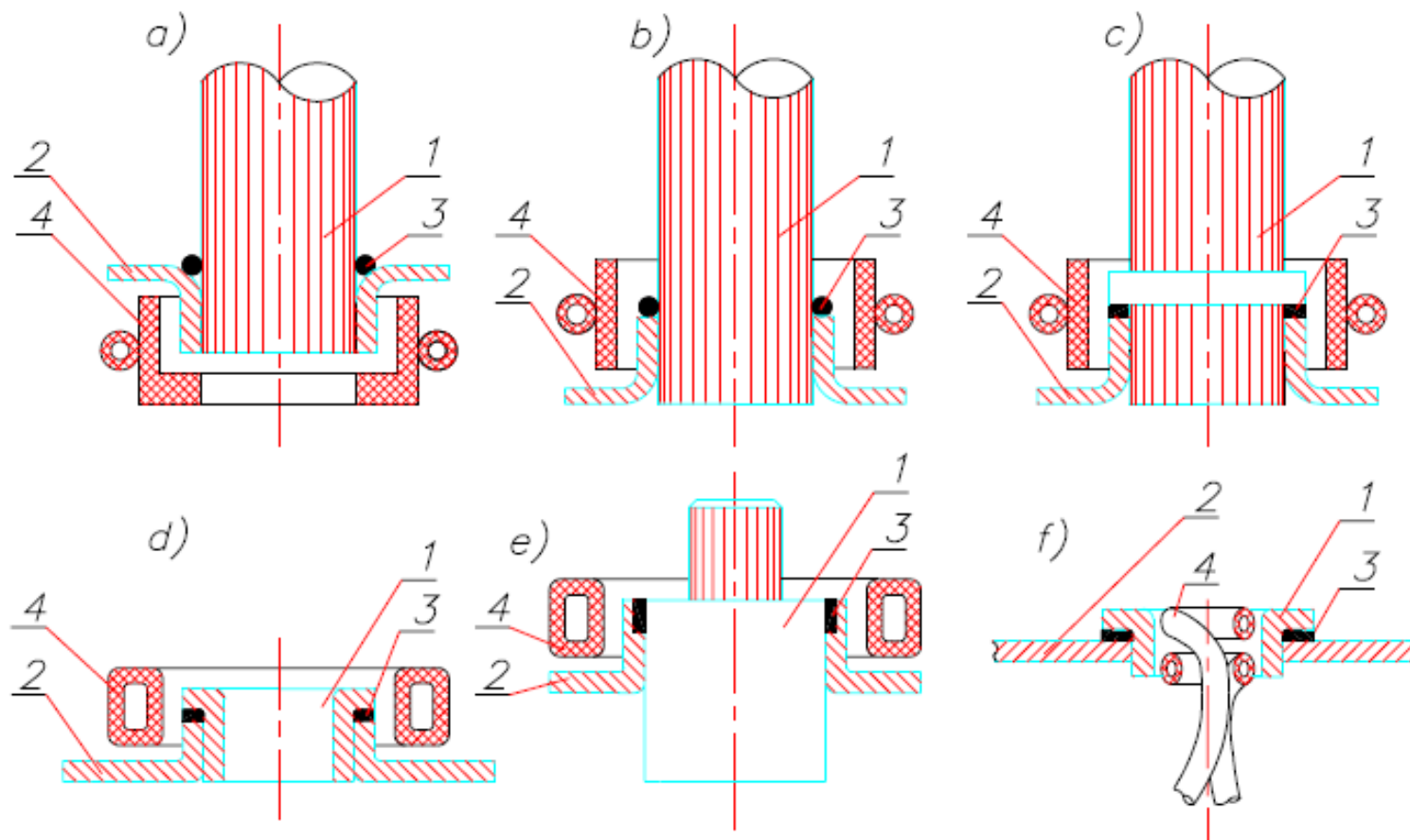
- a) spoczynkowa - całościowa. b) postępowa - stopniowa. c) obrotowa - całościowa.
 d) obrotowo - postępowa - stopniowa. e) jednoobrotową - stopniowa. f) jednoobrotową -
 stopniowa (z polem poprzecznym) 1 - wzbudnik. 2 - hartowana warstwa wsadu. 3 - wsad.
 4 - natryskiwacz. s - skok. p - przesuw. n - kierunek obrotów. v - kierunek ruchu

Lutowanie indukcyjne przy użyciu lutów miękkich (do 450°C) i twardych (do 1020°C) realizuje się w indukcyjnych układach grzejnych stacjonarnych i postępowych.

Lutowie w postaci drutu, folii, taśmy, ziaren, wiórków, proszku lub pasty najczęściej umieszcza się w bezpośrednim sąsiedztwie łączzonego obszaru lub między łączonymi powierzchniami. Po roztopieniu, dzięki efektowi kapilarnemu lut wypełnia szczelinę między łączonymi częściami.

Lutowanie indukcyjne stosuje się do łączenia przedmiotów o różnym kształcie, a m.in. do łączenia płytek z węglików spiekanych z trzonkami narzędzi skrawających. Procesy lutowania mogą być realizowane w atmosferach ochronnych.

Zalety lutowania indukcyjnego to łatwość automatyzacji, dobra i stała jakość połączeń, minimalne braki, małe zużycie lutu i energii



Rozmieszczenie wzбудników i lutów przy lutowaniu różnych elementów metodą spoczynkową:

a), b), c) wzbudnik pierścieniowy jednozwojowy z przylutowaną rurką z wodą chłodzącą;

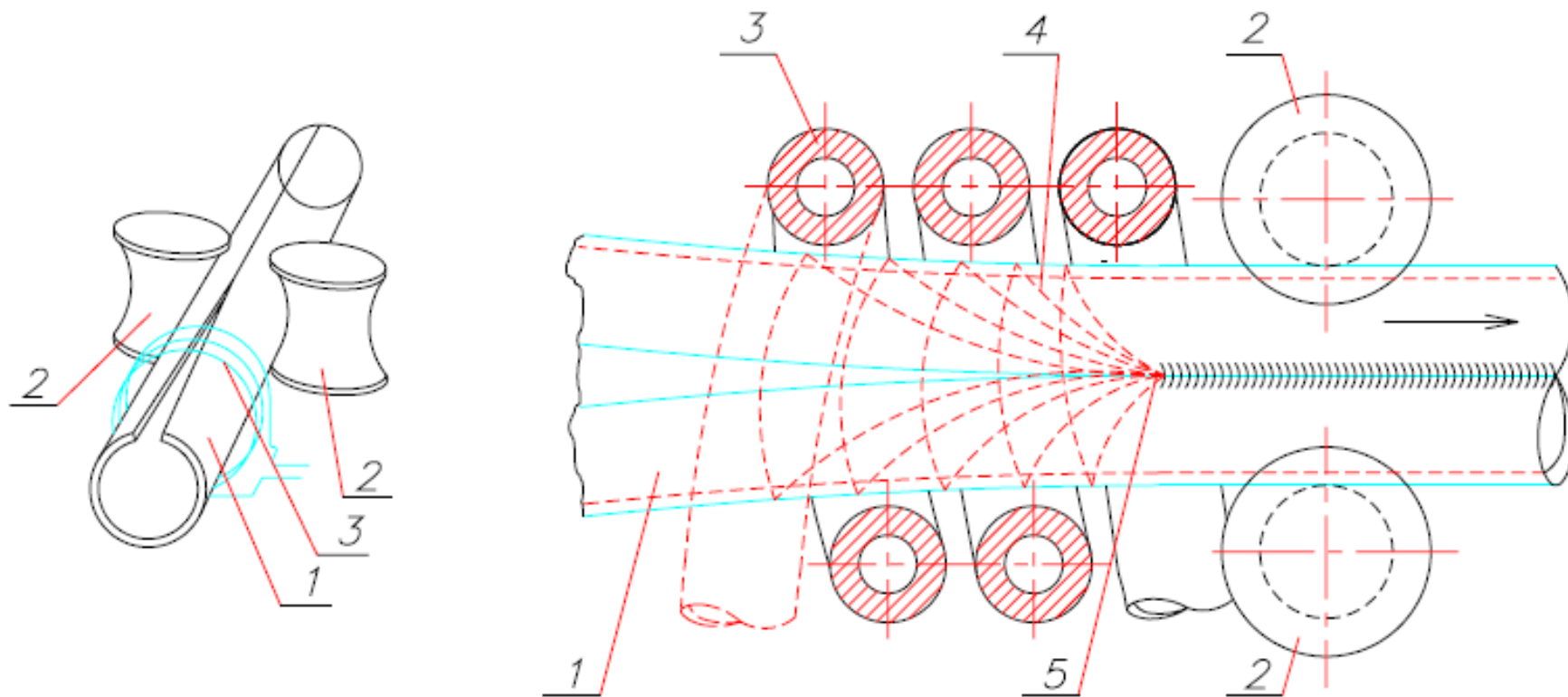
d), e), f) wzbudnik z chłodzeniem bezpośrednim

1,2- elementy lutowane; 3 - lut; 4 - wzbudnik

Zgrzewanie indukcyjne realizowane jest kilkoma technikami.

Zgrzewanie statyczne doczołowe w stanie plastycznym z dociskiem spęczania realizowane jest przy szybkości nagrzewania dochodzącej do 400 K/s.

Zgrzewanie ciągłe ze stapieniem zgrzewanych powierzchni i dociskiem spęczania (nazywane często - zwłaszcza w literaturze obcej - spawaniem) stosowane jest przy wykonywaniu złączy wzdłużnych i spiralnych rur, złączy wzdłużnych belek konstrukcyjnych, rur żebrowych i taśm bimetalowych.



Zgrzewanie indukcyjne (spawanie) ciągłe rur

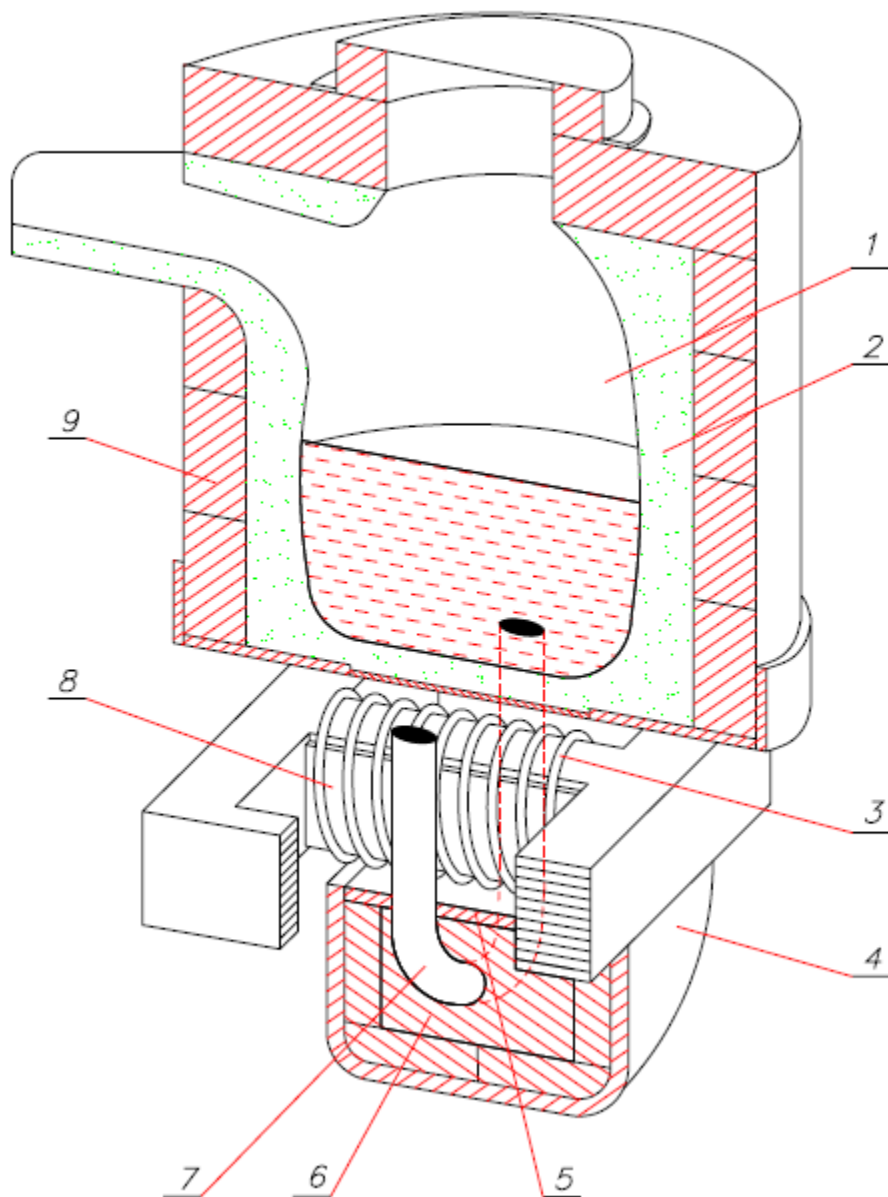
1 - rura, 2 - walce dociskowe, 3 — wzбудnik, 4 - tory prądów, 5 - miejsce zgrzewania (spawania)

Piece indukcyjne kanałowe

Zasady działania pieców indukcyjnych kanałowych określają te same prawa elektromagnetyzmu jakie mają zastosowanie do nagrzewnic indukcyjnych. Rozwiązania konstrukcyjne pieców kanałowych mają cechy zbliżone z transformatorami.

Elektryczny obwód pierwotny pieca tworzy jeden lub kilka wzbudników, obwód wtórny - nagrzewany metal znajdujący się w jednym lub kilku kanałach wykonanych z ceramicznego materiału ogniotrwałego oraz w zbiorniku wyłożonym także materiałem ogniotrwałym.

Uruchomienie i praca pieca kanałowego możliwa jest pod warunkiem zamknięcia obwodu wtórnego, który w praktyce tworzy się pozostawiając zawsze w piecu tzw. zaczyn (zalew), czyli ilość metalu ($0,2 \div 0,5$ ilości użytecznej czyli odlewanej), niezbędną do całkowitego wypełnienia kanału oraz zbiornika do wysokości powodującej co najmniej zalanie wylotów kanału (kanałów).



Piec indukcyjny kanałowy

- 1 - zbiornik pieca,
- 2 - wyłożenie ogniotrwale zbiornika,
- 3 - wzбудnik,
- 4 - obudowa modułu indukcyjnego,
- 5 - osłona wzбудnika,
- 6 - wyłożenie ogniotrwale kanału,
- 7 - kanał,
- 8 - rdzeń,
- 9 - izolacja cieplna

Typy pieców kanałowych różnią się biorąc zwykle za kryterium podziału

- a) przeznaczenie: do topienia (piece topielne), do podgrzewania kąpeli i korekty jej składu chemicznego (mieszalniki), do przetrzymywania metalu w stanie nagrzanym (piece buforowe), do dozowania ciekłego metalu (zatyczkowe, z rynną elektromagnetyczną, pneumatyczne);
- b) liczbę komór: jedno- i dwukomorowe;
- c) sposób opróżniania: przechylne i nieprzechylne;
- d) kształt wanny: z wanną cylindryczną, prostopadłościenną, bębnową, kulistą;
- e) połączenie modułu z komorą: z modułami wymiennymi i niewymiennymi;
- f) liczbę modułów: jedno i wielomodułowe;
- g) usytuowanie modułu: pionowe, poziome, ukośne (stosuje się równocześnie moduły o różnym ich usytuowaniu);
- h) rodzaj kanału: z kanałami pojedynczymi, z kanałami podwójnymi;
- i) kształt kanału: z kanałami okrągłymi, prostymi, w kształcie litery V, nieregularnymi (wynik optymalizacji);
- j) przekrój poprzeczny kanału: z okrągłymi, owalnymi, kwadratowymi i prostokątnymi;
- k) liczbę kanałów równoległych; jedno, dwu, trójkanałowe;
- l) liczbę faz wzbudnika: jedno, dwu, trójfazowe.

Wyposażenie elektryczne pieca obejmuje następujące ważniejsze elementy

- a) transformator względnie autotransformator regulacyjny do zasilania modułów indukcyjnych napięciem o wartości od kilkuset do tysiąca kilkuset woltów, dopasowanym do mocy modułów indukcyjnych;
- b) baterię kondensatorów do kompensacji mocy biernej; zwykle część kondensatorów przyłączona jest na stałe, reszta podzielona na grupy umożliwia dopasowanie pojemności do zmieniającego się obciążenia;
- c) układ symetryzacyjny transformatorowy, indukcyjne - pojemnościowy lub z dławikiem; należy przy tym zaznaczyć, że nawet w przypadku pieca trójkanałowego nie jest możliwe wyeliminowanie tego układu z uwagi na asymetrię mocy w kanałach także przy pełnej napięciowej symetrii zasilania
- d) aparaturę pomiarowo-kontrolną umożliwiającą sterowanie piecem i jego wyposażeniem; kontrolowany jest w szczególności stan modułu indukcyjnego poprzez ciągły pomiar parametrów elektrycznych, co pozwala na jego wymianę we właściwym czasie.

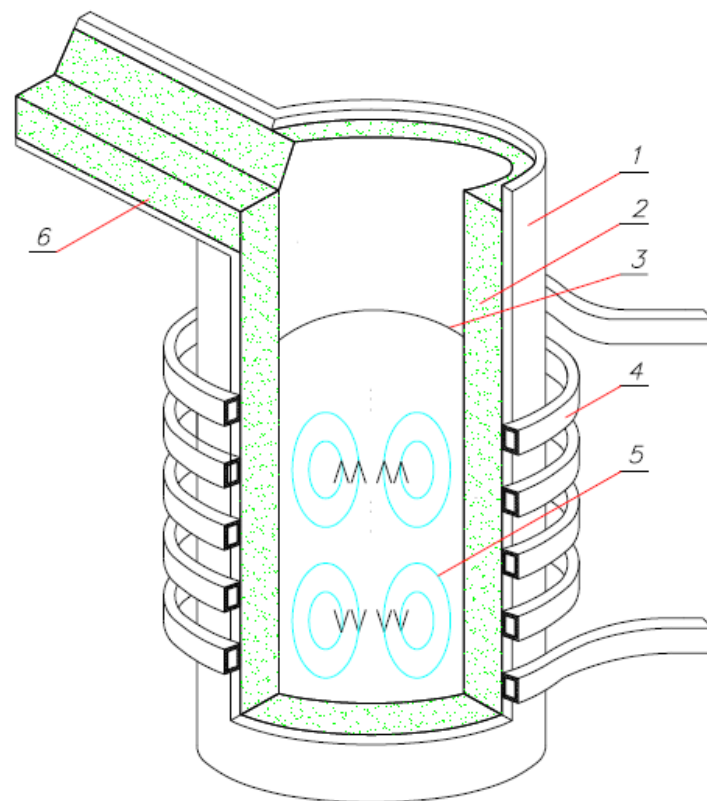
Piece indukcyjne tyglowe

Zasady działania pieców indukcyjnych tyglowych (eksploatowanych przy częstotliwości sieciowej, zwiększonej oraz wielkiej) są zbliżone do zasad odnoszących się do nagrzewnic indukcyjnych nieprzelotowych do wsadów cylindrycznych. Podstawowa różnica wynika z konieczności utrzymywania wsadu w obszarze wzbudnika w stanie stałym

Typy pieców tyglowych wyróżnia się biorąc zwykle za podstawę

- a) przeznaczenie: do topienia, do podgrzewania kąpieli i korekty jej składu, do przetrzymywania metali w stanie nagrzanym;
- b) sposób nagrzewania: bezpośrednio czyli w tyglu ceramicznym i pośrednio - w tyglu przewodzącym;
- c) rozwiązanie konstrukcyjne służące ograniczeniu strat: konstrukcja otwarta, ekranowana i zamknięta;
- d) sposób zasilania: jednofazowe, dwufazowe i trójfazowe (chodzi o zasilanie samego pieca, ponieważ urządzenie, którego piec stanowi człon grzejny jest z wyłączeniem urządzeń laboratoryjnych małej mocy - zawsze trójfazowe);
- e) rodzaj wzbudnika: jedno i wielosekcyjny;
- f) częstotliwość zasilania: sieciowa, zwiększona i wielka;
- g) rodzaj zasilania: o stałej częstotliwości i o zmiennej częstotliwości;
- h) atmosferę roboczą: naturalną, kontrolowaną i próżnię.

Tygiel jest podzespołem pracującym w bardzo trudnych warunkach, a mianowicie w temperaturach do 1600°C , przy erozyjnym i korodującym oddziaływaniu ciekłego wsadu oraz znacznym obciążeniu mechanicznym. Grubość ścianek tygla powinna być jak najmniejsza, wtedy sprawność elektryczna i współczynnik mocy są duże. Duże są wtedy także straty ciepłe, mniejsze sprawność cieplna i wytrzymałość mechaniczna tygla.



NAGRZEWANIE POJEMNOŚCIOWE

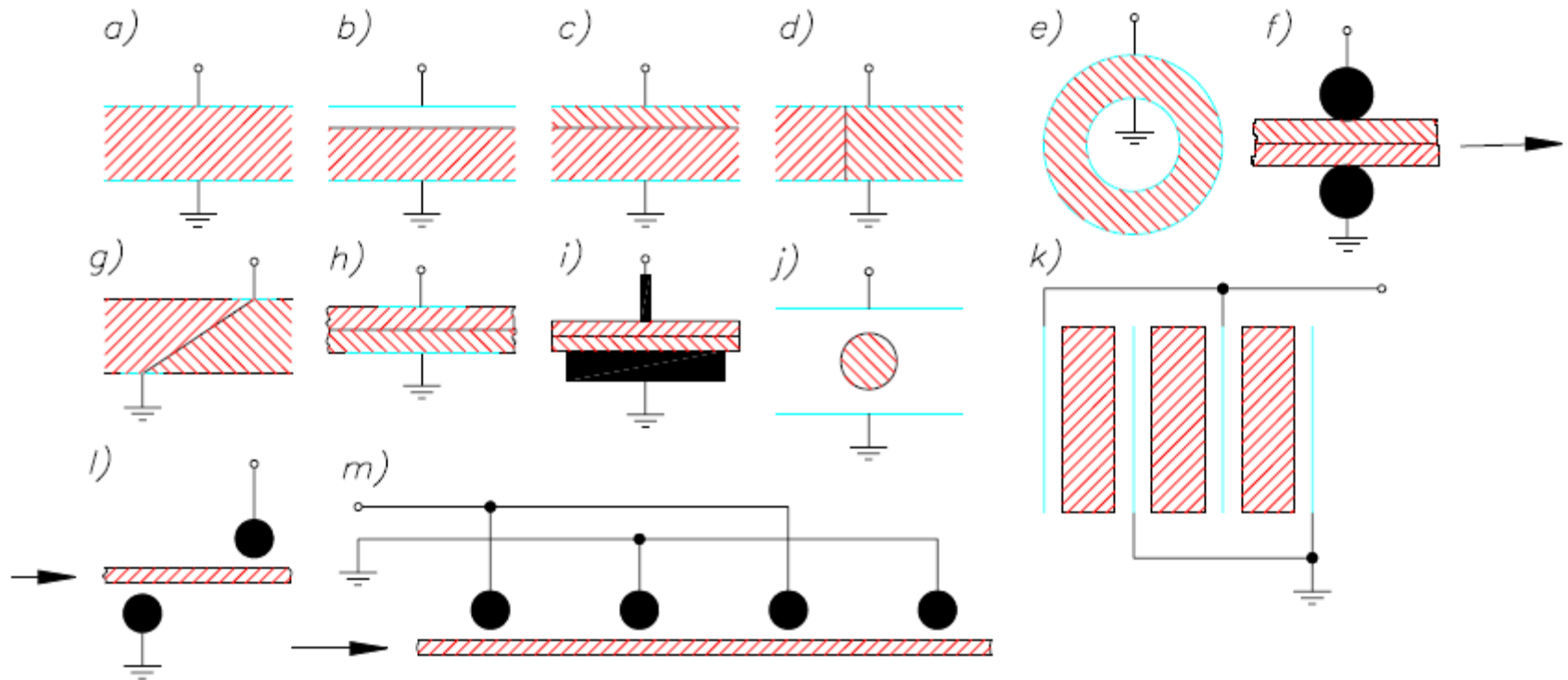
Nagrzewanie pojemnościowe jest to nagrzewanie elektryczne związane z efektami polaryzacji i przewodnictwa w ośrodkach dielektrycznych i półprzewodnikowych, do których energia elektromagnetyczna wielkiej częstotliwości jest doprowadzana za pośrednictwem elektrod.

Nagrzewanie pojemnościowe, nazywane niekiedy dielektrycznym (termin mniej precyzyjny, wobec stosowania tej metody także do nagrzewania półprzewodników) jest efektem różnych rodzajów polaryzacji. Efekt nagrzewania wzmacniają niekiedy zjawiska przewodnictwa jonowego, elektronowego i dziurowego.

Polaryzacja - pierwszy z wymienionych efektów odpowiedzialnych za wydzielanie ciepła - wynika z przesunięć ładunków związanych z atomami lub molekułami pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego. Pole to jest wytwarzane za pośrednictwem układu elektrod połączonych z generatorem wielkiej częstotliwości.

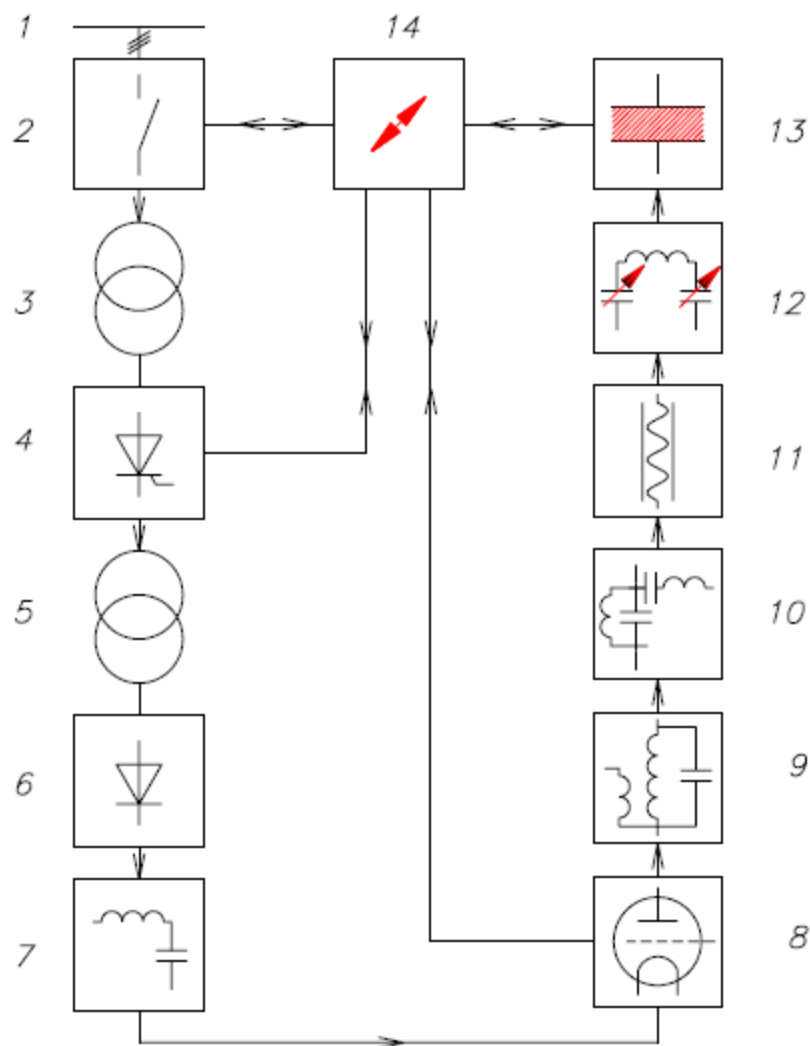
Elektrody i nagrzewany wsad tworzą układ zwany często kondensatorem grzejnym. Przesunięcia ładunków związanych są możliwe dzięki występowaniu we wsadzie dipoli elektrycznych, czyli układów utworzonych przez dwa różnoimienne ładunki elektryczne utrzymywane od siebie w pewnej odległości.

Dipole takie mogą powstać w wyniku działania sił zewnętrznych, powodując polaryzację elektronową i atomową. Mogą też istnieć trwale we wsadzie, w przypadku gdy środki ciężkości ładunków dodatnich i ujemnych w drobinie składającej się z różnych atomów nie będą się pokrywać.



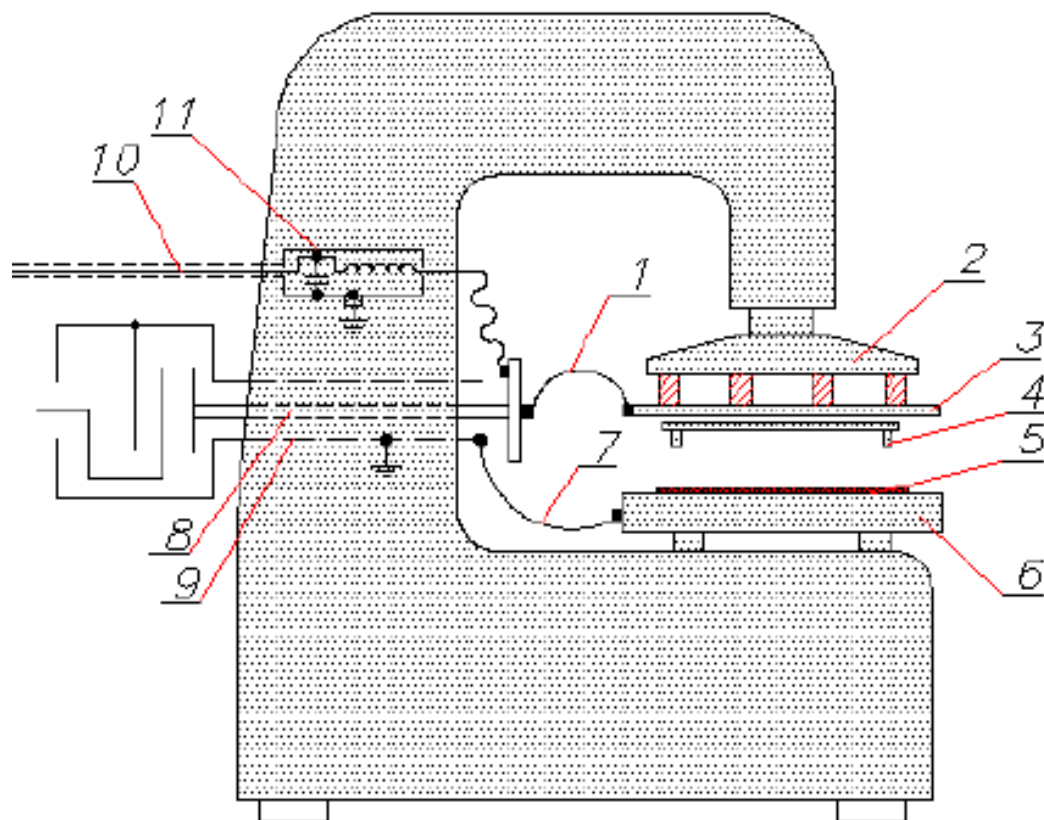
Przykłady pojemnościowych układów grzejących

- a) płaskorównoległościenny, b) płaskorównoległościenny ze szczeliną,
- b) c) płaskorównoległościenny posobny, d) płaskorównoległościenny poboczny,
- e) cylindryczny, f) rolkowy przelotowy, g) płaskorównoległościenny z przesuniętymi elektrodami,
- h) płaskorównoległościenny asymetryczny, i) płaskorównoległościenny z elektrodą ostrzową, j) płaskorównoległościenny ze wsadem cylindrycznym,
- k) płaskorównoległościenny czteroelektrodowy, l) prętowy przelotowy dwustronny, m) prętowy przelotowy jednostronny



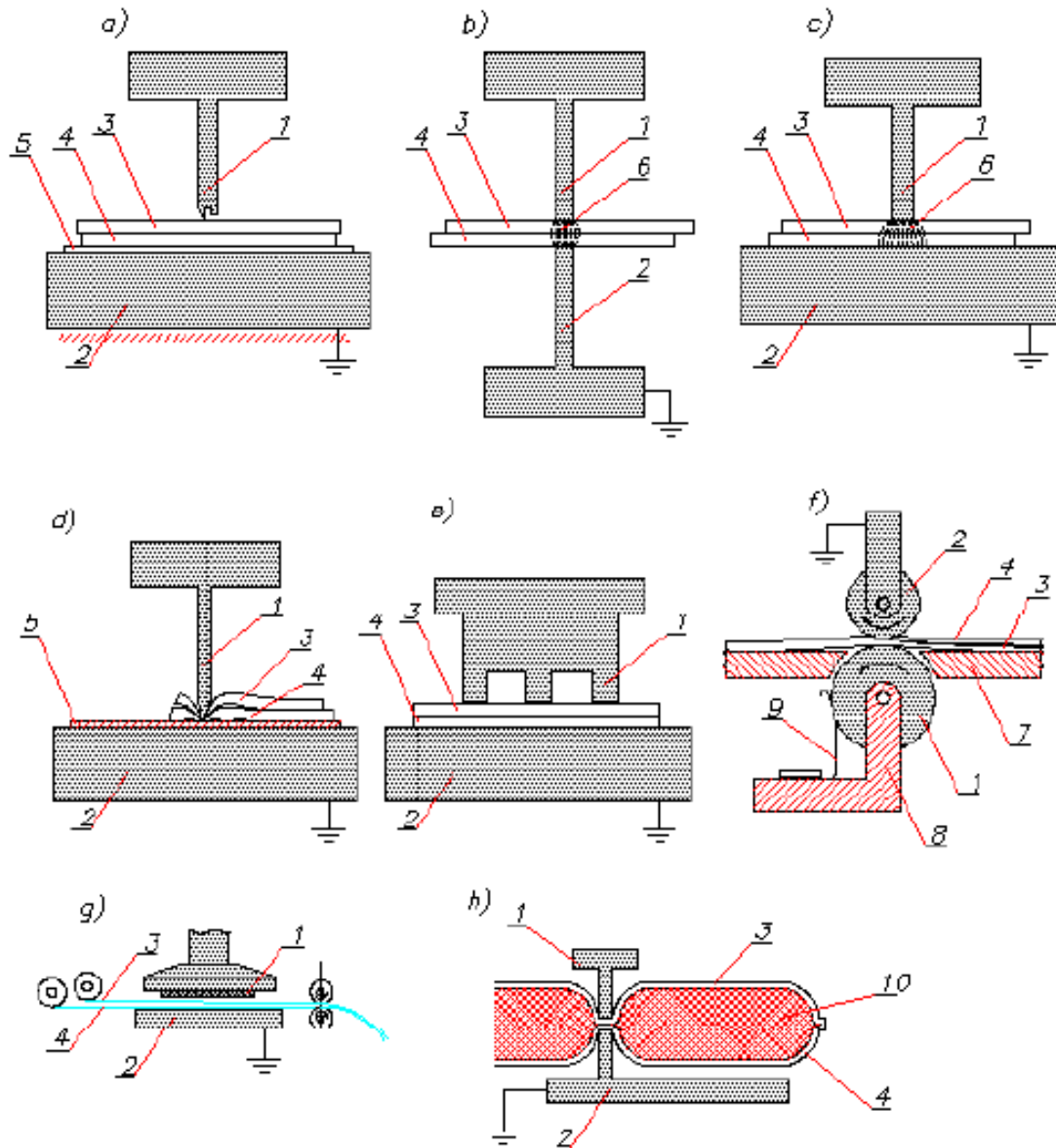
Schemat blokowy lampowego generatora dużej mocy do nagrzewania pojemnościowego

- 1 - sieć zasilająca średniego napięcia,
- 2 - łącznik,
- 3 - transformator obniżający,
- 4 - sterownik tyrystorowy,
- 5 - transformator wysokiego napięcia,
- 6 - prostownik wysokonapięciowy,
- 7 - filtr,
- 8 - lampa generacyjna,
- 9 - obwód rezonansowy,
- 10 - filtr wyższych harmoniczných,
- 11 - kabel koncentryczny (alternatywnie),
- 12 — układ dopasowujący,
- 13 - kondensator grzejny,
- 14 - układ sterowania



Zgrzewarka pojemnościowa

- 1 - połączenie w.cz.,
- 2 - uchwyt elektrody,
- 3 - płyta elektrodowa górna,
- 4 - elektroda zgrzewająca,
- 5 - zgrzewane materiały,
- 6 - płyta elektrodowa dolna (stoi),
- 7 - połączenie masowe
- 8 - przewód wewnętrzny kabla w.cz.,
- 9 - opłot zewnętrzny kabla w.cz.,
- 10 - ekranowany przewód łączący generator z układem
- 11- zabezpieczającym przed przebiciami i wyładowaniami łukowymi



Przykładowe rozwiązania układów grzejących zgrzewarek pojemnościowych

- a) asymetryczny z elektrodą odcinającą kombinowaną,
- b) symetryczny,
- c) asymetryczny,
- d) asymetryczny z elektrodą odcinającą prostą,
- e) asymetryczny z elektrodą stemplową,
- f) asymetryczny z elektrodami rolkowymi,
- g) asymetryczny do zgrzewania odcinkowego przelotowego,
- h) symetryczny do zgrzewania wyrobów z materiałem piankowym

1 - elektroda grzewiąca,
 2 - elektroda uziemiona (przeciwelektroda),
 3 i 4 - grzewane folie,
 5 - podkładka izolacyjna, 6 - linie pola elektrycznego, 7 - płyta stołu,
 8 - izolator, 9 - sprężyna kontaktowa,
 10 - pianka

NAGRZEWANIE MIKROFALOWE

Nagrzewanie mikrofalowe jest to nagrzewanie elektryczne związane z efektem polaryzacji w ośrodkach dielektrycznych i półprzewodnikowych, do których energia elektromagnetyczna wielkiej częstotliwości doprowadzana jest falowodem.

Nagrzewanie mikrofalowe stanowi rozwinięcie nagrzewania pojemnościowego, jednak różnice między tymi metodami są na tyle istotne, że są one traktowane rozłącznie. Istota tych różnic jest zawarta już w definicjach obu metod. Otóż w przypadku nagrzewania mikrofalowego za efekty cieplne jest odpowiedzialne wyłącznie zjawisko polaryzacji i odmienny jest sposób doprowadzania energii w.cz. Ten drugi czynnik w połączeniu ze znacznie większą częstotliwością sprawia, że konstrukcja urządzeń pojemnościowych i mikrofalowych różni się zasadniczo.

Z zakresu częstotliwości mikrofalowych (0,3 ÷ 300 GHz) wydzielono siedem pasm dla mikrofalowych urządzeń grzejnych.

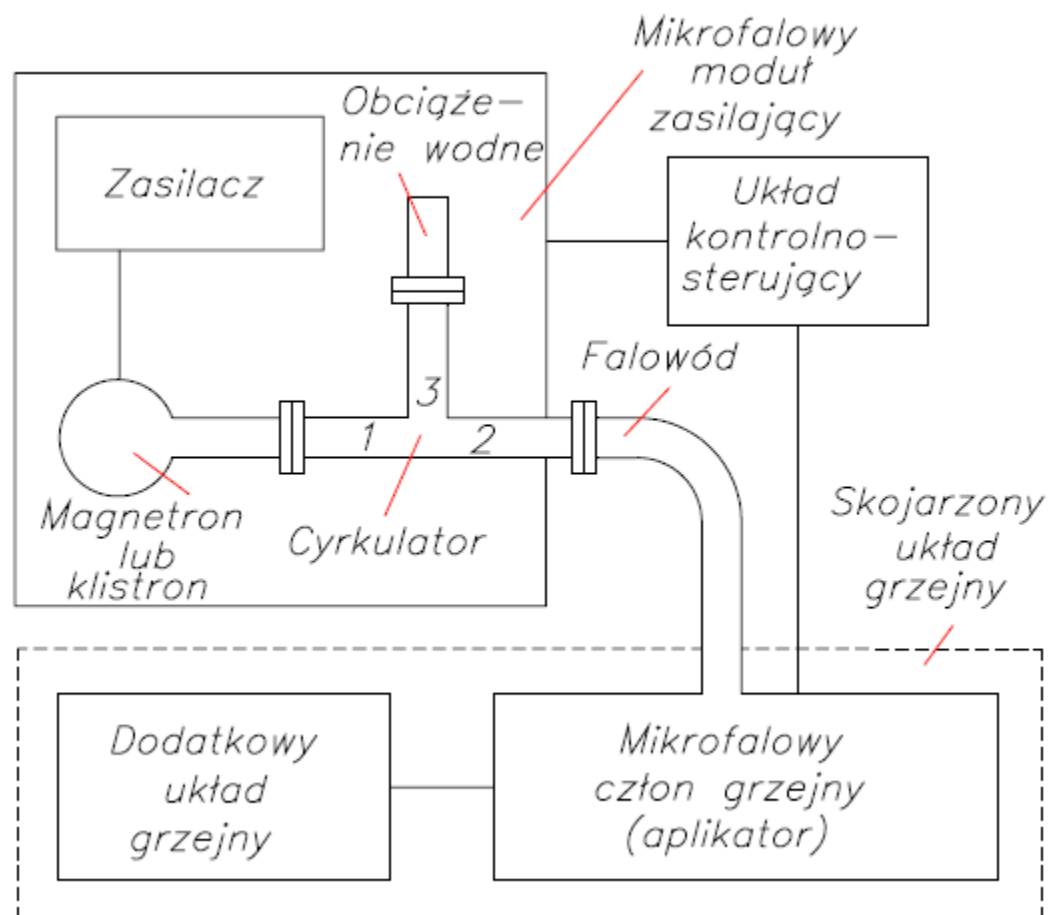
Najbardziej rozpowszechnione są urządzenia pracujące w paśmie II, a to głównie z uwagi na niskie koszty generatorów pracujących z tą częstotliwością, które są produkowane w bardzo dużych seriach.

Pasma częstotliwości wydzielone dla mikrofalowych urządzeń grzejnych

Pasma	Częstotliwość	Długość fali w próżni
	MHz	cm
I	915±13	32.79
II	2450±50	12.50
III	5850±75	5.17
IV	24125±125	1.24
V	61250±250	0.49
VI	122500±500	0.24
VII	245000±1000	0.12

Człony główne urządzeń mikrofalowych mogą mieć postać

- a) rezonatorów wnękowych,
- b) układów z falą bieżącą,
- c) promienników.



Schemat blokowy urządzenia mikrofalowego

NAGRZEWANIE PLAZMOWE

Nagrzewanie plazmowe jest to nagrzewanie elektryczne polegające na wykorzystaniu energii strumienia plazmy niskotemperaturowej. Plazma według energetycznego kryterium klasyfikacji bywa uważana za czwarty - po stałym, ciekłym i gazowym - stan materii. Każdy z tych stanów charakteryzuje energia wiązania i energia kinetyczna cząstek materii.

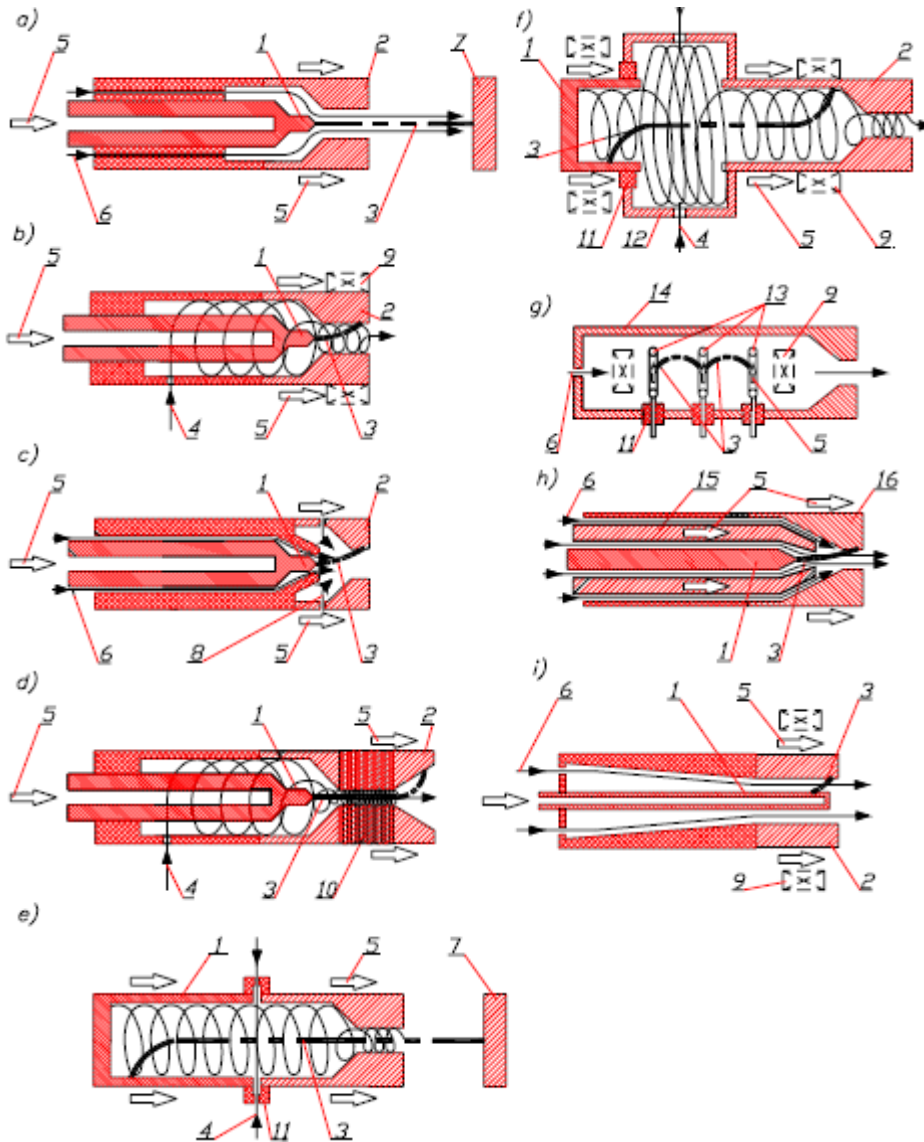
Jonizacja nie jest jedyną drogą do wytwarzania plazmy. Może jej towarzyszyć także dysocjacja molekuł, której produktami oprócz molekuł obojętnych, są wzbudzone lub zjonizowane atomy oraz jony molekularne. Jony ujemne są zwykle komponentami plazmy występującymi w niewielkiej ilości.

Zwykle wyróżnia się dwa rodzaje plazmy: niskotemperaturową i wysokotemperaturową. Tę pierwszą znamionuje niewielki stopień koncentracji ładunków elektrycznych i średnie energie kinetyczne jej najlżejszych cząstek, tzn. elektronów, nie przekraczające 20 eV. Ten właśnie rodzaj plazmy znajduje zastosowanie w technologiach elektrotermicznych.

W plazmie wysokotemperaturowej do czynienia z materią o wysokim stopniu jonizacji oraz z energiami kinetycznymi elektronów większymi niż 20 eV.

Plazmotrony łukowe są dominującą grupą elektrycznych generatorów plazmy i to zarówno w sensie ilościowym, jakościowym jak i ze względu na uzyskiwane moce.

Oprócz trzech głównych kryteriów ich klasyfikacji (rodzaj elektrod, usytuowanie łuku, rodzaj źródła zasilania) warto wymienić co najmniej cztery dalsze, a mianowicie: sposób opływu łuku przez gaz roboczy (poprzeczny i podłużny), ciśnienie (niskie i wysokie), metoda stabilizacji wyładowania (gazowa, ściankami, magnetyczna, kombinowana), liczba łuków (jedno i wielołukowe, w tym także plazmotrony specjalne z łukami rozszczepionymi, lecz mającymi pewne elementy konstrukcyjne wspólne



Plazmotrony łukowe: a) z katodą prętową, osiowym dopływem gazu i łukiem bezpośrednim (nazywany także w pewnych przypadkach plazmotronem laminarnym); b) z katodą prętową, wirowym dopływem gazu i łukiem pośrednim; c) z osłoniętą katodą prętową; d) z katodą prętową i zwężką segmentową (konstryktorem) wydłużającą łuk; e) z katodą cylindryczną, wirowym dopływem gazu i łukiem zewnętrznym; f) z elektrodami cylindrycznymi, dopływem gazu do komory mieszania i łukiem wewnętrznym; g) z elektrodami pierścieniowymi i osiowym dopływem gazu; h) z trzema elektrodami koncentrycznymi (plazmotron prądu przemiennego z pomocniczym łukiem prądu stałego); i) z osiowym dopływem gazu i dużą prędkością wirowania łuku

1 - katoda (elektroda), 2 - anoda (elektroda), 3 - łuk, 4 - wirowy dopływ gazu, 5 - chłodziwo (woda), 6 - osiowy dopływ gazu, 7 - wsad, 8 - powietrze lub inny gaz zawierający tlen, 9 - cewka, 10 - zwężka segmentowa (konstryktor), 11 - izolator, 12 - komora mieszania, 13 - elektrody pierścieniowe, 14 - komora wyladowcza, 15 - elektroda środkowa, 16 - elektroda zewnętrzna

Grupa pierwsza to plazmotrony z katodą prętową, zasilane z nielicznymi wyjątkami prądem stałym. Łuk występuje w cylindrycznej komorze wyładowczej między centralnie umieszczoną katodą oraz anodą w kształcie rury lub dyszy. Elektrody i komora wyładowcza są zwykle chłodzone wodą, lecz są znane już rozwiązania z innymi mediami chłodniczymi (ciekły azot). Gaz roboczy jest wprowadzany do komory osiowo

Grupa druga to plazmotrony z elektrodami cylindrycznymi, zasilane częściej prądem stałym niż przemiennym. Przy przenoszeniu przez katodę prętową prądów roboczych o dużych natężeniach i przy mocach większych od 100 kW, przemieszczająca się nieznacznie na jej powierzchni plamka katodowa powoduje przekraczanie dopuszczalnych dla katody temperatur.

Grupa trzecia to plazmotrony z elektrodami pierścieniowymi. Są to typowe plazmotrony prądu przemiennego. Łuk występuje w nich między dwoma, trzema lub czterema elektrodami rurowymi chłodzonymi wodą i umieszczonymi w komorze wyładowczej.

Grupa czwarta obejmuje plazmotrony o konstrukcji specjalnej.

Urządzenia plazmowe znalazły także zastosowanie w odlewnictwie.

Atrakcyjność plazmowego wytapiania i przetapiania wynika z:

- a) wysokiej temperatury plazmy i łatwości jej regulacji;
- b) wysokiej czystości plazmy;
- c) dużej koncentracji mocy w plazmie;
- d) dużej prędkości strumienia plazmy i wynikającego stąd intensywnego przekazywania energii do wsadu;
- e) możliwości stosowania w piecu dowolnej atmosfery (neutralnej; redukującej, utleniającej, próżni technicznej);
- f) możliwości stosowania atmosfery azotowej lub mieszaniny azotu z innymi gazami, a tym samym uzyskiwania stali azotowanej;
- g) eliminacji nawęglania metalu.

Jedną z istotnych zalet metalurgicznych pieców plazmowych polega na możliwości odzysku ze złomu wielu dodatków stopowych, w szczególności takich jak Ti, Mn, Ta, Nb, W, Mo, Ni, Cr [254]. Innym charakterystycznym elementem znakującym piece plazmowe jest praca przy znacznie mniejszym natężeniu hałasu w porównaniu z urządzeniami wykorzystującymi swobodne wyładowanie łukowe. Jest to szczególnie wyraźne przy stosowaniu plazmotronów prądu stałego.

INNE METODY NAGRZEWANIA

Nagrzewanie ultradźwiękowe jest to nagrzewanie elektryczne, polegające na wykorzystaniu zamienianych w ciepło drgań mechanicznych powstających w wyniku absorpcji energii ultradźwiękowej.

Fale ultradźwiękowe (ultradźwięki) są to fale sprężyste o częstotliwościach od 16 kHz do 1 GHz. Ich transmisja polega na rozprzestrzenianiu się zaburzeń naprężeń lub ciśnień i związanych z tymi zjawiskami drgań mechanicznych cząstek ośrodka. Ultradźwięki rozchodzą się zarówno w gazach, jak i w cieczach oraz ciałach stałych.

Nagrzewanie jarzeniowe jest to nagrzewanie elektryczne polegające na wykorzystaniu niskociśnieniowego anormalnego wyładowania jarzeniowego jako źródła ciepła oraz aktywatora procesów fizycznych i chemicznych przy wytwarzaniu oraz modyfikacji warstw wierzchnich.

Jest to metoda konwersji energii elektrycznej, którą kilka cech czyni podobną do metody plazmowej

Nagrzewanie laserowe jest to nagrzewanie elektryczne polegające na pochłanianiu promieniowania elektromagnetycznego emitowanego przez lasery, których ośrodki aktywne wzbudzone są kosztem energii elektrycznej. W obszarze aplikacji technologicznych i medycznych ten sposób wzbudzania ośrodków aktywnych jest stosowany prawie wyłącznie.

Laser jest generatorem i wzmacniaczem kwantowym spójnej, monochromatycznej i mało rozbieżnej wiązki promieniowania elektromagnetycznego z zakresu od fal γ do dalekiej podczerwieni.

Początkowo nazywano tak urządzenia emitujące promieniowanie zakresu widzialnego, później także urządzenia pracujące w zakresie nadfioletu (UF-lasery), podczerwieni (IR-lasery) oraz w zakresie promieniowania X (lasery rentgenowskie) i γ (grasery).

Spośród urządzeń tego rodzaju w zakresie mikrofalowym są używane ponadto masery, które zachowały pierwotnie nadaną im nazwę. Są one wykorzystywane głównie w telekomunikacji.

Nagrzewanie elektronowe jest to nagrzewanie elektryczne polegające na powstawaniu ciepła w wyniku pochłaniania przez wsad energii kinetycznej wiązki elektronowej przyspieszanej w polu elektrycznym.

Wiązka elektronowa jest nośnikiem energii o niektórych parametrach nieosiągalnych innymi metodami i dzięki temu jest wykorzystywana na zasadzie wyłączności w pewnej liczbie procesów technologicznych, zwanych elektronowiązkowymi. Istota tych procesów polega na zamianie energii kinetycznej elektronów na ciepło, energię promieniowania rentgenowskiego, energię wzbudzenia, jonizacji, dysocjacji cząstek itp.

Dziękuję za uwagę



mgr inż. Robert Czak

tel: 0048 603687444

mail: robert.czak@op.pl