

Radosław SAMOŃ
Joanna PAWŁAT

ZASILACZE REAKTORÓW PLAZMOWYCH PRZEZNACZONYCH DO ZAAWANSOWANYCH PROCESÓW UTLENIANIA (AOPs)

STRESZCZENIE *Artykuł przedstawia stosowane rodzaje reaktorów plazmy nietermicznej oraz przegląd układów zasilania reaktorów w energię elektryczną. Reaktory plazmy nietermicznej są odbiornikami o szczególnych cechach, a właściwą ich pracę mogą zapewnić tylko specjalne układy zasilania elektrycznego. Praca przedstawia wymagania stawiane zasilaczom reaktorów plazmowych oraz zagadnienia związane z ich projektowaniem.*

Słowa kluczowe: *plazma, reaktory plazmy nietermicznej, zasilacze reaktorów plazmowych.*

1. WSTĘP

Usuwanie związków organicznych, obecnych w zanieczyszczonych wodach powierzchniowych, stanowi jeden z najistotniejszych problemów technologicznych w systemach oczyszczania wód. Szczególnej wagi nabiera on wówczas,

mgr inż. Radosław SAMOŃ
e-mail: radzio64@vp.pl

dr inż. Joanna PAWŁAT
e-mail: askmik@hotmail.com

Instytut Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii,
Politechnika Lubelska

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 249, 2011

kiedy z wody należy usunąć niskocząsteczkowe, organiczne substancje toksyczne. Można tego dokonać w zasadzie tylko metodami zaawansowanego utleniania chemicznego (Advanced Oxidation Processes – AOPs) [1].

Jedną z takich metod wykorzystywaną w technologiach ochrony środowiska i biotechnologiach jest zastosowanie plazmy niskotemperaturowej, zwanej również nietermiczną lub „zimną” [2]. Parametry plazmy nietermicznej (o małym natężeniu prądu) i plazmy termicznej (o dużym natężeniu prądu) przedstawia tabela 1.

TABELA 1

Porównanie parametrów plazmy nietermicznej i termicznej [3]

Parametry plazmy	Plazma nietermiczna	Plazma termiczna
Stan równowagi	Równowaga kinetyczna	Równowaga termiczna
Gęstość elektronów, n_e (elektrony/m ³)	$10^{20} < n_e < 10^{21}$	$10^{21} < n_e < 10^{23}$
Ciśnienie, p (Pa)	$10^{-1} < p < 10^5$	$10^5 < p < 10^7$
Temperatura elektronów, T_e (eV)	$0,2 < T_e < 2,0$	$1,0 < T_e < 10$
Temperatura gazu, T_g (eV)	$0,025 < T_g < 0,5$	$T_g = T_e$
Prąd wyładowania, I (A)	$1 < I < 50$	$50 < I < 10^4$
Promieniowanie	Nieokreślone	Równowagowe
Stopień jonizacji	Nieokreślony	Sahy

Plazma jest podstawowym stanem skupienia materii wszechświata. Gwiazdy, mgławice i materia międzygwiazdowa znajdują się w stanie plazmowym i szacuje się, że 99,9% jego masy znajduje się w tym stanie. W warunkach ziemskich naturalne występowanie plazmy jest stosunkowo rzadkie.

Wykorzystanie technologiczne plazmy zostało zapoczątkowane jeszcze w dziewiętnastym wieku przez braci Simens – Wenera i Williama, którzy zbudowali w 1857 r. pierwszy ozonator [2].

2. STOSOWANE ROZWIĄZANIA REAKTORÓW PLAZMY NIETERMICZNEJ

Wszystkie typy urządzeń, wykorzystujące wyładowania elektryczne do wytwarzania plazmy, działają na tej samej zasadzie – energia elektryczna wyładowania jest wykorzystywana do wytworzenia wysokoenergetycznych elek-

tronów. Przy ciśnieniu atmosferycznym elektrony rzadko kolidują z cząsteczkami zanieczyszczeń, natomiast zderzając się z cząsteczkami gazu podstawowego (zawierającego zanieczyszczenia) wytwarzają rodniki o znacznie dłuższym przeciętnym czasie życia. Rodniki te reagują z cząstkami zanieczyszczeń znajdującymi się w gazie podstawowym [4]. W tabeli 2 przedstawiono wybrane typy reaktorów plazmowych, ich główne zastosowania oraz sposoby ich zasilania w energię elektryczną.

TABELA 2

Reaktory plazmowe i ich zastosowanie [2, 5, 6]

Rodzaj reaktora plazmowego	Zastosowania	Sposób zasilania
Reaktory z wyładowaniami barierowymi – DBDs	Synteza ozonu, konwersja metanu	Napięcie przemienne częstotliwości sieciowej i podwyższonej
Reaktory z upakowaniem dielektrycznym – bed packed	Rozkład SO _x i NO _x , konwersja hydrokarbonów	Napięcie stałe, impulsowe oraz przemienne
Reaktory koronowe	Filtracja pyłów, wytwarzanie ozonu	Napięcie impulsowe, stałe
Reaktory z mikrowyładowaniami – hollow cathode discharges	Sterylizacja, obróbka materiałów organicznych	Napięcie impulsowe, wysoka częstotliwość
Reaktory z wyładowaniami powierzchniowymi co-planar	Unieszkodliwianie tlenków azotu, lotnych substancji organicznych	Napięcie sinusoidalne podwyższonej i wysokiej częstotliwości
Reaktory łukowe (plazmotrony)	Syntezy chemiczne, topienie spawanie, obróbka powierzchniowa	Napięcie stałe, jednokierunkowe, napięcie sinusoidalne częstotliwości sieciowej
Reaktory quasi-łukowe (ze ślizgającym się łukiem)	Neutralizacja toksycznych gazów, unieszkodliwianie SO _x i NO _x	Napięcie stałe, impulsowe oraz przemienne
Reaktory mikrofalowe	Usuwanie lotnych substancji organicznych VOC	Napięcie o częstotliwości rzędu mega i giga herców

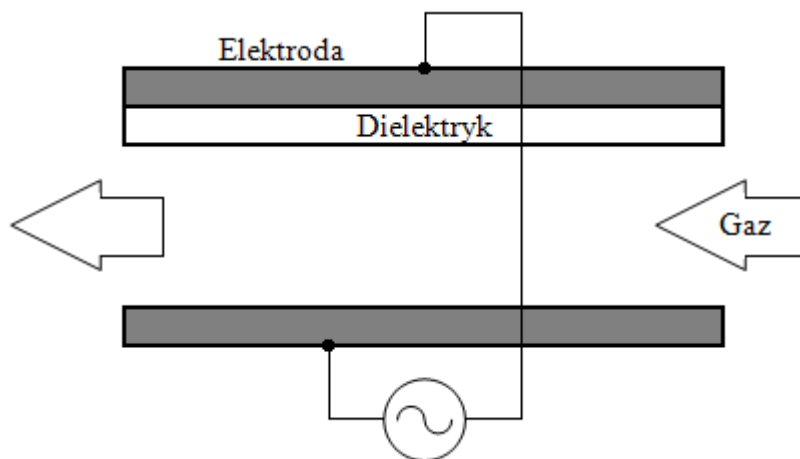
Niezależnie od rodzaju wyładowań wykorzystywanych do generacji plazmy, reaktory plazmy nietermicznej dla zastosowań przemysłowych łączy wiele cech wspólnych. Są to na ogół urządzenia o dużej mocy, wymagające zasilania energią elektryczną o wysokim napięciu od kilku do kilkunastu kilowoltów i częstotliwości sieciowej lub podwyższonej. Układy zasilania reaktorów plazmowych, stanowiące zawsze nieodłączną część systemu generacji plazmy, aby spełnić wymagania tych bardzo nietypowych odbiorników energii elektrycznej wymagają specjalnych metod projektowania i konstrukcji.

Reaktory plazmowe, w których plazma wytwarzana jest za pomocą wyładowań elektrycznych w gazie są urządzeniami technologicznymi, bowiem plazmy nie można przechowywać ani transportować i musimy ją wytwarzać w miejscu, gdzie jest wykorzystywana w procesie technologicznym [2].

2.1. Reaktory z wyładowaniami barierowymi – ozonatory

Terminu ozonator używa się zarówno do określenia urządzenia do wytwarzania ozonu, jak również do elementu wyładowczego, w którym w wyładowaniach dielektrycznych odbywa się właściwy proces syntezy ozonu. Ozonator jako urządzenie do produkcji ozonu, to zespół kilku elementów, takich jak: zasilacz, elementy wyładowcze, układy przygotowania i dostarczania powietrza bądź tlenu, układy zabezpieczeń [2].

Wyładowania barierowe powstają w uwarstwionym układzie dielektrycznym pod wpływem przyłożonego napięcia zmiennego, najczęściej sinusoidalnego, którego podstawową konstrukcję przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat ozonatora [2]

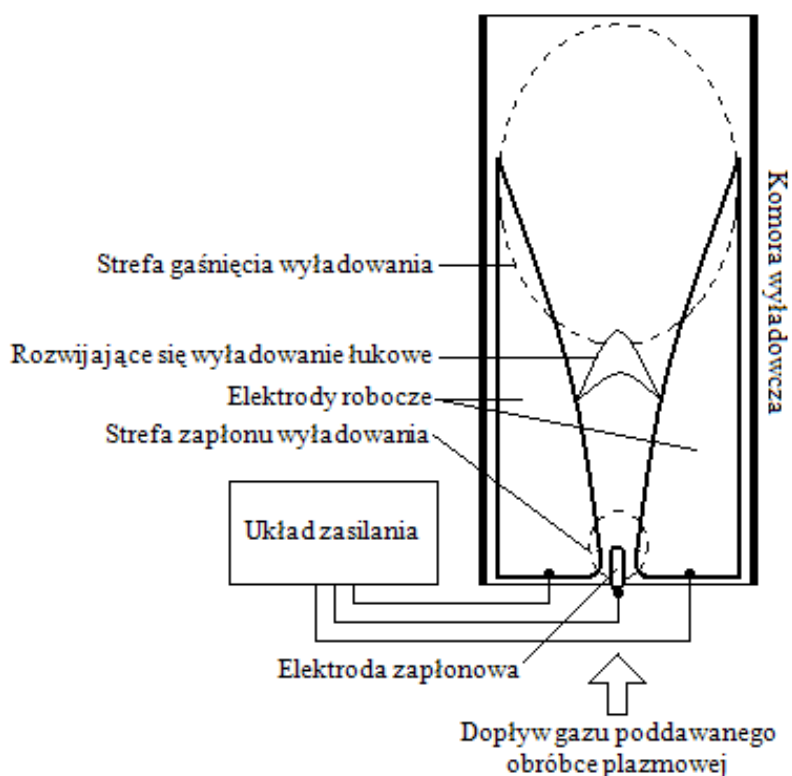
2.2. Reaktory ze ślizgającym się łukiem elektrycznym

Ślizgające się wyładowanie łukowe, jako źródło nietermicznej plazmy generowanej przy ciśnieniu atmosferycznym, zostało zaproponowane przez Albina Czernichowskiego i zespół z Laboratorium Fizyki Plazmy Uniwersytetu w Orleanie, we Francji w 1990 r. Jego główną cechą jest możliwość generacji

nietermicznej plazmy bezpośrednio w zanieczyszczonym gazie, przy ciśnieniu atmosferycznym i w warunkach, w jakich gazy wylotowe są emitowane do atmosfery, bez konieczności ich wstępnej obróbki [2, 7].

Plazmę ślizgającego się wyładowania łukowego, podobnie jak innych wyładowań łukowych, można generować przy napięciu stałym, przemiennym i impulsowym. Stosowane w przemyśle plazmotrony ze ślizgającym się wyładowaniem łukowym są budowane jako dwu-, trzy- i wieloelektrodowe i często posiadają dodatkową elektrodę zapłonową [2, 8].

Najprostszy konstrukcyjnie jest dwuelektrodowy reaktor plazmowy ze ślizgającym się łukiem, którego geometrię przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat ideowy reaktora dwuelektrodowego [2]

3. PRZEGLĄD UKŁADÓW ZASILANIA W ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ REAKTORÓW PLAZMY NIETERMICZNEJ

Reaktory plazmy nietermicznej są odbiornikami o szczególnych cechach i odpowiednią ich pracę mogą zapewnić tylko specjalne układy zasilania elek-

trycznego, charakteryzujące się odpowiednimi właściwościami. Wszystkie układy zasilania powinny zapewnić optymalną pracę reaktorów oraz dobrze współpracować z siecią zasilającą, nie obniżać jakości energii elektrycznej dla innych odbiorników przyłączonych do sieci, tj. nie odkształcać napięcia i nie wprowadzać jego wahań i asymetrii. Ze względu na nieliniowość charakterystyk reaktorów plazmowych, trudno jest pogodzić ich optymalną pracę z poprawną współpracą z siecią zasilającą. Konieczność kompromisu tych przeciwstawnych wymagań prowadzi do różnorodnych rozwiązań, często bardzo złożonych układów, a przez to mniej sprawnych i bardziej zawodnych [2].

3.1. Zintegrowany układ zasilania

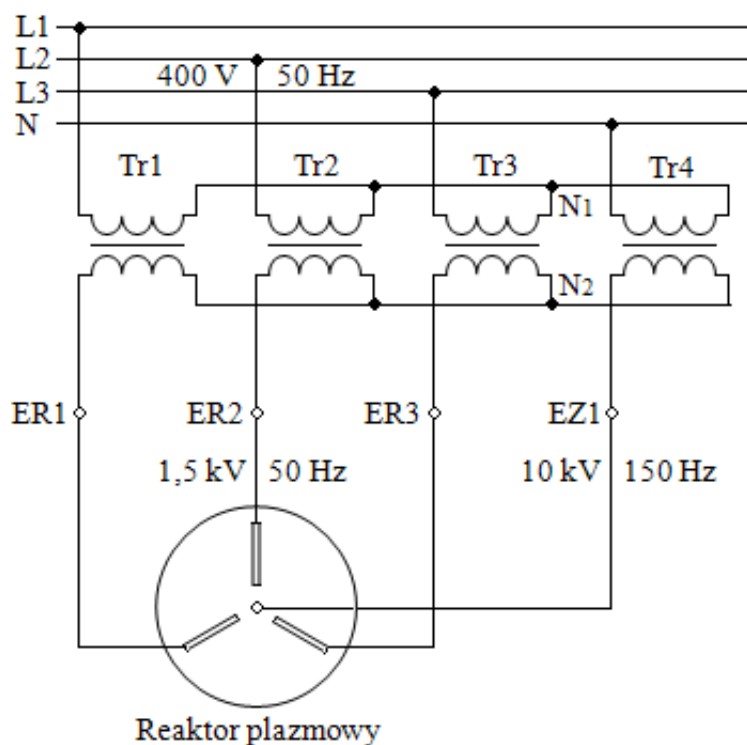
Reaktory plazmowe ze ślizgającym się wyładowaniem łukowym, mają względem układu zasilania inne wymagania niż reaktory z innymi rodzajami wyładowań elektrycznych. Zapłon wyładowania jest realizowany przy napięciu kilkunastu kilowoltów (w zależności od odstępów elektrod roboczych), natomiast napięcie płonącego wyładowania ma wartość kilka do kilkunastu razy mniejszą i wynosi kilkaset woltów. Ta dysproporcja napięć zapłonu i stabilnej pracy oraz silna nieliniowość konduktancji wyładowania stwarza trudne zadanie dla układu zasilającego, który musi posiadać właściwości zarówno wysokonapięciowego układu zapłonowego, jak i układu nadążającego za szybkimi zmianami czasowymi nieliniowej charakterystyki prądowo-napięciowej ślizgającego się wyładowania łukowego [2, 4].

W układach laboratoryjnych, instalacjach pilotujących i układach przemysłowych stosowane są systemy zasilania, w których głównym elementem jest transformator. W najprostszym rozwiązaniu jest to klasyczny transformator energetyczny, a wówczas, wymuszony charakterystyką reaktora, spadek napięcia po zapłonie musi być kompensowany dodatkowymi dławikami, które należy włączyć w szereg z każdą parą elektrod reaktora. Jednocześnie dławiki ograniczają prąd elektrod. Zamiast dławików można także stosować transformatory o powiększonej reaktancji wewnętrznej.

Zjawisko nieliniowości charakterystyki magnesowania jest nieodłączną cechą obwodów z rdzeniem magnetycznym i w klasycznych transformatorach energetycznych staramy się minimalizować jego wpływ na charakterystyki transformatora. W układzie zintegrowanym wykorzystano wyższe harmoniczne napięć indukowanych w rdzeniach transformatorów roboczych do zapłonu wyładowania [2, 9]. Przykładowe rozwiązanie układu zintegrowanego prezentuje rysunek 3.

W podstawowym rozwiązaniu układu zintegrowanego trzy jednofazowe transformatory robocze, o obwodach magnetycznych zapewniających swobodne

drogi powrotne dla wyższych harmonicznym strumienia magnetycznego, są zasilane z symetrycznej sieci trójfazowej.



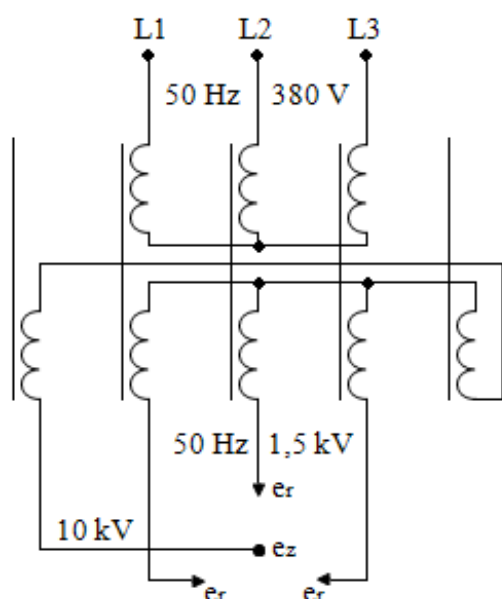
Rys. 3. Zintegrowany układ zasilania reaktora plazmowego ze ślizgającym się wyładowaniem łukowym [2]

Zarówno uzwojenia pierwotne jak i wtórne transformatorów są połączone w gwiazdę, przy czym zaciski uzwojeń wtórnych są dołączone do elektrod reaktora plazmowego. Czwarty transformator, zwany zapłonowym, jest włączony na napięcie U_{NN1} , jakie indukuje się pomiędzy punktem neutralnym N trójfazowej sieci zasilającej i punktem gwiazdowym N_1 uzwojeń pierwotnych transformatorów roboczych. Napięcie na wyjściu transformatora zapłonowego ma wartość wystarczającą do zjonizowania przestrzeni międzyelektrodowej, umożliwiając zapłon wyładowania między elektrodami głównymi reaktora. Po zapłonie wyładowanie jest przejmowane i podtrzymywane przez transformatory robocze, które są zaprojektowane i zbudowane na napięcie kilkanaście razy niższe od napięcia zapłonu. Trzy razy większa częstotliwość napięcia zapłonowego, w stosunku do napięcia pracy, poprawia skuteczność zapłonu i skraca przerwy bezprądowe. Istotną cechą układu zintegrowanego jest możliwość kształtowania i dopasowania jego charakterystyki zewnętrznej do potrzeb reaktora plazmowego [2, 10].

3.2. Transformator pięciokolumnowy w układzie zasilania reaktorów łukowych

Do zasilania łukowych reaktorów plazmowych różnych typów, a w szczególności wieloelektrodowych reaktorów plazmy ślizgającego się łuku elektrycznego z wydzielonymi układami zapłonowymi, mogą być stosowane transformatory o rdzeniach pięciokolumnowych [2, 8]. Podobnie jak układ zintegrowany, transformator pięciokolumnowy musi realizować podstawowe funkcje zasilacza, do których należą:

- wstępna jonizacja i zapłon wyładowania między elektrodami roboczymi reaktora plazmowego,
- podtrzymanie wyładowania elektrycznego między elektrodami roboczymi,
- zapewnienie cyklicznej pracy reaktora plazmowego,
- ograniczenie wartości prądu zwarcia.



Rys. 4. Pięciokolumnowy transformator jako źródło zasilania plazmotronu łukowego [11]

wymienione zadania są realizowane w jednym urządzeniu.

Analizując układ zasilania z rdzeniem pięciokolumnowym (rys. 4) można w nim wyróżnić dwa obwody wtórne:

- obwód zasilający elektrody robocze reaktora plazmowego,
- obwód zapłonu wyładowania,

które pracują w zasadzie niezależnie.

Moc do reaktora plazmowego dostarczana jest przez obwód uzwojeń wtórnych, umieszczonych na wewnętrznych kolumnach fazowych, który zasil

Różnice, jakie występują między układem zintegrowanym a układem z transformatorem pięciokolumnowym dotyczą sposobu realizacji wymienionych funkcji. W układach zintegrowanych funkcje związane z podtrzymaniem wyładowania oraz ograniczeniem prądu pełnią odpowiednio zaprojektowane transformatory jednofazowe o swobodnych drogach powrotnych dla strumienia magnetycznego. Natomiast wstępna jonizacja i przebicie przestrzeni międzyelektrodowych realizowane są bądź przez dodatkowy, odpowiednio włączony transformator zapłonowy, bądź przez układ elektroniczny. W transformatorze pięciokolumnowym z uzwojonymi jarzmami (kolumnami zewnętrznymi) wszystkie

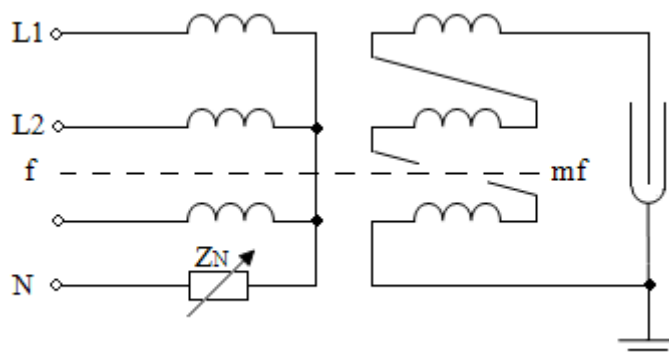
elektrody robocze reaktora plazmowego napięciem o wartości wymaganej dla prowadzonego procesu plazmowego [2].

3.3. Magnetyczne mnożniki częstotliwości

Wydajność generatora ozonu zależy od elektrycznych parametrów układu zasilającego takich jak: wartość napięcia, jego częstotliwość i kształt. Podwyższenie częstotliwości napięcia zasilającego jest jednym ze sposobów zwiększenia wydajności reaktora z wyładowaniami barierowymi, jednak konieczność wyposażenia układu w dodatkowe układy przekształcania częstotliwości, zwiększa sumaryczne straty mocy w systemie i czyni proces generacji ozonu mniej sprawnym, niż przy częstotliwości sieciowej [2, 12].

W układach zasilania reaktorów plazmowych z wyładowaniami barierowymi, wykorzystuje się transformatory pracujące w zakresie nieliniowości ich charakterystyki magnesowania w konfiguracji mnożnikowej, w której częstotliwość robocza jest krotnością częstotliwości podstawowej. Podwyższenie częstotliwości wynika z układu połączeń transformatorów jednofazowych, o rdzeniach zapewniających swobodne drogi powrotne dla wyższych harmonicznym strumienia magnetycznego [2, 13].

Jednakże zjawiska, będące podstawą działania mnożnika magnetycznego są inne niż w transformatorze. Przy sinusoidalnym napięciu zasilającym, z uwagi na nieliniowość charakterystyki magnesowania, konieczność pracy w zakresie bliskim nasycenia (kolano charakterystyki magnesowania $B = f(H)$) oraz brak przewodu neutralnego, prąd magnesujący jest odkształcony i nie zawiera harmonicznym o kolejności zerowej (dla $m = 3$, są to harmoniczne rzędu km , gdzie $k = 1, 3, 5, 7, \dots$). Natomiast strumienie magnetyczne w rdzeniach faz mnożnika, zawierają harmoniczne kolejności zerowej. W jednofazowych rdzeniach mnożnika, o zamkniętych drogach dla strumienia, harmoniczne te mogą osiągać znaczne wartości [2].



Rys. 5. Mnożnik magnetyczny jako zasilacz reaktora z wyładowaniami barierowymi [2]

Na rysunku 5 przedstawiono zasilacz ozonatora z magnetycznym mnożnikiem częstotliwości, w którym regulacja napięcia wyjściowego odbywa się za pomocą zmiany impedancji Z_N włączonej w przewód neutralny mnożnika.

W praktyce przemysłowej wykorzystywane są mnożniki magnetyczne o krotnościach powielania częstotliwości równych $m = 3$ (potrójniki), $m = 5$ (pięciokrotniki) i $m = 9$ (dziewięciokrotniki) [2, 13].

3.4. Układy przekształtnikowe

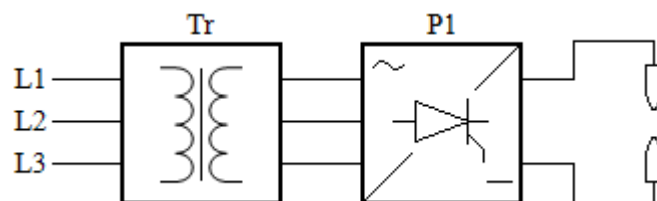
Zastosowanie statycznych półprzewodnikowych przetwornic napięcia i częstotliwości, do zasilania reaktorów plazmowych, jest coraz bardziej powszechne i obiecujące, ze względu na olbrzymi i wciąż dokonujący się postęp w dziedzinie technologii półprzewodnikowych, zwłaszcza dużych mocy.

Do zasilania łukowych reaktorów plazmowych stosuje się dwie podstawowe konstrukcje [2, 14]:

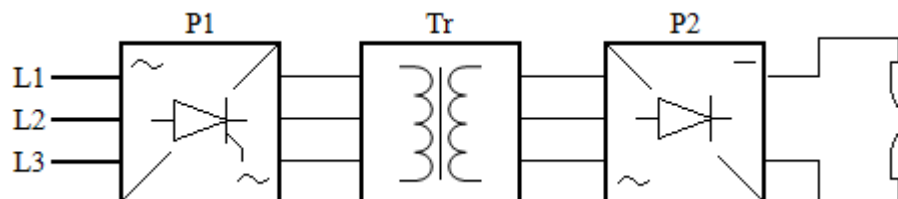
- z mostkiem sterowanym po stronie wtórnej transformatora dopasowującego (rys. 6a)
- ze sterownikiem prądu przemiennego po stronie pierwotnej transformatora dopasowującego (rys. 6b).

Inne rozwiązania półprzewodnikowych układów zasilania urządzeń łukowych są modyfikacjami wyżej wymienionych konstrukcji.

a)



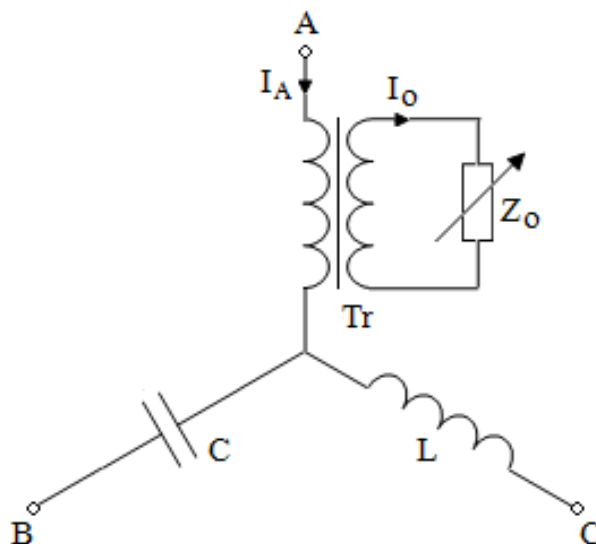
b)



Rys. 6. Podstawowe konstrukcje półprzewodnikowych układów zasilania reaktorów plazmy łukowej: a) układ z mostkiem sterowanym po stronie wtórnej transformatora, b) układ ze sterownikiem prądu przemiennego po stronie pierwotnej transformatora [2]

3.5. Układy rezonansowe

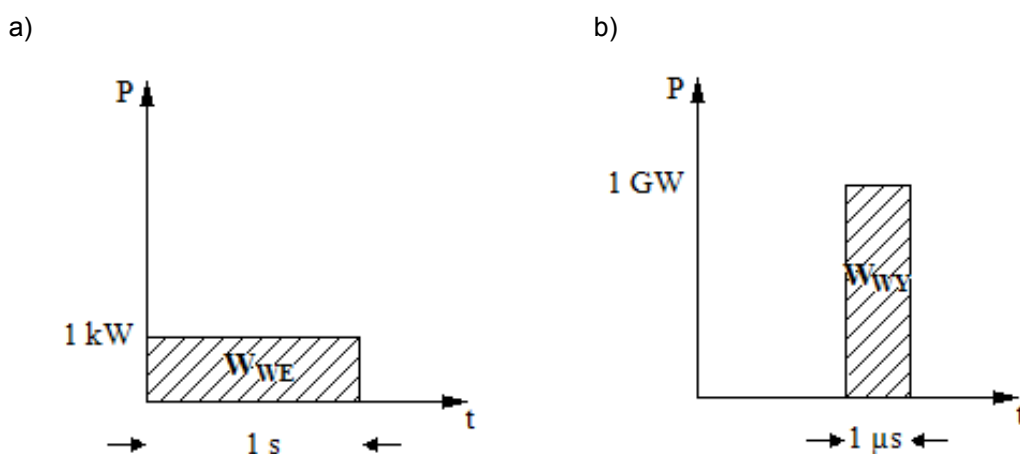
Rezonansowym (parametrycznym) źródłem prądu przyjęto nazywać statyczny przetwornik, składający się z nieregulowanych elementów biernych połączonych w sposób pokazany na rysunku 7. Zasilacze rezonansowe zostały opracowane w byłym ZSRR. Przeprowadzone tam badania pozwoliły wdrożyć do przemysłu szereg układów tego typu o mocach do kilkunastu MW. Zasada działania takich układów oparta jest na wykorzystaniu zjawiska rezonansu w obwodach prądu sinusoidalnego [14].



Rys. 7. Schemat zasilacza z transformatorem i wyjściem jednofazowym [14]

3.6. Układy impulsowe

Podstawowym zadaniem systemów wykorzystujących energię impulsową jest zamiana sygnału o niewielkiej mocy i długim czasie trwania na sygnał wyjściowy dużej mocy i bardzo małej długości. Rysunek 8 przedstawia dwa rodzaje impulsów: wejściowy i po przetworzeniu (dużej mocy).

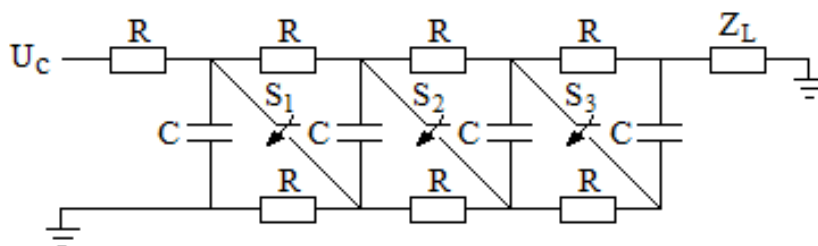


Rys. 8. Przykład kompresji impulsu:
a) impuls wejściowy, b) impuls wyjściowy [15]

Impuls o mocy 1 kW i czasie trwania 1 s został skompresowany w sygnał o parametrach 1 GW i czasie trwania 1 μ s. W warunkach idealnych, gdy nie występują straty, energia wejściowa i wyjściowa są sobie równe.

Główne parametry generatorów impulsowych to: napięcie wyjściowe, czas narastania impulsu, czas opadania, częstotliwość, czas trwania impulsu. Generatory takie różnią się zastosowanym obwodem magazynowania energii i przełącznikami. Można je podzielić ze względu na sposób magazynowania energii na dwa zasadnicze rodzaje: pojemnościowy i indukcyjny.

Dla napięć powyżej 100 kV powszechnie stosowane są generatory Marxa. Układ ten jest rodzajem mnożnika napięcia wynalezionym przez Marxa w 1923 roku. Zasada działania jest następująca: kondensatory połączone równolegle ładowane są przez źródło o napięciu U_c . Po zamknięciu przełączników następuje pomnożenie wartości napięcia wejściowego przez ilość kondensatorów [15]. Schemat generatora Marxa został przedstawiony na rysunku 9.



Rys. 9. Schemat generatora Marxa [15]

4. PODSUMOWANIE

W artykule zaprezentowano konstrukcje reaktorów plazmy nietermicznej wykorzystywanych w zaawansowanych procesach utleniania (Advanced Oxidation Processes – AOPs) oraz układy ich zasilania. Zasilanie układów wyładowczych, ze względu na ich nieliniowy charakter oraz właściwości zależne od konkretnej konstrukcji reaktora, często wymaga indywidualnego doboru źródła zasilającego do konkretnej aplikacji. Do podstawowych parametrów projektowych należą: rodzaj napięcia zasilającego i jego wartość, częstotliwość, zakładana moc. Stopień trudności podczas projektowania rozwiązań układowych podnoszą znaczne wartości wymaganych napięć zasilania.

LITERATURA

1. Świetlik J., Dąbrowska A., Raczyk-Stanisławiak U., Biłozor S., Ilecki W., Nawrocki J.: The organic by-product formation upon the oxidation of natural organic matter fractions with ozone and chlorine dioxide. Procc. Conf. Ozone: a clean source for activated-oxygen oxidations and disinfection, 397-412, 2003.
2. Stryczewska H. D.: Technologie plazmowe w energetyce i inżynierii środowiska. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2009.
3. Diatczyk J., Komarzyniec G., Stryczewska H.D.: Diagnostyka spektroskopowa nietermicznej plazmy w reaktorze ze ślizgającym się wyładowaniem łukowym. Przegląd Elektrotechniczny, 5, 309-311, 2008.
4. Stryczewska H. D.: Elektromagnetyczny układ zasilania reaktorów plazmowych ze ślizgającym się wyładowaniem łukowym. Wydawnictwa Uczelniane Politechniki Lubelskiej, Lublin 1998.
5. Becker K. H., Kogelschatz U., Schoenach K. H.: Non-equilibrium air plasmas at atmospheric pressure. IOP publishing Ltd, 2005.
6. Pawłat J., Hayashi N., Yamabe C., Pollo I.: Generation of Oxidant with a foaming system and its electrical properties. Ozone Science & Engineering, 24/3, 181-191, 2002.
7. Czernichowski A., Czech T.: Plasma assisted incineration of some organic vapours in gliding discharges reaktor. Proceedings of the 3rd International Symposium on High Pressure Low Temperature Plasma Chemistry, Strasbourg 1991.
8. Komarzyniec G.: Analiza pracy transformatora pięciokolumnowego w układzie zasilania łukowego reaktora plazmowego. Rozprawa doktorska, Politechnika Lubelska, 2008.
9. Janowski T., Stryczewska H.D.: Hybrydowy zasilacz plazmotronu do prowadzenia reakcji chemicznych. Opis patentowy PL 172170, 1993.
10. Stryczewska H.D.: Układ zasilania reaktorów plazmy nietermicznej. Patent, P 317110, 2000.
11. VI Seminarium Naukowe WZEE-2006. Wybrane Zagadnienia Elektrotechniki i Elektroniki, Lublin – Kazimierz Dolny, 8-10.05.2006.
12. Roth J.R., Industrial Plasma Engineering. Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, 1995.
13. Janowski T.: Magnetyczne potrajacze częstotliwości. Prace Naukowe Politechniki Lubelskiej 202, Seria ELEKTRYKA 24, Wydawnictwa Uczelniane, 1990.
14. Rodacki T., Kandyda A.: Energoelektroniczne układy zasilania plazmotronów prądu stałego. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1998.
15. Mankowsky J., Kristiansen M.: A Review of Short Pulse GeneratorTechnology. IEEE Transactions On Plasma Science, Vol. 28, No. 1, February 2000.

ELECTRICAL SUPPLY FOR PLASMA REACTORS USED IN AOPs

Radosław SAMOŃ, Joanna PAWŁAT

ABSTRACT *Presented paper discusses types of non-thermal plasma reactors and their supply systems. Non-thermal plasma reactors are energy receivers of special properties therefore electrical supply systems should meet many requirements. Above requirements and plasmatron's design aspects are presented.*



Mgr inż. Radosław SAMOŃ – w 2007 r. ukończył studia na Politechnice Lubelskiej, gdzie w 2008 r. rozpoczął studia doktoranckie.

Dr inż. Joanna PAWŁAT jest absolwentką Politechniki Lubelskiej i Saga University w Japonii. Pracowała w Waseda University (2004-2010), Hi-Tech Center przy Chuo University w Japonii (2001-2002). W latach 2002-2004 była stypendystką JSPS na Uniwersytecie Saga przy współpracy z Toyohashi Technical University w Japonii. Obecnie jest adiunktem na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Jej zainteresowania zawodowe obejmują wykorzystanie technologii plazmowych dla potrzeb ochrony środowiska, źródła energii odnawialnych, czujniki światłowodowe oraz mikro- i nanotechnologie.

