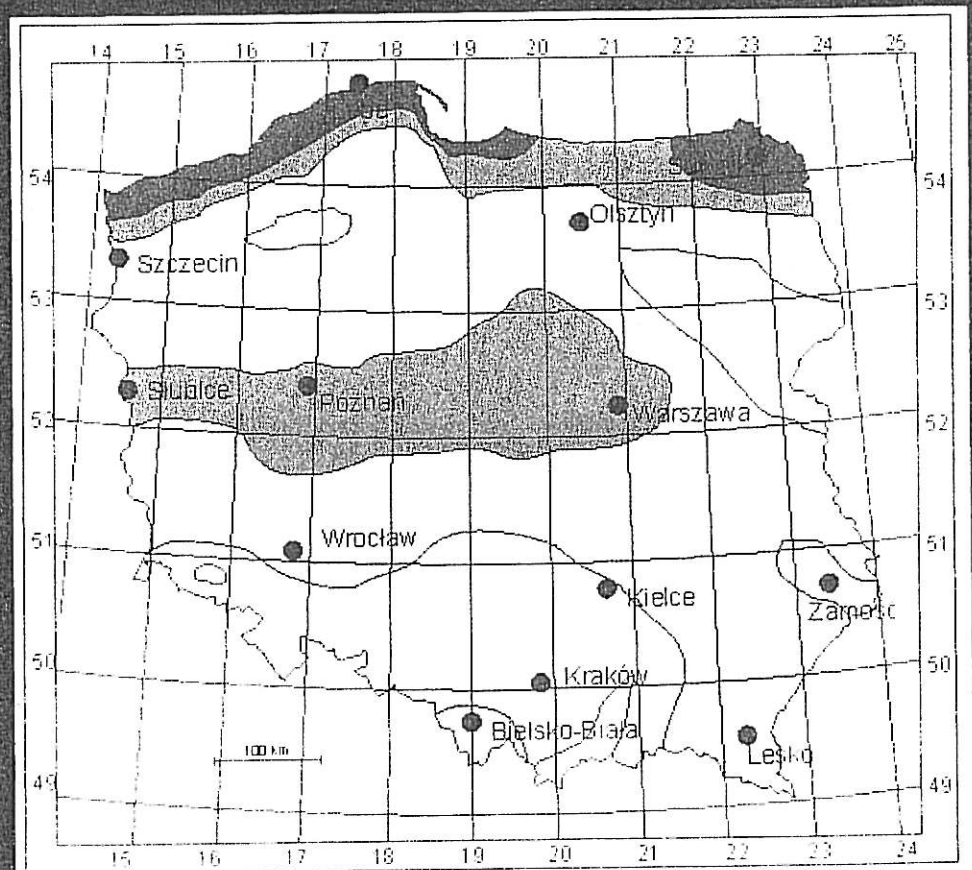


PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY ELECTRICAL REVIEW

ROK LXXXVIII



- Strefy
- I - Wýbitnie korzystna
 - II - Bardzo korzystna
 - III - Korzystna
 - IV - Måo korzystna
 - V - Nielkorzystna

Ośrodek
Meteorologii

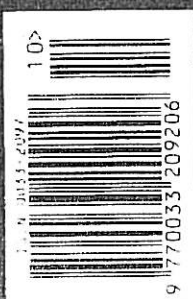


Aktualizacja mapy na podstawie okresu obserwacyjnego 1971-2010



SIGMA-NOT
Spółka z o.o.

cena 31,50 zł
(w tym 5% VAT)



*Strefy energetyczne wiatru w Polsce-
artykuł o elektrowniach wiatrowych str. 1-6*

Redukcja zakłóceń zapłonowych w reaktorach Gliding Arc

Streszczenie. W tekście omówiono system zapłonowy reaktora plazmowego Gliding Arc wykorzystujący elektrodę zapłonową. Zwrócono uwagę na wady i zaproponowano modyfikację sposobu realizacji zapłonu. Realizacja zapłonu z użyciem dwóch elektrod zapłonowych istotnie zmniejsza zakłócenia przewodzone do obwodów zasilania roboczych. Przedstawiono wady zaproponowanego rozwiązania i możliwości ich eliminacji.

Abstract. The text discusses the Gliding Arc plasma reactor's ignition system that uses an ignition electrode. Attention was drawn to its defects and proposed the modification of the ignition system. Implementation of the ignition with two electrodes significantly reduces the conducted disturbances to power circuitry of working electrodes. Disadvantages of the proposed solution are presented and possibilities of their elimination.

Noise ignition reduction in the Gliding Arc plasma reactor)

Słowa kluczowe: reaktor plazmowy, układ zapłonowy, układ zasilania.

Keywords: plasma reactor, ignition system, power system.

Wstęp

Podstawą prawidłowej pracy reaktorów Gliding Arc jest cykliczne występowanie wyładowań elektrycznych szlagających się wzdłuż elektrod roboczych. Pojedynczy cykl pracy składa się z procesu zapłonu wyładowania, procesu rozwoju wyładowania i procesu gaszenia.

By reaktor pracował cyklicznie z chwilą zgaszenia wyładowania (w tzw. strefie gaszenia) powinien natychmiast nastąpić zapłon wyładowania (w tzw. strefie zapłonu). W praktyce martwy czas może zawierać się od kilku mili sekund do kilku okresów napięcia zasilającego. Zależnie od parametrów zasilania w energię elektryczną (wartości napięcia, prądu i częstotliwości), parametrów panujących wewnątrz komory wyładowczej (temperatury, ciśnienia), składu chemicznego gazów procesowych.

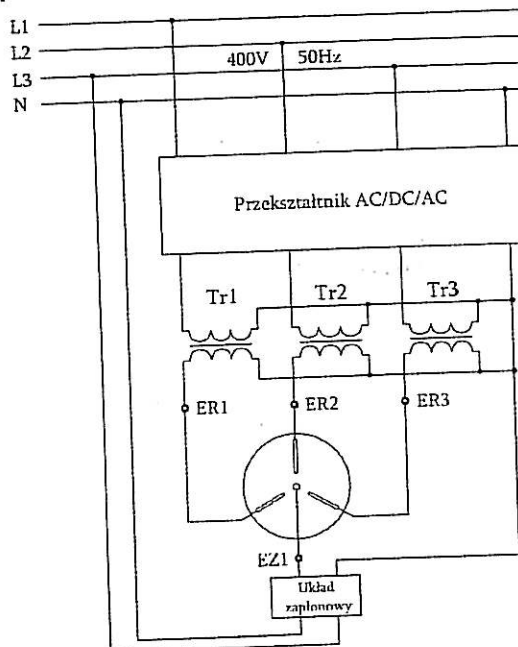
Zbyt długi czas martwy istotnie pogarsza warunki dla prowadzonych procesów plazmowych, dlatego jego wyeliminowanie jest podstawowym zadaniem konstruktorów reaktorów plazmowych. Zadanie komplikuje stosunkowo niskie napięcie pracy reaktora plazmowego, nie przekraczające 1,5 kV. Eliminuje to możliwość wystąpienia samozapłonu w reaktorze, co wymaga napięć powyżej 10 kV. Przy tak niskich napięciach jedyną skuteczną metodą realizacji zapłonu jest wstępne zjonizowanie przestrzeni międzyelektrodowej. Do zjonizowania jest stosunkowo niewielki obszar strefy zapłonu, nie przekraczający 1-2 cm³.

Skuteczną metodą jonizacji jest umieszczenie poniżej elektrod reaktora niewielkiej mocy palnika plazmowego wprowadzającego strumień zjonizowanego gazu do strefy zapłonu. Rozwiązanie to komplikuje konstrukcję reaktora plazmowego i jego układów zasilania w energię elektryczną gazy procesowe.

Wymaganą jonizację osiągnąć można prostszą metodą, wprowadzając do strefy zapłonu dodatkową elektrodę. Jest to 1 cm odcinek drutu średnicy około 1 mm. Rozwiązanie to upraszcza instalację zasilania w gazy procesowe, wymaga jednak wydzielenia osobnego układu zasilania w energię elektryczną. Sposób włączenia elektrody w obwody reaktora przedstawia rysunek 1.

Metoda nie jest pozbawiona wad. Wysokonapięciowy układ zasilania układu zapłonowego, włączony jest między elektrodę zapłonową a punkt neutralny strony wtórnej transformatorów połączonych w układ Y_{NYN}. Wyładowanie zapłonowe rozdmuchane przepływającym przez komorę wyładowczą gazem, tworzy szereg kanałów iskrowych łączących elektrodę zapłonową z elektrodami roboczymi. Generowane przepięcia wysokiej częstotliwości rozchodzą się w obwodzie wtórnym transformatorów, skąd częściowo silumione przez obwód magnetyczny transformatorów,

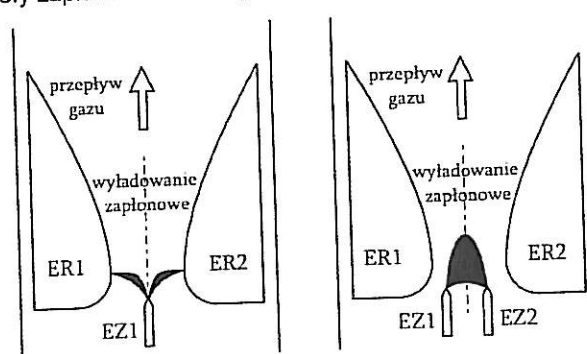
przenoszą się na stronę pierwotną [1]. Zakłóca to pracę układów przekształtnikowych i wpływa na aparaturę dołączoną do sieci zasilającej.



Rys.1. Obwód zasilania reaktora plazmowego z elektrodą zapłonową

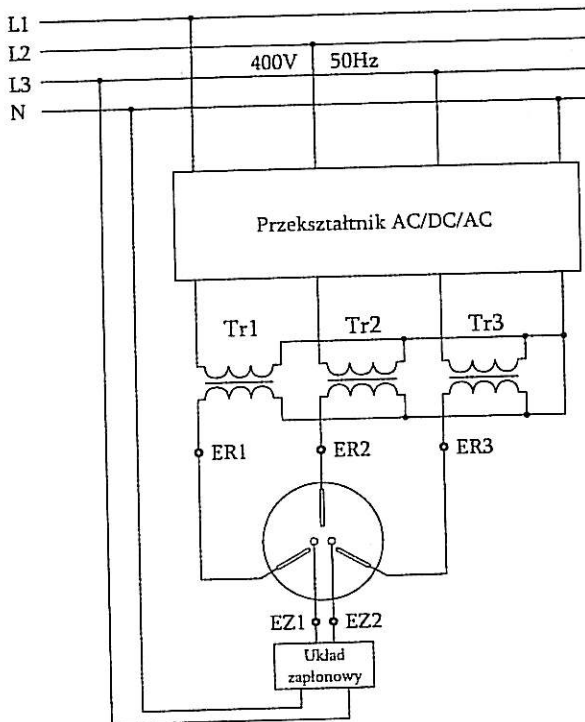
Modyfikacja układu zapłonowego

W celu eliminacji wymienionych wad wprowadzono do strefy zapłonu dodatkową elektrodę zapłonową (rys.2).



Rys.2. Sposób realizacji zapłonu z jedną (A) i z dwiema (B) elektrodami zapłonowymi

W takim układzie wyładowanie zapłonowe pali się wyładowanie między elektrodami zapłonowymi. Zapewniając jonizację, przestrzeni międzyelektrodowej, wystarczającą do zapłonu wyładowania roboczego, bezpośrednio między elektrodami roboczymi. Rozwiązanie to pozwala na rozdzielenie obwodu elektrycznego układu zapłonowego od obwodu elektrycznego zasilającego elektrody robocze (rys. 3).



Rys.3. Obwód zasilania reaktora z dwiema elektrodami zapłonowymi

Tym sposobem spodziewano się uzyskać poprawę warunków pracy układu przekształtnikowego oraz urządzeń pomiarowych wpiętych w tory prądowe. Rozważano przy tym możliwość pogorszenia się warunków pracy reaktora. Szczególnie z gazami wymagającymi wysokich napięć jonizacji. By przeciwdziałać temu, zwiększono napięcie zapłonowe do 15 kV. Oba układy zapłonowe poddano badaniom porównawczym.

Obiekt badań

Badaniom poddano reaktor plazmowy typu GlidArc wyposażony w trzy elektrody robocze rozmieszczone co 120° wokół osi komory wyladowczej. Parametry reaktora zebrano w tabeli 1.

Tabela 1. Dane techniczne reaktora plazmowego

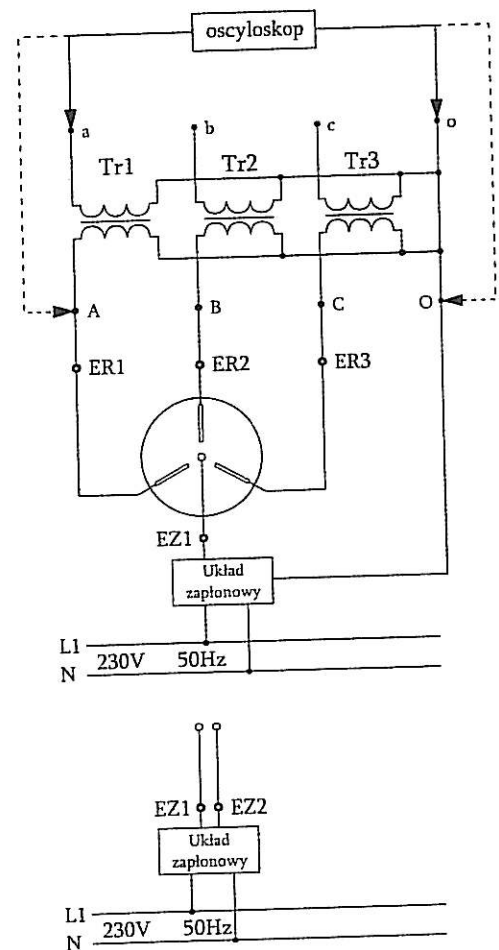
Wysokość komory wyladowczej	500 mm
Srednica komory wyladowczej	114 mm
Materiał elektrod zapłonowych	Wolfram \varnothing 1 mm
Materiał elektrod roboczych	Stal kwasoodporna 0H18N
Ilość elektrod roboczych	3
Wysokość elektrod roboczych	140 mm
Odstęp między elektrodami w strefie zapłonu	3 mm
Odstęp między elektrodami w strefie gaszenia	42 mm
Średnica dyszy wlotu gazu	5 mm
Przepływ gazu	0,5-8 m ³ /h
Gazy procesowe	argon, azot (możliwość mieszania)

Tabela 2. Parametry obwodów zasilających [2, 3, 4]

Parametr	Transformator y zasilające	Układ zapłonowy I	Układ zapłonowy II
Moc wejściowa	4,6 kVA \times 3	600 VA	60 VA
Napięcie zasilania	230 V	230 V	230 V
Prąd zasilania	20 A	2,5 A	0,25 A
Częstotliwość wejściowa	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Napięcie wyjściowe	1,5 kV	10 kV	15 kV
Prąd wyjściowy	3 A	50 mA	40 mA
Częstotliwość wyjściowa	50 Hz	50 Hz	20 kHz

Próby ruchowe wykonano dla dwóch rozwiązań obwodów zasilających elektrody zapłonowe. Elektrody zasilone z transformatora pracującego przy częstotliwości sieciowej, podwyższającego napięcie do 10 kV (tabela 2, układ zapłonowy I) oraz z przetwornicy elektronicznej podwyższającej napięcie do 15 kV przy częstotliwości 20 kHz (tabela 2, układ zapłonowy II).

W pierwszym etapie wykonano badania reaktora pod kątem poprawności zapłonu i realizacji pełnego cyklu pracy. Próby przeprowadzono dla dwóch gazów procesowych argonu i azotu. Na tej podstawie wykreślono porównawcze charakterystyki pracy uwzględniające: sposób realizacji zapłonu, rodzaj układu zasilania elektrod roboczych oraz rodzaj gazu procesowego i poziom jego przepływu.



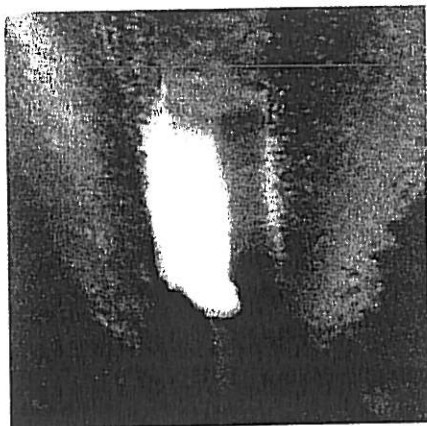
Rys.4. Układ pomiarowy

W dalszej kolejności sprawdzono rozchodzenie się zaburzeń od układu zapłonowego do układu zasilania elektrod roboczych. Układ pomiarowy przedstawiono na

rysunku 4. W tym celu zasilono wyłącznie obwód zapłonowy. By nie obciążać strony pierwotnej transformatorów odłączono układ przekształtnikowy. Dokonano obserwacji i analizy przebiegów napięć w obwodzie i wykonano analizy FFT.

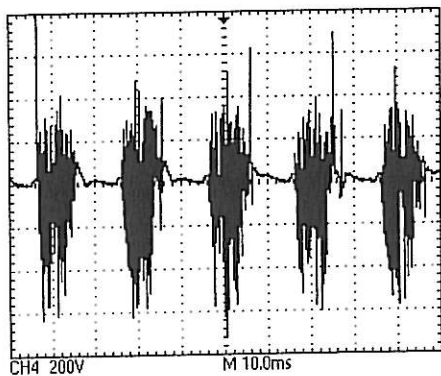
Wyniki

Ze względu na dużą ilość materiału uzyskanego z doświadczeń, ograniczono się w artykule do przedstawienia wybranych rezultatów. Elektrody zapłonowe reaktora zasilono z przetwornicy elektronicznej (tabela 2, układ zapłonowy II), gazem procesowym był argon, przepływ przez dyszę reaktora $1\text{m}^3/\text{h}$. Przy tej wydajności przepływu wyładowanie zapłonowe jest silnie rozdmuchane przez gaz procesowy. Przypomina charakterem wyładowanie jarzeniowe, z tą różnicą, że widoczne są liczne kanały wyładowania od elektrody zapłonowej do wszystkich elektrod roboczych (Rys. 5).



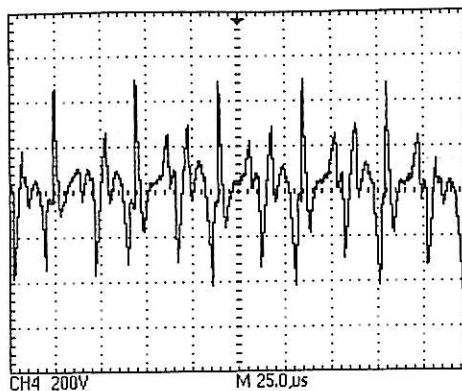
Rys.5. Wyładowanie od jednej elektrody zapłonowej

Przebieg napięcia wyładowania zapłonowego dla jednej elektrody zapłonowej pokazano na rysunku 6. Przepięcia zapłonowe przekraczają 400 V. Są to typowe wartości zapłonowe dla argonu. Charakterystyczne są natomiast występujące w szumie przerwy beznapięciowe.

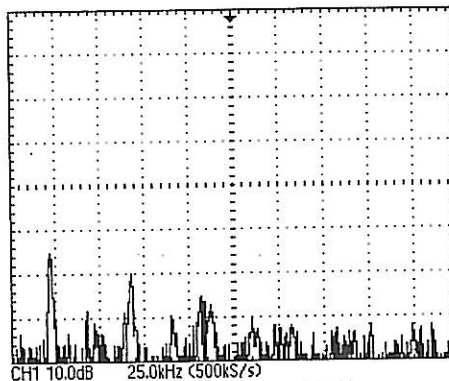


Rys.6. Przebieg napięcia wyładowania na jednej elektrodzie zapłonowej

Przy jednej elektrodzie zapłonowej obserwuje się w napięciu międzyfazowym strony wtórnej transformatorów napięcie silnie odkształcone (rys 7). Występuje w nim jednak mniejsza zawartość wyższych harmonicznych i odkształceń stochastycznych niż w napięciu wyładowania zapłonowego. Analizę FFT napięcia międzyfazowego przedstawia rysunek 8.



Rys.7. Przebieg napięcia międzyfazowego strony wtórnej przy jednej elektrodzie zapłonowej

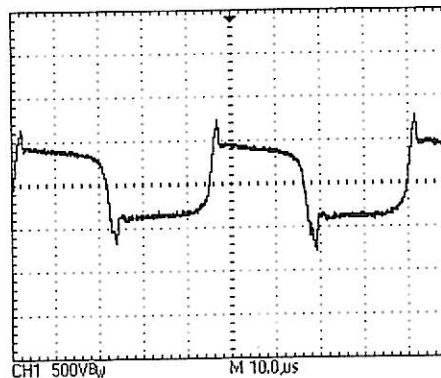


Rys.8. Analiza FFT napięcia

Analiza FFT wykazuje na harmoniczną podstawową 25 kHz a więc o 5 kHz większą niż częstotliwość napięcia zasilającego obwód zapłonowy. Wyraźny jest też udział harmonicznej 75 kHz i 125 kHz.

Przy zasilaniu obwodu zapłonowego z przetwornicy elektronicznej (tabela 2, układ zapłonowy II) stwierdzono, że napięcie wyładowania zapłonowego ma przebieg zbliżony do prostokątnego z wyraźnym widocznym pikem prostokątnego z wyładowań elektrycznych intensywnie chłodzonych.

Taki przebieg napięcia oraz galwaniczne oddzielenie układu zapłonowego od układu zasilania elektrod roboczych sugerowałoby niski poziom zakłóceń po stronie wtórnej transformatorów dopasowujących. Z badań wynika jednak, że występuje napięcie międzyfazowe. Ma ono charakter szumu, w którym przepięcia przekraczają wartość 100 V (rys. 10). Dokonano analizy FFT tego szumu (rys. 11)



Rys.9. Przebieg napięcia wyładowania między dwiema elektrodami zapłonowymi