

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **235522**
(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **426539**

(22) Data zgłoszenia: **03.08.2018**

(51) Int.Cl.
H05B 41/00 (2006.01)
H05B 41/02 (2006.01)
H05B 41/36 (2006.01)
H01J 7/46 (2006.01)
H01J 61/56 (2006.01)

(54) **Sposób wytwarzania impulsów zasilających do generowania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami zamkniętymi w komorze z obniżonym ciśnieniem gazu i układ do wytwarzania impulsów zasilających do generowania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami zamkniętymi w komorze z obniżonym ciśnieniem gazu**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
10.02.2020 BUP 04/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
24.08.2020 WUP 12/20

(73) Uprawniony z patentu:
RESZKE EDWARD, Wrocław, PL
YELKIN IHAR, Wrocław, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
EDWARD RESZKE, Wrocław, PL
IHAR YELKIN, Wrocław, PL

PL 235522 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania impulsów zasilających do generowania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami zamkniętymi w komorze z obniżonym ciśnieniem gazu i układ do wytwarzania impulsów zasilających do generowania wyładowania, jarzeniowego pomiędzy elektrodami zamkniętymi w komorze z obniżonym ciśnieniem gazu, w szczególności, znajdujące zastosowanie do zasilania lampy plazmowej.

Sposób zasilania lampy plazmowej znany z polskiego zgłoszenia patentowego nr P.421774 polega na tym, że dokonuje się pomiaru amplitudy zakłóceń w prądzie zasilania lampy dla zakłóceń o częstotliwości wyższej od częstotliwości podstawowej prądu zasilania lampy i nastawia się zasilacz do dostarczania do lampy prądu zasilania w określonym zakresie zmian względem prądu, dla którego wartości poziomu zakłóceń są najwyższe. Lampa zasilana jest sieciowym prądem zmiennym ze składową stałą.

Lampa plazmowa z zasilaczem znana jest z polskiego opisu patentowego nr PL227530. Lampa mająca postać rury szklanej wypełnionej gazem roboczym pod obniżonym ciśnieniem, wyposażonej w układ elektrod, z których jedna jest katodą przyłączoną do ujemnego zacisku zasilacza, zaś druga elektroda jest anodą przyłączoną do dodatniego zacisku zasilacza, przy czym zasilacz zasila lampę prądem zmiennym, charakteryzuje się tym, że zawiera układ monitorowania prądu, zasilania lampy zawierający: przyłączony do jednego, z zacisków; zasilacza filtr górnoprzepustowy o częstotliwości granicznej wyższej od częstotliwości podstawowej prądu zasilania lampy; do którego wyjścia jest przyłączony detektor amplitudy przystosowany do pomiaru wielkości obwiedni amplitudowej sygnału wyjściowego filtra górnoprzepustowego reprezentującej poziom zakłóceń, oraz układ regulacji zasilacza, przyłączony pomiędzy wyjściem detektora amplitudy a wejściem sterującym zasilacza, przystosowany do sterowania zasilaczem do dostarczania do lampy prądu zasilania w określonym zakresie ΔI względem prądu I_s , dla którego wartości poziomu zakłóceń są najwyższe.

Układ generowania impulsów wysokiego napięcia, zwłaszcza dla reaktora zimnej plazmy, znany jest z polskiego opisu patentowego nr PL222184. Układ zawiera co najmniej jeden moduł przekształtnika połączony ze źródłem napięcia, przy czym moduł ma dwa kondensatory, dwa transformatory i jeden półprzewodnikowy klucz. Wejście modułu połączone jest z pierwszym zaciskiem uzwojenia strony wtórnej pierwszego transformatora, którego drugi zacisk uzwojenia strony wtórnej połączony jest jednocześnie z pierwszym końcem pierwszego kondensatora oraz z pierwszym zaciskiem uzwojenia strony pierwotnej pierwszego transformatora. Drugi koniec pierwszego kondensatora połączony jest z pierwszym końcem półprzewodnikowego klucza i z pierwszym zaciskiem uzwojenia strony pierwotnej drugiego transformatora. Drugi zacisk uzwojenia strony pierwotnej pierwszego transformatora przyłączony jest do drugiego końca półprzewodnikowego klucza i jednocześnie do pierwszego końca drugiego kondensatora, którego drugi koniec połączony jest z drugim zaciskiem uzwojenia strony pierwotnej drugiego transformatora i pierwszym zaciskiem uzwojenia strony wtórnej drugiego transformatora, którego drugi zacisk uzwojenia strony wtórnej stanowi wyjście modułu.

Istota sposobu według wynalazku polega na tym, że za pomocą generatora małej mocy generuje się impulsy, po czym wzmacnia się ich moc i napięcie do poziomu niezbędnego do zapalenia i podtrzymania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami, ponadto dobiera się ich kształt, amplitudę, częstotliwość powtarzania, i ewentualnie poziom amplitudy napięcia stałego, oraz częstotliwość powtarzania tak, aby ilość i intensywność pobudzeń rezonansowych oscylacji plazmy w jednostce czasu odpowiadała maksymalnej mocy koherentnych oscylacji rezonansowych.

Korzystnie, moc impulsów wzmacnia się w beztransformatorowym wzmacniaczu liniowym, przy czym zadaje się i/lub koryguje wartość napięcia stałego za pomocą regulowanego źródła napięcia stałego.

Korzystnie, wyładowanie jarzeniowe pomiędzy elektrodami, podtrzymuje się przy ciśnieniu roboczym wilgotnego powietrza w zakresie od 1 Pa do 10^4 Pa oraz przy gęstości mocy w wyładowaniu w zakresie od 0,2 do 100 W/dcm³.

Sposób według zastrz. 1, znamienny tym, że częstotliwość powtarzania impulsów zawiera się w zakresie częstotliwości 125 Hz do częstotliwości poniżej 15 kHz.

Korzystnie, kształt impulsów wybiera się z grupy obejmującej impulsy prostokątne, impulsy sinusoidalne, impulsy typu moduł sinusa, impulsy piłokształtne i impulsy trapezowe.

Korzystnie poziom amplitudy napięcia stałego dobiera się tak, że średnia wartość prądu pomiędzy elektrodami zawiera się w zakresie od 100 μ A do 2A.

Korzystnie, stosunek średniej wartości napięcia do wartości maksymalnej jest mniejszy od $2/\pi$.

Istota układu, według wynalazku polega na tym, że równolegle z zaciskami co najmniej jednej pary elektrod stanowiących anodę i katodę, z których każda para elektrod zamknięta jest w komorze, połączony jest kondensator wysokiej częstotliwości, jednocześnie do zacisków elektrod połączony jest wzmacniacz impulsów, a ten z kolei połączony ze źródłem sygnałów sterujących.

Korzystnie, wzmacniaczem impulsów jest transformatorowy wzmacniacz impulsów, który na wejściu ma impulsowy wzmacniacz tranzystorowy połączony z pierwotnym uzwojeniem transformatora, a wtórne uzwojenie transformatora połączone jest poprzez prostownik diodowy z diodą prostowniczą i z zaciskami elektrod.

Korzystnie, impulsowym wzmacniaczem tranzystorowym jest tranzystor.

Korzystnie, impulsowy wzmacniacz tranzystorowy na wejściu ma układ generowania impulsów synchronicznych wyposażony w sterownik sygnału poziomu wysokiego i sterownik sygnału poziomu niskiego, przy czym sterownik sygnału poziomu wysokiego połączony jest z bramką górnego tranzystora wzmacniacza impulsu, którego emiter połączony jest z pierwszym zaciskiem uzwojenia pierwotnego transformatora i jednocześnie poprzez drugą diodę zwrotu energii z emiterym dolnego tranzystora wzmacniacza impulsu, natomiast sterownik sygnału poziomu niskiego połączony jest z bramką dolnego tranzystora wzmacniacza impulsu, którego emiter, połączony jest z drugim zaciskiem uzwojenia pierwotnego transformatora i jednocześnie poprzez pierwszą diodę zwrotu energii z kolektorem górnego tranzystora wzmacniacza impulsu, ponadto kolektor górnego tranzystora wzmacniacza impulsu i emiter dolnego tranzystora wzmacniacza impulsu połączone są z zaciskami regulowanego źródła napięcia stałego.

Korzystnie, impulsowym wzmacniaczem tranzystorowym jest układ scalony wzmacniacza mostkowego.

Korzystnie, wtórne uzwojenie transformatora połączone jest poprzez prostownik w układzie podwajacza napięcia z diodami prostowniczymi i kondensatorem z zaciskami elektrod.

Korzystnie, wzmacniaczem impulsów jest beztransformatorowy wzmacniacz liniowy.

Korzystnie, beztransformatorowym wzmacniaczem liniowym jest utworzony z wysokonapięciowego skośnika z tranzystorami, dzielnika napięcia i rezystora prądowego oraz wzmacniacza operacyjnego, przy czym wejście nieodwracające wzmacniacza operacyjnego połączone jest z sumatorem, wejście odwracające wzmacniacza operacyjnego włączone jest pomiędzy emiter dolnego tranzystora skośnika rezystor dzielnika prądu, natomiast wyjście wzmacniacza operacyjnego połączone jest z bramką dolnego tranzystora skośnika, którego kolektor połączony jest z emiterym górnego tranzystora skośnika, zaś kolektor górnego tranzystora skośnika połączony jest przez pierwszy rezystor dzielnika napięcia w sterowniku i drugi rezystor dzielnika napięcia w sterowniku z drugim zaciskiem rezystora dzielnika prądu, ponadto bramka górnego tranzystora skośnika jest włączona pomiędzy pierwszy rezystor dzielnika napięcia w sterowniku i drugi rezystor dzielnika napięcia w sterowniku.

Korzystnie; źródłem sygnałów sterujących jest źródło sygnału o regulowanej częstotliwości, szerokości impulsu i amplitudzie, które połączone jest z impulsowym wzmacniaczem tranzystorowym zasilanym niskonapięciowym źródłem zasilania.

Korzystnie, źródłem sygnałów sterujących jest generator przebiegów arbitralnych połączony przez sumator z beztransformatorowym wzmacniaczem liniowym, przy czym do sumatora podłączone jest źródło napięcia stałego, natomiast beztransformatorowy wzmacniacz liniowy połączony jest wysokonapięciowym źródłem zasilania.

Korzystnie, generatorem przebiegów, arbitralnych jest generator przebiegów arbitralnych periodycznych.

Zaletą sposobu według wynalazku jest możliwość doboru nie tylko jednego parametru w postaci wartości prądu plazmy, lecz szerszy dobór aż pięciu parametrów: częstotliwości; amplitudy, średniej wartości prądu, kształtu przebiegu prądu anodowego w wyładowaniu jarzeniowym oraz wzajemnej relacji składowej zmiennej i stałej napięcia i prądu anodowego.

Przedmiot wynalazku objaśniony jest w przykładzie wykonania i uwidoczniony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia transformatorowy układ do wytwarzania impulsów zasilających elektrody do generowania wyładowania jarzeniowego w komorze z obniżonym ciśnieniem gazu wyposażony w generator przebiegów PWM, fig. 2 – beztransformatorowy układ do wytwarzania impulsów zasilających elektrody do generowania wyładowania jarzeniowego w komorze z obniżonym ciśnieniem gazu wyposażony w generator przebiegów arbitralnych, fig. 3 – beztransformatorowy układ do wytwarzania impulsów zasilających elektrody do generowania wyładowania jarzeniowego w komorze z obniżonym

ciśnieniem gazu wyposażony w generator przebiegów arbitralnych periodycznych, fig. 4 – beztransformatorowy układ do wytwarzania impulsów zasilających elektrody do generowania wyładowania jarzeniowego w trzech komorach z obniżonym ciśnieniem gazu wyposażony w generator przebiegów – arbitralnych periodycznych, fig. 5 – układ transformatorowy z jednor tranzystorowym wzmacniaczem, impulsów, fig. 6 – układ transformatorowy z jednor tranzystorowym wzmacniaczem impulsów do wytwarzania impulsów zasilających elektrody do generowania wyładowania jarzeniowego w trzech komorach, fig. 7 – układ transformatorowy z dwu tranzystorowym wzmacniaczem impulsów, fig. 8 – układ transformatorowy ze wzmacniaczem impulsowym zrealizowany za pomocą scalonego wzmacniacza mostkowego, fig. 9 – układ beztransformatorowy z wysokonapięciowym wzmacniaczem liniowym połączony z anodą, fig. 10 – układ beztransformatorowy z wysokonapięciowym wzmacniaczem liniowym połączony z katodą, fig. 11 – przykładowe przebiegi ilustrujące wzmacniacz impulsów, a fig. 12 – przykładowy przebieg arbitralny.

Przykład 1

Sposób wytwarzania impulsów zasilających do generowania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami zamkniętymi w komorze z obniżonym ciśnieniem gazu polega na tym, że za pomocą generatora małej mocy, w postaci źródła sygnału o regulowanej częstotliwości i szerokości impulsu PWM, generuje się impulsy, przy czym dobiera się szerokość W impulsu prostokątnego, amplitudę oraz okres powtarzania sygnału T_{PWM} , po czym wzmacnia się ich moc i napięcie w transformatorowym wzmacniaczu impulsu i $TW!$ do poziomu niezbędnego do zapalenia i podtrzymania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami A, K przy prądzie zasilania elektrod I_{AK} oraz napięciu zasilania elektrod U_{AK} , przy czym stosunek średniej wartości napięcia U_{sr} do amplitudy napięcia o regulowanej częstotliwości i szerokości impulsu (P_{PWM}) jest mniejszy od $2/\pi$ wynosi 0,5, zaś częstotliwość powtarzania impulsów monitorowana za pomocą czujnika pola elektrycznego SE, jest tak dobrana, aby ilość i intensywność pobudzeń rezonansowych oscylacji plazmy w jednostce czasu odpowiadała maksymalnej mocy koherentnych oscylacji rezonansowych. Wyładowanie jarzeniowe pomiędzy elektrodami A, K podtrzymuje się przy ciśnieniu roboczym wilgotnego powietrza wartości 1 Pa oraz przy gęstości mocy w wyładowaniu 4 W/dcm^3 . Częstotliwość powtarzania impulsów wynosi 125 Hz, poziom amplitudy napięcia stałego A_{DC} dobiera się tak, że średnia wartość prądu pomiędzy elektrodami A, K wynosi $100 \mu\text{A}$.

Przykład 2

Sposób wytwarzania impulsów zasilających do generowania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami zamkniętymi w komorze z obniżonym ciśnieniem gazu przebiega jak w przykładzie pierwszym z tą różnicą, że za pomocą generatora małej mocy w postaci generatora przebiegów arbitralnych ARB generuje się impulsy, jako periodyczne przebiegi arbitralne, które następnie wzmacnia się w beztransformatorowym wzmacniaczu liniowym BWL. Wyładowanie jarzeniowe pomiędzy elektrodami A, K podtrzymuje się przy ciśnieniu roboczym wilgotnego powietrza o wartości 10^4 Pa oraz przy gęstości mocy w wyładowaniu 160 W/dcm^3 , częstotliwość powtarzania impulsów wynosi 14 kHz, a poziom amplitudy dobiera się tak, że średnia wartość prądu pomiędzy elektrodami A, K wynosi 2 A., przy czym średnią wartość napięcia U_{sr} dobiera się za i koryguje za pomocą źródła napięcia stałego DC. Ponadto stosunek średniej wartości napięcia U_{sr} do amplitudy napięcia przebiegu arbitralnego U_{ARB} jest równy 0,6.

Przykład 3

Sposób wytwarzania impulsów zasilających do generowania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami zamkniętymi w komorze z obniżonym ciśnieniem gazu przebiega jak w przykładzie drugim z tą różnicą, że za pomocą generatora małej mocy w postaci generatora przebiegów arbitralnych periodycznych GF i źródła napięcia stałego DC generuje się impulsy sinusoidalne o amplitudzie napięcia sinusoidalnego U_{sin} .

Przykład 4

Sposób wytwarzania impulsów zasilających do generowania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami zamkniętymi w komorze z obniżonym ciśnieniem gazu przebiega jak w przykładzie drugim z tą różnicą, że za pomocą generatora małej mocy w postaci generatora przebiegów arbitralnych periodycznych GF i źródła napięcia stałego DC generuje się impulsy o kształcie modułu sinusa o amplitudzie napięcia sinusoidalnego $U_{[sin]}$.

W sposobie wykorzystuje się impulsy o dowolnych kształtach (fig. 11, fig. 12), które w szczególności wybiera się z grupy obejmującej impulsy prostokątne o szerokości impulsu W amplitudzie napięcia o regulowanej częstotliwości i szerokości impulsu U_{PMW} , i okresie powtarzania sygnału T_{PWM} , impulsy sinusoidalne o amplitudzie, napięcia sinusoidalnego U_{sin} i okresie sygnału sinusoidalnego T_{sin}

impulsy typu moduł sinusa o amplitudzie modułu napięcia sinusoidalnego $U_{[\sin]}$ i okresie modułu sygnału sinusoidalnego $T_{[\sin]}$ impulsy piłokształtne i impulsy trapezowe. Impulsy takie można otrzymać stosując proste układowo generatory dedykowanego przebiegu funkcyjnego lub z zastosowaniem generatora przebiegów arbitralnych ARB. W sposobie według wynalazku wyładowanie jarzeniowe zasila się napięciem stałym tętniącym posiadającym zarówno składową zmienną jak i składową stałą, przy czym dobiera się częstotliwość napięcia zmiennego, jego kształt i amplitudę a ponadto dobiera się poziom składowej stałej napięcia tak, aby wypadkowe średnie napięcie pomiędzy elektrodami było dodatnie na anodzie i ujemne na katodzie i wywoływało prąd płynący przez plazmę o wymaganej niezerowej średniej wartości, a jednocześnie tak, aby stosunek wartości średniej napięcia pomiędzy elektrodami do maksymalnej amplitudy tego napięcia był mniejszy od $2/\pi$.

Przykład 5

Układ do wytwarzania impulsów zasilających do generowania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami zamkniętym w komorze z obniżonym ciśnieniem gazu ma równolegle z zaciskami elektrod stanowiących anodę A i katodę K zamkniętymi w komorze LA połączony jest kondensator wysokiej częstotliwości C_{HF} i jednocześnie z zaciskami elektrod A, K połączony jest wzmacniacz impulsów, a ten z kolei połączony ze źródłem sygnałów sterujących. Wzmacniaczem impulsów jest transformatorowy wzmacniacz impulsów TWI, który na wejściu ma impulsowy wzmacniacz tranzystorowy IWT połączony z uzwojeniem pierwotnym transformatora TR, a wtórne uzwojenie transformatora TR, połączone jest: poprzez prostownik diodowy z diodą prostowniczą D_1 z zaciskami elektrod A, K. Impulsowy wzmacniacz tranzystorowy IWT połączony jest do źródła sygnału o regulowanej częstotliwości i szerokości impulsu PWM i wysokonapięciowego źródła zasilania ZWN_{DC} . Ponadto na zewnątrz komory z obniżonym ciśnieniem gazu w postaci lampy LA umieszczone są czujniki pola elektrycznego SE i pola magnetycznego SM.

Przykład 6

Układ do wytwarzania impulsów zasilających do generowania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami zamkniętymi w komorze z obniżonym ciśnieniem gazu wykonana jak w przykładzie piątym z tą różnicą, że wzmacniaczem impulsów jest beztransformatorowy wzmacniacz liniowy BWL a źródłem sygnałów sterujących jest generator przebiegów arbitralnych ARB połączony przez sumator SU z beztransformatorowym wzmacniaczem liniowym BWL, przy czym do sumatora SU podłączone jest regulowane źródło napięcia stałego DC, natomiast beztransformatorowy wzmacniacz liniowy BWL połączony jest z wysokonapięciowym źródłem zasilania ZWN_{DC} .

Przykład 7

Układ do wytwarzania impulsów zasilających, do generowania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami zamkniętymi w komorze z obniżonym ciśnieniem gazu wykonana jak w przykładzie szóstym z tą różnicą, że sumator SU połączony z generatorem przebiegów arbitralnych periodycznych GF i jednocześnie z regulowanym źródłem napięcia stałego DC.

Przykład 8

Układ do wytwarzania impulsów zasilających do generowania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami zamkniętymi w komorze z obniżonym ciśnieniem gazu wykonana jak w przykładzie siódmym z tą różnicą, że do beztransformatorowego wzmacniacza liniowego BWL połączone są trzy komory w postaci lamp pierwszej L_1 , drugiej L_2 i trzeciej L_3 połączonych, równolegle.

Przykład 9

Układ do wytwarzania impulsów zasilających do generowania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami zamkniętymi w komorze z obniżonym ciśnieniem gazu wykonana jak w przykładzie piątym z tą różnicą, że impulsowym wzmacniaczem tranzystorowym IWT jest tranzystor T_1 . Transformatorowy wzmacniacz impulsu TWI (fig. 5) z tranzystorem T_1 i transformatorem podwyższającym TR, którego wtórne uzwojenie poprzez diodę prostowniczą D_1 jest podłączone do elektrod A, K lampy LA jarzeniowej zablokowanej kondensatorem C_{HF} . Układ ten jest zasilany ze źródła napięcia dodatniego $+V_{DC}$. Do bazy tranzystora T_1 , typu IGBT podłączone jest źródło sygnału o regulowanej częstotliwości i szerokości impulsu PWM. Poszukując maksimum oscylacji rezonansowych w plazmie monitorowanych za pomocą sond elektrycznej SE i/lub magnetycznej SM dobiera się częstotliwość i szerokość impulsu. W ze źródła sygnału o regulowanej częstotliwości i szerokości impulsu PWM, można także, godząc się z ograniczoną sprawnością energetyczną; dobierać amplitudę sygnału pobudzającego wzmacniacz impulsowy uzyskując optymalne warunki wzbudzenia plazmy pod kątem skuteczności prowadzonego procesu przebiegającego z jej wykorzystaniem.

Przykład 10

Układ do wytwarzania impulsów zasilających do generowania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami zamkniętymi w komorze z obniżonym ciśnieniem gazu wykonana jak w przykładzie piątym z tą różnicą, że do beztransformatorowego wzmacniacza impulsów BWL połączone są trzy komory w postaci lamp pierwszej L_1 , drugiej L_2 i trzeciej L_3 połączonych równolegle.

Przykład 11

Układ do wytwarzania impulsów zasilających do generowania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami zamkniętymi w komorze z obniżonym ciśnieniem gazu wykonana jak w przykładzie piątym z tą różnicą, że impulsowy wzmacniacz tranzystorowy IWT na wejściu ma układ generowania impulsów synchronicznych DR wyposażony sterownik sygnału poziomu wysokiego HS i sterownik sygnału poziomu niskiego LS, przy czym sterownik sygnału poziomu wysokiego HS połączony jest z bramką górnego tranzystora wzmacniacza impulsu T_2 , którego emiter połączony jest z pierwszym zaciskiem uzwojenia pierwotnego transformatora TR i jednocześnie poprzez drugą diodę zwrotu energii D_3 z emiterem dolnego tranzystora wzmacniacza impulsu T_3 , natomiast sterownik sygnału poziomu niskiego LS połączony jest z bramką dolnego tranzystora, wzmacniacza impulsu T_3 , którego kolektor połączony jest z drugim zaciskiem uzwojenia pierwotnego transformatora TR i jednocześnie poprzez pierwszą diodę zwrotu energii D_2 z kolektorem górnego tranzystora wzmacniacza impulsu T_2 , ponadto kolektor górnego tranzystora wzmacniacza impulsu T_2 i emiter dolnego tranzystora wzmacniacza impulsu T_3 połączone są z zaciskami źródła napięcia stałego DC.

Układ transformatorowy z dwutranzystorowym wzmacniaczem impulsów (fig. 7) z górnym tranzystorem wzmacniacza impulsu T_2 i dolnym tranzystorem wzmacniacza impulsu T_3 , oraz diodami zwrotu energii pierwszą D_2 i drugą D_2 włączonymi pomiędzy zaciski pierwotnego uzwojenia transformatora TR i bieguny źródła napięcia dodatniego, $+V_{DC}$ oraz źródła napięcia ujemnego: $-V_{DC}$. Bazy tranzystorów wzmacniacza impulsu górnego T_2 i dolnego T_3 poprzez układ drajwera HS/LS (High Side/Low Side driver) otrzymują wydzielone ze źródła sygnału o regulowanej częstotliwości i szerokości impulsu PWM i skierowane do bramek obydwu tranzystorów górnego T_2 i dolnego T_3 impulsy syn-fazowe. Na wtórnej stronie transformatora TR znajduje się prostownik z diodą prostowniczą D_1 , który następnie jest dołączony do zacisków elektrod A, K lampy LA zblokowanej kondensatorem C_{HF} .

Przykład 12

Układ do wytwarzania impulsów zasilających do generowania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami zamkniętymi w komorze z obniżonym ciśnieniem gazu wykonana jak w przykładzie piątym z tą różnicą, że impulsowym wzmacniaczem tranzystorowym IWT jest układ scalony wzmacniacza mostkowego USC, a wtórne uzwojenie transformatora TR połączone jest poprzez prostownik w układzie podwajacza napięcia z diodami prostowniczymi D_1 , D_4 i kondensatorem CD z zaciskami elektrod A, K.

Układ transformatorowy z dwutranzystorowym wzmacniaczem impulsów (fig. 8) z zastosowaniem układu scalonego USC wzmacniacza mostkowego mocy pobudzany z generatora PWM i połączony symetrycznie z uzwojeniem pierwotnym transformatora TR. W roli prostownika zastosowano układ podwajacza napięcia z kondensatorem CD oraz diodami zwrotu energii pierwszą D_2 i drugą D_3 . Wyjście prostownika jest połączone z elektrodami A, K lampy LA jarzeniowej zblokowanej kondensatorem C_{HF} .

Przykład 13

Układ do wytwarzania impulsów zasilających do generowania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami zamkniętymi w komorze z obniżonym ciśnieniem gazu wykonana jak w przykładzie szóstym z tą różnicą, że beztransformatorowy wzmacniacz liniowy BWL jest utworzony z wysokonapięciowego skośnika z tranzystorami T_4 , T_5 , dzielnika napięcia R_3 , R_2 i rezystora prądowego R_1 oraz wzmacniacza operacyjnego WO, przy czym wejście nieodwracające wzmacniacza operacyjnego WO połączone jest z sumatorem SU, wejście odwracające wzmacniacza operacyjnego WO włączone jest pomiędzy emiter dolnego tranzystora skośnika T_5 i rezystor dzielnika prądu R_1 , natomiast wyjście wzmacniacza operacyjnego WO połączone jest z bramką dolnego tranzystora skośnika T_5 , którego kolektor połączony jest z emiterem górnego tranzystora skośnika T_4 , zaś kolektor górnego tranzystora skośnika T_4 połączony jest poprzez pierwszy rezystor dzielnika napięcia w sterowniku R_2 i drugi rezystor dzielnika napięcia w sterowniku R_3 z drugim ścisem rezystora dzielnika, prądu R_1 , ponadto bramka górnego tranzystora skośnika T_4 jest włączona pomiędzy pierwszy rezystor dzielnika napięcia w sterowniku R_2 i drugi rezystor dzielnika napięcia w sterowniku R_3 . Ponadto rezystor dzielnika prądu R_1 i pierwszy rezystor dzielnika napięcia w sterowniku R_2 połączone są z anodą A lampy LA.

Ponadto anoda A lampy LA połączona jest lokalną pływającą masą układu LG usytuowaną pomiędzy źródłami napięcia dodatniego $+V_{DC}$ i ujemnego V_{DC} .

Układ beztransfornatorowy z wysokonapięciowym wzmacniaczem liniowym połączony z elektrodami anodą A, K lampy LA zblokowanej kondensatorem C_{HF} . Wzmacniacz liniowy jest zbudowany jako skośnik wysokonapięciowy na tranzystorach skośnika górnym T_4 i dolnym T_5 , przy czym bramka górnego tranzystora skośnika T_4 jest zasilana z dzielnika utworzonego przez rezystor dzielnika napięcia w sterowniku pierwszy R_2 i drugi R_3 o takiej samej wartości $R_2 = R_3$, zaś emiter dolnego tranzystora skośnika T_5 jest połączony z anodą A lampy LA poprzez rezystor dzielnika prądu R_1 (próbkujący prąd w układzie źródła prądowego sterowanego napięciowo z sumatora SU liniowego sygnałów modulujących, którego wyjście jest połączone z wejściem nieodwracającym (+) wzmacniacza operacyjnego WO. W skład możliwych przebiegów podawanych na wejście sumatora SU wchodzi np. przebieg sinusoidalny, moduł przebiegu sinusoidalnego, sygnał napięcia stałego, sygnał o regulowanej częstotliwości i szerokości impulsu W lub dowolny przebieg periodyczny z generatora przebiegów arbitralnych ARB utworzony według indywidualnego projektu.

Układ zasilany za pomocą źródeł niskonapięciowych dodatniego $+V_c$, i ujemnego $-V_c$, oraz za pomocą wysokonapięciowego źródła zasilania ZWN_{DC} . Trzeba zwrócić uwagę, że podobnie jak w przypadku, gdy w układzie wzmacniacza transformatorowego można dobierać amplitudę przebiegu generowanego przez źródło sygnału o regulowanej częstotliwości i szerokości impulsu PWM, godząc się z obniżeniem sprawności energetycznej wzmacniacza, także w układzie wzmacniacza liniowego jeśli zbocza przebiegu wybranego do sterowania nie będą ostre może wystąpić problem obniżonej sprawności połączony z koniecznością odprowadzania traconego ciepła. Na szczęście omawiane tutaj zastosowania plazmy jarzeniowej z gruntu charakteryzują się względnie niskimi poziomami mocy czynnej, prawie nigdy nie przekraczającej poziomu kilkuset watów.

Przykład 14

Układ do wytwarzania impulsów zasilających do generowania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami zamkniętymi w komorze z obniżonym ciśnieniem wykonana jak w przykładzie jedenastym z tą różnicą, że kolektor górnego tranzystora skośnika T_4 i drugi rezystor dzielnika napięcia w sterowniku R_3 połączone są z anodą K lampy LA. Ponadto anoda A lampy LA połączona jest poprzez wysokonapięciowe źródło zasilania ZWN_{DC} z lokalną pływającą masą układu LG usytuowaną pomiędzy źródłami napięcia dodatniego $+V_{DC}$ i ujemnego V_{DC} .

W układzie, gdy do uzyskania wysokiego napięcia impulsowego stosuje się transformator TR podwyższający napięcie (fig. 1), to do uzwojenia pierwotnego tego transformatora dołącza się wzmacniacz impulsów prostokątnych WIP o regulowanej częstotliwości, tj. regulowanym okresie powtarzania T oraz o regulowanej szerokości impulsu t_i .

Takie impulsy wytwarza się w generatorach stanowiących źródło sygnału o regulowanej częstotliwości i szerokości impulsu PWM (Power Width Modulation). Wzmocnione i przetransformowane impulsy wysokiego napięcia, które otrzymuje się na stronie wtórnej transformatora prostuje się za pomocą prostownika z drugą diodą zwrotu energii diodą D_R , którą stosuje się w celu odtworzenia składowej stałej wysokiego napięcia proporcjonalnie do szerokości impulsów stosuje się źródło sygnału o regulowanej częstotliwości i szerokości impulsu PWM, po czym napięciem wyprostowanych impulsów wysokiego napięcia podaje się bez filtracji zasila się elektrody A, K lampy plazmowej LA. W celu zredukowania szumów napięciowych związanych z prostokątnym kształtem i ostrymi zboczami impulsów równoległe do obydwu elektrod A, K wpina się kondensator wysokiej częstotliwości C_{HF} o na tyle małej pojemności, że zasadniczo nie wywołującej eliminacji tętnień napięcia ponieważ są one niezbędne w procesie pobudzania plazmowych oscylacji rezonansowych. W tym wypadku wartość składowej stałej napięcia wyprostowanego wyznacza stosunek szerokości impulsu W do okresu powtarzania sygnału T występujący w sygnale ze źródła sygnału o regulowanej częstotliwości i szerokości impulsu PWM. Odtwarzanie bardziej złożonych niż źródło sygnału o regulowanej częstotliwości i szerokości impulsu PWM przebiegów i dodawanie składowej stałej staje się dużo prostsze w tych przypadkach, gdy nie używa się transformatora (fig. 2) a korzysta się z niskonapięciowego źródła zasilania ZNN_{DC} , którym zasila beztransfornatorowy wzmacniacz liniowy BWL zdolny do przenoszenia nawet bardzo skomplikowanych przebiegów elektrycznych, które otrzymuje się w generatorach przebiegów arbitralnych ARB. W innych przypadkach jako generatora przebiegów arbitralnych. ARB używa się generatora przebiegów arbitralnych periodycznych GF generującego przebiegi funkcyjne takie jak sinus, moduł sinus, czy przebiegi piłokształtne, odpowiednio skompilowane ze źródłem napięcia stałego DC zapewniającego wymagany poziom składowej stałej napięcia zasilającego elektrody A, K

lampy LA. Dla monitorowania oscylacji rezonansowych w plazmie stosuje się sondy elektryczne. SE i magnetyczne SM usytuowane w pobliżu lampy LA i połączone z oscyloskopem cyfrowym.

Wykaz oznaczeń na rysunku:

A – anoda,
ARB – generator przebiegów arbitralnych,
BWL – beztransformatorowy wzmacniacz liniowy,
CD – kondensator,
 C_{HF} – kondensator wysokiej częstotliwości,
 D_1 – dioda prostownicza,
 D_2 – pierwsza dioda zwrotu energii,
 D_3 – druga dioda zwrotu energii,
 D_4 – dioda prostownicza,
DC – źródło napięcia stałego,
DR – układ generowania impulsów synchronicznych,
GF – generator przebiegów arbitralnych periodycznych,
IWT – impulsowy wzmacniacz tranzystorowy,
K – katoda,
LA – lampa,
LG – lokalna pływająca masa układu,
LS – sterownik sygnału poziomu niskiego,
PWM – źródło sygnału o regulowanej częstotliwości i szerokości impulsu,
 R_1 – rezystor dzielnika prądu,
 R_2 – pierwszy rezystor dzielnika napięcia w sterowniku,
 R_3 – drugi rezystor dzielnika napięcia w sterowniku,
SE – czujnik pola elektrycznego,
SM – czujnik pola magnetycznego,
ZS – źródło sygnału sinusoidalnego,
SU – sumator,
 T_1 – tranzystor,
 T_2 – górny tranzystor wzmacniacza impulsu,
 T_3 – dolny tranzystor wzmacniacza impulsu,
 T_4 – górny tranzystor skośnika,
 T_5 – dolny tranzystor skośnika,
TR – transformator,
TWI – transformatorowy wzmacniacz impulsu,
USC – Układ scalony wzmacniacza mostkowego,
WO – wzmacniacz operacyjny,
 ZNN_{DC} – niskonapięciowe źródło zasilania,
 ZWN_{DC} – wysokonapięciowe źródło zasilania,
 $+V_{DC}$ – źródło napięcia dodatniego,
 $-V_{DC}$ – źródło napięcia ujemnego,
 U_{DC} – wartość napięcia stałego,
 U_{sr} – średnia wartości napięcia,
 U_{PWM} – amplituda napięcia o regulowanej częstotliwości i szerokości impulsu,
 U_{ARB} – amplituda napięcia przebiegu arbitralnego,
 U_{sin} – amplituda napięcia sinusoidalnego,
 $U_{[sin]}$ – amplituda modułu napięcia sinusoidalnego,
 T_{PWM} – okres powtarzania sygnału,
 T_{sin} – okres sygnału sinusoidalnego,
 $T_{[sin]}$ – okres modułu sygnału sinusoidalnego,
W – szerokość impulsu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania impulsów zasilających do generowania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami zamkniętymi w komorze z obniżonym ciśnieniem gazu, **znamienny tym**, że za pomocą generatora małej mocy (PWM, ARB, DC, GF) generuje się impulsy, po czym wzmacnia się ich moc i napięcie do poziomu niezbędnego do zapalenia i podtrzymania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami (A, K), przy czym dobiera się ich kształt, amplitudę, częstotliwość powtarzania i ewentualnie poziom amplitudy napięcia stałego (U_{DC}) tak, aby ilość i intensywność pobudzeń rezonansowych oscylacji plazmy w jednostce czasu odpowiadała maksymalnej mocy koherentnych oscylacji rezonansowych.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że moc impulsów wzmacnia się w beztransformatoremowym wzmacniaczu liniowym (BWL), przy czym zadaje się i/lub koryguje wartość napięcia stałego za pomocą regulowanego źródła napięcia stałego (DC).
3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wyładowanie jarzeniowe pomiędzy elektrodami (A, K.) podtrzymuje się przy ciśnieniu roboczym wilgotnego powietrza w zakresie od 1 Pa do 10^4 Pa przy gęstości mocy w wyładowaniu w zakresie od 0,2 do 200 W/dcm³.
4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że częstotliwość powtarzania impulsów zawiera się w zakresie od 125 Hz do częstotliwości poniżej 15 kHz.
5. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że kształt impulsów wybiera się z grupy obejmującej impulsy prostokątne, impulsy sinusoidalne, impulsy typu moduł sinusa, impulsy piłokształtne i impulsy trapezowe.
6. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że poziom amplitudy napięcia stałego (U_{DC}) dobiera się tak, że średnia wartość prądu pomiędzy elektrodami (A, K) zawiera się w zakresie od 100 μ A do 2 A.
7. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosunek średniej wartości napięcia (U_{sr}) do jego amplitudy (U_{PWM} , U_{sin} , $U_{[sin]}$) jest mniejszy od $2/\pi$.
8. Układ do wytwarzania impulsów zasilających do generowania wyładowania jarzeniowego pomiędzy elektrodami zamkniętymi w komorze z obniżonym ciśnieniem gazu, **znamienny tym**, że równolegle z zaciskami co najmniej jednej pary elektrod stanowiących anodę (A) i katodę (K), z których każda para elektrod (A, K) zamknięta jest w komorze (LA), połączony jest kondensator wysokiej częstotliwości (C_{HF}), jednocześnie do zacisków elektrod (A, K) połączony jest wzmacniacz impulsów, a ten z kolei połączony ze źródłem sygnałów sterujących.
9. Układ według zastrz. 8, **znamienny tym**, że wzmacniaczem impulsów jest transformatorowy wzmacniacz impulsu (TWI), który na wejściu ma impulsowy wzmacniacz tranzystorowy (IWT) połączony, z pierwotnym uzwojeniem transformatora (TR), a wtórne uzwojenie transformatora (TR) połączone jest poprzez prostownik diodowy z diodą prostowniczą (D_1) z zaciskami elektrod (A, K).
10. Układ według zastrz. 9, **znamienny tym**, że impulsowym wzmacniaczem tranzystorowym (IWT) jest tranzystor (T_1).
11. Układ według zastrz. 9, **znamienny tym**, że impulsowy wzmacniacz tranzystorowy (IWT) na wejściu ma układ generowania impulsów synchronicznych (DR) wyposażony sterownik sygnału poziomu wysokiego (HS) i sterownik sygnału poziomu niskiego (LS), przy czym sterownik sygnału poziomu wysokiego (HS) połączony jest z bramką górnego tranzystora wzmacniacza impulsu (T_2), którego emiter połączony jest z pierwszym zaciskiem uzwojenia pierwotnego transformatora (TR) i jednocześnie poprzez drugą diodę zwrotu energii (D_3) z emiterem dolnego tranzystora wzmacniacza impulsu (T_3); natomiast sterownik sygnału poziomu niskiego (LS) połączony jest z bramką dolnego tranzystora wzmacniacza impulsu (T_3), którego kolektor połączony jest z drugim zaciskiem uzwojenia pierwotnego transformatora (TR) i jednocześnie poprzez pierwszą diodę zwrotu energii (D_2) z kolektorem górnego tranzystora wzmacniacza impulsu (T_2), ponadto kolektor, górnego tranzystora wzmacniacza impulsu (T_2) i emiter dolnego tranzystora wzmacniacza impulsu (T_3) połączone są z zaciskami regulowanego źródła napięcia stałego (DC).
12. Układ według zastrz. 9, **znamienny tym**, że impulsowym wzmacniaczem tranzystorowym (IWT) jest układ scalony wzmacniacza mostkowego (USC).

13. Układ według zastrz. 9, **znamienny tym**, że wtórne uzwojenie transformatora (TR) połączone jest poprzez prostownik w układzie podwajacza napięcia z diodami prostowniczymi (D_1 , D_4) i kondensatorem (CD) z zaciskami elektrod (A, K).
14. Układ według zastrz. 8, **znamienny tym**, że wzmacniaczem impulsów jest beztransformatorowy wzmacniacz liniowy (BWL).
15. Układ według zastrz. 14, **znamienny tym**, że beztransformatorowym wzmacniaczem liniowym (BWL) jest utworzony z wysokonapięciowego skośnika z tranzystorami (T_4 , T_5) dzielnika napięcia (R_3 , R_2) i rezystora prądowego (R_1) oraz wzmacniacza operacyjnego (WO), przy czym wejście nieodwracające wzmacniacza operacyjnego (WO) połączone jest z sumatorem (SU), wejście odwracające wzmacniacza operacyjnego (WO) włączone jest pomiędzy emiter dolnego tranzystora skośnika (T_5) i rezystor dzielnika prądu (R_1), natomiast wyjście wzmacniacza operacyjnego (WO) połączone jest z bramką dolnego tranzystora skośnika (T_5), którego kolektor połączony jest z emiterym górnego tranzystora skośnika (T_4), zaś kolektor górnego tranzystora skośnika (T_4) połączony jest poprzez pierwszy rezystor dzielnika napięcia w sterowniku (R_2) i drugi rezystor dzielnika napięcia w sterowniku (R_3) z drugim zaciskiem rezystora dzielnika prądu (R_1), ponadto bramka górnego tranzystora skośnika (T_4) jest włączona pomiędzy pierwszy rezystor dzielnika napięcia w sterowniku (R_2) i drugi rezystor dzielnika napięcia w sterowniku (R_3).
16. Układ według zastrz. 8, **znamienny tym**, że źródłem sygnałów sterujących jest źródło sygnału o regulowanej częstotliwości i szerokości impulsu (PWM) i amplitudzie, które połączone jest z impulsowym wzmacniacz tranzystorowym (IWT) zasilanym niskonapięciowym źródłem zasilania (ZNN_{DC}).
17. Układ według zastrz. 8, **znamienny tym**, że źródłem sygnałów sterujących jest generator przebiegów arbitralnych (ARB) połączony przez sumator (SU) z beztransformatorowym wzmacniaczem liniowym (BWL), przy czym do sumatora (SU) podłączone jest regulowane źródło napięcia stałego (DC), natomiast beztransformatorowy wzmacniacz liniowy (BWL) połączony jest z wysokonapięciowym źródłem zasilania (ZWN_{DC}).
18. Układ według zastrz. 15, **znamienny tym**, że dla uproszczenia układu generator przebiegów arbitralnych (ARB) jest zastąpiony przez generator przebiegów, arbitralnych periodycznych (GF).

Rysunki

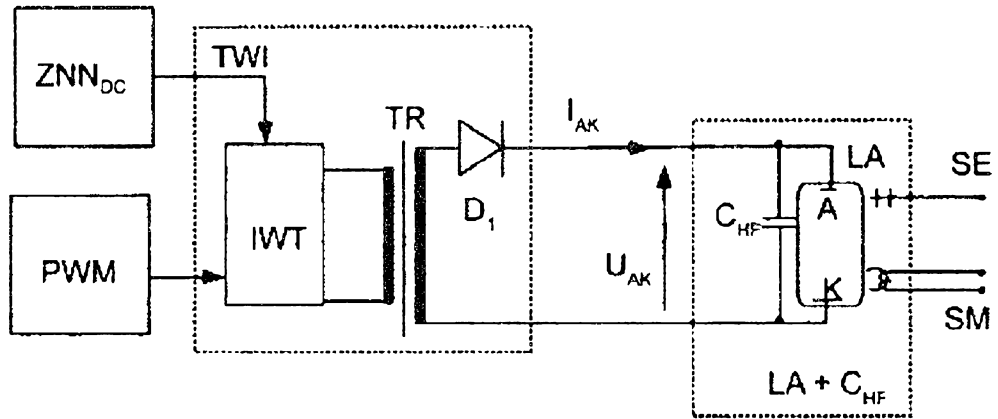


Fig. 1

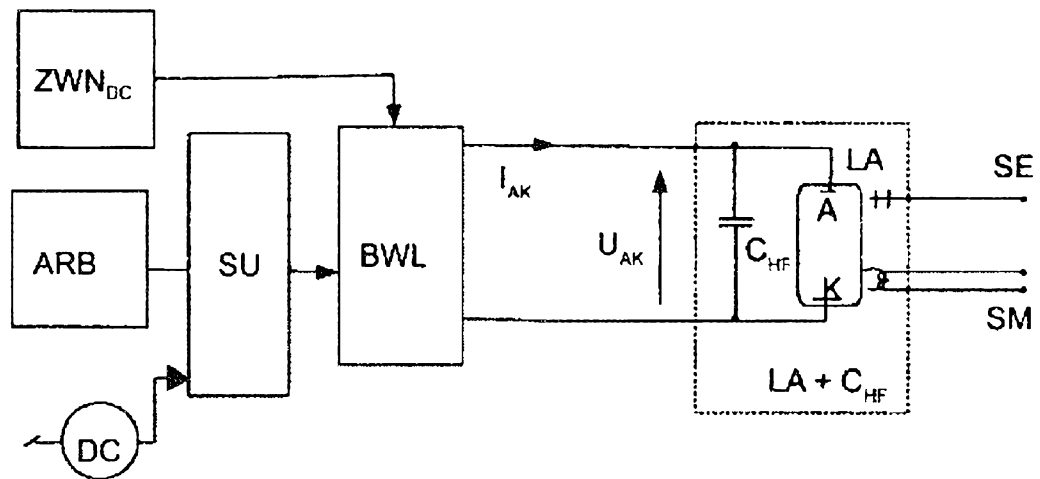


Fig. 2

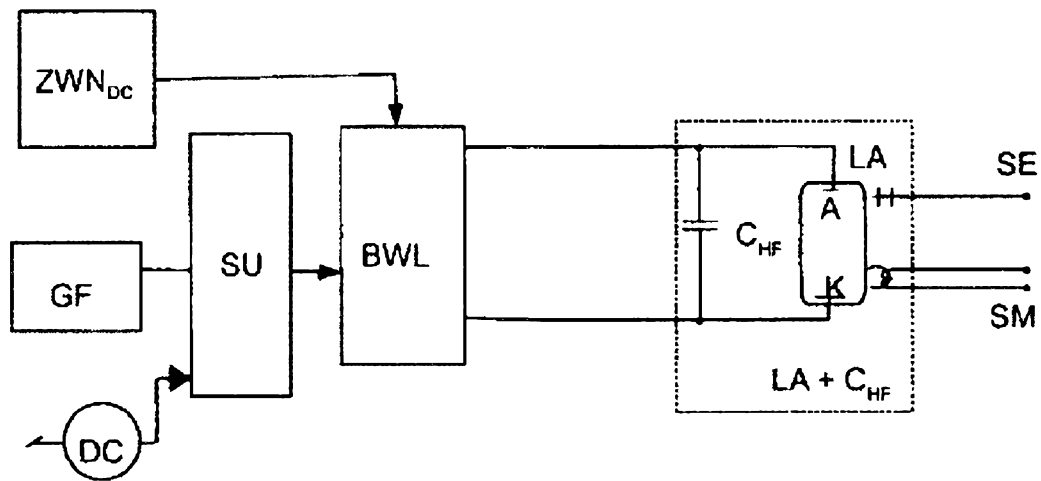


Fig. 3

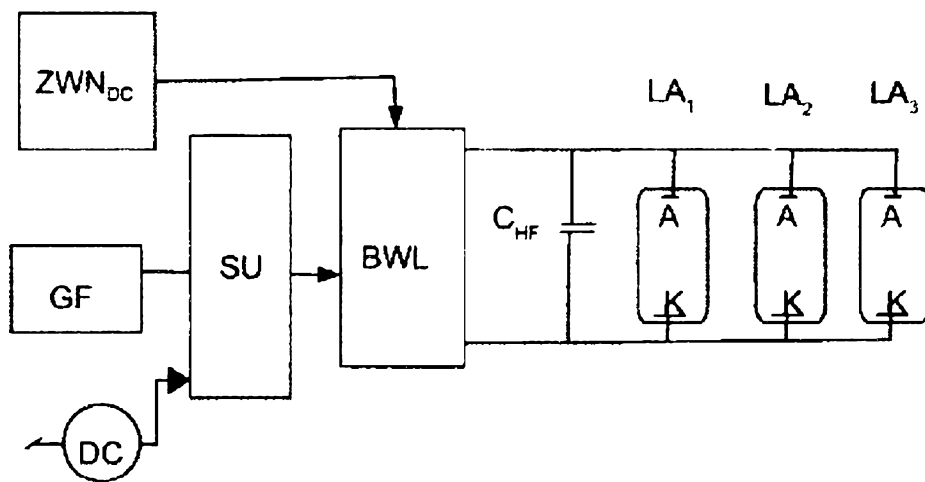


Fig. 4

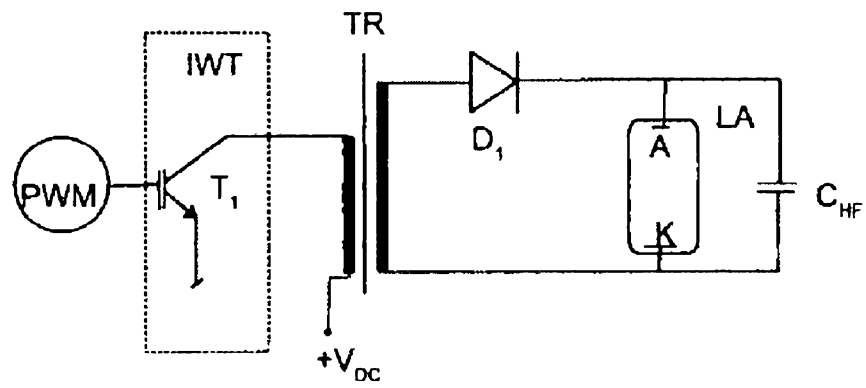


Fig. 5

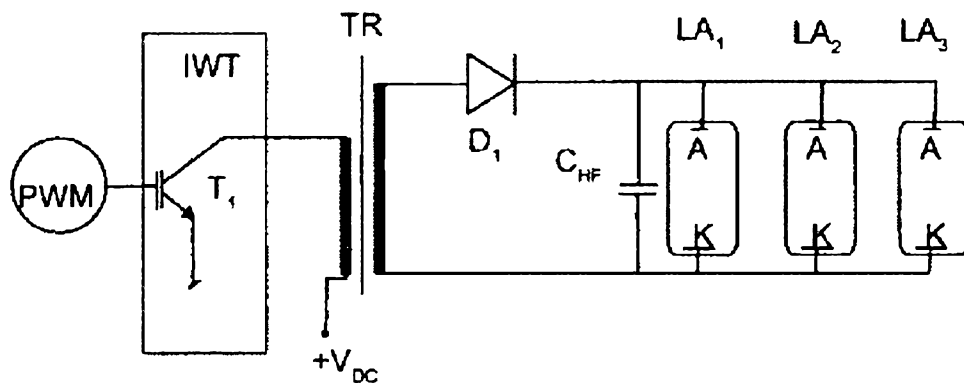


Fig. 6

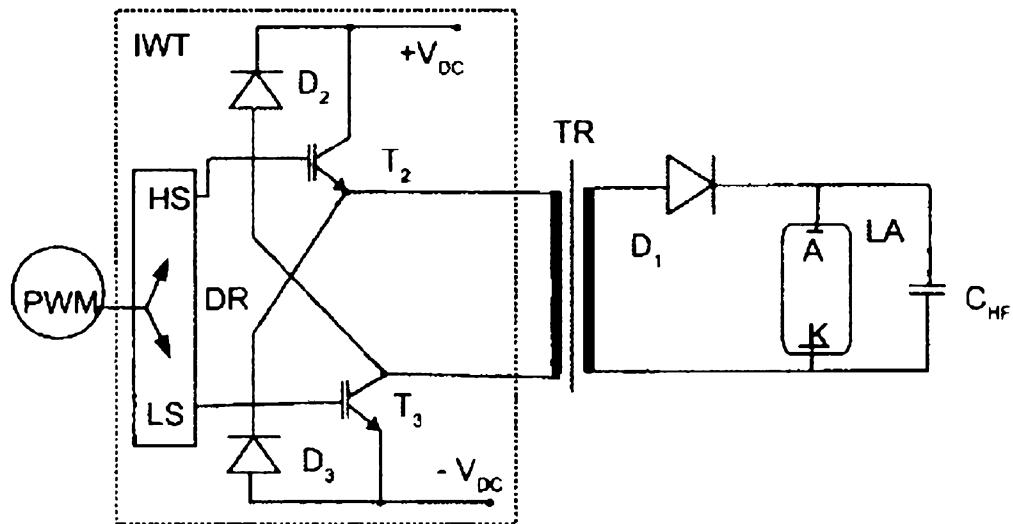


Fig. 7

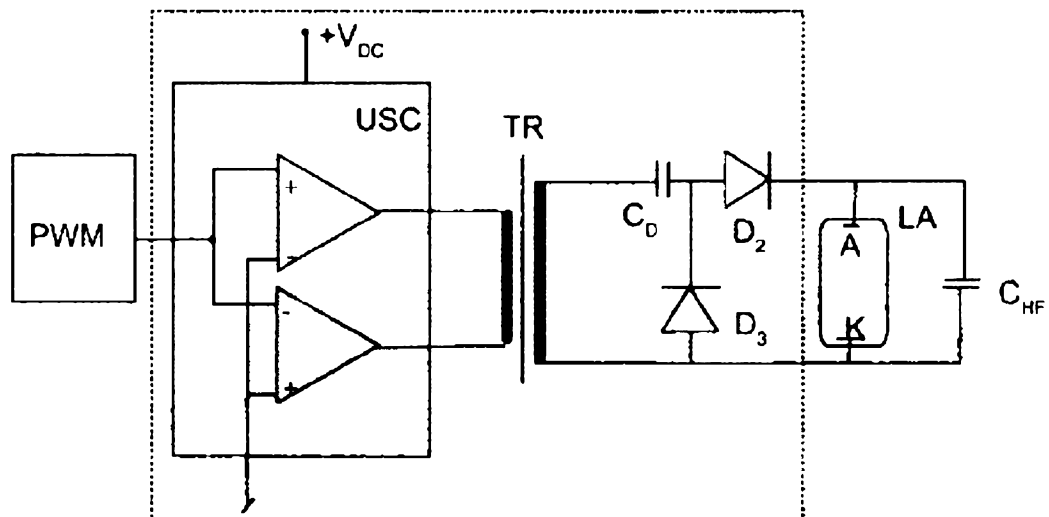


Fig. 8

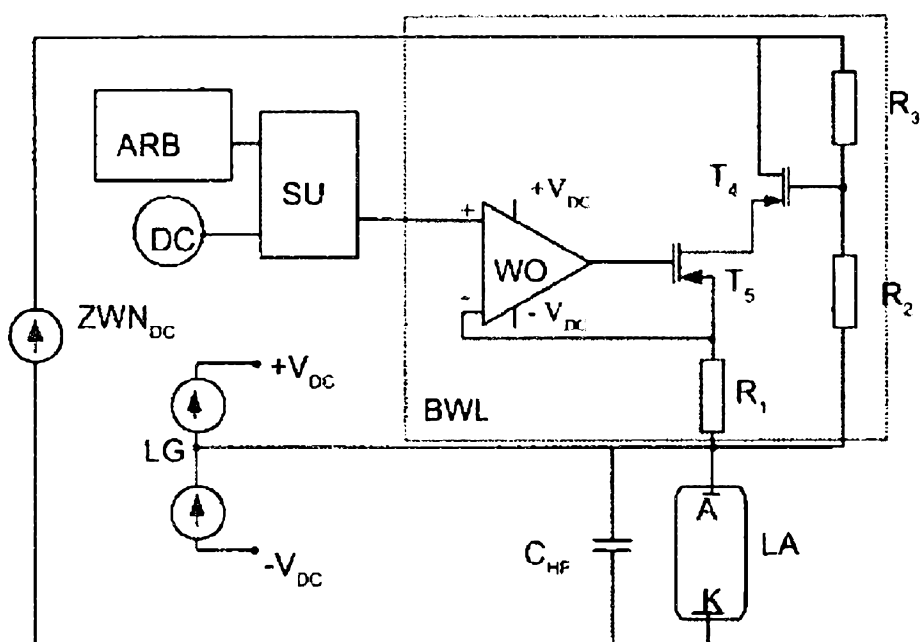


Fig. 9

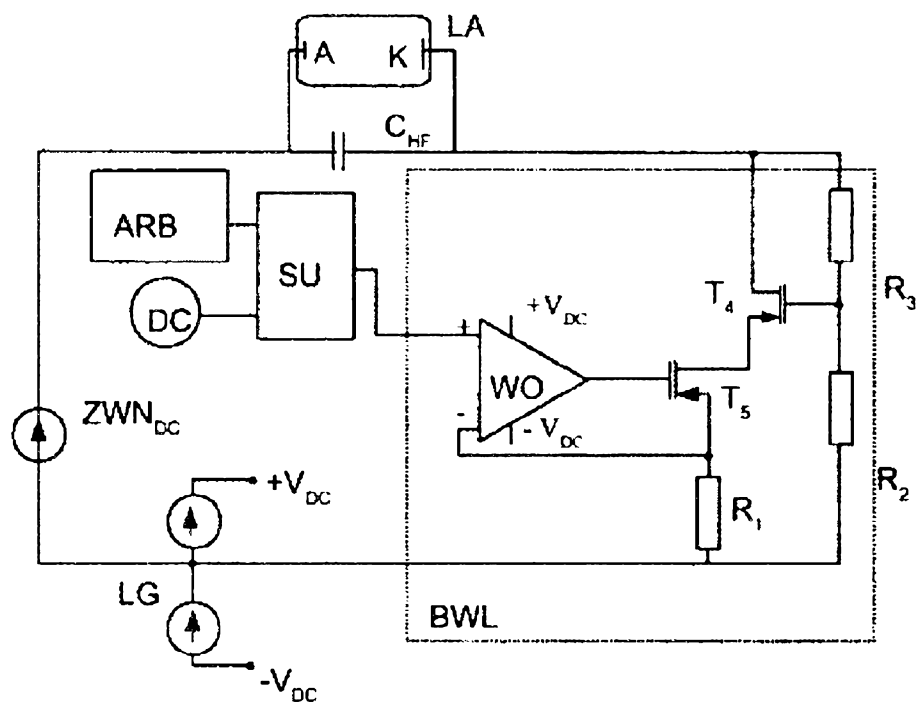


Fig. 10