



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 02.05.79 (P. 215329)

Pierwszeństwo: 02.05.78 dla zastrz. 1, 2, 3, 4
02.03.79 dla zastrz. 5, 6, 7, 8,
9 Francja

Zgłoszenie ogłoszono: 24.03.80

Opis patentowy opublikowano: 31.08.1984

Int. Cl⁸

H04N 3/18

CZYTELNIA

Urzędu Patentowego

Twórcy wynalazku: Gérard Rilly, Michel Facon

Uprawniony z patentu: Thomson-Brandt, Paryż (Francja)

**Urządzenie do regulowanego zasilania,
zwłaszcza układu odchyłania odbiornika telewizyjnego**

1

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do regulowanego zasilania, zwłaszcza układu odchyłania odbiornika telewizyjnego, mogące również dostarczać stałe napięcie zasilające do innych układów tego odbiornika, dzięki przerywaniu stałego napięcia zasilającego otrzymywanego zazwyczaj przez prostowanie i filtrowanie przemiennego napięcia sieci.

Znane przetworniki przerywające tego rodzaju zawierają z reguły dołączony do zacisków wyjściowych źródła zasilania prądu stałego (prostownik z filtrem), przerywacz elektroniczny, taki jak tranzystor przełączający pracujący na przemian w stanie nasycenia i stanie blokowania oraz indukcyjność zawierającą uzwojenie pierwotne transformatora, którego co najmniej jedno uzwojenie wtórne dostarcza energię uzyskiwaną wskutek przerywania, a która następnie jest prostowana dla uzyskania stałych napięć zasilających, przy czym biegun masy jest izolowany od sieci. W większości znanych urządzeń zasilających pracujących z przerywaniem można zmieniać napięcia wyjściowe, oddziałujące na przebiegi okresowe tzn. na czas trwania stanu nasycenia (zamknięcia) przerywacza, na przykład sterując okresowo tranzystorem przełączającym przy pomocy przerzutnika monostabilnego o okresie zmienianym w funkcji napięcia, które dla stworzenia pętli regulacji może być pobierane z wyjścia prostownika zasilanego z uzwojenia wtórnego transformatora.

2

Urządzenia zasilające z przerywaniem lub selektorami były często stosowane w odbiornikach telewizyjnych w celu eliminacji dużych i ciężkich transformatorów sieciowych, a także w celu stworzenia możliwości regulacji stałego napięcia zasilającego. Były one często łączone ze stopniem wyjściowym układu odchyłania linii, który przekazuje im z częstotliwością linii sygnały impulsowe mogące być użyte do zapoczątkowania przerywania. Różne połączenia układów odchyłania z tego rodzaju urządzeniami zasilającymi zostały opisane we francuskich opisach patentowych nr 2040217, nr 2060495, nr 2167549, nr 2232147 lub nr 2269257. Regulacja jest w nich dokonywana przez zmianę stosunku okresów czasu nasycenia i blokowania tranzystora przerywającego lub selektora, który w niektórych przypadkach jest również użytkowany jako element czynny stopnia wyjściowego (końcowego) układu odchyłania linii lub stopnia sterującego tym stopniem wyjściowym.

Urządzenia zasilające z przerywaniem typu „pompującego”, w których tranzystor przerywający wyładowuje się przez jedno z uzwojeń transformatora linii w okresie powrotu i w których regulację dokonuje się przez zmianę rezystancji wewnętrznej tego tranzystora lub połączonego z nim szeregowo tranzystora „obciążenia” są znane na przykład z opisów patentowych francuskich nr 2014820 i nr 2025365. Układ typu „pompującego”, w którym w obwodzie kolektora tranzystora przerywającego

znajduje się uzwojenie transformatora linii i w którym układ odchyłania jest galwanicznie izolowany od sieci, został opisany w artykule Perutha i Schrenka w niemieckim miesięczniku „Siemens Bauteille Report” tom 12 (1974) nr 4, strony 96—98. W układach typu „pompującego”, na tranzystorze przerywającym lub na połączonym szeregowo z nim tranzystorze obciążenia zostaje rozproszona znaczna moc.

Klasyczne układy odchyłania linii ze źródłem zasilania napięcia stałego są przedstawione również we francuskich opisach patentowych nr 1298087, nr 1316732 i nr 1361201. Stosowane w tych układach przerzutniki monostabilne z czasem trwania impulsu zmieniającym w funkcji napięcia stałego są przedstawione na przykład we francuskim opisie patentowym nr 7316116.

Według wynalazku indukcyjność układu przerywacza zawiera również dławik, którego indukcyjność przewyższa indukcyjność cewek odchyłających, wprowadzoną do obwodu zasilającego uzwojenia.

Indukcyjność dławika jest przynajmniej równa potrójnej indukcyjności cewek odchyłających.

Tranzystor układu przerywacza jest dołączony bazą do wyjścia układu regulacji zawierającego generator o regulowanym opóźnieniu, przy czym wejście układu regulacji jest dołączone do uzwojenia pomocniczego transformatora dostarczającego sygnał o amplitudzie szczytowej proporcjonalnej do napięcia na zaciskach zasilającego kondensatora stopnia wyjściowego, rozładowywanego przez układ przerywacza i amplitudzie międzyszczytowej proporcjonalnej do wysokiego napięcia dostarczanego przez drugie uzwojenie transformatora.

Układ regulacji zawierający generator o regulowanym opóźnieniu jest dołączony do jednego z uzwojeń transformatora i jest dołączony do komparatora dla porównania napięcia z napięciem odniesienia.

Układ regulacji zawiera multiwibrator astabilny, którego wyjście jest dołączone do bazy transformatora przełączającego poprzez stopień sterujący i układ generatora o regulowanym opóźnieniu, który zawiera stopień przesuwania fazy dołączony do wejścia do multiwibratora astabilnego i stopień regulacyjny dołączony do wejść stopnia przesuwania fazy, przy czym do jednego z tych wejść jest dołączone również uzwojenie pomocnicze transformatora.

Wejście układu regulacji jest dołączone do wyjścia źródła zasilania.

Stopień przesuwania fazy zawiera generator o regulowanym opóźnieniu zawierający kondensator i rezystor dla dostarczania napięcia piłokształtnego, komparator zawierający tranzystor, który jest z jednej strony połączony z rezystorem i z drugiej strony z diodą Zenera, dołączone do bazy tranzystora multiwibratora astabilnego dla sterowania tranzystorem przełączającym i stopień regulacyjny zawiera układ prostownika zawierający diodę i kondensator filtrujący dla prostowania sygnału z uzwojenia pomocniczego, które jest dołączone poprzez diodę i kondensator filtrujący do

generatora zawierającego diodę Zenera i tranzystor npn.

Multiwibrator astabilny jest sterowany jedynie przez wejście tranzystora komparatora dołączone do tranzystora multiwibratora astabilnego dla sterowania tranzystorem.

Tranzystor multiwibratora astabilnego, którego stan jest komplementarny względem stanu tranzystora przełączającego jest dołączony bazą poprzez diodę do układu synchronizacji.

W urządzeniu zasilającym z przerywaniem dla stopnia wyjściowego układu odchyłania linii, z którym według wynalazku jest ono połączone, nie stosuje się regulacji przez zmianę rezystancji wewnętrznej lub czasu trwania pracy w nasyceniu tranzystora przerywającego (lub przez zmianę stosunków czasów przy stałej częstotliwości), ale dokonuje się regulacji przez zmianę kąta fazowego między sygnałami o tej samej częstotliwości, dostarczającymi odpowiednio przez układ przerywający o stałych stosunkach czasów i przez stopień wyjściowy odchyłania linii, z których każdy jest połączony z jednym z uzwojeń transformatora zwanego liniowym, a poprzez który to transformator jest dokonywane przekazywanie energii pomiędzy układem przerywającym a stopniem wyjściowym odchyłania, jak również przekazywanie energii do innych uzwojeń wtórnych transformatora linii, takich jak uzwojenie wysokiego napięcia.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia część schematu ideowego urządzenia do regulowanego zasilania z przerywaniem, połączonego ze stopniem wyjściowym układu odchyłania linii, według wynalazku, fig. 2 i 3 — wykresy czasowe przebiegów napięć i/lub prądów w różnych punktach układu z fig. 1, fig. 4 — część schematu blokowego prostego rozwiązania (bez urządzenia rozruchowego) układu regulacji z fig. 1, fig. 5 — schemat blokowy korzystnego rozwiązania układu z fig. 1, fig. 6 — schemat ideowy całego układu do regulowanego zasilania z fig. 5, fig. 7 — wykresy czasowe przebiegów napięć ilustrujące uzależnienie częstotliwości multiwibratora astabilnego od częstotliwości generatora linii oraz fig. 8 — wykresy czasowe przebiegów napięć, ilustrujące działanie regulacji przez zmianę przesunięcia fazowego.

Na figurze 1, przedstawiono schematycznie urządzenie do regulowanego zasilania z przerywaniem dla stopnia wyjściowego 30 odchyłania linii według wynalazku, mające galwaniczną izolację od sieci prądu przemiennego, zasilającej układ prostownika 5, którego napięcie wyjściowe podlega przerywaniu. Urządzenie do regulowanego zasilania zawiera dwa zaciski 1 i 2 odpowiednio dołączone do dwóch biegunów sieci zasilającej prądu przemiennego (220 V, 50 Hz), a zasilającą prostującą diodę 3 połączoną szeregowo z filtrującym kondensatorem 4 o dużej pojemności, z którym tworzy ona układ prostownika 5 czyli źródło napięcia stałego. Z wyjścia układu prostownika 5, które stanowią zaciski 6 i 7 elektrolitycznego kondensatora 4, stałe napięcie zasilające rzędu 300 V jest dostarczane do układu przerywacza 10 lub selektora.

Układ przerywacza 10 zawiera sterowany, dwukierunkowy przerywacz elektroniczny, złożony z tranzystora 11 przełączającego typu npn, pracującego w układzie wspólnego emitera i z półprzewodnikowej diody 12 dołączonej równolegle do niego dla umożliwienia przewodzenia prądu w obu kierunkach (układ przeciwrównoległy) oraz indukcyjność 16, na którą składają się dławik 14 oraz połączone z nim szeregowo uzwojenie 21 transformatora 20 zwanego liniowym. Uzwojenie 21 liniowego transformatora 20, którego uzwojenie pierwotne jest zwykle połączone równolegle z cewkami odchyłania linii w układzie stopnia wyjściowego 30 odchyłania linii, dla dostarczenia za pośrednictwem uzwojeń wtórnych napięć zasilających, a szczególnie dla lampy obrazowej, będzie w dalszej części opisu określane jako uzwojenie zasilające, ponieważ za jego to pośrednictwem jest dokonywane przekazywanie energii między układem przerywacza 10 a stopniem wyjściowym 30. Przerywacz elektroniczny 15 jest właściwy równolegle z kondensatorem 13 i szeregowo z indukcyjnością 16 (dławik 14 jest połączony szeregowo z uzwojeniem zasilającym 21) między zaciski wyjściowe 6 i 7 układu prostownika 5. Kondensator 13 o pojemności małej w stosunku do pojemności filtrującego kondensatora 4 tworzy wraz z indukcyjnością 16 równoległy obwód rezonansowy, czynny z chwilą otwarcia przerywacza elektronicznego 15 przez zablokowanie przełączającego tranzystora 11 sygnałem przyłożonym do bazy tego tranzystora.

Kolektor przełączającego tranzystora 11 jest dołączony do jednego z zacisków indukcyjności 16, której drugi zacisk jest połączony z dodatnim zaciskiem wyjściowym 6 układu prostownika 5 dostarczającego stałe napięcie zasilające V_A . Emiter tranzystora 11 jest połączony z ujemnym zaciskiem wyjściowym 7 układu prostownika 5, dołączonym do masy 8, zwanej pierwotną lub gorącą, połączoną z siecią zasilającą prądu przemennego, natomiast izolowaną od masy 39 telewizora. Baza transformatora 11 jest tak sterowana sygnałami prostokątnymi dostarczającymi przez dalej opisany układ regulacji 40, że tranzystor znajduje się naprzemiennie w stanie nasycenia i stanie blokowania. Układ regulacji 40 jest na przykład zasilany przez uzwojenie pomocnicze 25 transformatora 20, dostarczające sygnały, których wartość międzyszczytowa jest proporcjonalna do wartości szczytowej impulsów powrotu linii. Ta wartość szczytowa jest funkcją przekazywania energii z układu przerywacza 10 do stopnia wyjściowego 30 odchyłania linii, dołączonego do innego uzwojenia 22 transformatora 20.

Należy w tym miejscu zwrócić uwagę na to, że układ przerywacza 10 przypomina klasyczny tranzystorowy stopień wyjściowy odchyłania linii i tranzystor 11 jest tak wybierany, by mógł wytrzymać znaczne napięcia kolektor-emiter (prądu 1500 V), przy czym dioda 12, w czasie otwarcia przerywacza elektronicznego 15 musi wytrzymywać takie same napięcia powrotu. Należy także zwrócić uwagę na to, że indukcyjnością dławika 14 może być częściowo lub całkowicie indukcyj-

ność rozproszenia uzwojenia zasilającego 21 transformatora 20.

Działający w znany sposób stopień wyjściowy 30 odchyłania linii zawiera cewki odchyłające 31 do odchyłania linii połączone równolegle i dołączone jednym z zacisków do pierwszego kondensatora 32, który je zasilą w czasie właściwego odchyłania. Szeregowo połączenie cewek odchyłających 31 z kondensatorem 32 jest połączone równolegle, z jednej strony z drugim sterowanym przerywaczem elektronicznym, zawierającym drugi przełączający tranzystor 36 i drugą prostującą diodę 35, które są połączone równolegle dla przewodzenia w obu kierunkach — zamkniętym (przewodzącym) podczas odchyłania i otwartym (zablokowanym) podczas powrotu linii, a z drugiej strony, z drugim kondensatorem 34 nazywanym „powrotu”, tworzącym przy otwarciu drugiego przerywacza elektronicznego równoległy obwód rezonansowy z indukcyjnością cewek odchyłających 31. Wspólny punkt połączenia kolektora drugiego tranzystora 36 przełączającego typu npn, katody drugiej diody 25 i kondensatorów 32 i 34 powrotu jest połączony z jednym z zacisków 220 uzwojenia 22 transformatora 20, która zwykle jest uzwojeniem pierwotnym.

Drugi zacisk 221 uzwojenia 22 jest połączony z jednym z zacisków trzeciego kondensatora 33 o znacznej pojemności, którego drugi zacisk jest połączony ze wspólnym punktem cewek odchyłających 31, kondensatora 34 powrotu, anody drugiej diody 35 i emiterem drugiego tranzystora 36, a który jest jednocześnie połączony z masą 39 chassis odbiornika telewizyjnego, która będąc izolowaną od sieci zasilającej prądu przemennego jest nazywana masą „zimną”.

Z zacisków trzeciego kondensatora 33 uzyskuje się stałe napięcie zasilające ten stopień, którego wartość określa z jednej strony wartość międzyszczytową prądu odchyłania o przebiegu piłokształtnym, a z drugiej strony amplitudę impulsów napięciowych powrotu linii, która po transformacji i wyprostowaniu dostarcza bardzo wysokie napięcie polaryzacji anodę lampy obrazowej (niepokazanej).

Drugi przełączający tranzystor 36 jest sterowany sygnałami prostokątnymi, dostarczającymi do zacisków wejściowych 37 i 38 stopnia wyjściowego 30 odpowiednio połączonych z bazą i emiterem tranzystora przez stopień sterujący (niepokazany) w taki sposób, by był on naprzemiennie blokowany podczas powrotu linii, a pracował w stanie nasycenia w drugiej części odchyłania.

W klasycznych układach odchyłania linii źródłem zasilania napięcia stałego jest, ogólnie rzecz biorąc, albo bezpośrednio zacisk 221 — uzwojenie 22, albo pośrednio to uzwojenie dołączone poprzez diodę, która w czasie powrotu linii izoluje uzwojenie pierwotne transformatora linii od źródła zasilania napięciem stałym.

W układzie z figury 1 przemieniona energia elektryczna przekazywana z układu przerywacza 10 poprzez uzwojenia 21 i 22 transformatora 20 łąduje kondensator 33 tak, by mógł on dostarczać do stopnia wyjściowego 30 regulowane napięcie

zasilające. W okresach odchyłania linii, gdy drugi dwukierunkowy przerywacz elektroniczny stopnia wyjściowego 30 jest zamknięty (przewodzi), zaciśki uzwojenia 22 transformatora 20 są bezpośrednio połączone z zaciskami kondensatora 33, który w ten sposób otrzymuje energię z układu przerywacza 10.

Na figurze 1, transformator 20 zawiera między innymi uzwojenie 23 wysokiego napięcia, którego zacisk 230 może być połączony z masą 39 (lub z zaciskiem 220 uzwojenia 22), a drugi zacisk 231 jest połączony z wejściem układu prostownika wysokiego napięcia lub powielacza napięcia (niepokazanych) znanego typu oraz uzwojenie pomocnicze 24, które może być użyte do zasilania bądź układu prostownika niskiego napięcia, bądź układu regulacji obciążenia, bądź żarzenia lampy obrazowej (niepokazanych). Uzwojenia 23 i 24 będące uzwojeniami wtórnymi otrzymują energię zasadniczo ze stopnia wyjściowego 30 układu odchyłania linii poprzez uzwojenie 22 transformatora 20, innymi słowy przez impulsy powrotu linii, przy czym sprzężenie między uzwojeniami 22, 23 i 24 jest tak silne, jak tylko jest to możliwe.

Działanie urządzenia zasilającego z fig. 1 zostanie wyjaśnione niżej wraz z działaniem stopnia wyjściowego 30 układu odchyłania linii, w nawiązaniu do fig. 2 i 3, przedstawiających wykresy czasowe przebiegów napięć i/lub prądów w poszczególnych punktach układu z fig. 1.

Na figurze 2a i 3a wykres przedstawia pilotyczny przebieg prądu odchyłania i_{31} w funkcji czasu w cewkach odchyłających 31. Na fig. 2b i 3b wykres przedstawia przebieg napięcia V_{220} w funkcji czasu na zacisku 220 uzwojenia 22, który jest również przebiegiem napięcia na zaciskach drugiego przerywacza. Na fig. 2c i 3c wykres przedstawia przebieg napięcia V_{21} w funkcji czasu na zaciskach uzwojenia zasilającego 21, gdy indukcyjność rozproszenia tego uzwojenia jest do pominięcia, jest ono uzyskiwane przez przekształcenie składowej przemiennej napięcia V_{220} .

Na figurze 2d i 3d wykres przedstawia przebieg napięcia V_{10} w funkcji czasu na zaciskach pierwszego przerywacza elektronicznego 15 układu przerywacza 10, tzn. pomiędzy punktem połączenia tego przerywacza z indukcyjnością 16 a masą 8.

Na figurze 2e i 3e wykres przedstawia linię przerywaną prąd i_{16} w funkcji czasu w indukcyjności 16 przy niesterowanym stopniu wyjściowym 30, a linią ciągłą prąd i_{21} w funkcji czasu wynikający z nałożenia w uzwojeniu 21 na prąd i_{16} prądu wzbudzonego przez uzwojenie 22 przy działającym stopniu wyjściowym 30. Odwrotnie, prąd w uzwojeniu 22 transformatora 20 wynika z nałożenia prądu wzbudzonego przez uzwojenie 21 na prąd spowodowany zamknięciem drugiego przerywacza elektronicznego analogicznie do prądu i_{31} na wykresie z fig. 2a i 3a.

Przebiegi z figury 2d, 3d, 2e, 3e są odpowiednio przesunięte w fazie jedne względem drugich o ćwierć okresu linii $T_H/4$ dla zilustrowania regulacji przez zmianę fazy względnej napięcia V_{21} i prądu i_{21} w uzwojeniu 21.

Na figurze 2f i 3f wykres przedstawia wartość chwilową energii E_1 przekazywanej z układu przerywacza 10 do stopnia wyjściowego 30, równą iloczynowi prądu i_{21} i napięcia V_{21} w uzwojeniu 21, tzn. $E_1 = V_{21} \cdot i_{21}$, co dla dwóch różnych przesunięć fazy między napięciem V_{21} , a prądem i_{21} w uzwojeniu zasilającym 21 odpowiada zerowemu przekazywaniu energii na fig. 2 i maksymalnemu przekazywaniu energii na fig. 3.

Działanie stopnia wyjściowego 30 odchyłania linii przebiega w znany sposób od chwili naładowania kondensatora 33 i kondensatora 32 do stałego napięcia V_{21} w czasie kilku powodowanych samoczynnie cykli przerywań, w których ujemne połówki przerywanego napięcia są prostowane przez diodę 35.

W okresach odchyłania t_A , gdy przerywacz zawierający diodę 35 i tranzystor 36 jest zamknięty od momentu t_1 do momentu t_2 , prąd i_{31} (patrz fig. 1a i 2a) zmienia się prawie dokładnie liniowo pomiędzy swymi wartościami szczytowymi, przechodząc przez zero w momencie t_2 , gdy prąd i_{31} przechodzi z diody 35 na tranzystor 36 wstępnie spolaryzowany dla umożliwienia przewodzenia. Odpowiada to bliskiemu zeru napięcia V_{220} na zaciskach tego przerywacza (patrz fig. 1b i 3b).

Okres powrotu linii t_2 jest zapoczątkowany przez zablokowanie tranzystora 36 w momencie t_3 , a wówczas indukcyjność cewek odchyłających 31 tworzy wraz z kondensatorem 34 powrotu równoległy obwód rezonansowy powodujący, że napięcie V_{220} ma kształt dodatniej połówki sinusoidy, osiągającej wartość szczytową w momencie t_4 (lub $t=0$), a zwanej impulsem powrotu linii, natomiast prąd i_{31} ma kształt połówki kosinusoidy zawartej między wspomnianymi wartościami szczytowymi i przechodzącej przez zero w momencie t_4 (lub $t=0$). Średnia wartość napięcia V_{220} na zacisku 220 jest równa stałemu napięciu V_{221} na zaciskach kondensatorów 33 i 32.

Wartości międzyszczytowe prądu i_{31} (a więc szerokość wychYLENIA wiązki wybierającej na ekranie) i napięcia V_{221} zależą od wartości stałego napięcia V_{21} , które zasilą stopień wyjściowy 30 odchyłania linii i które w większości znanych poprzednio urządzeń zasilających z przerywaniem jest regulowane i stabilizowane przez zmianę czasu trwania stanu nasycenia (zależność okresowa) przerywającego tranzystora 11 w zależności od amplitudy impulsów powrotu linii uzyskiwanych z pomocniczego uzwojenia transformatora 20 (a więc od napięcia na zaciskach kondensatora 33) i ewentualnie od wyprostowanego i odfiltrowanego napięcia sieci.

Według wynalazku, czas trwania stanu nasycenia tranzystora 11 i czas przewodzenia diody 12, a w konsekwencji stosunek tego czasu do czasu stałego cyklu (okresu linii T_H) lub do czasu trwania stanu zablokowania jest stały i jest tak wybrany, by szczytowa wartość impulsu napięcia V_{10} przykładanego do kolektora tranzystora 11 w okresie blokowania była znacznie mniejsza od wartości stałego napięcia kolektor-emiter w stanie zablokowanym, mogącej przy obecnym stanie techniki przekraczać 1500 V. W ten sposób, przy napięciu

wyprostowanym wynoszącym 300 V można ograniczyć napięcie V_{19} do około 900 V, wybierając stosunek czasu trwania stanu nasycenia do czasu trwania stanu zablokowania.

W konsekwencji, układ przerywacza 10, powinien działać z częstotliwością linii, z czasami przewodzenia i blokowania korzystnie równymi (półokresowi linii $T_H/2$), a regulacja energii przekazywanej do stopnia wyjściowego 30 jest dokonywana przez zmianę faz impulsów powrotu linii napięcia V_{20} i prądu i_{21} w uzwojeniu 21 transformatora 20, tak jak to zostanie dalej jeszcze wyjaśnione.

Działanie układu przerywacza 10 (zasilanego stałym napięciem) jest w rzeczywistości analogiczne do działania stopnia wyjściowego 30, za wyjątkiem tego, co dotyczy współczynnika kształtu, określonego zasadniczo przez odpowiednie wartości indukcyjności 16 i pojemności kondensatora 13. Wartości L_{16} i C_{13} są tak dobierane, aby półokres drgań był nieco krótszy od półokresu linii, tzn.

$$T_D = 2\pi \sqrt{L_{16} C_{13}} = 2\pi \sqrt{(L_{14} + L_{21}) C_{13}} < T_H$$

ponieważ drgania układu rezonansowego L_{16} , C_{13} są uzyskiwane w taki sposób z napięcia stałego, aby okres blokowania przerywacza elektronicznego 15 był dłuższy od półokresu $T_D/2$.

Działanie układu przerywacza 10 zostanie na początku wyjaśnione w nawiązaniu do wykresów na fig. 2d i 2e. Gdy w momencie $t=0$ tranzystor zostaje wprowadzony w stan nasycenia przez dodatnią polaryzację złącza baza—emiter, łączy on zacisk 19 z masą 8 w taki sposób, że przez indukcyjność 16 płynie, poczynając od dodatniego zacisku 6 układu prostownika 5, prąd i_{16} (na wykresie z fig. 2e przebieg kreskowany) narastający liniowo,

$$i_{16} = \frac{1}{L} \int_0^{t_6} V_L dt = \frac{V_A}{L_{16}} \int_0^{t_6} dt.$$

Gdy tranzystor 11 otrzyma z układu regulacji 40 napięcie blokujące w momencie poprzedzającym t_6 czasu gromadzenia nośników mniejszościowych, przerywacz elektroniczny 15 otwiera się, a prąd zmagazynowany w indukcyjności 16, płynie przez kondensator 13 w sposób oscylacyjny, tzn. kosinusoidalny, zmniejszając się do wartości zerowej, podczas gdy napięcie V_{19} w punkcie 19 połączenia indukcyjności 16 i kondensatora 13 wzrośnie sinusoidalnie do wartości szczytowej. Następnie kondensator 13 rozładowuje się oscylacyjnie przez indukcyjność 16 aż do momentu, gdy w momencie t_7 napięcie V_{19} osiągnie wartość zerową, odpowiadającą w czasie wartości minimalnej, tzn. maksymalnie ujemnej prądu i_{16} , która w skali bezwzględnej jest nieco mniejsza od maksymalnej wartości dodatniej i_{16} w momencie t_6 . Różnica w wartościach bezwzględnych między wartościami szczytowymi i_{16} w momencie t_6 oraz i_{16} w momencie t_7 tłumaczy się z jednej strony stratami omowymi w układzie przerywania 10, a z drugiej strony przekazywaniem energii z tego obwodu głównie do stopnia wyjściowego 30.

Z chwilą, gdy napięcie oscylacyjne V_{19} przekroczy nieco wartość zerową w kierunku wartości ujemnych dioda 12 zaczyna przewodzić, łącząc zacisk 19 z masą i wzbudzając w indukcyjności 16 prąd i_{16} wzrastający liniowo od swojej maksymalnej wartości ujemnej i_{16} do wartości zerowej, przy której tranzystor 11 wstępnie spolaryzowany dla stanu nasycenia przewodzi prąd i umożliwia uzyskanie w momencie t_8 ponownie maksymalnej wartości dodatniej równej wartości z momentu t_6 .

Należy zwrócić uwagę, że wartość średnia napięcia V_{19} na zacisku 19 jest równa stałemu napięciu zasilającemu między zaciskami 6 i 7 kondensatora 4 układu prostownika 5.

Dla uzyskania odpowiedniego przekazywania energii z układu przerywacza 10 do stopnia wyjściowego 30 odchyłania linii, korzystnym jest także dobranie indukcyjności 16 połączonej szeregowo z uzwojeniem 21, tzn. sumy indukcyjności rozpraszania tego uzwojenia i indukcyjności dławika 14, by była ona co najmniej trzykrotnie większa od indukcyjności cewek odchyłających 31, pomnożonej przez kwadrat wartości przekładni transformatora pomiędzy uzwojeniami 22 i 21, tzn. $L_{16} = 3 \cdot L_{31} \cdot (n_{22}/n_{21})^2$ i dobranie wartości przekładni n_{22}/n_{21} w taki sposób, by na zaciskach uzwojenia 21 uzyskiwać w czasie odchyłania i zamknięcia przerywacza elektronicznego 15 napięcia V_{21} o amplitudzie zawartej między 100 a 150 V, innymi słowy, równej jednej trzeciej do jednej drugiej napięcia zasilającego na zaciskach 6 i 7 kondensatora 4.

Ponieważ napięcie stałe V_{21} na zaciskach kondensatora 33 jest funkcją indukcyjności L_{31} cewek odchyłających 31 i jest z tego powodu zawarte pomiędzy 50 i w przybliżeniu 140 V, to wartość przekładni n_{22}/n_{21} jest zawarta pomiędzy 1 i w przybliżeniu 4 (korzystnie pomiędzy 2 a 3).

Dobór parametrów został podany jedynie tytułem przykładu, ponieważ kryterium tego doboru jest właściwe rozdzielenie układu przerywacza 10 od zasilanego przezeń stopnia wyjściowego 30, tzn. że takie rozdzielenie, aby prąd i_{21} w uzwojeniu 21 nie był wzbudzany w uzwojeniu 22 z amplitudami przekraczającymi w przybliżeniu jedną trzecią wartości prądu i_{31} , żeby nie zakłócać działania stopnia wyjściowego 30 w czasie przewodzenia diody 35. Ponadto, impulsy napięcia V_{19} fig. 2d i 3d nie powinny się pojawiać na zaciskach uzwojenia 21 i nie powinny być przenoszone na uzwojenia 22 przynajmniej w czasie otwarcia drugiego przerywacza elektronicznego (okres powrotu linii), a na uzwojeniu 22 powinny pojawiać się jedynie z amplitudami na tyle słabymi, by nie zakłócać działania stopnia wyjściowego 30 prostownika zasilanego przez uzwojenie 23, zachowując jednocześnie możliwość przekazywania energii w stopniu wystarczającym do uzyskania napięcia zasilającego o wartości wyregulowanej do wartości żądanej.

Transformator 20 może być więc zrealizowany w taki sposób, by uzyskiwać słabsze sprzężenie pomiędzy uzwojeniami 21 i 22, a wówczas indukcyjność obwodu drgań składa się z indukcyjności dławika 14 i z indukcyjności rozpraszania L_{21}

związanej z uzwojeniem 21. Jest więc korzystnym, aby stosować rdzeń (magnetowód) ferrytowy o kształcie prostokątnym (w postaci ramki), umieszczając uzwojenia 22, 23 i 24 na jednym boku tego rdzenia, a uzwojenie 21 i ewentualnie uzwojenie 25 na drugim boku, co jednocześnie sprzyja dobrej izolacji między masami 8 i 39. Wymiary szczeliny powietrznej w obwodzie magnetycznym transformatora 20 lub wymiary bocznika magnetycznego określającego indukcyjność rozproszenia L_{21} , jak również indukcyjność L_{14} dławika 14 są dobrane z uwzględnieniem możliwości realizacji wyżej omówionego kryterium.

Można więc przyjąć, że z punktu widzenia przekazywania energii z układu przerywacza 10 do stopnia wyjściowego 30 przez uzwojenie 21 przepływa prąd i_{21} złożony z prądu i_{16} o przebiegu trójkątnym i z prądu uzwojenia 22 wzbudzonego i o kształcie piłokształtnym, a napięcie V_{21} na zaciskach uzwojenia, pokazane na wykresach z fig. 2c i 3c jest analogiczne do napięcia V_{220} na zaciskach przerywacza elektronicznego ale ma zerową wartość średnią.

Energia przekazywana przez transformator 20 jest więc w przybliżeniu równa iloczynowi napięcia V_{21} i prądu i_{21} pomnożonemu przez kosinus kąta przesunięcia fazowego, przy uwzględnieniu przebiegów podstawowych o częstotliwości linii (15.625 Hz). Jest to również słuszne dla każdej z harmonicznych prądu i_{21} i napięcia V_{21} rozwiniętych w szereg Fouriera.

Energia przekazana w każdym okresie linii T_H przez układ przerywacza 10 do stopnia wyjściowego 30 za pośrednictwem transformatora 20 może być więc wyrażona wzorem:

$$E_H = \int_0^T H V_{21}(t) \cdot i_{21}(t) dt.$$

W pierwszym przybliżeniu, prąd $i_{21}(t)$ w indukcyjności 16 jest sumą składowej zmiennej $i_A(t)$ i składowej stałej I_C i zakładając, że straty własne w układzie przerywacza 10 są do pominięcia, że średnia wartość napięcia V_{21} jest równa zeru i że składowa stała I_C prądu i_{21} nie bierze udziału w przekazywaniu energii, to można napisać, że energia dostarczona przez źródło prądu stałego w czasie tego okresu $E_S = V_A \cdot I_C \cdot T_H$ i energia przemieniana dostarczana przez układ przerywacza 10,

$$E_H = \int_0^T H V_{21}(t) \cdot i_A(t) dt$$

są prawie równe, a więc

$$V_A \cdot I_C \cdot T_H = \int_0^T H V_{21}(t) \cdot i_A(t) dt$$

skąd wynika, że średni prąd stały

$$I_C = \frac{1}{V_A \cdot T_H} \int_0^T H V_{21}(t) \cdot i_A(t) dt$$

dostarczany przez układ prostownika 5 jest wynikiem wymiany energii pomiędzy uzwojeniem 21 i szczególnie uzwojeniem 22. Przekazana energia przemieniana T_H i w konsekwencji prąd stały I_C układu prostownika 5 zmieniają się w funkcji kosinusa kąta przesunięcia fazowego φ pomiędzy każdą z odpowiednich harmonicznych prądu $i_{21}(t)$ i napięcia $V_{21}(t)$. Można więc uzyskać regulację, zmie-

niając kąt przesunięcia fazowego między $i_{21}(t)$ w uzwojeniu 21 z napięciem $V_{21}(t)$ na zaciskach tego uzwojenia, oddziałując na ładunek dostarczany w każdym cyklu do kondensatora 33, a to dla stabilizacji odchyłania (wartość międzyszczytowa prądu i_{31}).

Pokazano to odpowiednio na wykresach fig. 2f i 3f przedstawiających chwilową moc $E_i = V_{21} \cdot i_{21}$ w funkcji czasu, odpowiadającą dwóm kątom przesunięcia fazowego między napięciem V_{21} a prądem i_{21} , wykazując najmniejsze (zerowe) przekazywanie energii między układem przerywacza 10 a stopniem wyjściowym 30, gdy zeru prądu i_{21} koincydują z maksimami napięcia V_{21} lub gdy odpowiednie maksima napięć V_{21} i V_{19} są przesunięte o pół okresu $T_H/2$ oraz występuje maksymalne przekazywanie energii, gdy maksima napięcia V_{21} i prądu i_{21} koincydują ze sobą.

Na wykresie z fig. 2f można stwierdzić, że gdy przesunięcie fazowe pomiędzy odpowiednimi (dodatnimi) maksimami V_{21} i i_{21} jest w przybliżeniu równe jednej czwartej okresu linii ($T_H/4$), to wówczas przekazywanie energii jest równe zeru, ponieważ powierzchnie ograniczone krzywą i osią odciętych znajdujące się odpowiednio nad i pod tą osią (symetrii) są sobie równe, w związku z czym średnia wartość energii dostarczonej jest równa zeru.

Z kolei na wykresie z fig. 3f, gdzie iloczyn $E_i = V_{21} \cdot i_{21}$ odpowiada koincydencji pomiędzy maksimami napięcia V_{21} i prądu i_{21} , można stwierdzić, że po odjęciu od powierzchni znajdujących się nad osią odciętych powierzchni odpowiadających zakreskowanym trójkątom pod tą osią, po stronie dodatniej istnieją trzy strefy, których powierzchnia odpowiada przekazanej energii o wartości średniej

$$E_H = \frac{1}{T_H} \int_0^T H V_{21}(t) \cdot i_{21}(t) dt$$

dodatknie, ilustrując przekazanie energii do stopnia wyjściowego 30, co uwidacznia się stałym napięciem na zaciskach kondensatora 33, który w czasie odchyłania (zamknięcia drugiego przerywacza elektronicznego) stanowi jedynie obciążenie uzwojenia 22 (zacisk 220 jest połączony z masą 39).

Wykazano więc wyżej, że zmieniając przesunięcie fazowe pomiędzy odpowiednimi maksimami napięcia V_{21} i prądu i_{21} w zakresie od 0 do $T_H/4$ można zmieniać wielkość przekazywanej energii, a w konsekwencji napięcia V_{221} na zaciskach kondensatora 33, który zasila stopień wyjściowy 30. Gdy przesunięcie fazowe pomiędzy $V_{21}(t)$ a $i_{21}(t)$ przekroczy jedną czwartą okresu trwania linii, na przykład gdy ujemna wartość szczytowa napięcia V_{21} koincyduje z ujemną wartością szczytową prądu i_{21} , tzn. gdy przesunięcie fazowe jest równe połowie okresu linii ($T_H/2$), to wartość energii E_H staje się ujemną, co oznacza, że wówczas to stopień wyjściowy 30 zasila układ przerywacza 10, a mówiąc dokładniej, układ prostownika 5 (kondensator 4). Jest to w sposób trwały możliwe tylko wówczas, gdy stopień wyjściowy 30 a więc kondensator 33 jest zasilany z układem prostownika, co wykazuje odwracalność układu zasilającego według wymagalzku, odwrotnie niż ma to miejsce w klasycznych urządzeniach zasilających z przerywaniem.

Regulacja jest więc dokonywana przez zmianę

fazy otwierania przerywacza elektronicznego 15 układu przerywacza 10 przez blokowanie tranzystora 11 w stosunku do fazy otwierania drugiego przerywacza elektronicznego, sterowaną generatorem linii (niepokazanym), którego częstotliwość i faza są z reguły przyporządkowane impulsom synchronizacji linii zawartym w złożonym sygnale wizyjnym.

Regulowane opóźnienie fazy jest uzyskiwane, poczynając od impulsów powrotu linii istniejących na jednym z uzwojeń transformatora 20, takich jak uzwojenie 21 lub tak jak to pokazano na fig. 1, takich jak uzwojenie pomocnicze 25. Impulsy te mogą wyzwać przerzutnik monostabilny w czasie trwania zmienianym w funkcji napięcia błędu dostarczanego przez komparator, którego jedno wejście napięcie odpowiadające bądź dodatniej amplitudzie V_{21} proporcjonalnej do napięcia (V_{21}) na zaciskach kondensatora 33 stopnia wyjściowego 30, bądź wartościom międzyszczytowym impulsów powrotu linii, bądź kombinacji tych dwóch kryteriów. Drugie wejście wzmacniacza różnicowego otrzymuje stałe napięcie odniesienia, ewentualnie regulowane dla stworzenia możliwości regulacji napięcia i/lub amplitudy prądu odchyłania linii.

Należy w tym miejscu zwrócić uwagę na to, że uzwojenie 21 może być włączone między zacisk 6 kondensatora 4 i dławik 14 tak, że impulsy powrotu linii mogą się pojawiać w miejscu połączenia uzwojenia 21 z dławikiem 14 z przeciwnymi polaryzacjami, co stwarza możliwość uzyskiwania dwóch różnych przesunięć fazowych pomiędzy napięciem $V_{21}(t)$ a prądem $i_{21}(t)$ w uzwojeniu 21.

Na figurze 4, przedstawiono część schematu blokowego (bez układu rozruchowego) prostego rozwiązania układu regulacji 40, który steruje blokowaniem tranzystora 11 układu przerywacza 10 z opóźnieniem regulowanym w stosunku do impulsów powrotu linii w funkcji ujemnej wartości szczytowej napięcia V_{25} dostarczanego przez uzwojenie pomocnicze 25 transformatora 20, pokazanego na fig. 7 i 8.

Pierwsze wejście 401 układu regulacji 40 z fig. 4 jest zasilane sygnałem V_{25} dostarczanym z jednego zacisku 250 uzwojenia pomocniczego 25 i jest zasadniczo odwrotnością sygnału V_{21} pokazanego na wykresach fig. 2c i 3c, gdzie można w każdym okresie linii wyróżnić impuls powrotu linii o polaryzacji dodatniej i płaszczyzną ujemną, której amplituda jest proporcjonalna do napięcia stałego na zaciskach kondensatora 33. To pierwsze wejście 401 zasilane poprzez pierwszą diodę 410 wejście wyzwalające 411 pierwszego przerzutnika monostabilnego 41 o regulowanym czasie impulsu, wytwarzającego na swoim wyjściu 413, w odpowiedni na czoło impulsu powrotu, sygnał prostokątny, którego czas zmienia się w funkcji napięcia stałego dostarczanego na wejście sterujące 412.

Stale napięcie sterujące czasem trwania impulsu jest otrzymywane przy pomocy układu prostownika 42 zasilanego również przez pierwsze wejście 401 i zawierającego drugą diodę 420 tak włączoną, że przewodzi ona jedynie w czasie, gdy sygnał $V_{25}(t)$ jest sygnałem ujemnym, kondensator 421 połączony szeregowo z diodą 420 magazynująca

szczytowe wartości ujemne $V_{25}(t)$, potencjometryczny dzielnik rezystancyjny 422, 432 równoległy do kondensatora 421 oraz odwracacz polaryzacji 424 zasilany ze środkowego punktu dzielnika rezystancyjnego 422, 423 i dostarczający napięcie dodatnie o takim samym poziomie w odpowiedzi na ujemne napięcie wejściowe, przy czym odpowiednie zaciski kondensatora 421 i dzielnika rezystancyjnego 422, 423 niepołączone z diodą 420 są razem dołączone do masy 8.

Dodatknie napięcie dostarczane przez odwracacz polaryzacji 424 zasilane pierwsze wejście 431 komparatora 43, natomiast stabilizowane napięcie odniesienia jest dostarczane z układu 44 zasilanego poprzez drugie wejście 402 układu regulacji 40 oraz wyprostowane i odfiltrowane napięcie sieci V_6 . Układ 44 zawiera rezystancję 440 i diodę Zenera 441 włączone szeregowo między wejście 402 a masę 8 i przy pomocy dzielnika rezystancyjnego 442, ewentualnie regulowanego, dołączonego równoległe do diody Zenera 441, dostarcza napięcie odniesienia na drugie wejście 432 komparatora 43. Wyjście 433 komparatora 43 dołączone do wejścia sterującego 412, pierwszego przerzutnika monostabilnego 41 dostarcza do niego napięcie proporcjonalne do różnicy napięć przykładanych do jego wejść 431 i 432, by powodować opóźnienie blokowania tranzystora 11 w stosunku do tranzystora 36 (fig. 1) w celu stabilizacji stałego napięcia zasilającego stopień wyjściowy 30.

Czoła impulsów dostarczanych przez wyjście 413 przerzutnika monostabilnego 41 koincydują ściśle z czołami impulsów powrotu linii, natomiast zbocza spadku wytwarzane z regulowanym opóźnieniem są użyte, ewentualnie za pośrednictwem stopnia odwracającego 450 do uruchamiania drugiego przerzutnika monostabilnego 45, którego wyjście steruje bazą przerywającego tranzystora 11 w celu jego zablokowania. Drugi przerzutnik monostabilny 45 dostarcza do tej bazy ujemne impulsy prostokątne o częstotliwości linii, o stałym czasie trwania dłuższym od połowy okresu drgań obwodu rezonansowego zasilającego kondensator 13 i indukcyjność 16, a więc i od połowy okresu linii ($> T_H/2$), a krótszym od trzech czwartych tego okresu ($< 3T_H/4$), tak by pozwolić tranzystorowi 11 na przejęcie prądu przepływającego przez indukcyjność 16 z chwilą przerwania przepływu prądu przez diodę 12.

Figura 5 jest schematem blokowym korzystnego rozwiązania układu regulacji 40 z fig. 1, sterującego tranzystorem 11 układu przerywacza 10.

Na figurze 5, układ regulacji 40 zawiera jedno wejście 401 dołączone do jednego z zacisków uzwojenia pomocniczego 25 transformatora 20, a które zasilane równoległe pierwsze wejście sterujące 461 stopnia 46 przesuwania fazy, wejście stopnia regulacyjnego 47 i ewentualnie wejście układu synchronizacji 49. Wyjście stopnia regulacyjnego 47 zasilane drugie wejście sterujące 462 stopnia 46 przesuwania fazy, które to dwa stopnie 46 i 47 tworzą razem generator o regulowanym opóźnieniu. Wyjście stopnia 46 przesuwania fazy zasilane pierwsze wejście wyzwalające 481 multiwibratora a stabilnego 48, którego drugie wejście synchroni-

zacyjne 482 jest zasilane z wyjścia układu synchronizacji 49. Układ synchronizacji 49, którego działanie zostanie później opisane, jest niezbędnym tylko wówczas, gdy częstotliwość własna multiwibratora astabilnego 48 jest większa od częstotliwości linii. W przeciwnym przypadku, multiwibrator astabilny 48 jest synchronizowany w sposób klasyczny przez impulsy wyzwalające, przykładane do jego wejścia wyzwalającego 481. Wyjście multiwibratora astabilnego 48 zasila wejście stopnia sterującego 50, którym jest wzmacniacz. Wyjście stopnia sterującego 50 dołączone do wyjścia 402 układu regulacji 40 zasila bazę przełączającego tranzystora 11 układu przerywacza 10.

Uzwojenie pomocnicze 25 dostarcza na wejście 401 układu regulacji 40 napięcie zawierające impulsy powrotu linii o polaryzacji ujemnej, na przykład podobne do przedstawionych na wykresach z fig. 2c i 3c. Impulsy powrotu linii przyłożone na wejście sterujące 461 stopnia 46 przesuwania fazy lub generatora o regulowanym opóźnieniu powodują wyzwolenie generatora dostarczającego dodatnie napięcie piłokształtne przykładane na jedno z wejść komparatora napięcia, którego drugie wejście jest zasilane stałym napięciem odniesienia i który przetrzuca swój stan „wysoki” na stan „niski”, z chwilą gdy wartość napięcia piłokształtnego przekroczy wartość napięcia odniesienia. Stopień regulacyjny 47 również otrzymuje impulsy powrotu linii, prostuje je i przekazuje na wejście sterujące 462 stopnia 46 przesuwania fazy w postaci prądu mogącego zmieniać nachylenie przebiegu piłokształtne w zależności od amplitudy impulsów powrotu linii, która z kolei jest funkcją napięcia stałego na zaciskach kondensatora 33 (fig. 1) stopnia wyjściowego 30. Dla uzyskania regulacji tego napięcia, przesunięcie fazy powinno zwiększać się wraz z wartością tego napięcia celem regulacji energii przekazywanej między układem przerywacza 10 i stopniem wyjściowym 30.

W konsekwencji nachylenie powinno zmniejszać się wraz ze zwiększeniem amplitudy impulsów powrotu. Stopień 46 przesuwania fazy zasila wejście wyzwalające 481 multiwibratora astabilnego 48, aby go wyzwolić z opóźnieniem, w stosunku do czoła impulsu powrotu, odpowiadającego żądanemu przekazywaniu energii. Korzystnie częstotliwość multiwibratora astabilnego 48 jest synchronizowana ze stopniem wyjściowym 30 w dalszej opisany sposób, przy pomocy układu synchronizacji 49, który zasila jego wejście synchronizacyjne 482. Wyjście multiwibratora astabilnego 48 zasila wejście stopnia sterującego 50 tranzystora 11.

Dla umożliwienia rozruchu układu przerywacza 10 przed uruchomieniem układu odchyłania linii a w szczególności jego stopnia wyjściowego 30, multiwibrator astabilny 48 musi pracować w sposób samoczynny a stopień sterujący 50 musi wzmacniać dostarczane przez multiwibrator sygnały o kształcie prostokątnym.

W tym celu do zacisków 1 i 2 sieci zasilającej jest dołączone automatyczne źródło zasilania 51 prądu stałego, które dostarcza napięcia zasilające na zaciski 403, 404 i 405 układu regulacji 40. Z chwilą gdy układ przerywacza 10 rozpoczyna

swoją samoczynną pracę, a układ odchyłania linii obejmujący generator linii, stopień sterujący 50 i stopień wyjściowy 30 nie jest jeszcze zasilany, to prąd przerywania i_6 przepływając przez uzwojenie 21 zostaje wzbudzony w uzwojeniu 22, wyprostowany przez drugą diodę 35 i ładuje dodatnio kondensator 33, który następnie zasila również pozostałe stopnie układu odchyłania napięciem stałym, powodując ich uruchomienie. Rozruch i późniejsza regulacja zostaną później bardziej szczegółowo omówione.

Figura 6 jest schematem ideowym korzystnego rozwiązania układu regulacji 40, którego schemat blokowy był pokazany na fig. 5. Na fig. 6 źródła zasilania 51 układu regulacji 40 zawiera układ prostownika będący jednopółprzewodnikowym podwajaczem napięcia z dwiema diodami 521 i 522 połączonymi szeregowo. Anoda pierwszej diody 521 jest połączona z drugim zaciskiem 2 zasilania sieciowego, połączonym z masą 8, a jej katoda z anodą drugiej diody 522, której katoda jest połączona z dodatnią końcówką elektrolitycznego kondensatora filtrującego 523. Końcówka ujemna pierwszego kondensatora filtrującego 523 jest połączona z anodą pierwszej diody 521, a więc tym samym z masą 8. Miejsce połączenia katody pierwszej diody 521 z anodą drugiej diody 522 jest dołączone do pierwszego zacisku 1 zasilania sieciowego poprzez kondensator sprzęgający 520, który przekazuje do układu prostownika napięcie sieci, a którego pojemność jest dobrana w zależności od żądanego napięcia stałego (spadek napięcia na zaciskach tej pojemności 520 rzędu kilku mikrofaradów umożliwia uzyskanie napięcia wyprostowanego i odfiltrowanego rzędu 15 V). Końcówka dodatnia pierwszego kondensatora filtrującego 523 jest połączona z końcówką dodatnią drugiego kondensatora filtrującego 524 poprzez rezystor 525, a końcówka ujemna drugiego kondensatora filtrującego 524 poprzez rezystor 525, a końcówka ujemna drugiego kondensatora filtrującego 524 dostarcza pierwsze wyprostowane i odfiltrowane napięcie V_F z jednej strony do pierwszego dodatniego zacisku zasilającego 404 połączonych z zaciskiem wyjściowym 510 źródła zasilania 51 prądu stałego, a z drugiej strony do zespołu stabilizacyjnego 53 zawierającego rezystor 531 połączony szeregowo z diodą Zenera 530, której anoda jest połączona z masą 8. Połączenie rezystora 531 z katodą diody Zenera 530 jest dołączone do drugiego wyjścia 511 źródła zasilania 51 prądu stałego, które dostarcza drugie napięcie regulowane V_R na drugie wejście zasilające 403 układu regulacji 40.

Pierwsze wejście zasilające 404 dostarczające pierwsze napięcie V_F (15 V), większe od drugiego napięcia regulowanego V_R (5 V), zasila wyłącznik stopień sterujący 50 tranzystora 11. Stopień sterujący 50 zawiera stopień 500 przesuwania fazy połączony kaskadowo ze stopniem wyjściowym często stosowanym w scalonych układach cyfrowych typu TTL. Stopień 500 przesuwania fazy zawiera pierwszy tranzystor npn 501, którego kolektor jest połączony poprzez rezystor z pierwszym wejściem zasilającym 404, a emiter połączony jest poprzez rezystor 503 z masą 8 za pośrednictwem trzeciego

zaciśku zasilającego 405 układu regulacji 40. Baza tranzystora 501 jest dołączona do wyjścia multiwibratora astabilnego 48 za pośrednictwem diody 504 a do drugiego wejścia zasilającego 403 za pośrednictwem rezystora polaryzującego 505. Stopień wyjściowy zawiera drugi i trzeci tranzystor npn 551 i 552. Kolektor drugiego tranzystora 551 jest połączony poprzez rezystor 553 z pierwszym wejściem zasilającym 404, a jego baza jest połączona z kolektorem pierwszego tranzystora 501. Emiter drugiego tranzystora 551 jest połączony z anodą diody 554, której katoda jest połączona z kolektorem trzeciego tranzystora 552. Baza trzeciego tranzystora 552 jest połączona z emiterym pierwszego tranzystora 501, a jego emitery z masą 8 poprzez trzeci zacisk zasilający 405. Połączenie katody diody 554 z kolektorem trzeciego tranzystora 552 jest dołączone do katody diody Zenera 555 i do dodatniej końcówki kondensatora elektrolitycznego 556, połączonych równolegle dla utworzenia „baterii” ułatwiającej blokowanie tranzystora 11. Drugi zacisk równoległego połączenia diody Zenera 555 i kondensatora elektrolitycznego 556 jest dołączony za pośrednictwem indukcyjności 557 (dławik) do wyjścia 402 układu regulacji 40, który zasila bazę tranzystora 11.

Stopień sterujący 50 jest sterowany symetrycznym multiwibratorem astabilnym 48, zawierającym dwa tranzystory npn 480, 483 pracujące w układzie wspólnego emitery tzn. dołączone emiterymi do masy 8 za pośrednictwem trzeciego zacisku zasilającego 405. Kolektory obu tranzystorów 480, 483 są za pośrednictwem odpowiednich rezystorów 484 i 485 dołączone do drugiego wejścia zasilającego 403 otrzymującego napięcie stabilizowane V_R . Bazy obydwu tranzystorów 480 i 483 za pośrednictwem odpowiednich rezystorów polaryzujących 486 i 487 są dołączone również do drugiego wejścia zasilającego 403.

Ponadto, baza pierwszego tranzystora 480 jest poprzez pierwszy kondensator 488 sprzęgnięta z kolektorem drugiego tranzystora 483, którego baza jest poprzez drugi kondensator 489 sprzęgnięta z kolektorem pierwszego tranzystora 480. Wartości odpowiednich rezystorów polaryzujących 486 i 487 oraz kondensatorów 488 i 489 obydwu stopni pracujących w układzie wspólnego emitery, określają wraz z wartością stabilizowanego napięcia zasilającego V_R , czasy trwania półokresów relaksacji multiwibratora 48, których suma (60 μs) jest korzystnie tak dobrana, aby być mniejszą od okresu linii (64 μs).

Przy braku impulsów powrotu linii, które dochodzą ze stopnia wyjściowego 30 odchylania linii za pośrednictwem uzwojenia pomocniczego 25, multiwibrator 48 nie jest zasilany ani na jego wejściu wyzwalającym połączonym z katodą pierwszej diody 4802, której anoda jest połączona z bazą drugiego tranzystora 483, ani na jego wejściu synchronizacyjnym 482 połączonym z katodą drugiej diody 4803, której anoda jest połączona z bazą pierwszego tranzystora 480.

Multiwibrator 48 będzie więc działał samoczynnie z chwilą dostarczenia napięcia do sieciowych zacisków zasilających 1 i 2, które zasilają z jed-

nej strony układ prostownika 5, a z drugiej strony samodzielne źródło zasilania 51. To ostatnie dostarcza do multiwibratora 48 stabilizowane napięcie zasilające V_R , a do stopnia sterującego 50, wyprowadzone i odfiltrowane napięcie V_F . Multiwibrator 48, z chwilą rozpoczęcia pracy, dostarcza na swoje wyjście, którym jest kolektor drugiego tranzystora 483, sygnały prostokątne o dwóch poziomach (V_R i V_{CEsat}), z których niższy, poprzez diodę sprzęgającą 504 powoduje blokowanie pierwszego tranzystora 501 stopnia sterującego 50. Po zablokowaniu pierwszego tranzystora 501, baza drugiego tranzystora 551 stopnia sterującego 50 jest połączona za pośrednictwem rezystora z pierwszym wejściem zasilającym 404 układu regulacji 40 w sposób powodujący nasycenie tego tranzystora. Prąd emitery drugiego tranzystora 551 przechodzi wówczas poprzez diodę 554, diodę Zenera 555 i indukcyjność 557 (ograniczającą szybkość narastania prądu di/dt) do zacisku 19 łączącego bazę tranzystora 11 z masą 8 i do tej bazy, aby umożliwić nasycenie tranzystora 11, przy czym trzeci tranzystor 552 jest wówczas zablokowany przez zablokowanie pierwszego tranzystora 501. Spadek napięcia na zaciskach diody Zenera 555 umożliwia zmniejszenie napięcia dodatniej polaryzacji bazy i naładowanie kondensatora 556 do napięcia Zenera V_Z w okresach przewodzenia.

Z chwilą przejścia drugiego tranzystora 483 multiwibratora 48 ze stanu nasycenia w stan zablokowania, napięcie jego kolektora staje się równe napięciu stabilizowanemu V_R , a dioda 504 zostaje zablokowana. Baza pierwszego tranzystora 501 stopnia sterującego 50 zostaje wówczas połączona z drugim wejściem zasilającym 403 ($+V_R$) przez rezystor 505, co powoduje nasycenie tego tranzystora.

Wówczas prąd emitery pierwszego tranzystora 501 zasila bazę trzeciego tranzystora 552, który również ulega nasyceniu, podczas gdy drugi tranzystor 551, którego baza znajduje się na potencjale ($V_{CEsat551} + V_{BE552}$) zasadniczo równym potencjałowi jego emitery ($V_{F554} + V_{CEsat552}$) ulega zablokowaniu. Nasycenie trzeciego tranzystora 552 na początku spowoduje bazę tranzystora 11 do napięcia ujemnego w stosunku do napięcia jego emitery, $V_{BE1} = -V_2 + V_{CEsat552}$, w sposób powodujący jego gwałtowne zablokowanie przez szybką ucieczkę z bazy nośników mniejszościowych, które to napięcie V_{BE1} dąży następnie asymptotycznie do zera wskutek tego, że kondensator 556 rozładowuje się poprzez rezystor i przewodzący trzeci tranzystor 552.

Tranzystor 11 pozostaje zablokowany przez całą połowę okresu drgań obwodu rezonansowego L_{16} i C_{13} i przejmuje prąd diody 12 dopiero wówczas, gdy jego baza zostanie spolaryzowana dodatnio przez zmianę stanu multiwibratora 48 do stanu, w którym drugi tranzystor 483 ponownie przejdzie w stan nasycenia tak, by zablokować pierwszy tranzystor 501 i wprowadzić w stan nasycenia drugi tranzystor 551 stopnia sterującego 50.

Naprężenie blokowanie i przewodzenie dwukierunkowe przerywacza elektronicznego 15 powoduje pojawienie się na zacisku 19 powtarzających

się półsinusoid napięcia, przedstawionych na wykresie z fig. 2d i 3d, a których część pojawia się również na zaciskach uzwojenia 21 transformatora 20, skąd są one przenoszone z inwersją fazy (biegunowości) i bez składowej stałej do uzwojenia 22 stopnia wyjściowego 30. Ujemne połówki napięcia na zacisku 220 uzwojenia są prostowane przez równoległą diodę 35, której prąd ładuje kondensator 33 aż do momentu, gdy napięcie na zacisku 221, które zasila całość układu odchyłania linii, będzie wystarczające do tego, aby generator linii (niepokazany) rozpoczął samoczynnie oscylować, tak żeby poprzez stopień sterujący (niepokazany) sterować tranzystorem 36 stopnia wyjściowego 30. Stopień wyjściowy 30 zaczyna wówczas dostarczać na zaciski uzwojenia 22 transformatora 20 impulsy powrotu linii V_{220} pokazane na wykresach z fig. 2b i 3b.

Impulsy te są przekazywane na uzwojenie pomocnicze 25 bez składowej stałej i z inwersją fazy (ujemną), tak aby odpowiadać kształtem przebiegowi wykresów z fig. 2c i 3c, co umożliwia na początku zsynchronizować multiwibrator 48 z częstotliwością generatora linii przy pomocy oryginalnego przyporządkowania, które zostanie poniżej opisane, a następnie regulować napięcie przez zmianę opóźnienia pomiędzy czołami impulsów powrotu linii a momentem zablokowania tranzystora 11 w przerywaczu elektronicznym 15.

Jeżeli multiwibrator 48 i generator linii działają w sposób autonomiczny i z różnymi częstotliwościami, to jest to przyczyną powstawania dudnień, ponieważ przypadkowe różnice faz między impulsami powrotu linii napięcia V_{220} lub V_{21} a napięciem V_{19} powodują, że energia dostarczana (lub pobierana) przez układ przerywacza 10 do (lub z) stopnia wyjściowego 30 zmienia się z okresu na okres. Daje się to zaobserwować jako bardziej lub mniej silne wahanie amplitudy impulsów powrotu linii napięcia V_{220} , które wydają się być modulowane amplitudowo przez sygnał sinusoidalny o częstotliwości równej różnicy częstotliwości multiwibratora 48 i generatora linii.

Jeżeli multiwibrator astabilny 48 ma być zsynchronizowany w sposób klasyczny, jedynie przy pomocy okresowych impulsów sterujących pobieranych z impulsów powrotu linii poprzez układ o regulowanym opóźnieniu, wówczas wystarczy, by częstotliwość własna multiwibratora była niższą od częstotliwości generatora linii. Przy rozruchu otrzymuje się wówczas na kolektorze zablokowanego tranzystora 11 wyższe napięcie V_{19} szczytowe (przebieg) ze względu na to, że we wzorze $V_{19\max} t_B = V_{A\max} T_{48A}$, gdzie $V_{19\max}$ jest wartością szczytową napięcia kolektora (na zacisku 19), t_B jest czasem blokowania przerywacza elektronicznego 15, $V_{A\max}$ jest maksymalnym napięciem zasilania, dostarczonym przez układ prostownika 5 a T_{48A} jest okresem drgań własnych multiwibratora 48. T_{48A} jest większe od T_H .

Jeżeli zaakceptuje się to przebieg $V_{19\max}$ ograniczając je przez dobór czasu pracy w nasyceniu t_S , tak by był on tylko nieco większy od czasu blokowania t_B , który zawsze jest równy połowie okresu drgań L_{16} i C_{13} , to wówczas nie zachodzi

potrzeba wstępnego poddawania multiwibratora 48 regulacji a układ synchronizacji 49 można pominąć.

Jeżeli natomiast pragnie się podczas rozruchu uniknąć przekraczania przebiegu $V_{19\max}$ to wówczas okres drgań swobodnych T_{48A} multiwibratora 48 dobiera się jako krótszy od okresu linii T_H (64 μs) i synchronizuje się multiwibrator, oddziałując jedynie na czas zablokowania pierwszego tranzystora 480 multiwibratora 48, przedłużając ten czas. W tym samym okresie, drugi tranzystor 483 multiwibratora 48 i drugi tranzystor 551 stopnia sterującego 50 są w stanie nasycenia, a pierwszy tranzystor 501 i trzeci tranzystor 552 stopnia sterującego 50 są zablokowane, przez co baza tranzystora 11 jest spolaryzowana dla umożliwienia przewodzenia.

Powyższe przedłużenie jest uzyskiwane przy pomocy układu synchronizacji 49 zawierającego diodę 490, której katoda jest dołączana do wejścia 401 układu regulacji 40 otrzymującego impulsy powrotu linii z uzwojenia pomocniczego 25 z polaryzacją ujemną i bez składowej stałej. Anoda diody 490 jest połączona z anodą diody Zenera 491, której katoda jest dołączona do jednego z zacisków pierwszego rezystora 492. Drugi zacisk tego pierwszego rezystora 492 jest dołączony z jednej strony do wejścia synchronizacyjnego 482 multiwibratora 48 za pośrednictwem drugiego rezystora 493, a z drugiej strony do kolektora drugiego tranzystora 483 multiwibratora 48 za pośrednictwem trzeciego rezystora 494, tak aby impulsy powrotu linii, ujemne i ograniczone przez diodę Zenera 491, nie mogły oddziaływać na bazę pierwszego tranzystora 480, gdy ten znajduje się w stanie nasycenia i powodować jego przedwczesne blokowanie.

Przebieg podporządkowania częstotliwości multiwibratora 48 impulsom powrotu linii jest przedstawiony na wykresach na fig. 7. Na fig. 7a wykres przedstawia przebieg czasowy na naciskach uzwojenia pomocniczego 25 transformatora 20, gdzie impulsy powrotu linii pojawiają się w postaci ujemnych połówek sinusoid o amplitudzie V_{25} i z częstotliwością linii (15.625 Hz). Wykres 7b przedstawia przebieg czasowy napięcia V_{BE} na bazie pierwszego tranzystora 480.

Zawiera on pierwszy przedział czasowy t_{SA} , w którym przerywacz elektroniczny 15 przewodzi a tranzystor 480 jest zablokowany, a który to czas zależy od wartości elementów dołączonych do tej bazy, a szczególnie od rezystora 486 i kondensatora 488 oraz od napięcia zasilającego V_R ten rezystor 484 i drugi stały przedział czasowy t_B , kiedy przerywacz elektroniczny 15 jest zablokowany, a tranzystor 480 znajduje się w stanie nasycenia. Suma przedziałów czasowych t_{SA} i t_B jest równa okresowi własnemu T_A multiwibratora 48 (na przykład rzędu 58 μs).

Na figurze 7, pierwsze trzy okresy swobodnego działania multiwibratora 48 nie są modyfikowane, ponieważ albo impuls powrotu linii pojawia się poza okresem blokowania t_{SA} tranzystora 480, albo jego amplituda, wyrównana przez diodę Zenera 491 i obniżona przez rezystancyjny dzielnik napięcia z rezystorami 492 i 494, tj. ($V_{25} - V_{Z491}$).

(R_{494} ($R_{482} + R_{494}$)) jest w wielkościach bezwzględnych, mniejsza od chwilowej wartości napięcia baza-emiter V_{BE} . Od momentu, w którym potencjał katody diody 4803 staje się bardziej ujemny od potencjału anody diody połączonej z bazą tranzystora 480, dioda zaczyna przewodzić prąd, który rozładowuje kondensator 488 poprzez rezystor 493 połączony szeregowo z połączonymi rezystorami 492 i 494. Prąd ten musi być odjęty od prądu ładującego kondensator w czasie, gdy amplituda impulsu powrotu linii przewyższa napięcie V_{BE} . Efektem tego jest przesunięcie w czasie odcinka krzywej ładowania kondensatora i przedłużenie w ten sposób czasu zablokowania t_{SA} tranzystora 480 o czas t_s , który będzie wzrastał tak długo, aż przedłużony okres multiwibratora 48 stanie się równym okresowi trwania linii T_H . Przedłużenie czasu przewodzenia przerywacza elektronicznego 15, wywołuje zwiększenie energii magazynowanej w indukcyjności 16, a w konsekwencji zwiększenie napięcia kondensatora i amplitudy impulsów powrotu linii.

Częstotliwościowe przyporządkowywanie multiwibratora 48 prowadzi nieuchronnie do zgodności okresów drgań, ponieważ niezgodność powoduje takie wahania szczytowej wartości impulsów powrotu linii, które w przeciwny sposób wpływają na czas blokowania $t_{SA} + t_s$ tranzystora 480.

Po ustaleniu częstotliwości multiwibratora astabilnego 48 można przystąpić do regulacji przez zmianę przesunięcia fazowego między momentami zablokowania odpowiednio tranzystora 36 i tranzystora 11, przy pomocy stopnia 46 przesuwania fazy i stopnia regulacyjnego 47 układu regulacji 40, które razem tworzą generator o regulowanym opóźnieniu.

Stopień 46 przesuwania fazy zawiera generator napięcia piłokształtnego, zawierający pierwszy kondensator 460, którego jeden zacisk jest połączony z masą 8, a drugi zacisk jest połączony z jednym z biegunów pierwszego rezystora 403, którego drugi koniec jest dołączony do drugiego wejścia zasilającego 403 otrzymującego napięcie stabilizowane oraz przerywacz, którego zadaniem jest okresowe zwieranie pierwszego kondensatora 460. Przerywacz ten zawiera pierwszy przełączający tranzystor npn 464, którego kolektor jest dołączony do punktu połączenia pierwszego kondensatora 460 z pierwszym rezystorem 463, emiter jest połączony z masą 8, a baza jest połączona z drugim wejściem zasilającym 403 poprzez drugi rezystor 465, a poprzez trzeci rezystor 466 z anodą diody 467, której katoda jest połączona z wejściem sterującym 461 stopnia 46 przesuwania fazy, które otrzymuje ujemne impulsy powrotu linii z wejścia 401 układu regulacji 40. Baza pierwszego tranzystora 464 jest ponadto dołączona do masy 8 poprzez drugi kondensator 468.

Z chwilą, gdy wejście 401 układu regulacji 40 otrzyma ujemny impuls powrotu linii, dioda 467 zaczyna przewodzić a jej prąd powoduje spadek napięcia na zacisku połączonych szeregowo rezystorów 465 i 466, który przez ujemne spolaryzowanie tranzystora 464 doprowadza go do zablokowania. Drugi kondensator 468 ładuje się teraz do wartości ujemnej, co przedłuża czas zablokowania

tranzystora 464 poza moment zaniku impulsu powrotu linii, na część okresu odchyłania, w celu uzyskania wystarczającego zakresu regulacji.

Z chwilą zaniku ujemnego impulsu powrotu, dioda 467 blokuje się, a drugi kondensator 468 ładuje się stopniowo poprzez rezystor 465 aż do napięcia dodatniego V_{BE} równego w przybliżeniu 0,7 V, przy którym tranzystor 464 przechodzi w stan nasycenia i rozładowuje pierwszy kondensator 460.

W czasie blokowania pierwszego tranzystora 464, pierwszy kondensator 460 jest ładowany kwaziliiniowo poprzez rezystor 463, dostarczając dodatnie napięcie piłokształtne do bazy drugiego tranzystora npn 469, którego kolektor jest połączony za pośrednictwem czwartego rezystora 4600 z drugim zaciskiem zasilającym 403 ($V_R = +5$ V). Emiter drugiego tranzystora 469 jest połączony z jednej strony z katody diody Zenera 4601, której anoda jest dołączona do masy 8, a z drugiej strony z drugim zaciskiem zasilającym 403 poprzez piąty rezystor 4602, co pozwala spolaryzować emiter drugiego tranzystora 469 stałym napięciem V_Z (zawartym w przybliżeniu między 2 i 3 voltami).

Drugi tranzystor 469 tworzy wraz z rezystorami 4600, 4602 i diodą Zenera 4601 stopień komparatora napięcia, który jest zablokowany aż do momentu, w którym napięcie przyłożone do jego bazy przekroczy napięcie progowe wynikające z dodania napięcia Zenera diody 4601 do napięcia rzędu 0,7 V, przy którym drugi tranzystor 469 znajduje się w stanie nasycenia.

Z chwilą, gdy drugi tranzystor 469 przejdzie ze stanu zablokowania w stan nasycenia, napięcie jego kolektora zmieni się z V_R na $V_Z + V_{CEsat}$. Ta ujemna zmiana jest przenoszona poprzez kondensator sprzęgający 4603 na wejście wyzwalające 481 multiwibratora astabilnego 48, które jest połączone z jednej strony z katodą pierwszej diody 4802, której anoda jest dołączona do bazy drugiego tranzystora 483, a z drugiej z pierwszymi zaciskami dwóch rezystorów 4800 i 4801 tworzących rezystancyjny dzielnik napięcia, a których drugie zaciski są odpowiednio połączone z masą 8 i z drugim zaciskiem zasilającym 403 układu regulacji 40. Ta ujemna zmiana przeniesiona na bazę drugiego tranzystora 483 multiwibratora 48 powoduje jego zablokowanie i w sposób opisany poprzednio, zablokowanie również przerywającego tranzystora 11.

Regulacja mocy przenoszonej z układu przerywacza 10 do stopnia wyjściowego 30 jest dokonywana przez zmianę opóźnienia fazy pomiędzy momentami blokowania odpowiednio tranzystorów 36 i 11, przy pomocy stopnia regulacyjnego 47, który zmienia nachylenia napięcia ładującego kondensator 460 w zależności od jednego z parametrów zawartych w impulsie powrotu linii.

Połączone działanie stopnia 46 przesuwania fazy i stopnia regulacyjnego 47 zostanie wyjaśnione w nawiązaniu do fig. 8, przedstawiającej przebiegi czasowe napięcia w trzech punktach stopni 46 i 47.

Stopień regulacyjny 47 zawiera diodę 470, której katoda jest połączona z wejściem 401 układu regulacji 40, otrzymującym impulsy powrotu linii o polaryzacji ujemnej, a anoda jest połączona z

końcówką ujemną kondensatora filtrującego 471, z jednym zaciskiem rezystancyjnego dzielnika napięcia zawierającego potencjometr 472 włączony szeregowo między dwa rezystory 473, 474 i z anodą diody Zenera 475. Katoda diody Zenera 475 jest połączona z jednej strony z jednym zaciskiem trzeciego rezystora 477, którego drugi zacisk jest połączony z masą 8, a z drugiej strony z emiterem tranzystora npn 476, którego baza jest połączona z suwakiem potencjometru 472, a kolektor z wejściem regulacyjnym 462 stopnia 46 przesuwania fazy, które jest połączone z punktem połączenia pierwszego kondensatora 460 z jego pierwszym rezystorem 463 i z kolektorem pierwszego tranzystora 464.

Diody 470 tworzy wraz z kondensatorem 471 prostownik ujemnych wartości szczytowych impulsów powrotu linii, a na zaciskach kondensatora 471 pojawia się napięcie będące funkcją tej ujemnej wartości szczytowej.

To powyższe wyprowadzane napięcie szczytowe jest przykładane z jednej strony do dzielnika rezystancyjnego, w taki sposób, że suwak potencjometru 472 dostarcza napięcia szczytowego, a z drugiej strony do szeregowego połączenia diody Zenera 475 z rezystorem 477 polaryzującym diodę Zenera 475.

Z chwilą, gdy amplituda impulsów powrotu linii przekroczy napięcie Zenera diody Zenera 475, dioda ta zostaje odblokowana tak, by na jej katodzie pojawiło się napięcie równe różnicy pomiędzy wyprowadzonym napięciem szczytowym a napięciem Zenera. Napięcie katody diody Zenera 475 polaryzuje emiter tranzystora 476, którego baza jest spolaryzowana przez dzielnik rezystancyjny i który zaczyna przewodzić, gdy część napięcia wyprowadzane go dostarczana z suwaka potencjometru 472 jest większa co do wartości bezwzględnych od napięcia Zenera V_Z .

Tranzystor 476 stanowi wówczas źródło stałego prądu proporcjonalnego do napięcia baza-emiter V_{BE} , tzn. do $V_B - V_Z$, gdy ta różnica jest dodatnia. Prąd kolektora tranzystora 476 jest więc prądem, który rozładowywuje w taki sposób kondensator 460 podczas blokowania tranzystora 464, że powoduje to zmniejszenie nachylenia napięcia piłokształtnego na zaciskach kondensatora 460. Im szczytowe napięcie ujemne impulsów powrotu linii jest większe, tym bardziej prąd kolektora tranzystora 476 zmniejsza nachylenie, tak by zwiększyć czas opóźnienia pomiędzy czołem narastania impulsu powrotu linii a momentem przejścia tranzystora 469 komparatora ze stanu zablokowania w stan nasycenia.

Na figurze 8a wykres przedstawia przebieg czasowy napięcia V_{25} na zaciskach uzwojenia pomocniczego 25 i impulsy powrotu linii mają trzy różne amplitudy: V_{25B} , V_{25F} i V_{25N} , natomiast wykres fig. 8b przedstawia przebieg czasowy napięcia na zaciskach kondensatora 460, odpowiadającego trzem impulsom powrotu linii, a wykres z fig. 8c przedstawia napięcie kolektora V_{469} tranzystora 469 komparatora.

Na wykresie z fig. 8a pierwszy impuls powrotu linii wykazuje względnie małą amplitudę V_{25B} , któ-

ra nie pociąga za sobą przewodzenia tranzystora 476. Na wykresie z fig. 8b odpowiada temu większe nachylenie przebiegu napięcia V_{460} rozpoczynającego się w momencie t_1 zablokowania pierwszego tranzystora 464 układu 46 przesuwania fazy i krótszemu czasowi $T_B = t_2 - t_1$ stanu blokowania ze względu na mniejszy ładunek ujemny kondensatora 468. W momencie t_2 , gdy napięcie V_{460} staje się równe $V_Z + V_{BEm}$, to nie wzrasta ono dalej, ponieważ dioda, którą stanowi złącze baza-emiter drugiego tranzystora 469 ogranicza maksymalny poziom napięcia, a tranzystor 469 zostaje nasycony.

Pokazano to na wykresie z fig. 8c, gdzie można dostrzec, że napięcie kolektora drugiego tranzystora 469 wykazuje ujemny uskok o poziomie równym $V_Z + V_{CEsat}$, który trwa aż do momentu t_3 odblokowania pierwszego tranzystora 464 rozładowującego kondensator 460 i w konsekwencji blokującego drugi tranzystor 469.

Ze względu na małe opóźnienie fazy $t_{RB} = t_2 - t_1$ spowodowane szybkim wzrostem napięcia V_{460} , układ przerywacza 10 dostarcza do stopnia wyjściowego 30 maksymalną energię, co się uwiadcza znacznym napięciem na zaciskach kondensatora 33. Z kolei następny impuls powrotu linii wykazuje dużą amplitudę V_{25F} . Tranzystor 476 komparatora zaczyna przewodzić z chwilą, gdy jego napięcie V_{BE} staje się dodatnie, a prąd kolektora jest tym większy im większa jest amplituda V_{25F} , do której ładuje się kondensator 471. Ten prąd kolektora zostaje odjęty od prądu ładowania kondensatora 460 poprzez rezystor 463, co pociąga za sobą znaczne zmniejszenie nachylenia, wzrasta napięcie V_{460} na odcinku pomiędzy t_4 a t_5 . Czas trwania tego wzrostu odpowiadający opóźnieniu fazy $t_{RF} = t_5 - t_4$ będzie teraz znacznie większy niż poprzednio, podobnie jak czas zablokowania T_F pierwszego tranzystora 464. Z porównania trzech wykresów widać, że przy dużym napięciu V_{25F} , opóźnienie t_{RF} jest większe a czas trwania impulsu ujemnego $T_F - t_{RF}$ jest nieco skrócony.

Powyższe większe opóźnienie pociąga za sobą zmniejszenie napięcia kondensatora 33 w stosunku do okresu poprzedniego, gdy było ono zbyt wielkie a kolejny (trzeci) impuls powrotu linii wykazuje amplitudę V_{25N} większą od V_{25B} a mniejszą od V_{25F} . Amplituda ta pozwala na osiągnięcie przy pomocy odpowiedniego prądu kolektora tranzystora regulacyjnego 476, wzrostu napięcia od wartości V_{CEsat} bliskiej zeru do wartości $V_Z + V_{BEm}$ w czasie równym $t_{RN} = t_7 - t_6$. Jeżeli suwak potencjometru 472 jest tak ustawiony, by napięcie napięcie dostarczane do lampy obrazowej (niepokazanej) i/lub amplitudę piłokształtnego prądu odchylania linii, które odpowiadają odpowiednio wartościom znamionowym, to wówczas amplituda znamionowa V_{25N} impulsów powrotu linii będzie odtwarzana w sposób powtarzający się.

Należy w tym miejscu zwrócić uwagę na to, że kryterium regulacji może być przy zastosowaniu odpowiedniego odwracania fazy lub na przykład innego uzwojenia transformatora 20 także dodatnia amplituda sygnału V_{25} tzn. dodatni odcinek,

którego poziom jest proporcjonalny do napięcia kondensatora 33.

Należy także zwrócić uwagę na to, że zasadnicza zaleta regulacji przez zmianę przesunięcia fazy układu przerywacza pracującego ze stałą częstotliwością i przy stałych stosunkach czasu w układzie, w którym regulacja jest dokonywana przez zmianę jednego z tych parametrów, polega na tym, że szczytowe napięcie przykładane do kolektora układu przerywacza jest w czasie jego zablokowania zależne jedynie od napięcia sieci zasilającej.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do regulowanego zasilania, zwłaszcza układu odchylania odbiornika telewizyjnego, którego stopień wyjściowy zawiera pierwszy przerywacz elektroniczny typu dwukierunkowego, połączony równolegle z pierwszym układem szeregowym składającym się z cewek odchylania linii i pierwszego kondensatora zasilającego oraz z drugim kondensatorem powrotu, tworząc układ rezonansowy równoległy z cewkami odchylania linii oraz z drugim układem szeregowym składającym się z pierwszego uzwojenia transformatora linii i trzeciego kondensatora zasilającego, układ zasilania zawierający układ przerywacza, który zawiera gałąź szeregową między zaciskami układu przetwornika dostarczającego napięcie zasilania i indukcyjność, drugi dołączony szeregowo przerywacz elektroniczny sterowany, przy czym indukcyjność układu przerywacza zawiera drugie uzwojenie zasilające transformatora, a drugi przerywacz elektroniczny zawiera przełączający tranzystor, sterowany przez bazę dołączoną poprzez układ regulacji do uzwojenia pomocniczego transformatora linii i połączoną z nim antyrównoległe diodę, układ przerywacza zawiera również czwarty kondensator, tworzący z indukcyjnością układ rezonansowy i układ regulacji zawiera generator o regulowanym opóźnieniu, **znamienny tym**, że indukcyjność (16) układu przerywacza zawiera również dławik (14), którego indukcyjność przewyższa indukcyjność cewek odchylających (31), wprowadzoną do obwodu zasilającego uzwojenia (21).

2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że indukcyjność dławika (14) jest przynajmniej równa potrójnej indukcyjności cewek odchylających (31).

3. Układ według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że tranzystor (11) układu przerywacza (10) jest dołączony bazą do wyjścia układu regulacji (40) zawierającego generator o regulowanym opóźnieniu, przy czym wejście układu regulacji (40) jest dołączone do uzwojenia pomocniczego (25)

transformatora (20) dostarczającego sygnał o amplitudzie szczytowej proporcjonalnej do napięcia na zaciskach zasilającego kondensatora (33) stopnia wyjściowego (30), rozładowywanego przez układ przerywacza (10) i amplitudzie międzyszczytowej proporcjonalnej do wysokiego napięcia dostarczanego przez drugie uzwojenie (23) transformatora (20).

4. Układ według zastrz. 3, **znamienny tym**, że układ regulacji (40) zawierający generator o regulowanym opóźnieniu jest dołączony do jednego z uzwojeń (21) lub (25) transformatora (20) i jest dołączony do komparatora dla porównania napięcia z napięciem odniesienia.

5. Układ według zastrz. 3, **znamienny tym**, że układ regulacji (40) zawiera multiwibrator astabilny (48), którego wyjście jest dołączone do bazy tranzystora (11) poprzez stopień sterujący (50) i układ generatora o regulowanym opóźnieniu, który zawiera stopień (46) przesuwania fazy dołączony do wejścia multiwibratora astabilnego (48) i stopień regulacyjny (47) dołączony do wejść stopnia (46) przesuwania fazy, przy czym do jednego z tych wejść jest dołączone również uzwojenie pomocnicze (25) transformatora (20).

6. Układ według zastrz. 5, **znamienny tym**, że wejście układu regulacji (40) jest dołączone do wyjścia źródła zasilania (51).

7. Układ według zastrz. 5 albo 6, **znamienny tym**, że stopień (46) przesuwania fazy zawiera generator o regulowanym opóźnieniu zasilający kondensator (460) i rezystor (463) dla dostarczania napięcia piłkowształtnego, komparator zawierający tranzystor (469), który jest z jednej strony połączony z rezystorem (4600) a z drugiej strony z diodą Zenera (4601), dołączone do bazy tranzystora (483) multiwibratora astabilnego (48) dla sterowania tranzystorem (11) i stopień regulacyjny (47) zawiera układ prostownika zawierający diodę (470) i kondensator filtrujący (471) dla prostowania sygnału z uzwojenia pomocniczego (25), które jest dołączone poprzez diodę (470) i kondensator filtrujący (471) do generatora zawierającego diodę Zenera (475) i tranzystor npn (476).

8. Układ według zastrz. 7, **znamienny tym**, że multiwibrator astabilny (48) jest sterowany jedynie przez wyjście tranzystora (469) komparatora dołączone do tranzystora (483) multiwibratora astabilnego (48) dla sterowania tranzystorem (11).

9. Układ według zastrz. 5 albo 6, **znamienny tym**, że tranzystor (480) multiwibratora astabilnego (48), którego stan jest komplementarny względem stanu przełączającego tranzystora (11), jest dołączony bazą poprzez diodę (4803) do układu synchronizacji (49).

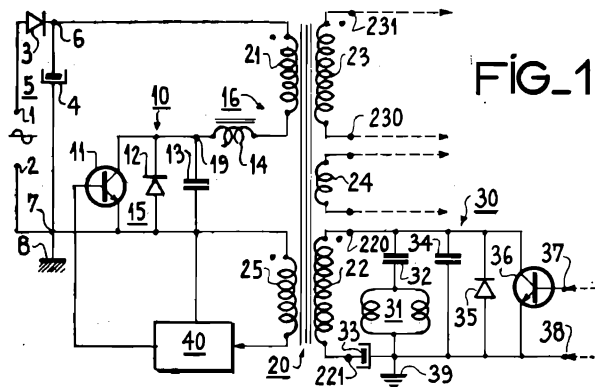


FIG. 5

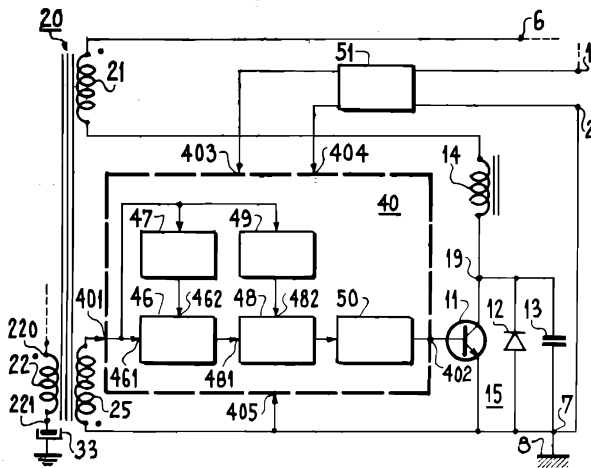
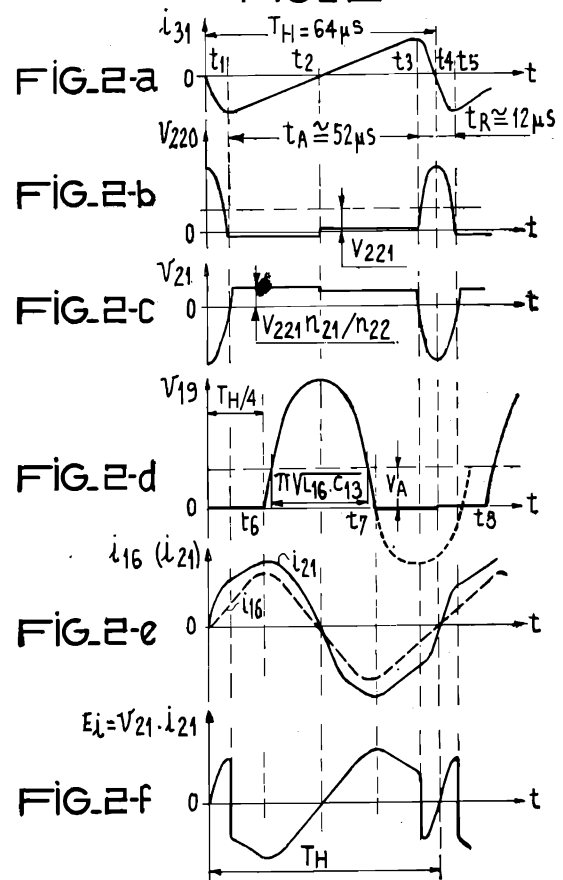
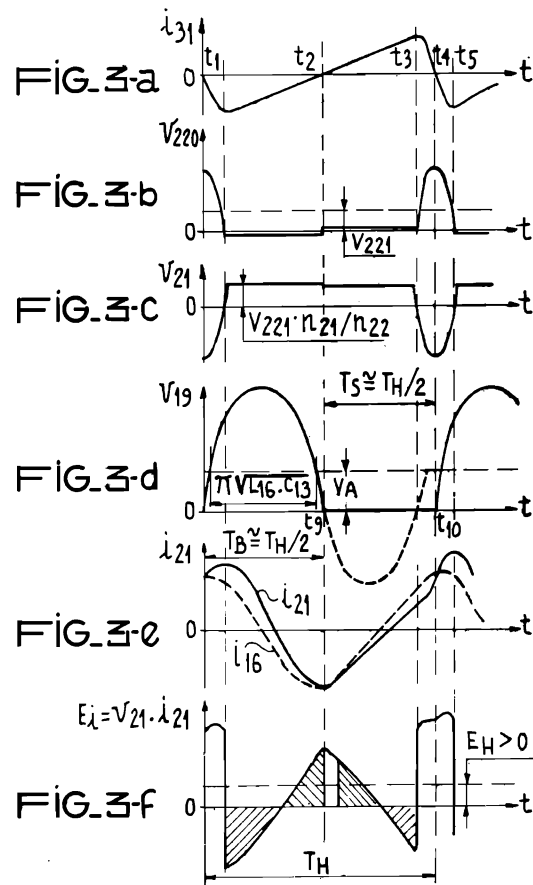


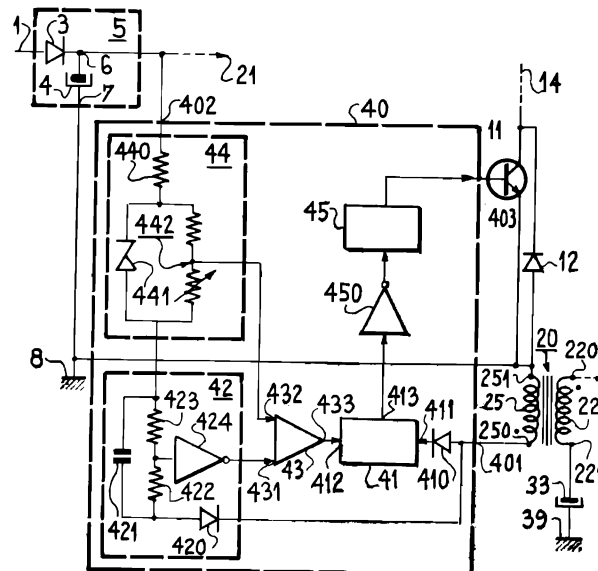
FIG. 2



FIG_3



FIG_4



FIG_8

