

1968

Nr 26

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA — MIEDZESZYN

Bibl.

PROBLEMY
ŁĄCZNOŚCI



MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

BIBLIOTEKA
Instytut Łączności
Nr _____

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

ROK 8

WARSZAWA 1968

NR 26

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Kolegium Redakcyjne:

Przewodniczący - prof. Zenon Szpigler
Z-ca Przewodniczącego - mgr inż. Władysław Cetner

Członkowie:

mgr inż. Władysław Adaszewski, inż. Edmund Janowski,
prof. Stefan Jasiński, dr Stanisław Włoszczowski,
mgr inż. Adam Moniuszko, mgr inż. Józef Możejko,
mgr Zofia Życińska

Sekretarz Redakcji - Irena Kulko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH REKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: J. Borkowska

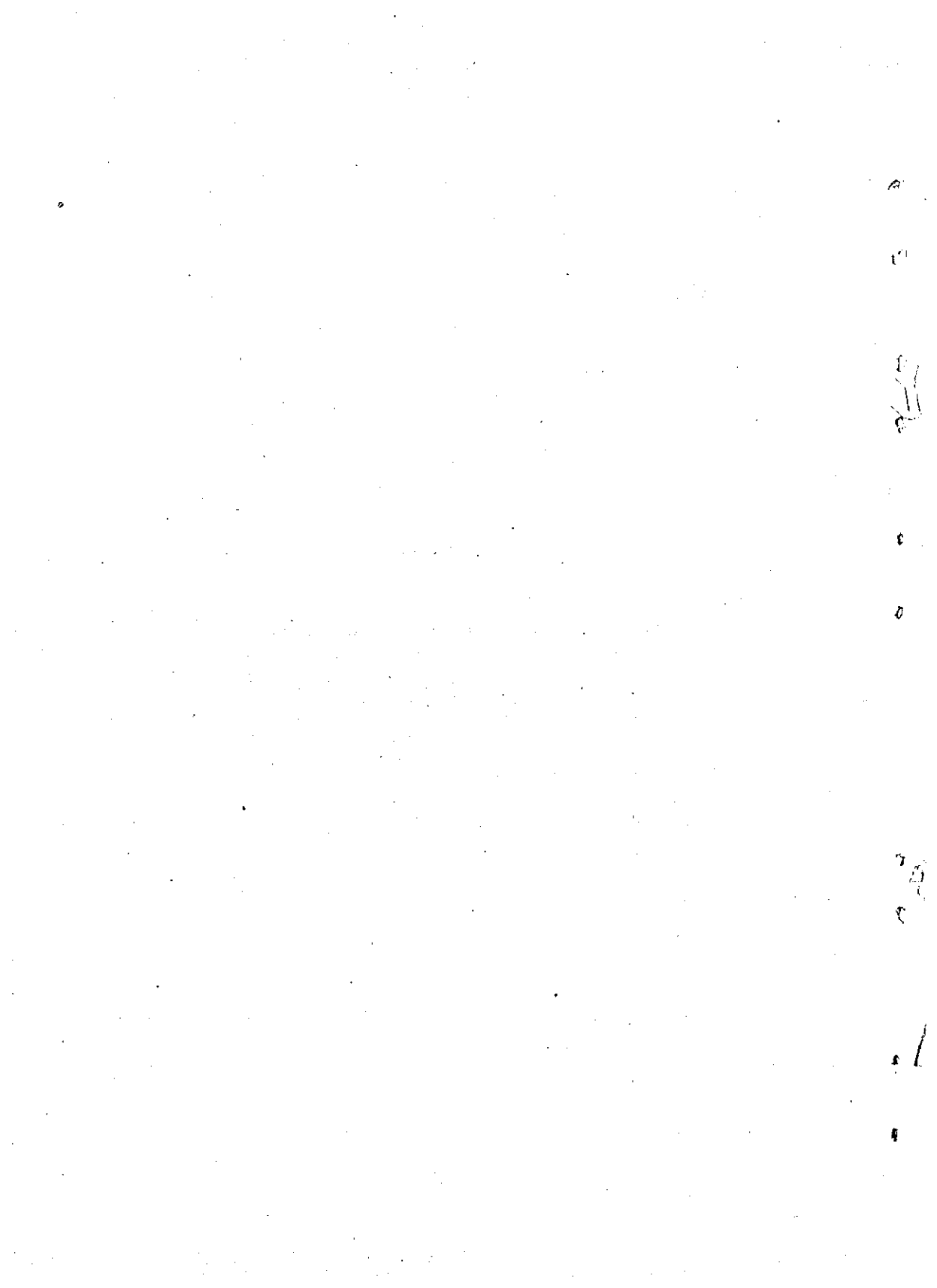
Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 790. Druk ukończono
w maju 1968 r.

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

SPIS TREŚCI

	Str.
1. J. Skowroński - Ogniwia paliwowe i możliwości ich zastosowania do zasilania urządzeń łączności	1
2. J. Skowroński - Zastosowanie przetwornic tranzystorowych w systemach telekomunikacyjnych w Polsce	42



Jan Skowroński

OGNIWA PALIWOWE I MOŻLIWOŚCI ICH ZASTOSOWANIA DO ZASILANIA URZĄDZEŃ ŁĄCZNOŚCI

1. WSTĘP

Nauka współczesna umożliwia wykorzystanie jedynie ok. 5% wszystkich zasobów energetycznych na ziemi. Praktycznie dotychczas wykorzystuje się tylko energię chemiczną paliw i energię rzek. Wykorzystywanie innych źródeł energii takich jak np. bezpośredniego promieniowania elektromagnetycznego słońca, energii cieplnej wnętrza ziemi, energii wiatrów i ruchów wód morskich, energii jądrowej i termojądrowej jest znikome i nie ma dotychczas większego znaczenia w ogólnym bilansie energetycznym na ziemi. Dlatego najważniejszym problemem współczesnej nauki zajmującej się zagadnieniem gospodarki energetycznej jest maksymalne zwiększenie sprawności urządzeń wykorzystujących energię chemiczną oraz problem opanowania techniki przetwarzania innych zasobów energetycznych na ziemi.

Obecnie znane są trzy sposoby wyzwalań energii zawartej w materii:

- 1) wyzwalań energii na drodze zmiany elektronowych wiązań atomowych w procesie reakcji chemicznej;
- 2) wyzwalań energii na drodze rozbicia i zmiany związku pomiędzy nukleonami ciężkich jąder atomów /ener-

gia jądrowa/ lub na drodze łączenia nukleonów jąder lekkich w reakcjach syntezy (energia termojądrowa);

3) wyzwalamie energii na drodze zupełnej przemiany materii w pole sił, co ma miejsce przy reakcjach anihilacji materii i antymaterii.

Pierwsze dwa sposoby są praktycznie realizowane. Trzeci sposób, niedawno odkryty, znajduje się w stadium badań wstępnych.

Zasoby różnych źródeł energii na ziemi, bez energii termojądrowej i anihilacyjnej, szacowane są następująco:

Źródła energii nieodnawiające się:

- energia jądrowa (rozszczeniowa)	$547000 \cdot 10^{12}$ kWh
- energia chemiczna substancji palnych	$55000 \cdot 10^{12}$ kWh
- energia cieplna wnętrza ziemi	$134 \cdot 10^{12}$ kWh

Źródła regenerujące się w czasie:

- energia promieni słonecznych	$580000 \cdot 10^{12}$ kWh
- energia przyływów morskich	$70000 \cdot 10^{12}$ kWh
- energia rzek	$18 \cdot 10^{12}$ kWh
- energia wiatrów	$1700 \cdot 10^{12}$ kWh

Niektóre z tych rodzajów energii czekają na rozwiązanie problemu ich szerokiego i ekonomicznego wykorzystania.

Jak już wyżej wspomniano, jednym z najważniejszych problemów skupiających wysiłki nauki światowej jest podniesienie sprawności przetwarzania energii najszerszej

obecnie wykorzystywanej, a więc energii chemicznej substancji palnych. Poszukiwania nowych rozwiązań konstrukcyjnych idą w kierunku zmniejszenia liczby stopni przemian energii cieplnej paliw w energię elektryczną oraz w kierunku bezpośredniej przemiany tej energii w energię elektryczną. Do tych celów opracowano nowe przetworniki energii, takie jak generatory magneto hydrodynamiczne, termojonowe, termoelektryczne oraz ogniwa paliwowe. Te ostatnie znalazły się obecnie w centrum uwagi nauki ze względu na teoretyczną możliwość osiągnięcia sprawności 100%. Praktycznie zaś osiągnięte sprawności wynoszą dla ogniw paliwowych do 75%. Dla porównania podać można, że sprawności maszyn cieplnych wynoszą: maszyny parowej 20 + 28%; turbiny gazowej do 40%, silnika spalinowego 25 + 30%.

2. PODZIAŁ I ZASADA DZIAŁANIA OGNIW PALIWOWYCH

Ogniwo paliwowe jest chemicznym generatorem energii elektrycznej prądu stałego, w którym zastosowana jest zasada galwanizacji do "elektrochemicznego spalania" paliwa. Reakcje chemiczne zachodzą w nim według schematu: paliwo - elektrolit - utleniacz. Jest to swego rodzaju reakcja spalania paliw na "zimno", tj. bez wydzielania się ciepła.

Dotychczas znane ogniwa galwaniczne pracują na podobnej zasadzie co ogniwa paliwowe. Zachodzi bowiem w nich również bezpośrednia przemiana energii chemicznej na elektryczną. Materiałem "spalanym" są w tych ogniwach e-

lektrody np. z cynku, miedzi lub rtęci, a więc materiały stosunkowo drogie. Konieczna jest więc w niektórych typach tych ogniw wymiana zużytych elektrod bądź zupełne wycofanie ogniwa z użycia po "spaleniu" się tych elektrod. Są to więc ogniwa jednorazowego zastosowania. W odróżnieniu od ogniw galwanicznych, materiałem czynnym elektrody ujemnej "spalanej" w ogniwie paliwowym jest paliwo naturalne, np. gaz ziemny, wodór, tlenek węgla, gaz generatorowy, gaz wodny itp., które doprowadzane w sposób ciągły pozwalają na długotrwałą ciągłą pracę ogniwa. Materiałem czynnym elektrody dodatniej jest najczęściej tlen z powietrza lub czysty tlen.

Poszukiwanie lepszych chemicznych źródeł energii niż ogniwo galwaniczne klasyczne doprowadziło do opracowania ogniwa galwanicznego regenerującego się, które pozwala na odtwarzanie zużytych materiałów elektrod przez przepuszczanie przez nie prądu w kierunku przeciwnym do kierunku prądu pobieranego. W ten sposób powstała odmiana ogniwa galwanicznego, zwana akumulatorem elektrycznym.

Na tym zakończyło się praktycznie dalsze zróżnicowanie chemicznych źródeł energii elektrycznej. Ogniwa paliwowe są znacznie bardziej zróżnicowane. W zależności od tego, czy paliwo naturalne zużywa się bezpośrednio w reakcji z utleniaczem czy też paliwo to jest wstępnie przekształcane, a w samym ogniwie spala się jego pochodne np. wodór, tlenek węgla itp., ogniwa dzielą się na pierwotne i wtórne. W zależności od stanu skupienia elektrolitu i jego rodzaju rozróżnia się ogniwa z wodnymi elektrolitami (kwasów lub zasad), ogniwa z elektrolitami

roztopionymi (mieszanki krzemianów i węglanów z domieszkami magnezu lub tlenku magnezu) oraz ogniwa z elektrodami stałymi (mieszanki stałych węglanów i różnorodnych tlenków, np. tlenku cynkoru, litu). W odniesieniu do stanu skupienia materiału palnego dzielone są ogniwa paliwowe na stałe, ciekłe i gazowe. Dalszy podział ogniwa wynika stąd, czy ogniwo posiada elektrody zużywające się czy też nie. Do ogniwa z elektrodami zużywającymi się należą ogniwa z paliwem stałym (węgiel, metale), a do ogniwa o elektrodach niezużywających się zalicza się wszystkie ogniwa gazowe i ciekłe. Spotyka się również podział na ogniwa odwracalne i nie odwracalne. Na przykład ogniwo wodorowo-tlenowe należy do tzw. odwracalnych w przypadku przepuszczenia przez nie prądu w kierunku przeciwnym, ogniwo zaś węglowo-tlenowe zalicza się do nieodwracalnych, gdyż zachodzącej w nim reakcji $C + O_2 \rightarrow CO_2$ nie można odwrócić.

Istnieje jeszcze grupa ogniwa tzw. redoks. Są to ogniwa "utleniająco-redukcyjne". Proces chemiczny dzieli się w nich na dwa okresy. Pierwszy, w którym zachodzi reakcja jonowa, oraz drugi, w którym zachodzą reakcje chemiczne paliwa z utleniaczem.

Innymi kryteriami podziału są temperatura i ciśnienie panujące w ogniwach. Z tego punktu widzenia ogniwa paliwowe dzielą się na nisko i wysoko temperaturowe oraz na nisko i wysoko ciśnieniowe.

Przedstawiony wyżej podział ogniwa paliwowych daje wyobrażenie o ich szerokiej różnorodności, świadczy o ich rozwoju i wielotorowości poszukiwań konstrukcyjnych. Do-

dać też należy, że ogniwa paliwowe podobnie jak i inne ogniwa chemiczne można grupować w baterie poprzez połączenie szeregowo i równoległe. Osiągane obecnie moce takich baterii zawierają się w granicach od ułamków wata do kilkunastu kilowatów, a w opracowaniu znajdują się baterie o mocach do setek kilowatów.

Niżej opisane zostaną niektóre tylko rodzaje ogniw i baterii paliwowych. W szczególności te ogniwa, które już obecnie wyróżniają się cechami predysponującymi je do zastosowania w łączności. Sądzić można, że w telekomunikacji z uwagi na specyficzne wymagania oraz małe moce znajdują zastosowanie przede wszystkim ogniwa niskotemperaturowe i niskociśnieniowe.

Wydaje się, że ogniwa paliwowe, które mogłyby znaleźć szersze zastosowanie do zasilania stacjonarnych urządzeń łączności, powinny cechować się następującymi zaletami:

- temperatura pracy ogniwa powinna być niska, aby jego uruchomienie mogło następować w stanie zimnym (temp. rzędu 20°C) w sposób szybki np.: przez zwykłe włączenie wyłącznika,

- okresy międzyremontowe powinny być długie, np. kilka razy dłuższe od okresów remontowych silników spalinywych,

- ogniwa nie powinny wydzielać szkodliwych produktów reakcji,

- ogniwa powinny pracować na paliwie gazowym lub cieplym, przy pobieraniu tlenu z powietrza, przy ciśnieniu atmosferycznym,

- stosunek mocy ogniwa do jego objętości, wraz z urządzeniami pomocniczymi, nie powinien być gorszy od analogicznego stosunku dla akumulatorów kwasowych i współpracujących z nimi prostowników,

- Koszt baterii paliwowej nie powinien być wyższy od kosztu baterii złożonej z ogniw kwasowych i współpracujących z nią prostowników.

Interesującymi cechami wyróżniają się obecnie ogniwa paliwowe gazowe, a w szczególności ogniwa wodorowo-tlenowe.

3. SPRAWNOŚĆ OGNIW PALIWOWYCH

W ogniwie paliwowym energia chemiczna przekształca się bezpośrednio w energię elektryczną. Przeto sprawność tego ogniwa, w odróżnieniu od maszyn cieplnych, nie zależy od różnicy temperatur.

W procesie przemiany izotermicznej, w przypadku skrajnym, cała energia swobodna reakcji chemicznej - ΔG może zostać przekształcona w energię elektryczną. Zatem maksymalna teoretyczna sprawność takiej przemiany wynosi:

$$\eta_{\text{maks}} = \frac{-\Delta G}{Q} = 1 + \frac{T \cdot \Delta S}{Q}$$

gdzie: Q - wydzielone ciepło

T - temperatura reakcji $^{\circ}\text{K}$

ΔS - wzrost entropii w wyniku reakcji chemicznej.

W zależności od rodzaju reakcji, wyrażenie $\frac{T \cdot \Delta S}{Q}$ mo-

że być dodatnie lub ujemne. Wyrażenie to ma wartość ujemną przy przemianie części energii chemicznej w ciepło.

Wzór na sprawność przyjmuje wówczas postać podobną do wzoru na sprawność maszyny cieplnej; ($\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$; gdzie $Q_1 = Q$ - ciepło doprowadzone, Q_2 - ciepło odprowadzone), przy czym sprawność ta jest zawsze mniejsza od jedności. Nie ma więc wątpliwości, że wyrażenie to jest zgodne z pojęciem sprawności. Jeżeli jednak podczas reakcji zachodzących w ogniwie, w energię elektryczną zamienia się nie tylko energia paliwa, lecz również część energii cieplnej pobieranej z otoczenia, wówczas omawiany składnik wzoru na sprawność przyjmuje wartość dodatnią i uzyskujemy sprawność przemiany większą od jedności. Takie ogniwo pracując odwracalnie (tj. bez wydzielania ciepła na skutek istnienia strat omowych lub strat polaryzacji) będzie się stopniowo oziębiać. Możliwość wykorzystania w niektórych przypadkach energii otoczenia różni w sposób istotny ogniwo paliwowe od maszyny cieplnej.

Oczywiście w rozpatrywanym przypadku definicja sprawności powszechnie stosowana nie jest tu zgodna. Zauważyć można, że przy odwracalnym przebiegu procesów, sprawność będzie równa jedności, a przy uwzględnieniu strat związanych z nieodwracalnością - mniejsza od jedności. W praktyce, omawiany drugi wyraz wzoru ujemny lub dodatni ma małą wartość bezwzględną, tak że η_{maks} jest zbliżone do jedności.

Procesy, w których wyrażenie $\frac{T \Delta S}{Q}$ jest większe od zera spotyka się rzadko, a dla innych przypadków określona wyżej sprawność jest zadowalającym kryterium oceny stop-

nia wykorzystania teoretycznego procesu "spalania elektrochemicznego" w ogniwach paliwowych. Rzeczywista sprawność ogniwa paliwowego jest mniejsza od jedności na skutek tego, że napięcie U ogniwa w czasie jego pracy jest mniejsze od teoretycznej wartości jego siły elektromotorycznej E .

Teoretyczna wartość SEM ogniwa paliwowego określona jest energią swobodną reakcji chemicznej:

$$E = - \frac{\Delta G}{n \cdot F}$$

gdzie:

F - stała Faraday'a

n - liczba gramorównoważników.

Napięcie U jest niższe od SEM na skutek polaryzacji elektrod oraz występowania strat omowych w elektrodzie, podobnie jak to ma miejsce w ogniwach galwanicznych czy też w akumulatorach. Straty polaryzacyjne są dwójakiego rodzaju. Mogą to być straty związane ze zmianą stężenia jonów w pobliżu elektrod, czyli z polaryzacją stężeniową, lub też straty związane z powolnym przebiegiem procesów aktywacji materiału palnego i utleniacza na powierzchni elektrod, czyli polaryzacją aktywacyjną lub chemiczną. Oba rodzaje strat polaryzacyjnych zależą w złożony sposób od gęstości otrzymanego z ogniwa prądu.

Określając pracę elektryczną użyteczną jako $A_e = nF \cdot U$, można przyjąć za wartość sprawności rzeczywistej pracującego ogniwa paliwowego wyrażenie:

$$\eta = \frac{A_e}{Q} = \frac{U}{E} \cdot \frac{-\Delta G}{Q} = \frac{U}{E} \cdot \eta_{\text{maks}}$$

Dla ogniw paliwowych, w których występują straty materiałów czynnych i gdy tylko pewna ich część bierze udział w reakcji elektrochemicznej ($X < 1$), sprawność ogniwa odniesiona do całkowitej ilości zużytych materiałów wynosi:

$$\eta = X \frac{U}{E} \eta_{\text{maks}}$$

Niekiedy sprawność oblicza się w odniesieniu do maksymalnej możliwej pracy elektrycznej ΔG , a nie w stosunku do efektu cieplnego reakcji chemicznej. W tym przypadku sprawność wyraża się jako:

$$\eta_e = \frac{A_e}{-\Delta G} = X \frac{U}{E}$$

Wartość A_e charakteryzuje efektywność konstrukcji ogniwa paliwowego, tj. stopień wykorzystania substancji czynnych, straty energii spowodowane polaryzacją elektrod i opornością wewnętrzną. Natomiast wartość η_{maks} określona jest tylko własnościami termodynamicznymi substancji czynnych. Jak z powyższego wynika, sprawność cieplna ogniwa wynosi:

$$\eta = \eta_e \cdot \eta_{\text{maks}}$$

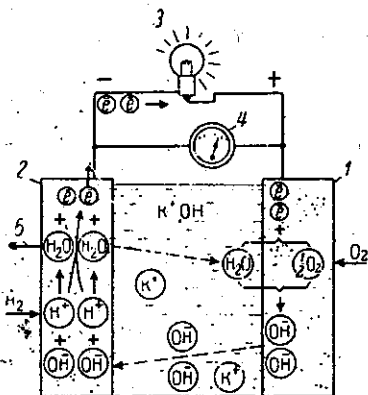
Obecność strat, o których była wyżej mowa, ogranicza

poważnie zysk na sprawności, jaka wynika z rozważań teoretycznych dla chemicznej metody wytwarzania energii elektrycznej.

4. OGNIWA I BATERIE PALIWOWE GAZOWE.

OGNIWA WODOROWO-TLENOWE

Schemat budowy przedstawia rys. 1. Porowate elektrody metalowe, często o właściwościach katalitycznych, umieszczone są w elektrolicie zasadowym KOH. Wodór i tlen przepuszcza się niezależnie przez te elektrody. Na elektrodzie wodorowej - anodzie - następuje rozkład cząste-



Rys. 1. Podstawowy schemat ogniwa paliwowego

- 1 - elektroda tlenowa /katoda/,
- 2 - elektroda wodorowa /anoda/,
- 3 - obciążenie, 4 - woltomierz,
- 5 - woda

czek wodoru na atomy, które z kolei tracą swoje elektrony i zamieniają się w jony dodatnie. Jony te przechodzą w elektrolit wytwarzając w ten sposób ujemny ładunek na elektrodzie. Elektrony natomiast przepływają zewnętrznym przewodem zamykającym obwód do elektrody tlenowej i po połączeniu z atomami tlenu tworzą jony ujemne. Jony w postaci grup OH przepływają przez elektrolit do anody,

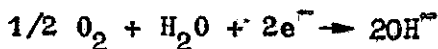
gdzie łączą się z jonami wodoru, w wyniku czego powstaje woda. Tak więc przy stałym doprowadzaniu wodoru i tlenu następować będzie reakcja utleniania paliwa nie przy pomocy atomów tlenu, lecz jonów przy równoczesnym wytwarzaniu prądu w obwodzie zewnętrznym. W porach istnieje równowaga pomiędzy ciśnieniem gazu i ciśnieniem kapilarnym elektrolitu.

Reakcje zachodzące na elektrodach są następujące:

Na elektrodzie wodorowej:



Na elektrodzie tlenowej:

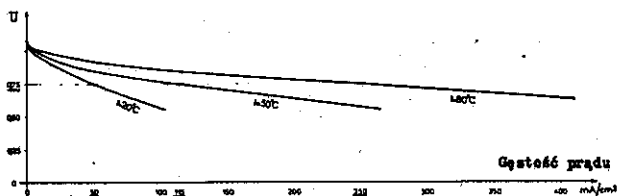


Tak więc wodór i tlen (czysty lub z powietrza) łączą się w ogniwie i wyzwolona energia chemiczna przetwarzana jest bezpośrednio w energię elektryczną z dużą sprawnością. W procesie tej przemiany powstają, jako produkty uboczne: ciepło i woda. Do tej grupy ogniw należy ogniwo opracowane przez Compagnie Generale d'Electricité. SEM tego ogniwa przy zasilaniu ogniwa tlenem i wodorem o temperaturze 25°C wynosi 1,23 V. Jeżeli dobierze się dla każdego ogniwa jednostkowego, zgrupowanego w baterię, napięcie 0,9 V, to sprawność przetwarzania dochodzi do 73%. Wytworzeniu 1 kWh odpowiada zużycie 41 g wodoru i 330 g tlenu. Produkcji 1 kWh towarzyszy wydzielanie się ok. 450 g wody.

Ogniwa wodorowo-tlenowe są dość wygodne w użyciu, gdyż łatwo jest przechowywać reagenty. Wodór np. może być przechowywany w postaci skroplonej albo jako gaz w butlach pod ciśnieniem. Wodór może też być wytwarzany przed użyciem w ogniwie, przez działanie wody, wytwarzanej w ogniwie, na wodorotlenek metalu, np. na wodorotlenek wapnia.

Tlen niezbędny do reakcji może być również przechowywany w postaci skroplonej lub gazowej. W większości jednak przypadków tlen pobierany jest z powietrza.

We wspomnianym wyżej ogniwie wodorowo-tlenowym, produkcji Compagnie Generale d'Electricite, elektrody wykonane są ze spieków srebra i niklu. Grubość elektrod 2 mm. Elektrody te mogą być zasilane wodorem i tlenem o przemysłowej czystości, bez wstępnego oczyszczania tych gazów. Ciśnienie gazów wynosi 5 kg/cm^2 . Elektrolitem jest wodny roztwór wodorotlenku potasu o stężeniu zmieniającym się w dość dużym zakresie. Na rys. 2 przedstawiono charakterystyki zewnętrzne tego ogniwa. Jak z tych charakterystyk widać, gęstość prądu zmienia się od 25 mA/cm^2 przy $0,75 \text{ V}$ i przy -5°C do 250 mA/cm^2 dla tej samej wartości napięcia przy 80°C . Wartość gęstości prądu

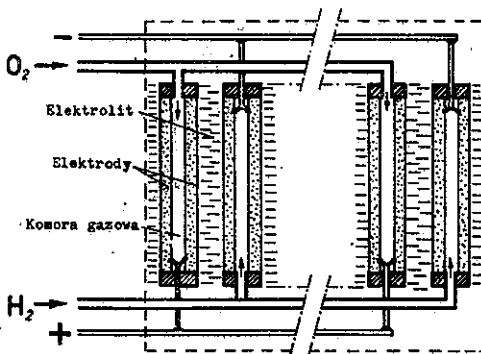


Rys. 2. Charakterystyki napięciowe w funkcji gęstości prądu ogniwa wodorowo-tlenowego produkcji Compagnie Generale d'Electricité

dość znaczna przy -5°C pozwala na wygodny rozruch ogniwa. Ogniwa łączone są szeregowo lub równoległe w odpowiednie grupy - moduły. W modułach produkowanych przez C.G.E. dwanaście podwójnych elektrod połączonych ze sobą tworzy jedenaście ogniw elektrycznie połączonych równoległe. Elektroda składa się z dwóch elektrod płaskich należących do dwóch jednostkowych ogniw różnych i oddzielonych komorą gazową zasilaną wodorem i tlenem.

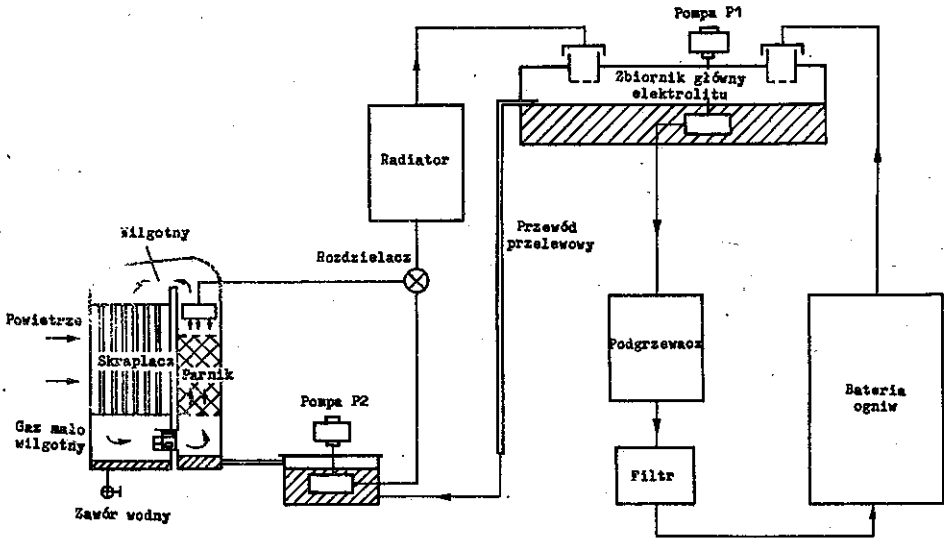
Rysunek 3 przedstawia schemat tego modułu.

Dla działania takiej baterii niezbędne jest odprowadzanie wytwarzanej w ogniwie wody i ciepła, wstępne ogrzanie ogniwa przy rozruchu, jak również regulacja wytwarzanej energii.



Rys. 3. Moduł 11 ogniw połączonych równoległe

Do tego celu potrzebne są dodatkowe obwody. Rys. 4 przedstawia schemat obwodu obiegu elektrolitu: pompa P1 zapewnia obieg elektrolitu poprzez podgrzewacz wstępny rozruchowy, przez filtr i baterię ogniw. Pompa P2 zamontowana jest na zbiorniku elektrolitu połączonym ze zbiornikiem głównym przez przewód przelewowy. Rozdziela ona elektrolit do chłodnicy i do urządzenia parowniczo-kondensującego, które zapewnia usuwanie wody.

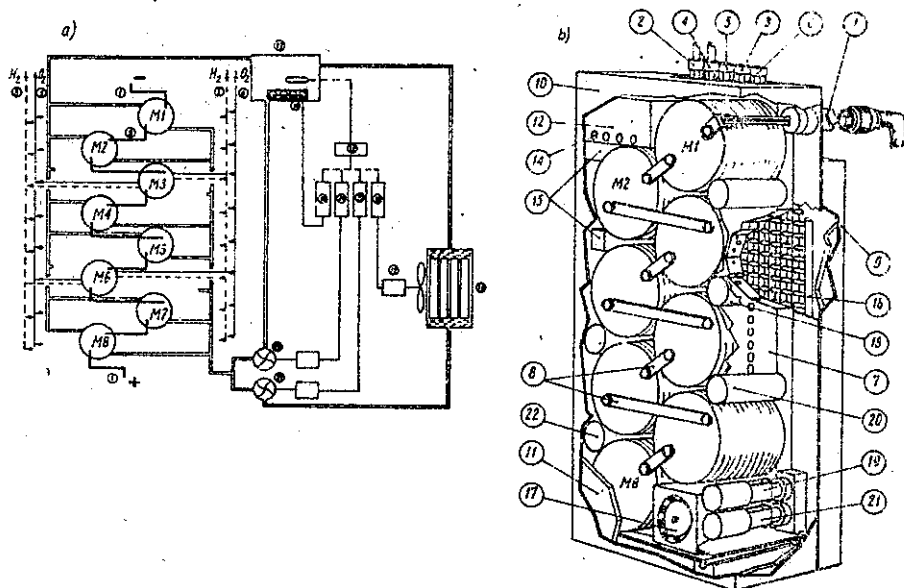


Rys. 4. Obieg elektrolitu, regulacja termiczna i usuwanie wody w układzie baterii ogniw paliwowych

Schemat i widok baterii ogniw paliwowych, o mocy 320 W i napięciu 6 V opracowanej przez C.G.E., przedstawiają rys. 5a oraz 5b. Bateria złożona jest z 8 modułów (M1) do (M8) połączonych ze sobą elektrycznie za pomocą przewodów szynowych. Bateria ta umieszczona jest w obudowie z materiału termoizolacyjnego. Każdy moduł metalowo-plastykowy jest zespołem ogniw jednostkowych, połączonych równolegle.

Objętość tej baterii wynosi 140 litrów. Moc 320 W, przy napięciu 6 V, można pobierać z tej baterii przy jej temperaturze 55°C. Przy niższej temperaturze moc baterii spada i np. przy 20°C wynosi 140 W.

Poziom obecnych opracowań konstrukcyjnych pozwala osiągać gęstość mocy od 100 do 200 mW/cm² powierzchni



Rys. 5. Bateria ogniw niskotemperaturowych wodorowych 320 W, 6 V

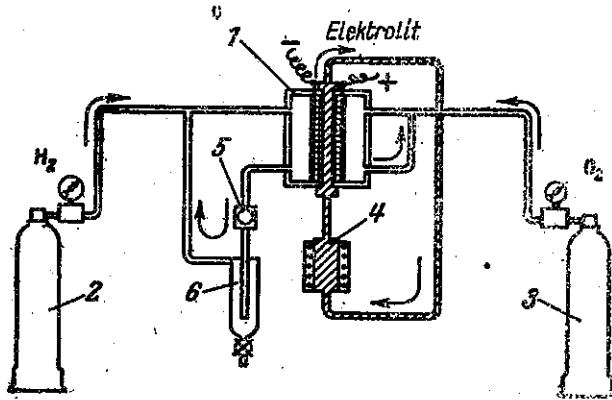
1 - M1+M8 - moduł met - tworzywo /połączenie równoległe/, 2 - wpływ wodoru, 3 - wypływ wodoru, 4 - wpływ tlenu, 5 - wypływ tlenu, 6 - napełnianie elektrolitem, 7 - płyta rozdzielcza cieczy, 8 - szyny połączeń elektrycznych, 9 - przednia pokrywa, 10 - pokrywa tylna, 11 - izolacja termiczna, 12 - zbiornik, 13 - miernik temperatury, 14 - ogrzewacz elektryczny, 15 - regulacja ogrzewania, 16 - chłodzenie powietrzne wymuszone, 17 - wentylator, 18 - urządzenie sterujące wentylatora, 19 - pompa obrotowa wirnika, 20 - urządzenie sterujące pompy zbiornika, 21 - pompa obrotowa chłodzenia powietrznego, 22 - urządzenie sterujące pompy chłodzenia powietrznego

czynnej ogniw, przy napięciu rzędu $0,8 + 0,9$ V, sprawności procesu "spalania" rzędu 70% dla temperatur i ciśnień zbliżonych do temperatury otoczenia i ciśnienia atmosferycznego.

Zastąpienie czystego tlenu przez powietrze pociąga za sobą jednak spadek napięcia w ogniwie o ok. 10%. Spadek ten zależy od warunków zasilania ogniwa powietrzem, gdyż elektrody doprowadzająca powietrze mają tendencję do zatykania się, jeżeli cyrkulacja powietrza nie jest dosta-

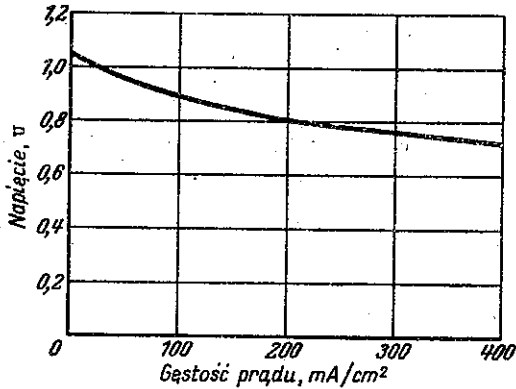
tecznie intensywna. Ponadto zastosowanie powietrza zamiast tlenu w ogniwach z elektrolitem zasadowym wiąże się z koniecznością stosowania odpowiednich filtrów gazu węglowego, które zabezpieczają elektrody przed niszczeniem oraz elektrolit przed neutralizacją. Ta ostatnia niedogodność ogniw zasadowych kieruje uwagę niektórych konstruktorów na ogniwa wodorowo-powietrzne z elektrolitem kwaśnym. Z drugiej jednakże strony, te ostatnie ogniwa mają inne wady. W ogniwach tych materiał elektrod musi być odporny na korozję wywoływaną środowiskiem kwaśnym. Ponadto w środowisku kwaśnym reakcje elektrochemiczne przebiegają wolniej niż w zasadowym, co jest dużą niedogodnością. Ogólne jednak porównanie ogniw wodorowo-tlenowych z elektrolitem zasadowym i kwaśnym daje przewagę tym pierwszym.

W konstrukcji ogniw wodorowo-tlenowych interesujące wyniki uzyskał Bacon (Anglia). Ogniwa wodorowo-tlenowe opracowane przez Bacona pracują przy ciśnieniu roboczym rzędu 20 + 50 at. przy temperaturze 200°C. Rysunek 6 przedstawia schemat instalacji baterii Bacona, a na rys. 7 przedstawiono charakterystykę prądowo-napięciową ogniwa Bacona. Z baterii złożonej z tego typu ogniw można pobierać prąd o gęstości 400 + 450 mA/cm² przy napięciu ok. 0,7 V. Dla reakcji łączenia się tlenu z wodorem w temp. 200°C sprawność η_{maks} wynosi 89,6%, zaś teoretyczna wartość SEM 1,13 V. Ponieważ praktycznie osiągnięte napięcie pracy jest równe 0,7 V, efektywność więc ogniwa Bacona wynosi $\eta_e = \frac{0,7 \text{ V}}{1,13 \text{ V}} = 62\%$, natomiast sprawność o-



Rys. 6. Schemat instalacji baterii wodorowo-tlenowej Baconsa

1 - bateria wodorowo-tlenowa, 2 - butla z wodorem, 3 - butla z tlenem,
4 - podgrzewacz elektrolitu, 5 - pompa obiegu wodoru, 6 - skraplacz pary wodnej



Rys. 7. Charakterystyka woltoamperowa wodorowo-tlenowego ogniwa Baconsa, o ciśnieniu gazu 28 at, pracującego w temp. +200°C

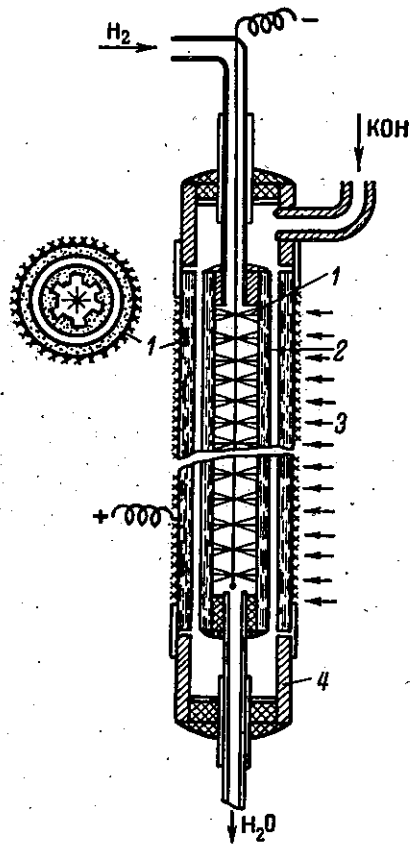
gólna $\eta = \eta_e \cdot \eta_{\text{maks}} = 55\%$. Czas pracy ogniwa Baconsa jest rzędu kilku tysięcy godzin. Wadą tych ogniw jest stosowanie wysokich ciśnień i temperatur, co pociąga za sobą masywność i duży ciężar konstrukcji.

Mimo tych wad, właśnie tego typu ogniwa zastosowane zostały do zasilania aparatury pokładowej w amerykańskich statkach kosmicznych "Apollo" i "Gemini".

Interesujące są również osiągnięcia Justiego (NRF).

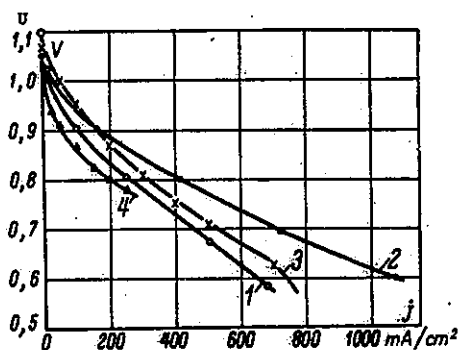
Zaletą ogniw Justiego jest mała wrażliwość na niewielkie zanieczyszczenia gazów oraz praca przy niskiej temperaturze i niskim ciśnieniu, co znacznie zmniejsza straty ciepła i przedłuża okres eksploatacji ogniwa. Ogniwa Justiego posiadają elektrody wysokoaktywne z porowatego niklu Raneya. W temperaturze $70 + 80^{\circ}\text{C}$ mogą one być obciążone prądem o gęstości $700 + 750 \text{ mA/cm}^2$, przy czym polaryzacja nie przekracza $0,04 \text{ V}$. W USA Kordesch (National Carbon Co) pracuje również nad ogniwem wodorowo-tlenowym. Jednakże nie uzyskano tak dużej gęstości prądu i tak małej polaryzacji jak w ogniwie Justiego.

Ogniwo to jest jednak pierwszym, którego produkcję rozpoczęto w USA na skalę przemysłową. Schemat budowy



Rys. 8. Ogniwo paliwowe Kordescha
1 - odbiór prądu, 2 - elektroda wodorowa, 3 - powietrze, 4 - kadłub z masy plastycznej

tego ogniwa przedstawia rys. 8. Ogniwo posiada kształt cylindra, w którym współosiowo umieszczone są dwie elektrody - wodorowa i tlenowa. Elektrody wykonane są z węgla z domieszkami katalitycznymi. Są to elektrody typu



Rys. 9. Charakterystyki napięciowo-prądowe ogniw Bacona, Justiego i Kordescha

1 - ogniwo Bacona /temperatura 200°C, ciśnienie 42 at/, 2 - to samo ogniwo dla temperatury 240°C i ciśnienia 56 at, 3 - ogniwo Justiego /temperatura 80°C, ciśnienie 2,5 at/, 4 - ogniwo Kordescha posiadające takie same parametry pracy jak ogniwo Justiego

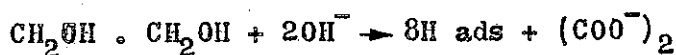
dyfuzyjnego. Charakterystyki napięciowo-prądowe ogniw Bacona, Justiego i Kordescha przedstawia rys. 9.

5. OGNIWA PALIWOWE Z CIEKŁYM PALIWEM

Ten rodzaj ogniw z uwagi na dogodność zastosowania paliwa ciekłego byłby najbardziej interesujący w zastosowaniu do zasilania urządzeń łączności. Jednakże zbudowane prototypy tych ogniw nie posiadają jeszcze zadowalających parametrów.

Ogniwa z ciekłym paliwem działają podobnie jak ogniwa wodorowo-tlenowe, ponieważ paliwo płynne rozkładane jest wstępnie tak, aby można było z niego uzyskać wodór, który "spala" się następnie w normalnym ogniwie wodorowo-tlenowym. Jako paliwo stosuje się w tych ogniwach następu-

jące związki LiH, CH₃OH (metanol)^{x)}, NH₃, NH₂-NH₂ (hydrazyna)^{xx)} i inne. Wodór otrzymywać można również na drodze katalitycznego odwadniania cieczy organicznych np. spirytusów. Glikol etylowy CH₂OH . CH₂OH w środowisku alkalicznym, w obecności katalizatora, można rozłożyć w celu uzyskania wodoru wg reakcji:



Taką drogą uzyskany wodór wprowadzony zostaje do ogniwa w celu przemiany na energię elektryczną.

Kończąc ten rozdział należy jeszcze wyjaśnić, że inne rodzaje ogniw paliwowych jak np. ogniwa paliwowe gazogeneratorowe (działające w oparciu o utlenianie węgla), ogniwa ze stałymi elektrolitami czy też ogniwa typu redoks (w ogniwach tych wykorzystuje się pośrednie związki chemiczne) nie posiadają dotychczas zalet eksploatacyjnych, które uzasadniałyby ich zastosowanie do zasilania środków łączności.

6. OGÓLNE PORÓWNANIE OGNIW PALIWOWYCH

Jak już wyżej wspomniano, ogniwa niskotemperaturowe oraz niskociśnieniowe cechują się właściwościami, które predysponują te ogniwa do zastosowań w łączności.

x) Metanol - spirytus drzewny

xx) Hydrazyna - łatwo rozkładająca się ciecz o właściwościach słabo zasadowych.

Jednakże zwrócić należy uwagę również na inne aspekty ich zastosowania, nie tylko na osiągnięte parametry techniczne. W szczególności rozpatrzyć należy zagadnienie z punktu widzenia ekonomicznego. Interesujące są zagadnienia związane z ceną, ciężarem, objętością, wytrzymałością na długotrwałą pracę oraz ze sprawnością przetwarzania.

Problem wytrzymałości ogniw paliwowych jest zagadnieniem trudnym do uchwycenia, gdyż badane dotychczas ogniwka to bądź prototypy, bądź też urządzenia, które w ostatnich latach trafiły do produkcji. W związku z tym, nie ma jeszcze dostatecznie długiego okresu czasu niezbędnego do oszacowania tej właściwości ogniw paliwowych. Wnioski szacunkowe sugerują kilkuletnią wytrzymałość ogniw paliwowych wodorowo-tlenowych z elektrolitem zasadowym.

W tablicy 1 przedstawiono porównanie cech ogniw paliwowych wodorowo-tlenowych.

W tablicy 2 zestawiono cechy charakterystyczne ogniw paliwowych bezpośrednich z paliwami innymi niż wodór.

Najniższe ciężary i koszty nakładowe uzyskuje się dla ogniw wodorowo-tlenowych przedstawionych w tabl. 1. Interesująco przedstawia się porównanie ciężarów różnych źródeł prądu w stosunku do 1 kWh. Porównanie to przedstawia graficznie rys. 10. Na rysunku tym porównano akumulator ołowiowy, zasadowy, kadmowo-nikłowy, ogniwo cynkowo-powietrzne oraz niektóre ogniwa paliwowe.

Wykresy na rys. 11 przedstawiają nakłady (w frankach francuskich) na 1 kWh, w zależności od czasu pracy ogniw i akumulatorów.

x/
T a b l i c a 1

Cechy charakterystyczne ogniw wodorowo-tlenowych

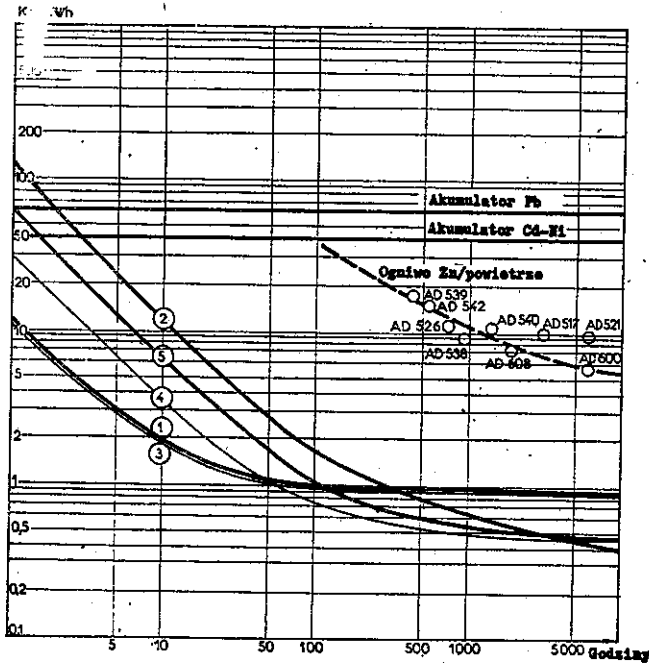
Ciśnienie i temperatura pracy	Elektrolit	Elektroda wodorowa /H ₂ /	Elektroda tlenowa /O ₂ /	Średnia gęstość mocy oraz osiągnięta napięcia	Zalety i wady
Ogniw średniotemperaturowe T ≈ 200°C ciśnienie p ≈ 40 at	KOH	Ni	Ni + NiO	200 + 400 mW/cm ² 0,8 do 0,9 V	Wady. Wysoka temp. i wysokie stosunkowo ciśnienie. Niemożliwe stosowanie powietrza.
Ogniw niskotemperaturowe i niskociśnieniowe T ≈ 20 + 60°C p ≈ 1 + 3 at	KOH	Ni Raney'a Ni+Pt, Pd C+Pt, Pd	Ag C C + Ag	100 + 200 mW/cm ² 0,8 do 0,9 V	Zaleta. Możliwość użycia powietrza zamiast tlenu. Wada. Konieczność użycia filtru do gazu węglowego /dwutlenku węgla/
Niskociśnieniowe niskotemperaturowe T ≈ 20 + 60°C p ≈ 1 at	H ₂ SO ₄	Ta+Pt Nb + Pt C + Pt	Ta+Pt Nb+Pt C + Pt.	100 mW/cm ² 0,7 do 0,8 V	Zaleta. Możliwość użycia powietrza. Wada. Zastosowanie drógich metali na elektrody.

x/ Wg Revue Française de L'énergie Nr 175 "Les piles a combustible a basse temperature"
O. Bloch, Y. Ezeille, P. Degobert.

Osoby chara "wystyyczne ogniwo paliwowych bezpośrednich z paliwami innymi niż wodór

Rodzaj paliwa i temp. pracy oraz rodzaj ogniwa	Elektrolit	Katalizator elektrody	Gęstość mocy i napięcie	Wady i zalety
Węglowodory CH_4, C_2H_6, C_3H_8 i.d. Temperatura $100 \pm 200^\circ C$	Roztwór sólony H_2SO_4	H_2Pt O_2Pt	$10 \pm 60 \text{ mW/cm}^2$ $0,4 \text{ do } 0,5 \text{ V}$	Wysoki koszt ogniwa. Elektroda narazona na działanie CO_2 . Niestabilność właściwości elektrolitu w czasie
Ogniwo z paliwem alkoholowym. CH_3OH /metanol/, gli- kol. Inne alkohole lub pochodne utle- nione. Temp. $20 \pm 80^\circ C$	KOH	$CH_3OH:Pt, Pd$ $Ni_2O_3:Ag, Pt,$ Pd , tlenki	$20 \pm 100 \text{ mW/cm}^2$ $0,6 \text{ do } 0,7 \text{ V}$	Nasylenie elektrolitu kwasem węglowym $/CO_2/$
Pochodne azotu NH_2-NH_2 /hydrazyna/ w temp. $20 \text{ do } 60^\circ C$ NH_3 w temp. $200 \text{ do } 400^\circ C$	H_2SO_4 KOH Stopione wodorotlenki	$CH_3OH:Pt$ $O_2:Pt$ $NH_2-NH_2:Ni,$ $CO O_2:O, Ag$ $NH_3: Pt$ $O_2:NiO-Li$	$10 \text{ do } 60 \text{ mW/cm}^2$ $0,4 \text{ do } 0,5 \text{ V}$ $60 \pm 200 \text{ mW/cm}^2$ $0,8 \text{ do } 0,9 \text{ V}$ $100 \pm 200 \text{ mW/cm}^2$ $0,7 \text{ do } 0,8 \text{ V}$	Wysoka cena ogniwa. Elektrolit nierażliwy na działanie kwasu węglowego Wysoka cena hydrazyny. Nasylenie elektrolitu przez CO_2 z powietrza Nasylenie elektrolitu przez CO_2 z powietrza
Ogniwa specjalne z paliwem stałym	KOH	$Na, Li: stal$ $O_2: C, Ag$	$300 \pm 600 \text{ mW/cm}^2$ $1 \text{ do } 1,2 \text{ V}$	Wysoka cena paliwa
Na, Li w temp. $20 \text{ do } 60^\circ C$. Ogniwo typu redoksy	Różne środki ki zwilżające żelaz kwasowy, zasady, roztwory	$Reduk. C, Ni,$ stal. Utlen. $C, Ni,$ stal	$100 \pm 300 \text{ mW/cm}^2$ $0,5 \text{ do } 0,6 \text{ V}$	Wysoka cena ogniwa

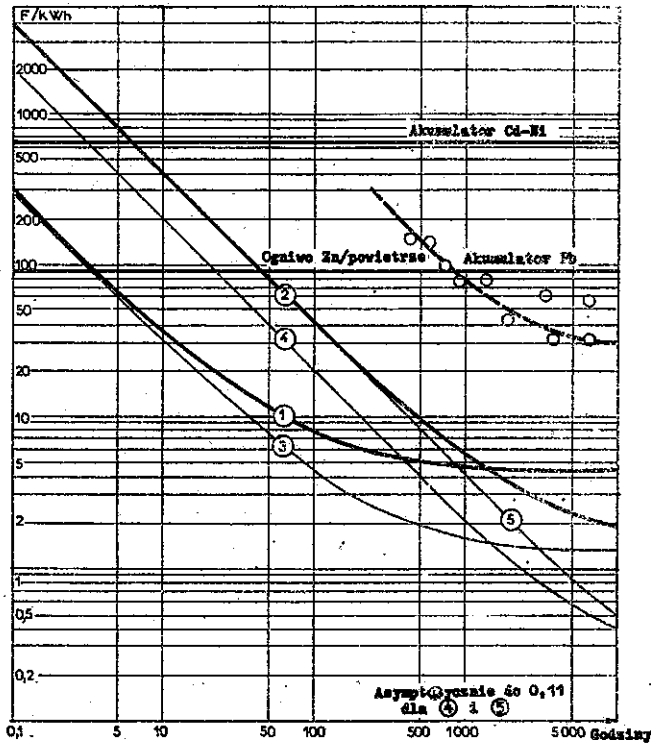
X/WG Revue Française de l'énergie Nr 175 "Les piles a combustible a basse temperature". O. Blochy, Y. Brunelle, P. Degobert.



Rys. 10. Ciężar ogólny przypadający na 1 kWh dla akumulatorów, ogniw cynkowo-powietrznych oraz ogniw paliwowych typu paliwo-powietrze

1 - ogniwo hydrazynowe $\eta = 0,32$ /ciężar paliwa 0,39 kg/kWh/; 2 - ogniwo hydrazynowe $\eta = 0,73$; 3 - ogniwo wodorowe $\eta = 0,5$ /ciężar paliwa 0,45 kg/kWh/; 4 - ogniwo metanolowe kwasowe bezpośrednie $\eta = 0,36$ /ciężar paliwa 0,16 kg/kWh/; 5 - ogniwo metanolowe pośrednie $\eta = 0,36$ /ciężar paliwa 0,16 kg/kWh/

Jak z tych porównań wynika, ogniwa paliwowe wyróżniają się korzystnie tak co do ciężaru, jak i co do kosztu w stosunku do akumulatorów i ogniw cynkowo-powietrznych. Jednakże należy tu wyjaśnić, że wartości odnoszące się do akumulatorów są funkcją możliwości ich ponownego ładowania. Przeliczone one zostały w stosunku do jednorazowego wyladowania akumulatorów w ciągu 10 godzin (bez ładowania). Z drugiej jednak strony liczby związane z ogniwami paliwowymi są podwyższone, gdyż liczono ciężar i ceny paliwa koniecznego dla okresowego działania urzą-



Rys. 11. Koszty ogólne /w frankach franc./ przypadające na 1 kWh dla akumulatorów, ogniw cynkowo-powietrznych oraz ogniw paliwowych typu paliwo-powietrze

- 1 - ogniwo hydrazynowe $\eta = 0,32$ /koszt paliwa wraz z rezerwą 1,48 F/kWh/;
 2 - ogniwo hydrazynowe $\eta = 0,73$; 3 - ogniwo wodorowe $\eta = 0,65$ /koszt paliwa 0,67 F/kWh/;
 4 - ogniwo metanolowe kwasowe bezpośrednie $\eta = 0,36$ /koszt paliwa 0,04 F/kWh/;
 5 - ogniwo metanolowe pośrednie $\eta = 0,36$ /koszt paliwa 0,04 F/kWh/

dzenia. Dla akumulatorów uzyskuje się charakterystyki w funkcji czasu stałe, gdyż żądaną pojemność uzyskuje się przez łączenie i sumowanie identycznych elementów. Krzywe przedstawione na rysunkach 10 i 11 wykazują, że gdy czas pracy ogniw paliwowych przekracza kilkadziesiąt godzin, ich ciężary i koszty przedstawiają się korzystnie. Dla krótszych czasów działania ogniw paliwowych (pomie-

dzy 5 a kilkaset godzin) ogniwa hydrazynowe i wodorowe są bardziej odpowiednie.

Dla dłuższych czasów działania ogni (ponad 1000 godzin) znaczenia nabiera koszt paliwa oraz koszt zbiornika paliwa. Dlatego też w tym przypadku celowe jest stosowanie ogni metanolowych lub hydrazynowych.

Baterie hydrazynowe lub wodorowo-tlenowe jako źródła energii małej mocy mogą być konkurencyjne w stosunku do zespołów spalinowo-elektrycznych.

Obecne możliwości konstrukcyjne pozwalają uzyskać dla ogni wodorowo-tlenowych ciężar jednostkowy rzędu 75 kg/kW, przy temperaturze pracy 20°C i sprawności przetwarzania 63%. Dla wyższych temperatur, przy niezminionej sprawności, zwiększa się gęstość mocy, zachowując zaś stałą moc, ciężar ogniwa maleje. Dla temperatury pracy 50°C ciężar obniża się do 40 kg/kW. Spodziewać się można, że w najbliższym czasie uzyska się ogniwa o ciężarze 30 kg/kW przy sprawności 63%. Optymistyczne przewidywania przyszłościowe zakładają osiągnięcie ciężaru 5 kg/kW.

Wyżej przytoczone liczby nie uwzględniają ciężarów urządzeń pomocniczych. Uwzględniając ciężary urządzeń pomocniczych szacuje się, że osiągnięte zostaną łączne ciężary rzędu 10 do 35 kg/kW.

Dla dalszego porównania podać można, że wprawdzie ciężary silników spalinowych samochodowych wynoszą ok. 3 + 5 kg/kW, lecz jeżeli do tego dodać ciężary skrzyni przekładniowej, sprzęgła, mechanizmu różnicowego, chłodnicy, prądnicy, rozrusznika i innych urządzeń pomocni-

czych, ciężar ten rośnie do 8 kg/kW dla specjalnych napędów lekkich i do 20 kg/kW dla normalnych silników napędowych.

Dla silników napędowych dieslowskich dla statków morskich ciężar ten wynosi ok. 40 kg/kW, zaś dla napędu nuklearnego, np. na statku USA "Savannah", dochodzi do 200 kg/kW. Ciężary zespołów spalinowo-elektrycznych są dość znaczne i wynoszą średnio 25 + 70 kg/kW.

Jednakże dotychczas jeszcze ogniwa paliwowe nie mogą skutecznie konkurować z silnikami spalinowymi, szczególnie dla krótkich okresów pracy (rzędu kilku godzin).

Ogólnie mówiąc, ogniwa paliwowe wykazują zalety takie, jak: brak ruchomych części, brak hałasu, wibracji, dymów, promieniowania ciepłego (co umożliwia np. dobre ich maskowanie w technice wojskowej), dużą sprawność energetyczną, prostotę obsługi.

Do wad zalicza się: ograniczony okres pracy, wyższą cenę materiału paliwowego przypadającą na 1 kWh w porównaniu z ceną ciekłego paliwa dla silników cieplnych, niebezpieczeństwo wybuchu gazowego ogniwa paliwowego.

7. KIERUNKI ROZWOJOWE OGNIW PALIWOWYCH

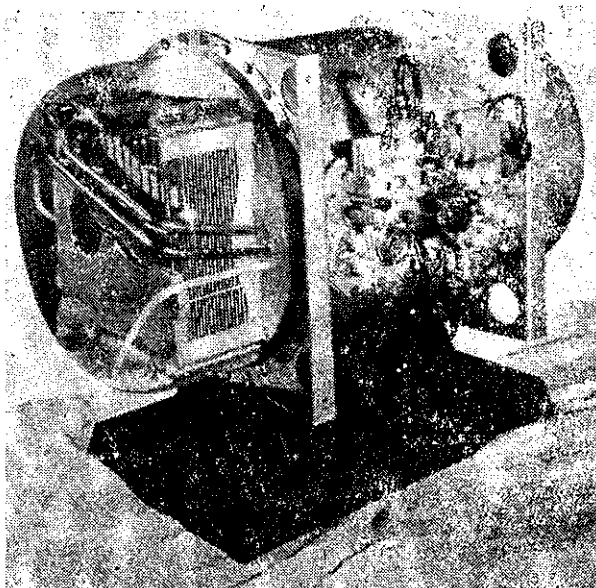
W dążeniu do przedłużenia czasu żywotności ogniw kontynuowane są prace w kierunku doboru odpowiedniego zestawu materiału elektrod, elektrolitów, katalizatorów, temperatury i ciśnienia. Przewiduje się, że to zadanie zostanie rozwiązane pomyślnie w najbliższej przyszłości. Niebezpieczeństwo wybuchu usuwa się przez zapewnienie

niezawodnej szczelności instalacji zawierającej materiał paliwowy i utleniacz. Najbardziej skomplikowane zagadnienie to znalezienie sposobu otrzymania tanich paliw gazowych (H_2 i CO).

Wiele uwagi poświęca się obecnie ogniwoom paliwowym dążąc do opracowania baterii ogniw, które można by zastosować do zasilania urządzeń w miejscach oddalonych od sieci elektroenergetycznych, w łodziach podwodnych, samochodach, statkach kosmicznych i innych środkach lokomocji. W wielu dziedzinach zastosowanie ogniw paliwowych będzie uzasadnione wówczas, jeżeli wykażą się one lepszymi parametrami energetycznymi i eksploatacyjnymi od dotychczasowych tradycyjnych źródeł energii, takich jak ogniwa akumulatorowe czy też prądnice z napędem spalinywym.

8. MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWAŃ OGNIW PALIWOWYCH

Ogniwa paliwowe, szczególnie wodorowo-tlenowe, znalazły już zastosowanie praktyczne. Ogniwa te zastosowane zostały jako główne źródła energii na amerykańskich statkach kosmicznych typu "Apollo" i "Gemini". Przykład ten świadczy, że ogniwa paliwowe zyskały już odpowiednie zaufanie co do niezawodności swego działania. Baterię paliwową statku "Gemini" przedstawia rys. 12 a rys. 13 przedstawia przebieg montażu baterii ogniw paliwowych dla statków kosmicznych "Apollo" w wytwórni Pratt-Whitney.

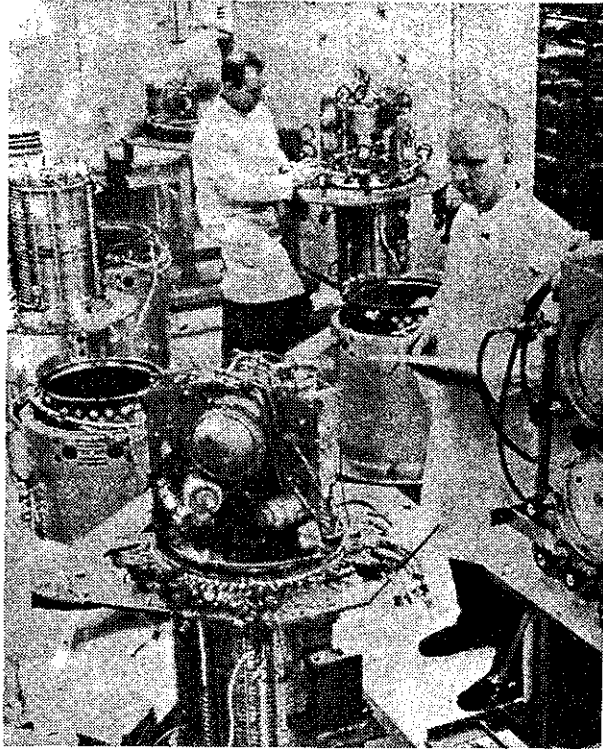


Rys. 12. Bateria paliwowa statku "Gemini"

Zastosowane w tych statkach ogniwa pracują przy wyższych temperaturach i ciśnieniach. Są to ogniwa typu Bacona.

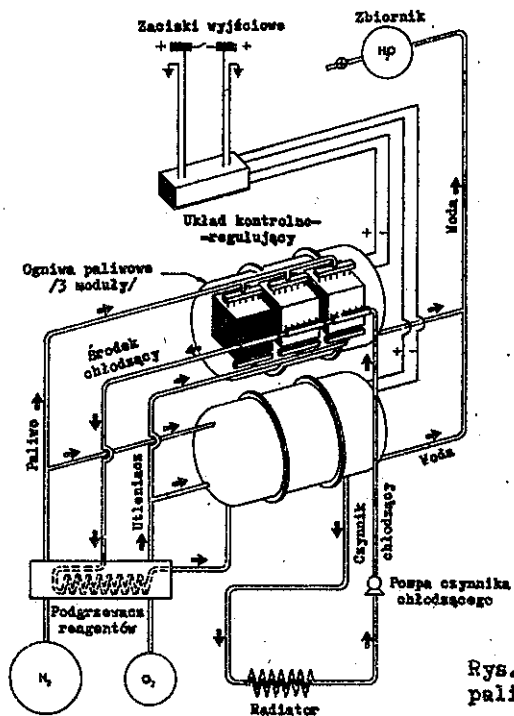
Rysunek 14 obrazuje schemat ogólny instalacji baterii paliwowej statku "Gemini".

Przewidywać można, że ogniwa wodorowo-powietrzne znajdą wkrótce szersze zastosowanie w trakcji samochodowej i kolejowej, w żegludze, na stacjach pomp, do zasilania wsi lub gospodarstw położonych z dala od sieci elektroenergetycznych. Jako źródła zasilania rezerwowego użyte zostaną ogniwa paliwowe do zasilania środków łączności, do zasilania szpitali, miejsc publicznych, takich jak kina, teatry, szkoły, wreszcie do zasilania sygnalizacji kolejowej i lotniczej, sygnalizacji oznakowania dróg morskich itd.

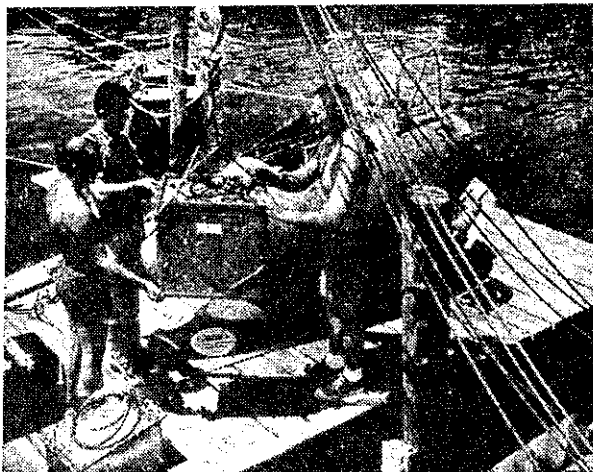


Rys. 13. Widok montażu baterii paliwowych dla statków kosmicznych "Apollo" w wytwórni Pratt Whitney

W przypadku gdy ogniwa paliwowe przewidywane będą jako źródła zasilania rezerwowego, w celu zmniejszenia nakładów inwestycyjnych, można będzie stosować wodór sprężony, co powiększa wprawdzie koszty eksploatacji, lecz upraszcza instalację baterii paliwowej. Zasilanie np. systemów sygnalizacji dróg morskich i lądowych, które nie wymagają dużej mocy lecz ciągłej pracy, będzie można rozwiązywać w oparciu o paliwo wodorowe o niskiej cenie. Baterie takie muszą natomiast gwarantować czas działania rzędu 20000 godzin.

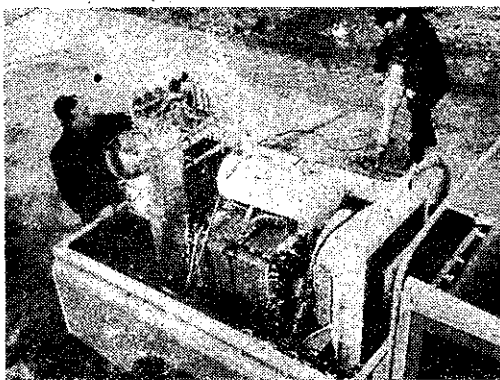


Rys. 14. Schemat instalacji baterii paliwowej statku kosmicznego "Gemini"



Rys. 15. Przykład zastosowania baterii ogniw paliwowych do napędu małej łodzi podwodnej /Moc baterii 750 W/

Ciekawy przykład zastosowania ogniw paliwowych do napędu małej łodzi podwodnej przedstawiony jest na rys. 15. Przewoźną barierę paliwową przedstawia rys. 16. Jest to zespół prądotwórczy produkowany dla Brytyjskiego Ministerstwa Lotnictwa. Wodór jest tu wytwarzany z metanolu i wody przez generator umieszczony na lewo od ogniw paliwowych. Chłodnica umieszczona jest po prawej stronie ogniw, zaś układ regulacji znajduje się za generatorem wodoru. Zespół ten zawiera dwie baterie paliwowe składające się z 62 ogniw każda. Sprawność termiczna wynosi



Rys. 16. Przewoźny zespół ogniw paliwowych

50 + 60%. Moc znamionowa zespołu wynosi 4 kW, a moc całkowita wytwarzana 5 kW. Około 300 W pobierają urządzenia własne, takie jak: dmuchawa powietrza, pompa mieszająca elektrolit, generator wodoru i wentylator chłodzący. Zużycie energii na potrzeby własne oraz straty ciepłne obniżają ogólną sprawność zespołu do 20%. Działanie zespołu jest zautomatyzowane. Uruchamianie odbywa się przez naciśnięcie przycisku.

9. MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA OGNIW PALIWOWYCH DO ZASILANIA URZĄDZEŃ ŁĄCZNOŚCI

Badaniem możliwości i celowości zastosowania ogniw paliwowych w telekomunikacji zajmuje się na terenie CCITT specjalna komisja studiów (GAS-4), utworzona w 1964 r. Komisja ta prowadzi studia w zakresie różnych niekonwencjonalnych źródeł energii, jakie mogą znaleźć zastosowanie w miejscowościach oddalonych od sieci elektroenergetycznej. W obecnym stadium prac Komisja wyłoniła grupę specjalistów, którzy opracowują podręcznik zawierający informacje na ten temat.

Podczas zebrania, które odbyło się w styczniu 1967 r. Komisja w odniesieniu do zastosowania ogniw paliwowych w telekomunikacji wyraziła następujący pogląd:

"Postęp w dziedzinie ogniw paliwowych jest bardzo szybki, co w konsekwencji powoduje obniżenie ich kosztu. W przypadku np. ogniw, w których uzupełnia się zarówno paliwo jak i elektrolit, koszt został w przybliżeniu obniżony trzykrotnie. Jednakże aczkolwiek rozwój ogniw paliwowych jest nadal szybki, to dotąd nie znalazły one jeszcze określonego zastosowania w telekomunikacji, jak również nie pracowały w sposób ciągły przez długi okres bez obsługi. Z tego względu ogniwa paliwowe powinny być uważane jako ewentualnie możliwe do zastosowania w najbliższej przyszłości. Będą więc omówione w jednym z rozdziałów opracowywanej przez Komisję publikacji".

Mimo pewnej rezerwy przejawiającej się w przytoczonym wyżej poglądzie należy jednak przewidywać, że zastosowa-

nie ogniw paliwowych do zasilania urządzeń telekomunikacyjnych może być w pewnych przypadkach bardzo korzystne. Na potwierdzenie tego można przytoczyć wiadomości pochodzące z prasy technicznej o zastosowaniu ogniw paliwowych w urządzeniach linii radiowych, w różnych krajach. Na przykład w Szwajcarii zastosowano ogniwa paliwowe do zasilania przemiennika telewizyjnego położonego na wysokości 2900 m. Jako paliwo stosowany jest metanol oraz tlen z powietrza. Bateria zasilająca może bez przerwy zasilać przemiennik w czasie ok. 9 miesięcy i nie wymaga żadnej obsługi. Sądzić można, że baterie paliwowe znajdą w niedalekiej przyszłości zastosowanie do:

- zasilania odosobnionych stacji linii radiowych,
- zasilania urządzeń ochrony katodowej kabli w miejscowościach niezelektryfikowanych,
- zasilania przewodnych urządzeń takich, jak: stacje wzmacniakowe, stacje linii radiowych, stacje radiokomunikacyjne, stacje radiolokacyjne itp.,
- zasilania urządzeń łączności na jednostkach pływających,
- zasilania rezerwowego obiektów telekomunikacyjnych stałych, zastępując zespoły spalinowo-elektryczne oraz w niektórych przypadkach baterie akumulatorów.

Można przewidywać, że w niektórych przypadkach baterie paliwowe współpracowałyby z przetwornicami półprzewodnikowymi, które przekształcałyby prąd stały otrzymany z ogniw paliwowych na prąd przemienny.

Można sądzić, że zakres mocy potrzebnych do wyżej wymienionych celów zawierać się będzie w przedziale od 0,5 do kilkudziesięciu kW do zasilania urządzeń przewoźnych oraz od kilkunastu do stukilkudziesięciu kW jako źródeł rezerwowych zasilających urządzenia stacjonarne.

Spodziewane korzyści z zastosowania ogniw paliwowych w telekomunikacji można streścić następująco:

- mniejszy ciężar na jednostkę mocy w porównaniu do innych źródeł,
- duża sprawność przetwarzania energii,
- praca bez szkodliwych drgań,
- stosunkowo łatwe zaopatrywanie w paliwo gazowe w postaci sprężonej w butlach,
- praca bez stałej obsługi.

Do wad - zwłaszcza w obecnym okresie rozwojowym - trzeba zaliczyć głównie wysoki stosunkowo koszt w porównaniu np. do zespołów spalinowo-elektrycznych, lecz niższy w odniesieniu do samych akumulatorów /wg źródeł francuskich/. O innych wadach trudno jest wnioskować ze względu na brak dłuższych doświadczeń eksploatacyjnych w telekomunikacji.

Należy zauważyć, że koszty zarówno nakładowe jak i w pewnej mierze koszty eksploatacji (paliwo) w odniesieniu do urządzeń łączności nie odgrywają tak zasadniczej roli, jak w przypadku np. zastosowania ogniw paliwowych do napędu samochodów. Wynika to stąd, że baterie ogniw paliwowych, które mogłyby znaleźć zastosowanie w teleko-

munikacji do zasilania ciągłego, byłyby niewielkiej mocy, zaś urządzenia o mocy większej przewiduje się jako źródła rezerwowe do pracy krótkotrwałej (kilkadziesiąt godzin w skali rocznej). Wobec wysokich kosztów samych urządzeń zasilanych, np. radiowych, koszt urządzeń zasilających stanowi zawsze niewielki procent, którego nawet kilkakrotne zwiększenie nie wpłynie poważnie na ogólny koszt. Jako rekompensaty spodziewać się można korzyści eksploatacyjnych takich, jak łatwość instalowania i pewność działania.

Omawiając ogólnie przydatność ogniw paliwowych w telekomunikacji należy brać pod uwagę, że stanowią one dość skomplikowane urządzenie składające się z właściwego ogniwa, zbiorników reagentów, urządzeń doprowadzających reagenty oraz urządzeń regulacyjnych. Dlatego też ich zastosowanie byłoby celowe tylko tam, gdzie wymagane jest wytwarzanie większych ilości energii elektrycznej, z dala od sieci energetycznych, a urządzenia te mogą mieć większy ciężar i objętość.

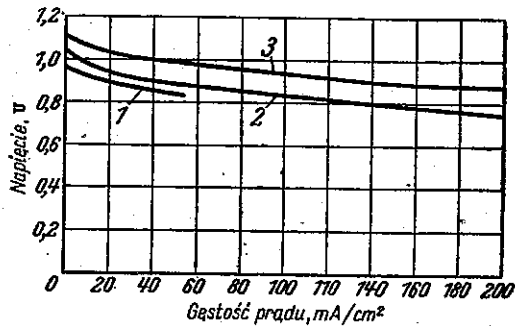
Duże nadzieje wiąże się z pracami zmierzającymi do zastosowania ogniw paliwowych do napędu pojazdów samochodowych. Ta dziedzina interesuje również administracje łączności, z uwagi na posiadanie dużego taboru samochodowego o specyficznych warunkach eksploatacyjnych.

Rozpatrzmy jeszcze możliwość zastosowania baterii paliwowych jako podstawowych źródeł zasilania stacjonarnych urządzeń łączności. Dla przykładu rozpatrzmy problem zasilania central telefonicznych. Jak wiemy, centralne telefoniczne elektromechaniczne wymagają zasilania na-

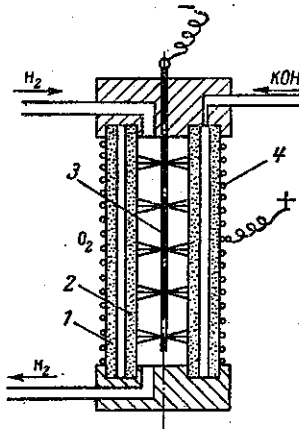
pięciem stałym o napięciach znamionowych 50 lub 60 V. Założmy, że zmiany napięcia zawierać się mogą w granicach $\pm 10\%$. Tak duże zmiany napięcia zasilającego możliwe są oczywiście tylko w przypadku central systemu krzyżowego. Jeżeli założymy, że baterie paliwowe większych mocy na prądy rzędu kilkuset amperów wejdą do produkcji za kilkanaście lat, to można by również założyć, że znajdą one zastosowanie do zasilania central elektronicznych, które również za lat kilkanaście wejdą do produkcji. Ale o tych ostatnich już dziś wiemy, że wymagają różnych co do wartości napięć stałych o bardzo wysokiej stabilności (poniżej 1%, co stawia pod znakiem zapytania możliwość zasilania tych central bezpośrednio z baterii paliwowej, bez konieczności zastosowania dodatkowych przetwornic napięć).

Jak wynika z charakterystyk napięciowo-prądowych ogniw paliwowych ich napięcie w znacznej mierze zależy od gęstości pobieranego prądu. Niektóre rodzaje ogniw paliwowych, np. ogniwa opracowane przez Union Carbide Corporation, których charakterystyki napięciowo-prądowe przedstawione są na rys. 17, a schemat ogniwa na rys. 18, mogłyby być brane pod uwagę do zasilania bezpośredniego central telefonicznych elektromechanicznych z uwagi na małą zależność ich napięcia od gęstości pobieranego prądu.

Jednakże zasilanie bezpośrednio central elektronicznych wydaje się niemożliwe bez zastosowania odpowiedniego stabilizatora napięcia, co przy założeniu znacznych wartości pobieranego prądu (do kilkuset amperów)



Rys. 17. Woltamperowe charakterystyki ogniwa wodorowo-tlenowego z elektrodami węglowymi, firmy Union Carbide Corporation
Temp. 60°C. Ciśnienie gazu w ogniwie: 1 - 1 at /1958/; 2 - 10 at /1958/;
3 - 1 at /1959/



Rys. 18. Ogniwo wodorowo-tlenowe z koncentrycznymi elektrodami węglowymi

- 1 - elektroda tlenowa, 2 - elektroda wodorowa,
3 - odprowadzenie prądu od elektrody wodorowej,
4 - odprowadzenie prądu od elektrody tlenowej

wyduje się zagadnieniem dość trudnym do technicznego rozwiązania. Zachodzi teraz pytanie, jak dalece mogą być konkurencyjne baterie paliwowe z punktu widzenia ekonomii przetwarzania energii w stosunku do prostowników zasilających urządzenia telekomunikacyjne, stacjonarne, np. centrale telefoniczne. Najnowsze prostowniki tyrystoro-

we o napięciu stabilizowanym, które w obecnych latach wchodzi do zastosowań praktycznych, mają sprawność średnio rzędu 85 + 90%. Pod tym względem przewyższają one ogniwa paliwowe, w których dotychczas osiągnane sprawności są rzędu 75%.

Jeżeli nawet założyć, że w niedalekiej przyszłości sprawność ogniw paliwowych wzrośnie do wartości osiągniętej przez prostowniki, i uwzględniając fakt, że w większości przypadków trzeba będzie zastosować urządzenie stabilizujące napięcie o sprawności ok. 90%, to w wyniku otrzymamy: obniżenie ogólnej sprawności poniżej sprawności prostowników oraz układ zasilania dość skomplikowany i raczej kosztowny. Ważniejszy jednak z ekonomicznego punktu widzenia jest koszt wyprodukowania 1 kWh przy pomocy baterii paliwowej w stosunku do kosztu tej ilości energii otrzymywanej z sieci elektroenergetycznej i przekształconej przez prostowniki. Pod tym względem baterie paliwowe mogą okazać się w przyszłości konkurencyjne. Reasumując powyższe wydaje się, że jeżeli rozwój ogniw paliwowych pozwoli osiągnąć mniejszą niż dotychczas zależność napięcia wyjściowego od prądu obciążenia i jeżeli koszt 1 kWh będzie niższy od kosztu 1 kWh otrzymywanej z prostowników, to baterie paliwowe znaleźć mogą zastosowanie również do zasilania stacjonarnych urządzeń łączności o dużej mocy.

Na zakończenie powyższych rozważań zauważyć należy, że zastosowanie baterii paliwowych do omawianego celu uwarunkowane musi być również równorzędnością nakładów inwestycyjnych w stosunku do zestawu tradycyjnego, pro-

stówniki współpracujące równolegle z bateriami, oraz łączyć się musi z uzyskaniem wysokiej pewności ciągłości zasilania.

WYKAZ LITERATURY

1. Aleksiejew G.N.: Bezpośrednia przemiana różnych rodzajów energii na energię elektryczną i mechaniczną. WNT.
2. Minorski S.: Perspektywy rozwoju energetyki. WNT 1963.
3. Szymaniak S., Leskiewicz A.: Energetyka przyszłości. Wyd. MON 1966.
4. Bogacki W.S., Florow W.N.: Chemiczne źródła energii elektrycznej. WNT 1965.
5. Revue française de L'energie 175.

Jan Skowroński

ZASTOSOWANIE PRZETWORNIC TRANZYSTOROWYCH W SYSTEMACH TELEKOMUNIKACYJNYCH W POLSCE

1. WSTĘP

Tranzystorowe przetwornice mocy coraz powszechniej stosuje się do zasilania urządzeń łączności, urządzeń automatycznego sterowania i innych odbiorników, które wymagają zasilania napięciem stałym o wartości innej niż źródło napięcia stałego istniejące do dyspozycji, lub też odbiorników, które wymagają zasilania napięciem przemennym w warunkach, gdy brak jest tego napięcia, a do dyspozycji istnieje źródło prądu stałego. Dogodność przetwarzania energii prądu stałego za pomocą przetwornic tranzystorowych na energię prądu stałego o innym napięciu lub napięcia stałego na napięcie przemiennie jedno lub wielofazowe powoduje, że wyparły one już praktycznie z zastosowania przetwornice wibratorowe w zakresie mocy od ułamków wata do kilkudziesięciu watów oraz skutecznie wypierają przetwornice maszynowe wirujące w zakresie mocy setek watów, a nawet kilku kilowatów.

Przetwornice tranzystorowe przetwarzają energię prądu stałego o napięciu kilku woltów do kilkudziesięciu woltów. Przetwornice tranzystorowe przewyższają przetwornice wibratorowe i maszynowe pod względem sprawności energetycznej, ciężaru i wymiarów. Są one odporne na zna-

czne przyspieszenia mechaniczne i wstrząsy, co łącznie z innymi zaletami spowodowało zastosowanie tych przetwornic w technice raketowej oraz w pojazdach kosmicznych.

Do wad przetwornic tranzystorowych zaliczyć można ich wrażliwość na przepięcia i przetężenia, co zmusza do stosowania specjalnych zabezpieczeń przed skutkami tych stanów.

Przetwornice tranzystorowe o różnym przeznaczeniu w telekomunikacji zostały opracowane i wprowadzone do produkcji w Polsce wcześniej niż w wielu innych krajach o wysokiej technice.

Przetwornice tranzystorowe, przedstawione w niniejszej publikacji, opracowane zostały w Zakładzie Energetyki Instytutu Łączności w Warszawie w latach 1962 do 1966.

Zespół pracowników IŁ w składzie mgr inż. Jan Skowroński, mgr inż. Tadeusz Kunert, inż. Aleksander Kociałkowski i inż. Wiesław Kinasiewicz otrzymał w 1967 r. nagrodę Przewodniczącego Komitetu Nauki i Techniki za opracowanie opisanych w niniejszej publikacji przetwornic tranzystorowych, za wdrożenie ich do produkcji oraz za opracowanie systemów zasilania przy wykorzystaniu tych przetwornic.

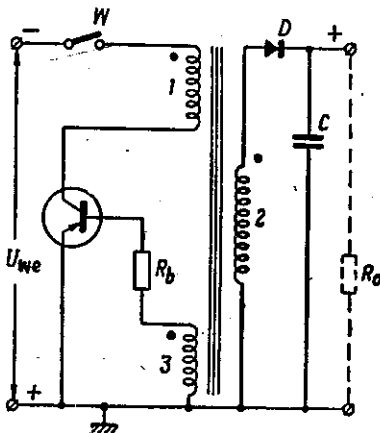
Autor dziękuje wyżej wymienionym kolegom za udostępnienie notatek technicznych.

2. ZASADA DZIAŁANIA PODSTAWOWYCH UKŁADÓW PRZETWORNIC TRANZYSTOROWYCH

2.1. Przetwornica samowzbudna jednotaktowa

Przetwornica taka, zwana też generatorem samowzbudnym, której schemat przedstawia rys. 1, nie pozwala na osiąganie większych mocy. Jednakże z uwagi na jej prostą budowę wypada tu omówić w skrócie zasadę działania układu.

W działaniu przetwornicy rozróżnia się stan, w którym oporność tranzystora (emiter-kolektor) jest mała, co powoduje przepływ prądu ze źródła i magazynowanie energii w polu magnetycznym transformatora. Gdy oporność tranzystora jest duża (stan zaporowy), następuje proces przekazywania energii do obciążenia. Opornik R_b zapewnia wstępną polaryzację tranzystora, co ułatwia wzbudzenie się drgań. Opornik ten umożliwia również regulowa-



Rys. 1. Schemat przetwornicy samowzbudnej jednotaktowej

nie przenoszonych mocy przez przetwornicę. Uzwojenia transformatora są tak połączone, że na ich końcach oznaczonych kropkami powstają jednocześnie potencjały o tej samej biegunowości.

Po zamknięciu wyłącznika W przez tranzystor zaczyna płynąć prąd bazowy I_b i kolektorowy I_k . Ponieważ uzwojenia transformatora posiadają indukcyjność, prąd kolektorowy narasta z opóźnieniem. Wzrost prądu powoduje wzrost strumienia, a więc narastanie namagnesowania rdzenia transformatora. W tym stanie na zaciskach uzwojeń indukuje się SEM. Jeżeli uzwojenie sprzężenia zwrotnego (3), które połączone jest z bazą tranzystora, wytwarza na bazie napięcie ujemne w stosunku do emitera - to wielkość prądu bazy uwarunkowana jest napięciem na tym uzwojeniu. (3) - oraz sumą oporności obwodu bazy.

Narastanie prądu kolektorowego kończy się z chwilą, gdy osiągnie wartość $I_k = I_b \cdot \beta$, gdzie β jest współczynnikiem wzmocnienia prądowego tranzystora, w układzie o wspólnym emiterze. Zanik zjawiska narastania prądu opóźnia narastanie strumienia magnetycznego w rdzeniu transformatora, zmieniają się przy tym SEM powstałe w uzwojeniach. Powoduje to w konsekwencji zmniejszanie się prądu bazy, a tym samym prądu kolektorowego. Zmniejszenie się wartości prądów w uzwojeniach transformatora powoduje zmianę kierunku strumienia magnetycznego. Strumień ten zaczyna maleć do zera, a SEM powstałe na uzwojeniach zmieniają biegunowość. Proces ma charakter lawinowy i towarzyszy mu szybkie przejście tranzystora w stan zaporowy, gdyż SEM uzwojenia sprzężenia zwrotnego spada

do zera. Zamknięcie się tranzystora, czyli znaczny wzrost oporności obwodu kolektorowego, powoduje odcięcie uzwojenia transformatora od źródła napięcia.

Indukcyjność uzwojenia wraz z jego pojemnością tworzy obwód drgający. Dlatego też odłączeniu uzwojenia od źródła towarzyszy powstanie aperiodycznych drgań, przy czym pierwszy impuls napięcia w uzwojeniu może znacznie przewyższyć wartość napięcia źródła.

Ponieważ w obwodzie wyjściowym po stronie wtórnej transformatora znajdują się: dioda D , pojemność C oraz oporność obciążenia R_0 , to z chwilą gdy na górnym końcu uzwojenia wtórnego pojawi się potencjał dodatni, dioda przewodzi i energia zgromadzona w polu magnetycznym transformatora zostaje przeniesiona do obwodu wyjściowego, co powoduje ładowanie się kondensatora i przepływ prądu przez oporność obciążenia. Tak więc w czasie gdy tranzystor jest otwarty, w transformatorze gromadzi się energia pobierana ze źródła, a dioda wyjściowa prądu nie przewodzi, ponieważ do jej anody przyłączony jest ujemny biegun SEM, powstałej w uzwojeniu wtórnym.

W czasie gdy tranzystor jest zamknięty, energia zgromadzona w polu magnetycznym transformatora przenoszona jest do obciążenia. Z chwilą gdy dodatnie napięcie na górnym końcu wtórnego uzwojenia będzie miało wartość mniejszą od napięcia na kondensatorze, dioda D zamyka się i prąd w uzwojeniu wtórnym spada do zera. Powstaje lawinowy proces otwierania się tranzystora i cykl pracy przetwornicy powtarza się.

Przekazywanie mocy ze źródła do obciążenia w małym

stopniu zależy od wielkości obciążenia. Energia zmagazy-
nowana w polu magnetycznym transformatora określona jest
wielkością napięcia źródła i prądu bazy, gdyż prąd kolek-
tora $I_k = I_b \beta$. Jak już wyżej wspomniano, napięcie na
wtórnym uzwojeniu, powstające w chwili zamykania się
tranzystora, może znacznie przewyższać napięcie źródła,
gdyż powiększone jest (pomnożone) przez współczynnik
transformacji. Impuls ten transformuje się do pierwotne-
go uzwojenia i może wytworzyć duży spadek napięcia na
zamkniętym tranzystorze.

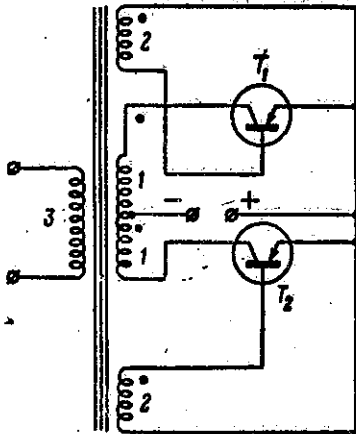
Przetwornice tego typu nadają się do zastosowania ja-
ko źródła wysokiego napięcia, z których pobierane są ra-
czej małe prądy. Nadają się więc one do zasilania licz-
ników cząstek jądrowych, lamp elektronowych wyładowczych,
fotoelektrycznych powielaczy itd.

Zastosowanie tego rodzaju przetwornic jako źródeł
większych mocy nie jest wskazane, gdyż wzrost obciążenia
prowadzi do znacznego spadku napięcia wyjściowego i do
zmiany współczynnika wypełnienia generowanych impulsów.

Ta ostatnia wada wyklucza możliwość zastosowania te-
go rodzaju przetwornicy w charakterze generatorów syme-
trycznego przemiennego napięcia prostokątnego.

2.2. Przetwornica samowzbudna dwutaktowa

Schemat tego rodzaju przetwornicy przedstawia rys.2.
Uzwojenia transformatora są tak połączone, że na ich koń-
cach oznaczonych kropkami powstają jednakowe bieguny.
Jako materiał na rdzeń transformatora stosuje się perma-
loy o prostokątnej pętli histerezy.



Rys. 2. Schemat przetwornicy samowzbudnej dwutaktowej

Załóżmy, że wskutek asymetrii układu z chwilą włączenia napięcia źródła tranzystor T_1 przewodzi prąd. W początkowym momencie przewodzenia tego tranzystora wzrost prądu ma przebieg liniowy, gdyż indukcyjność uzwojenia pierwotnego jest stała. Strumień magnetyczny wzrasta również liniowo. Dodatni biegun źródła zasilającego dołączony jest do górnego końca uzwojenia pierwotnego (1), a biegun ujemny do środka tego uzwojenia. W pozostałych uzwojeniach powstają SEM o zwrotach takich, że w punktach oznaczonych kropkami pojawia się biegun dodatni. W tym stanie baza tranzystora T_1 jest pod potencjałem ujemnym w stosunku do emitera, co powoduje podtrzymanie tranzystora T_1 w stanie przewodzenia (w stanie otwartym). SEM powstała w dolnej połowie uzwojenia (2) powoduje, że tranzystor T_2 jest w stanie zaporowym (zamkniętym). Tranzystor T_1 będzie przewodził aż do momentu, w którym strumień magnetyczny osiągnie wielkość nasycenia.

Osiągnięcie stanu nasycenia rdzenia doprowadza do szybkiego wzrostu prądu kolektora do wielkości $I_k = I_b \beta$. Następnie prąd kolektora ustala się, co powoduje, że SEM indukowane w uzwojeniach maleją do zera. Zmniejszeniu SEM w uzwojeniu bazy tranzystora T1 towarzyszy zmniejszenie się prądu bazy, a co za tym idzie zmniejszenie się prądu kolektorowego. Energia zgromadzona w polu magnetycznym rdzenia powoduje pewne opóźnienie czasowe pomiędzy zmniejszaniem SEM uzwojeń bazowych a zmniejszaniem się prądu kolektorowego tranzystora przewodzącego T1. Zmniejszający się teraz prąd kolektora powoduje zmniejszanie się strumienia magnetycznego, a tym samym zmianę biegunowości indukowanych SEM. Proces ten doprowadza do zamknięcia się tranzystora T1 i otwarcia tranzystora T2. Źródło zasilające zostaje teraz przyłączone do dolnej połowy uzwojenia kolektorowego, zaś strumień magnetyczny w rdzeniu przechodzi przez wartość zerową i zmienia swój kierunek, osiągając ujemną wartość odpowiadającą stanowi nasycenia magnetycznego. Jeżeli prądy nasycenia obu tranzystorów są równe sobie, a połówki uzwojeń 1 i 2 są identyczne, wówczas generowane napięcie ma kształt prostokątny, a półokresy drgań są sobie równe. Częstotliwość drgań określona jest czasem niezbędnym do zmiany strumienia magnetycznego, od wartości $+\phi_{nas}$ do $-\phi_{nas}$ i zależy od parametrów rdzenia i wartości napięcia zasilającego.

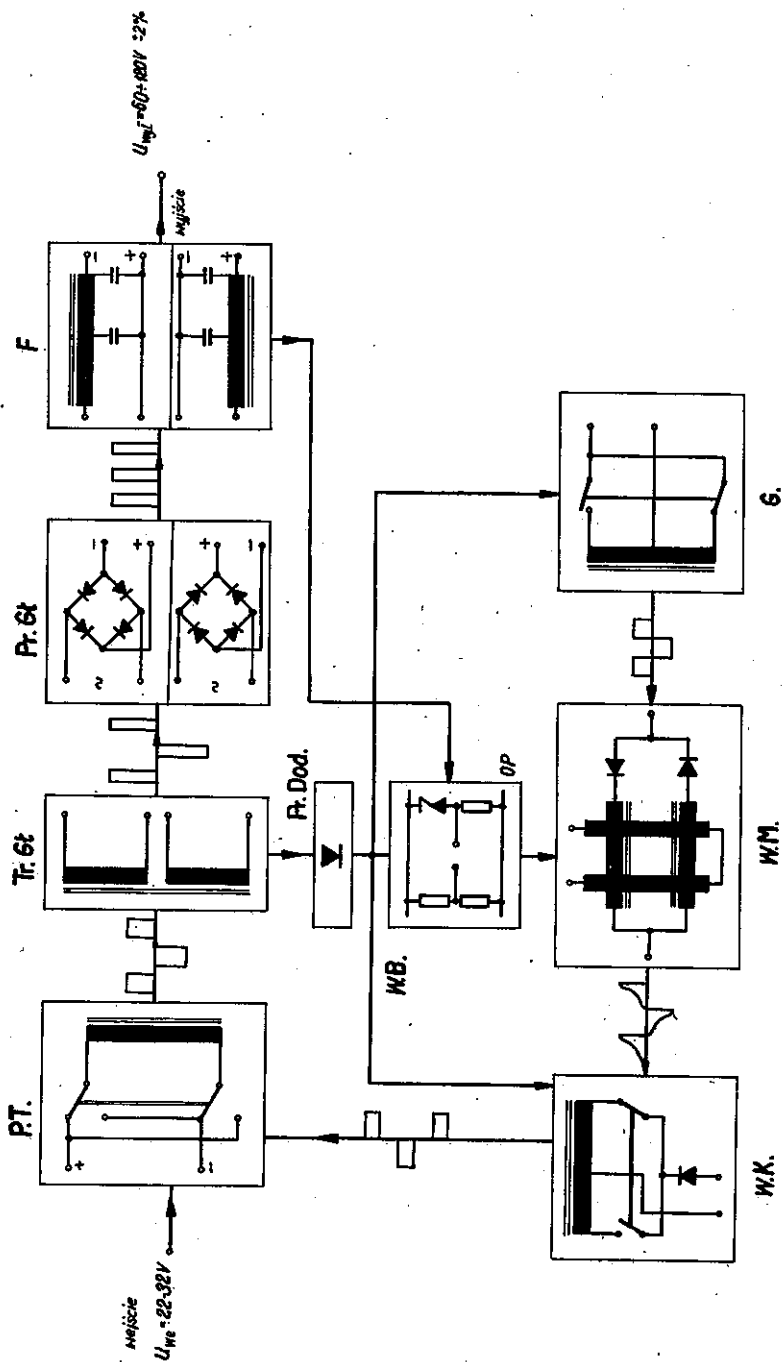
3. ZASTOSOWANIE PRZETWORNIC TRANZYSTOROWYCH DO ZASILANIA URZĄDZEŃ TELEKOMUNIKACYJNYCH W POLSCE

3.1. Bezprzerwowe zdalne zasilanie stacji wzmacniakowych

Przetwornice tranzystorowe umożliwiają dogodne i ekonomiczne rozwiązanie systemu zdalnego zasilania stacji wzmacniakowych. Z uwagi na różnice w liczbie stacji zdalnie zasilanych jak i na pewne różnice w odległościach między nimi, przetwornice tranzystorowe, których napięcie wyjściowe można w łatwy sposób nastawiać, stanowią proste i wygodne rozwiązanie problemu zdalnego zasilania. W Polsce zastosowane zostały przetwornice tranzystorowe do zdalnego zasilania prądem stałym stacji wzmacniakowych tranzystorowych systemów nośnych telefonii 24 i 60-krotnej. Przetwornicę do tego celu opracowano w Zakładzie Energetyki IL. Dzięki zastosowaniu przetwornic, zbędne są osobne źródła prądu stałego (prostowniki i akumulatory) do celów zdalnego zasilania.

3.2. Przetwornica tranzystorowa stabilizowana typu PTS1 24 V/60-120 V, do zdalnego zasilania tranzystorowych stacji wzmacniakowych

Przetwornica typu PTS1 24 V/60-120 V posiada cztery zasadnicze człony przedstawione na rys. 3:



Rys. 3. Schemat blokowy przetwornicy tranzystorowej typu PTS1-24 V/70+120 V

a) człon sterujący, złożony z generatora G, wzmacniacza błędu W B, wzmacniacza magnetycznego W M i wzmacniacza kształtującego W K,

b) przełącznik tranzystorowy PT,

c) człon prostujący złożony z transformatora Tr GŁ, prostowników Pr. G1 i filtra F,

d) ogranicznik prądu OP.

Dane techniczne przetwornicy

Znamionowe napięcie zasilające stałe	24 V
Dopuszczalne wahania napięcia zasilającego	22 + 32 V
Prąd maksymalny pobierany ze źródła prądu stałego	1,9 A
Napięcie wyjściowe stałe	60 + 120 V symetrycznie względem ziemi
Prąd maksymalny przy napięciu maksymalnym 120 V	0,21 A
Stołość napięcia wyjściowego	± 2%
Wartość skuteczna składowej zmiennej mierzonej woltomierzem lampowym	≤ 7 mV
Dopuszczalny zakres zmian temperatury otoczenia	+10 + +40°C
Współczynnik sprawności	0,6

Zasada działania przetwornicy

Podstawową zasadą uzyskiwania i stabilizacji napięcia wyjściowego tej przetwornicy jest przetwarzanie napięcia stałego na zmienne o przebiegu prostokątnym i zmiana szerokości impulsów tego napięcia, przy zachowaniu stałej częstotliwości. Przemiana napięcia stałego na zmienne odbywa się za pomocą przełącznika tranzystorowego. Umożliwia to w końcowym etapie uzyskanie napięć o wymaganej wartości. Zmiana szerokości impulsów napięcia zmiennego umożliwia zmianę wartości średniej napięcia wyprostowanego, a tym samym umożliwia stabilizację napięcia wyjściowego. Takie przekształcenia napięcia uzyskuje się za pomocą wzmacniacza magnetycznego znajdującego się w członie sterującym. Schemat szczegółowy przetwornicy przedstawia rys. 4.

Generator drgań prostokątnych

Generator drgań prostokątnych wykonany jest w układzie przeciwobnym i składa się z transformatora Tr3, tranzystorów T8 i T9, diody D18, oporników R16, R17, R18, R19 i kondensatorów C10, C11, C12. W celu uzyskania krótkiego czasu przełączania tranzystorów T8 i T9, pracujących jako przełączniki napięcia, zastosowano w obwodach baz tranzystorów równoległe połączenie oporów R17 i R18 z kondensatorami C10 i C11. Układ gasikowy złożony z R16 i C12 likwiduje szkodliwe przepięcia (piki) na uzwojeniach transformatora. W celu zapewnienia

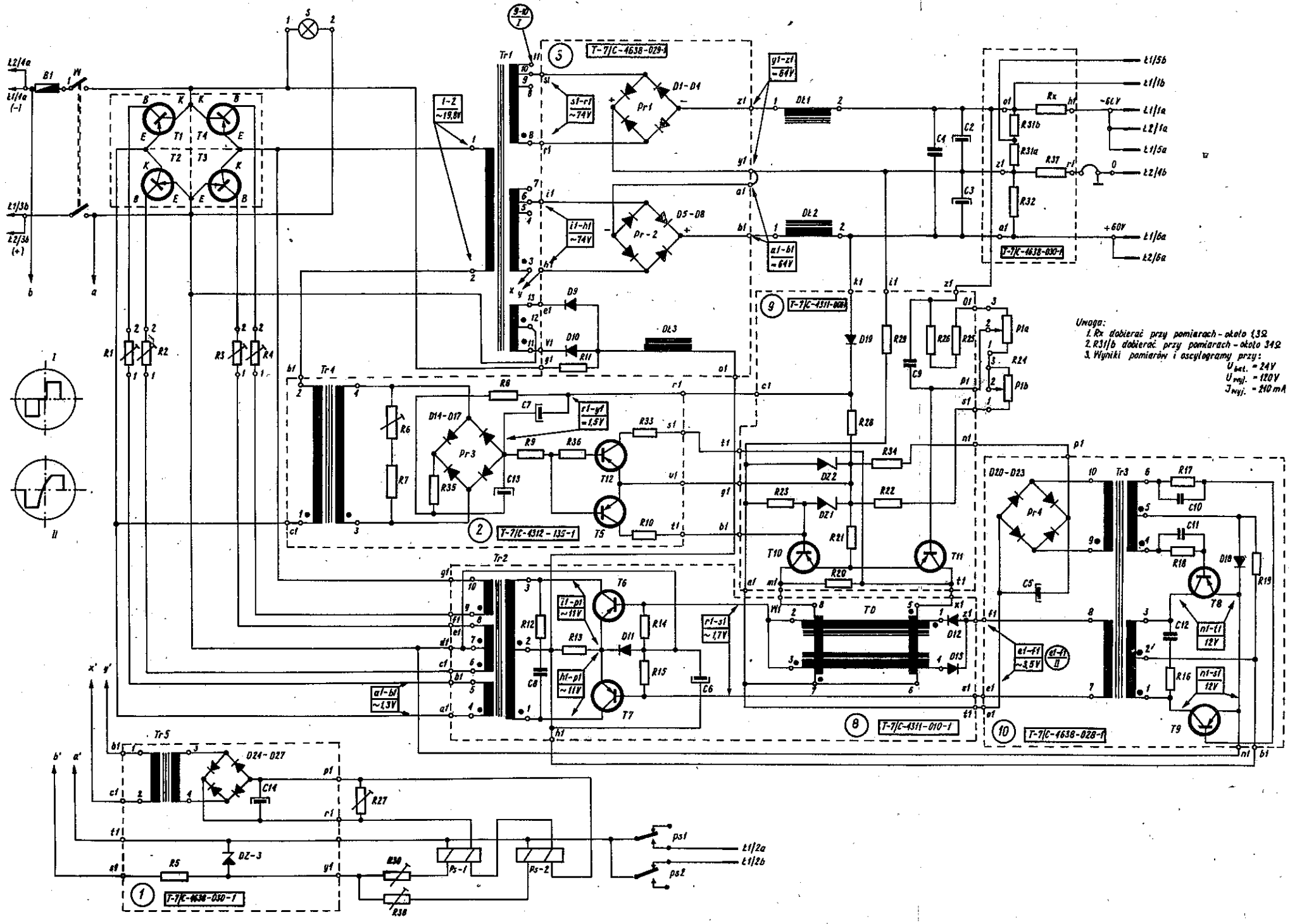
szybkiego wzbudzenia się generatora zastosowano dzielnik napięcia złożony z diody D18 i oporu R19.

Wzmacniacz błędu

Wzmacniacz błędu składa się z następujących elementów: tranzystorów T10, T11, diod Zenera DZ1, DZ2, diody D19, oporów R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R28, R29, R34 oraz kondensatora C9. Stanowi on wzmacniacz symetryczny prądu stałego.

Do bazy tranzystora T10 przyłożone jest stałe napięcie odniesienia uzyskane z dzielnika DZ1, R23. Do bazy tranzystora T11 przyłożone jest napięcie wyjściowe przetwornicy poprzez oporowy dzielnik napięcia, w skład którego wchodzi potencjometr R24. Potencjometr ten umożliwia ustawienie odpowiedniego napięcia na bazie tranzystora T11, a w konsekwencji ustawienie odpowiedniego napięcia na wyjściu przetwornicy. Obciążeniem dla wzmacniacza błędu jest uzwojenie sterujące wzmacniacza magnetycznego TD.

Gdy napięcie na wyjściu przetwornicy jest najniższe, wówczas tranzystor T10 jest nasycony, a tranzystor T11 odcięty. Skutkiem tego, w uzwojeniu sterującym wzmacniacza magnetycznego płynie prąd określony dodatnim potencjałem kolektora tranzystora T10 i ujemnym potencjałem kolektora tranzystora T11. Zmiana napięcia wyjściowego przetwornicy od wartości najmniejszej do największej powoduje stopniowy wzrost prądu kolektora tranzystora T11 od zera do maksimum.



Uwaga:
 1. R_x dobierać przy pomiarach - około 1,3Ω
 2. R₃₁/b dobierać przy pomiarach - około 34,2
 3. Wyniki pomiarów i oscylogramy przy:
 U_{net.} = 24V
 U_{rej.} = 120V
 I_{wyj.} = 210 mA

Rys. 4. Schemat szczegółowy przetwornicy tranzystorowej typu PTS1-24/60-120 V

Dzięki ujemnemu sprzężeniu zwrotnemu (opornik R21), wzrost prądu kolektora tranzystora T11 powoduje zmniejszenie się ujemnej polaryzacji bazy tranzystora T10, a więc zmniejszanie się prądu kolektora. Powoduje to wzrost potencjału kolektora tranzystora T11 i zmniejszanie się potencjału kolektora tranzystora T10. Różnica potencjałów stopniowo maleje do zera, zmienia biegunowość i wrasta do ujemnej wartości maksymalnej. Układ wzmacniacza błędu umożliwia wzmocnienie niewielkich zmian napięcia wyjściowego przetwornicy na większe zmiany prądu, sterującego wzmacniaczem magnetycznym. Dioda Zenera D22 wraz z opornikiem R29 stabilizuje napięcie zasilające wzmacniacz błędu. Jest to niezbędne ze względu na konieczność regulacji napięcia wyjściowego w szerokich granicach. Kondensator C9 zmniejsza bezwładność układu na gwałtowane zmiany napięcia na wyjściu przetwornicy.

Wzmacniacz magnetyczny

Wzmacniacz magnetyczny pracuje w układzie równoległym, z dodatnim sprzężeniem zwrotnym wewnętrznym. Składa się on z dwóch uzwojeń roboczych nawiniętych na osobnych rdzeniach, dwóch uzwojeń sterujących nawiniętych bifilarnie na oba rdzenie i połączonych między sobą przeciwsobnie oraz dwóch diod D12 i D13. Obciążenie wzmacniacza stanowią opory R14 i R15. Na wejście uzwojeń roboczych wzmacniacza magnetycznego przychodzi napięcie zmienne prostokątne z generatora. W zależności od wartości i kierunku prądu sterującego wzmacniacz magnetyczny nasyca się szybciej lub wolniej.

Nienasycony wzmacniacz stanowi dużą oporność pozorną i na obciążeniu wzmacniacza, którym są oporniki R14 i R15, nie ma napięcia. Z chwilą nasycenia się wzmacniacza, jego oporność maleje do minimum i prawie całe napięcie z generatora pojawia się na obciążeniu. Gdy wzrasta prąd sterujący, tzn. gdy wzrasta napięcie wyjściowe przetwornicy, wzrasta czas, w którym wzmacniacz jest nienasycony, a maleje czas nasycenia. W efekcie otrzymuje się na obciążeniu wzmacniacza magnetycznego napięcie prostokątne o różnej szerokości impulsów. W krańcowym przypadku, gdy prąd sterujący wzrośnie do wartości granicznej, szerokość impulsu napięcia na obciążeniu wzmacniacza magnetycznego zmaleje do zera, tzn. zaniknie całkowicie napięcie na obciążeniu wzmacniacza magnetycznego. W przeciwnym krańcowym przypadku szerokość impulsu będzie maksymalna i na obciążeniu będzie napięcie prostokątne odpowiadające napięciu wychodzącemu z generatora.

Wzmacniacz kształtujący

Wzmacniacz kształtujący składa się z transformatora Tr2, tranzystorów T6, T7, diody D11, oporników R12, R13 i kondensatora C8. Ma on podwójne zadanie. Kształtuje przychodzące ze wzmacniacza magnetycznego impulsy o zmiennej szerokości oraz wzmacnia je do wartości umożliwiającej sterowanie przełącznikiem tranzystorowym.

Impulsy przychodzące ze wzmacniacza magnetycznego są w dużym stopniu zniekształcone. Spowodowane to jest wpły-

wem pętli histerezy materiału magnetycznego wzmacniacza oraz indukcyjnością rozproszenia. Kształtowanie impulsów przychodzących do wzmacniacza kształtującego polega na tym, że obcina się ich dolną i górną część, a wzmacnia się tylko część środkową, minimalnie zniekształconą. Obcinania części dolnej dokonuje dioda D11 (wraz z oporem R13), która polaryzuje tranzystory T6, T7 dodatnio do wartości odpowiadającej dolnej, zniekształconej części przychodzącego impulsu. Dopiero powyżej tej wartości tranzystory są sterowane. Górną, zniekształconą część impulsu obcina się dzięki takiemu dopasowaniu układu, że wyższe wartości impulsów nasycają tranzystory, na skutek czego nie są wzmacniane.

Opornik R12 wraz z kondensatorem C8 równoważy niekorzystny wpływ indukcji rozproszenia transformatora Tr2 na kształt impulsów wzmocnionych.

Przełącznik tranzystorowy

Przełącznik tranzystorowy, pracujący w układzie mostkowym, składa się z czterech tranzystorów mocy T1, T2, T3, T4. Tranzystory, sterowane wzmacniaczem kształtującym, są parami naprzemian nasycane i odcinane. Gdy tranzystory T1 i T3 są nasycone, to T2 i T4 są odcięte i na odwrót. Powoduje to powstanie na uzwojeniu pierwotnym transformatora głównego Tr1 napięcia przemiennego o amplitudzie równej napięciu zasilającemu. Zmienna szerokość impulsów sterujących przełącznikiem powoduje powstawanie na wejściu transformatora Tr1 napięcia prze-

miennego, prostokątnego, o zmiennej szerokości impulsów. Oporniki R1, R2, R3, R4 służą do ustawienia prądów baz wprowadzających tranzystory w stan nasycenia.

Transformator główny

Transformator główny Tr1 służy do podwyższenia napięcia przemiennego o amplitudzie równej napięciu zasilającemu do wartości wymaganej na wyjściu przetwornicy. Posiada ona oprócz uzwojenia pierwotnego, dwa jednakowe uzwojenia wtórne z wyprowadzonymi zaciskami 3+7 i 8+11 oraz jedno uzwojenie pomocnicze z wyprowadzonymi zaciskami 11+13.

Uzwojenia z zaciskami 3+7 i 8+11 oraz prostowniki Pr1 i Pr2 wytwarzają dwa napięcia o wartości 60 V każde, połączone szeregowo. Pomiędzy biegunem dodatnim Pr1 i ujemnym biegunem Pr2 wyprowadzony jest trzeci przewód, który na zewnątrz przetwornicy jest uziemiony poprzez opornik R37. W ten sposób otrzymuje się 120 V. Uzwojenie pomocnicze służy do zasilania członu sterującego napięciem 12 V.

Ogranicznik prądu

Przetwornica posiada ogranicznik prądu maksymalnego (granicznego) pobieranego z wyjścia przetwornicy. Zasadniczy układ ogranicznika składa się z transformatora prądowego Tr4, oporników R7 i R6, diod germanowych D14+ + D17, kondensatora C7 oraz tranzystorów T5 i T12. Na-

pięcie zmienne na uzwojeniu wtórnym transformatora Tr4 odpowiada kształtem prądowi płynącemu w uzwojeniu pierwotnym transformatora głównego Tr1. Na wyjściu ogranicznika, tj. na kondensatorze C7, istnieje napięcie stałe proporcjonalne do amplitudy prądu płynącego przez tranzystory T1 + T4. Taka zależność napięcia na wyjściu ogranicznika od prądu płynącego przez tranzystory T1 + T4 jest wytworzona dlatego, że o uszkodzeniu tranzystorów, pracujących w układzie przełącznika, decyduje amplituda prądu kolektora, a nie jego wartość średnia.

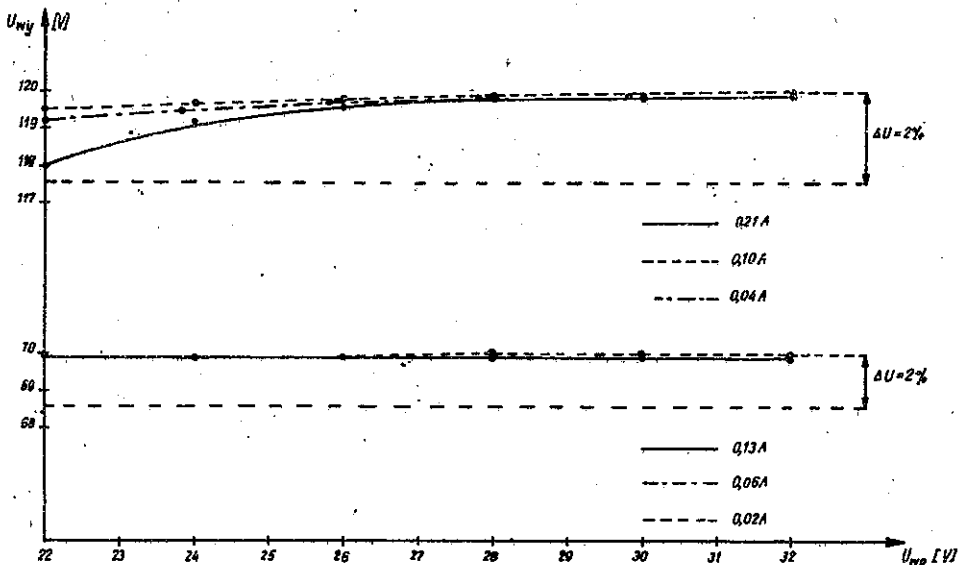
Napięcie z kondensatora C7 podawane jest na bazę tranzystora T5 poprzez opornik R9, ograniczający maksymalny prąd bazy. Gdy prąd pierwotny transformatora Tr1 posiada wartość mniejszą od granicznej, wówczas tranzystor T5 jest w stanie odciętym, gdyż na bazę podawany jest potencjał dodatni przez opornik sprzęgający R28. Przy przekroczeniu prądu granicznego napięcie na kondensatorze C7 przewyższa napięcie na oporniku R28 i tranzystor zostaje wprowadzony w stan przewodzenia (podobnie działa tranzystor T12). Tranzystor T5, bocznikując diodę Zenera Dz1, powoduje zmniejszanie się szerokości impulsów sterujących przełącznikiem tranzystorowym, tzn. zmniejszanie się napięcia wyjściowego. Przy całkowitym zwarciu wyjścia przetwornicy dioda Zenera jest zwarta i szerokość impulsów sterujących maleje do minimum. Tranzystor T12 wytwarza odpowiedni prąd sterujący wzmacniaczem magnetycznym przy zwarciu wyjścia przetwornicy. Dioda D19 zapobiega zwarcia wyjścia prostownika Pr4 w przypadku zwarcia wyjścia przetwornicy.

Starter

Przetwornica posiada starter, który umożliwia samowzbudzenie się przetwornicy przy załączeniu napięcia zasilającego. Rolę tę spełnia opornik R11, łączący napięcie zasilające przetwornicę z wejściem układu sterującego.

Charakterystyki zewnętrzne przetwornicy

Charakterystyki zewnętrzne $U_{wy} = f/U_{we}$, dla prądu wyjściowego $I_{wy} = 0,2; 0,5; 1,0; \dots I_{max} = const$, przy zmianach napięcia zasilającego w granicach 22 ± 32 V,



Rys. 5. Charakterystyki zewnętrzne przetwornicy typu PTS1-24/70-120 V dla dwóch napięć wyjściowych 70 V i 120 V

przedstawia rys. 5. Powyższe charakterystyki pomierzone zostały dla dwóch ustawionych napięć wyjściowych: minimalnego 60 V i maksymalnego 120 V.

Z charakterystyk wynika, że napięcie wyjściowe w regulowanym zakresie 60 + 120 V zmienia się nie więcej niż o 2%, przy jednoczesnych zmianach napięcia zasilającego i prądu obciążenia.

Regulacja przetwornicy

Wstępna regulacja przetwornicy polega na:

- ustawieniu właściwych prądów baz tranzystorów mocy T1 + T4,
- ustawieniu prądu granicznego na wyjściu.

Przed załączeniem przetwornicy do baterii należy:

- za pomocą obejm ustawić oporniki R1 + R4 na połowę ich wartości,
- za pomocą obejm zewrzeć oporniki R5 i R6.

Po załączeniu baterii do przetwornicy i nastawieniu napięcia 120 V, należy zwiększać obciążenie przetwornicy, jednocześnie obserwując na oscylografie kształt prądu pobieranego z baterii. Impulsy prądu pobieranego z baterii akumulatorów powinny być zbliżone kształtem do prostokąta. Następnie przesuwają się obejmę na oporach R1 + R4 tak, aby przy maksymalnym obciążeniu przetwornicy dwa kolejno następujące po sobie impulsy prądu wyjściowego były spłaszczone i nie posiadały u góry ostrzy, oraz by były jednakowe. W przypadku właściwie nastawio-

nych prądów baz żaden tranzystor mocy nie powinien wykazywać wzrostu temperatury ponad temperaturę otoczenia.

Po ustawieniu prądu granicznego, równego $1,1 \cdot I_{\max}$ należy przesunąć oś opornika R6 w położenie, w którym napięcie na wyjściu zaczyna wyraźnie maleć.

Załączanie przetwornicy do pracy

Przed dołączeniem baterii akumulatorów o napięciu 22 + 32 V do wejścia przetwornicy należy pokrętko potencjometru R24 skrócić w lewe, skrajne położenie. Po dołączeniu baterii zasilającej oraz obciążenia można, obracając pokrętkiem potencjometru, ustawić wymagane napięcie wyjściowe. Moc na wyjściu można pobrać wyłącznie przez obciążenie symetryczne względem ziemi, tj. z zacisków 3 i 5. Pobieranie mocy przez obciążenie asymetryczne jest uniemożliwione, gdyż opornik R37 ogranicza prąd asymetrii do 15 mA.

3.3. Bezprzerwowe lokalne zasilanie urządzeń teletransmisyjnych instalowanych przy centralach telefonicznych

Względy ekonomiczne przemawiają za tym, aby w mniejszych miejscowościach, w których instalowane są urządzenia końcowe telefonii wielokrotnej, instalować je przy centrali telefonicznej. Zasilanie tych urządzeń należy natomiast tak rozwiązywać, aby nie zachodziła potrzeba budowy siłowni typowej dla stacji wzmacniakowej,

złożonej z baterii, prostowników i tablic rozdzielczych, gdyż takie rozwiązanie jest kosztowne. Ekonomiczne rozwiązanie tego problemu stało się możliwe przez zastosowanie przetwornic tranzystorowych, które przetwarzają napięcie 50 lub 60 V baterii akumulatorów, zasilającej centralę telefoniczną, na napięcie potrzebne dla zasilanych urządzeń teletransmisyjnych. Dla tych celów opracowano w Zakładzie Energetyki II stojak przetwornic tranzystorowych typu SPT1, którego produkcję małoseryjną rozpoczął Oddział Konstrukcyjno-Warsztatowy II.

3.3.1. Stojak przetwornic tranzystorowych typu SPT1

Stojak SPT1 służy do zasilania urządzeń teletransmisyjnych końcowych typu TN12/24 K względnie urządzeń TN tranzystorowych wymagających napięcia zasilania 20 V, instalowanych przy centralach telefonicznych zasilanych napięciem 50 V lub 60 V.

Stojak zasilania typu SPT1 umożliwia:

- zasilanie urządzeń teletransmisyjnych następującymi napięciami stałymi:

- a) anodowym stabilizowanym 212 V,
- b) żarzeniowym stabilizowanym 20 V,
- c) sygnalizacyjnym niestabilizowanym 24 V,

za pośrednictwem przetwornic tranzystorowych na nim zainstalowanych, zasilanych z baterii głównej centrali telefonicznej.

Na stojaku znajdują się:

- po dwie przetwornice 212 V, 20 V i 24 V lub cztery przetwornice 20 V i dwie przetwornice 24 V,

- miernik do pomiaru napięć wyjściowych przetwornic i napięcia zasilającego przetwornice,

- zabezpieczenia obwodów zasilających,

- łączniki umożliwiające dokonywanie czynności łączeniowych dla zapewnienia zasilania z przetwornic zasadniczych i rezerwowych.

Ponadto stojak SPT1 umożliwia współpracę z innymi stojakami zasilania typu SPT1 w przypadku potrzeby zasilania większej liczby stojaków oraz wysyłanie zdalnego alarmu zaniku napięcia sygnalizacji (24 V).

Opis stojaka SPT1

Stojak może być produkowany w dwóch alternatywach: do zasilania urządzeń lampowych - typ stojaka SPT1A lub do zasilania urządzeń tranzystorowych - typ stojaka SPT1B.

Podstawowe wyposażenie stojaka typu SPT1A jest następujące:

- a) konstrukcja ramowa stojaka wraz z okablowaniem,
- b) listwa zaciskowa dla obwodów wejściowych i wyjściowych,
- c) pole pomiarowe, pole łączeniowe i zabezpieczeń,

d) dwie przetwornice tranzystorowe anodowe $212\text{ V} \pm 2\%$,
 $0,9\text{ A}$,

e) dwie przetwornice tranzystorowe żarzeniowe $20\text{ V} \pm 2\%$, 10 A ,

f) dwie przetwornice tranzystorowe sygnalizacyjne
 $24\text{ V} - 13\% + 20\%$, 3 A .

Podstawowe wyposażenie stojaka typu SPT1B jest następujące:

a) konstrukcja ramowa stojaka wraz z okablowaniem,

b) cztery przetwornice tranzystorowe $20\text{ V} \pm 2\%$, 10 A ,

c) dwie przetwornice tranzystorowe $24\text{ V} - 13 + 20\%$,
 3 A .

Podane liczby przetwornic stanowią pełne wyposażenie stojaka.

Konstrukcja stojaka

Stojak zasilania ma konstrukcję ramową o wymiarach: wys. 2600 mm, szer. 360 mm. Wymiary gabarytowe stojaka wraz z całym wyposażeniem mieszczą się w granicach: wys. 2600 mm, szer. 360 mm, głębokość 420 mm. Konstrukcja stojaka jest tak rozwiązana, aby mógł być on ustawiony w rzędzie stojaków teletransmisyjnych na prawym lub lewym jego krańcu.

Rozmieszczenie przetwornic

Przetwornice rozmieszczone są po obu stronach stojaka w następującej kolejności od dołu: przetwornice napięcia zarzeniowego, przetwornice napięcia sygnalizacji, przetwornice anodowe. Pomiędzy przetwornicami napięcia anodowego oraz przetwornicami napięcia sygnał. znajduje się pole pomiarowo-łączeniowe.

Listwa zaciskowa

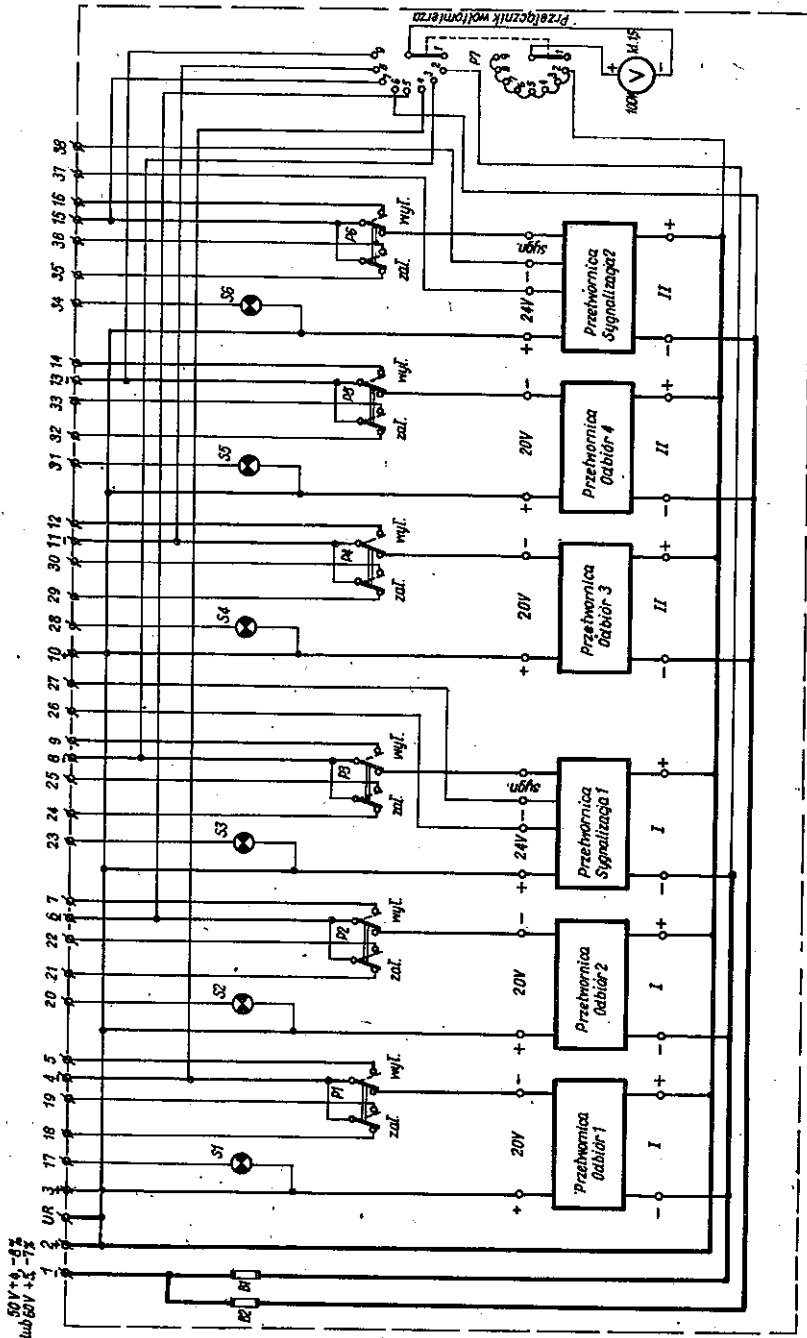
U góry stojaka znajduje się listwa zaciskowa, do której przyłącza się przewody doprowadzające z siłowni napięcie stałe 50 V lub 60 V oraz przewody odprowadzające ze stojaka napięcia wytwarzane przez przetwornice. Na listwie tej mieszczą się również zaciski sygnalizacji zaniku napięcia 24 V oraz zacisk uziemienia.

Przetwornice tranzystorowe

Przetwornice mają podobną konstrukcję mechaniczną. Szerokość i głębokość wszystkich przetwornic są jednokowe. Przetwornice połączone są zgodnie ze schematami podanymi na rysunkach 6 i 7. Opisane one zostały w rozdz. 3.3.2, 3.3.3. i 3.3.4.

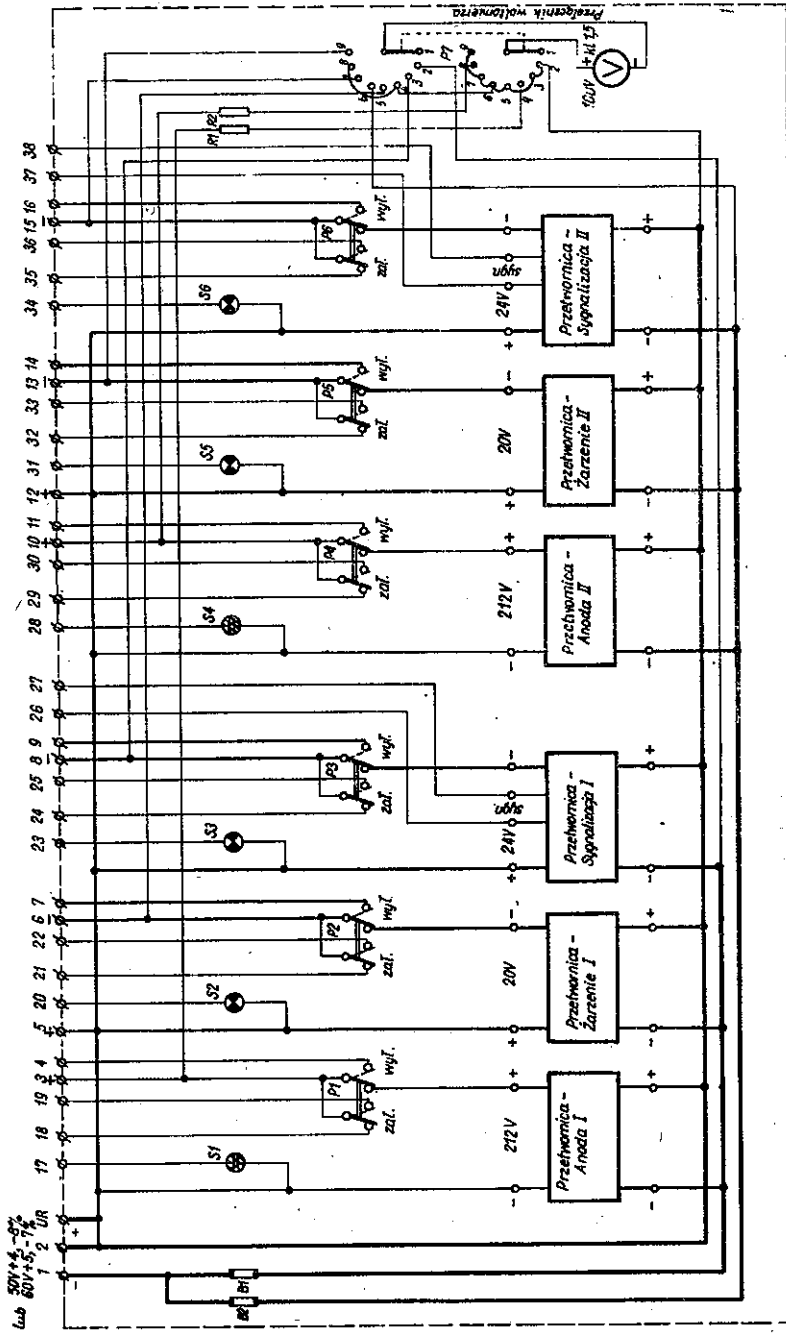
Zabezpieczenia

Na polu pomiarowym znajdują się zabezpieczenia obwodów zasilających doprowadzonych do stojaka. Zabezpie-



Rys. 6. Schemat elektryczny stojaka typu SPT1B

Uwaga: Zaczisk UR1 polecający zkonstruować stojaka



Rys. 7. Schemat elektryczny stacji typu SFT1A

czenia obwodów wyjściowych stojaka znajduje się oddzielnie w każdej przetwornicy tranzystorowej.

Pole pomiaru napięć

W stojaku typu SPT1A do pomiaru napięcia: anodowego, zarzenia, sygnalizacji i napięcia zasilającego stojak jest zastosowany jeden wspólny woltomierz magnetoelektryczny. Pomiar tym woltomierzem odbywa się za pośrednictwem przełącznika obrotowego, posiadającego dodatkowe położenie, umożliwiające wyłączenie woltomierza. Stojak typu SPT1B może być wyposażony w woltomierz do pomiaru napięć 20 V i 24 V z przełącznikiem obrotowym obwodów.

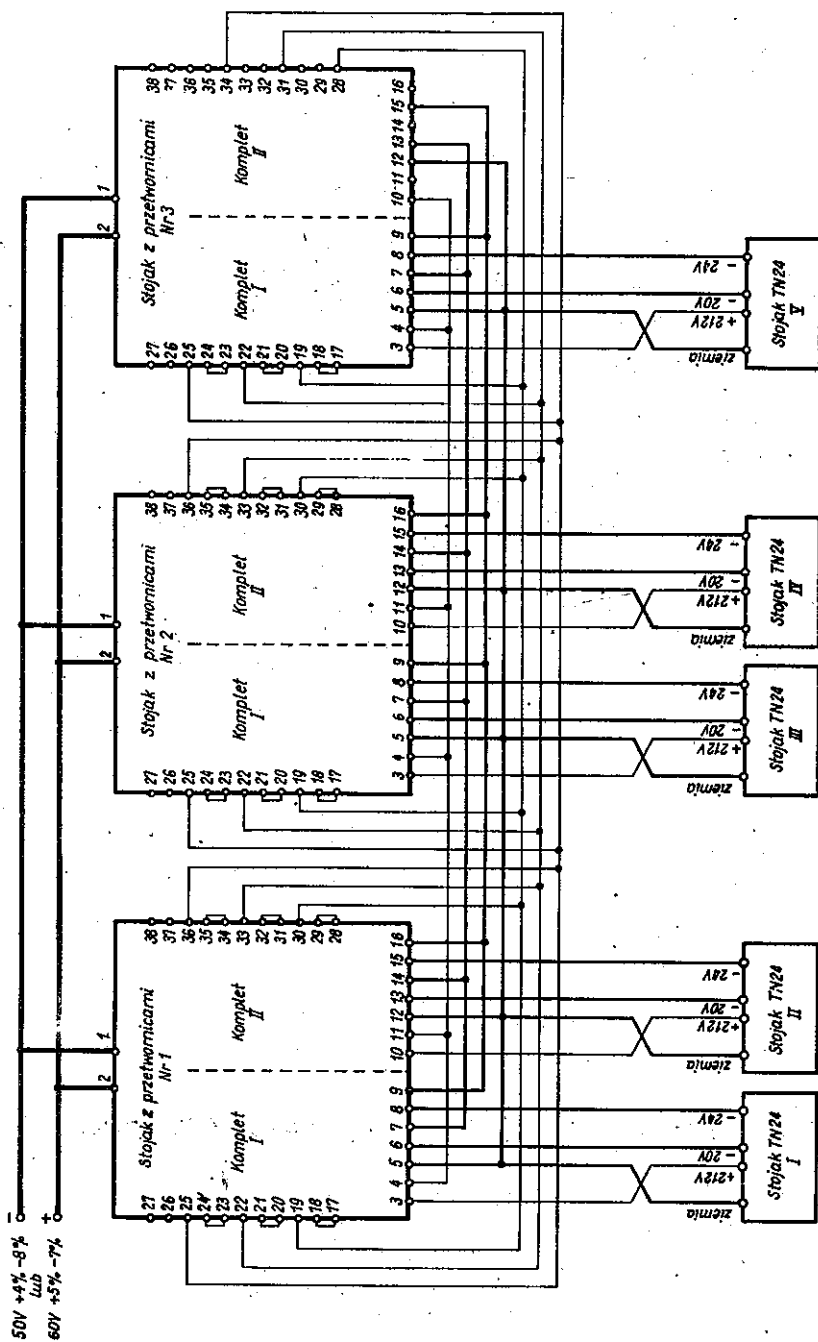
Układ rozdzielczy stojaka

W polu pomiarowo-kontrolnym znajdują się przełączniki umożliwiające zasilanie obwodów wyjściowych z przetwornic zasadniczych i rezerwowych.

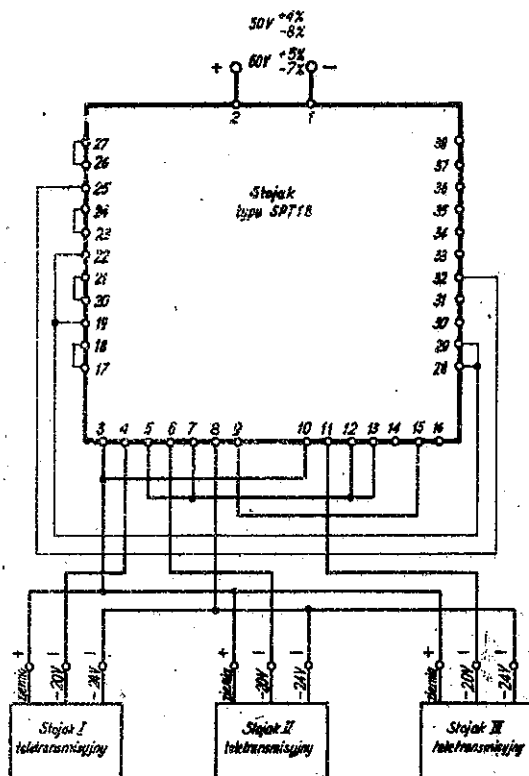
Współpraca stojaków SPT1

Układ elektryczny stojaka SPT1 umożliwia współpracę kilku takich stojaków w przypadku potrzeby zastosowania jednego kompletu przetwornic, jako wspólnej rezerwy dla pozostałych kompletów przetwornic umieszczonych na różnych stojakach SPT1.

Na rysunku 8 przedstawiony jest układ zasilania pięciu stojaków TN24 za pomocą trzech stojaków SPT1A. Dru-



Rys. 8. Stojak typu SPT1A. Schemat zasilania pięciu stojaków teletransmisyjnych TN24 za pomocą trzech stojaków z przetwornicami transystorowymi



Rys. 9. Stojak typu SPT1B. Schemat zasilania trzech stojaków teletransmisyjnych za pomocą jednego stojaka z przetwornicami

Uwaga. W układzie przedstawionym na rysunku, rezerwę stanowi przetwornica "odbiór 4" /zaciski 10 i 13/ i przetwornica sygnalizacyjna 2 /zaciski 10 i 15/.

gi komplet przetwornic stojaka SPT1A nr III stanowi rezerwę dla pięciu pozostałych kompletów. W przypadku uszkodzenia się jednej z przetwornic istnieje możliwość zastąpienia jej odpowiednią przetwornicą np. znajdującą się na stojaku nr III w komplecie drugim. Analogiczna współpraca jest możliwa w przypadku stojaków SPT1B. Sposób takiej współpracy przedstawia schemat na rys. 9.

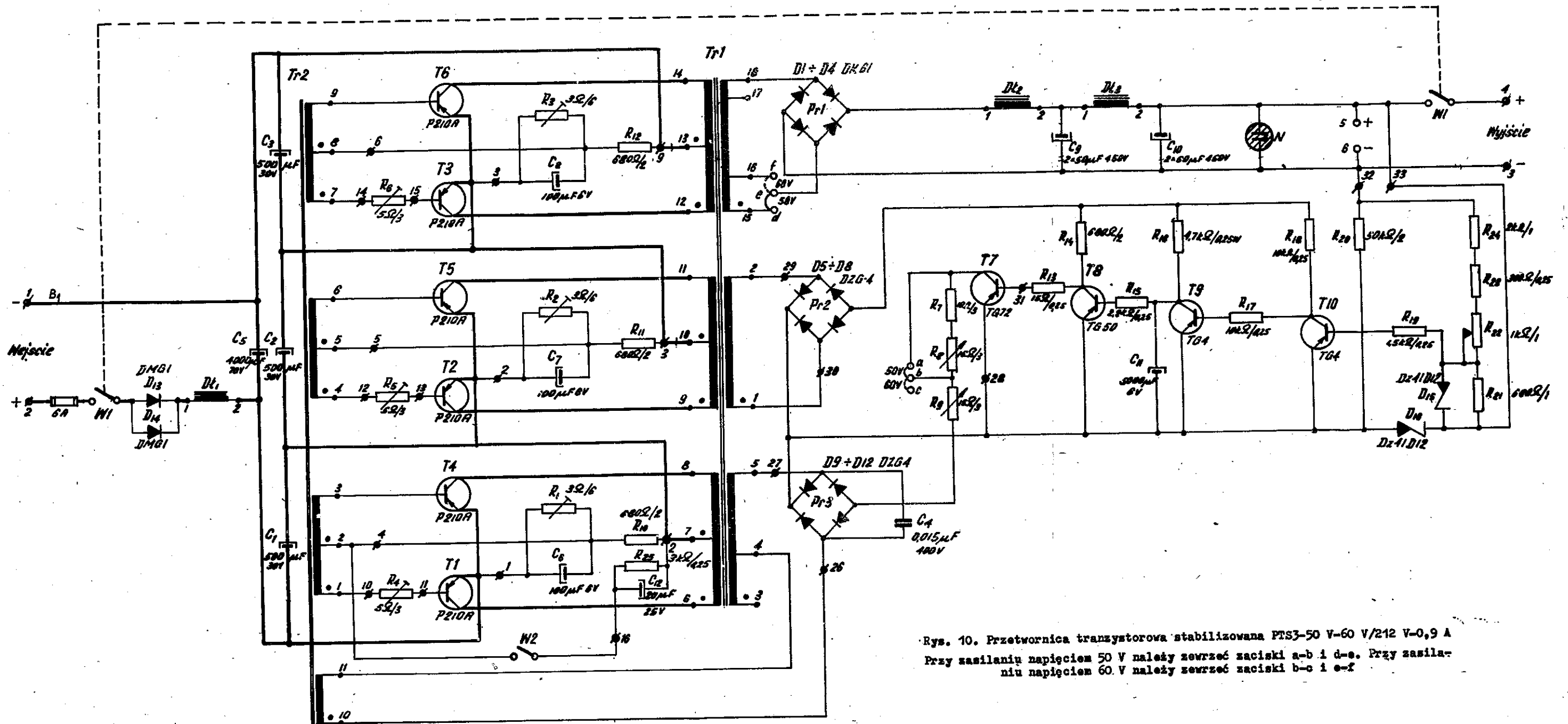
3.3.2. Przetwornica tranzystorowa stabilizowana typu PTS3 50-60 V/212 V, 0,9 A

Przetwornica typu PTS3 jest przetwornicą tranzystorową, wytwarzającą napięcie stałe 212 V stabilizowane w granicach $\pm 2\%$, niezależne od zmian napięcia zasilającego w zakresie $46 + 54$ V lub $54 + 66$ V i jednoczesnych zmian obciążenia w przedziale $0,1 + 0,9$ A. Przetwornica posiada ogranicznik mocy maksymalnej, zabezpieczający ją przed uszkodzeniem w przypadku wystąpienia przeciążeń bądź zwarc na jej wyjściu.

Schemat przetwornicy przedstawia rys. 10. Przetwornica zbudowana jest w układzie kaskadowym i posiada napięcie wyjściowe stabilizowane. Przetwornica przeznaczona jest zasadniczo do zasilania obwodów anodowych urządzeń teletransmisyjnych typu TN12/24 K lub TN24.

Dane techniczne przetwornicy

Stale napięcie zasilające z baterii akumulatorów	50 V \pm 8% lub 60 V \pm 10%
Maksymalny prąd pobierany z baterii	6 A
Stale napięcie wyjściowe	212 V \pm 2%
Dopuszczalny zakres zmian prądu wyjściowego	0,1 + 0,9 A



Rys. 10. Przetwornica tranzystorowa stabilizowana PTS3-50 V-60 V/212 V-0,9 A
 Przy zasilaniu napięciem 50 V należy zewrzeć zaciski a-b i d-e. Przy zasilaniu napięciem 60 V należy zewrzeć zaciski b-c i e-f

Wartość pasmometryczna napięcia zakłóceń wytwarzanego przez przetwornicę na zaciskach baterii zasilającej o pojemności użytecznej ok. 250 Ah	≤ 2 mV
Wartość skuteczna napięcia tętnień na wyjściu przetwornicy w pasmie od 0 do 370 Hz	≤ 30 mV
Wartość skuteczna napięcia tętnień na wyjściu przetwornicy w pasmie od 370 Hz do 10 kHz	≤ 15 mV
Sprawność energetyczna znamionowa	74%
Maksymalna temperatura otoczenia	+40°C
Dopuszczalny zakres zmian wilgotności względnej	35 + 80%
Przyrost zakłóceń akustycznych wnoszonych do otoczenia o poziomie zakłóceń 50 dB	≤ 5 dB.

Zasada działania przetwornicy

Przetwornica składa się z następujących podstawowych członów:

- generatora napięcia przemiennego, prostokątnego
- filtru wejściowego,
- filtru wyjściowego,
- układu sterującego.

Generator napięcia przemiennego prostokątnego zbudowany jest z trzech, połączonych w szereg, generatorów przeciwsobnych, pracujących na wspólny transformator Tr1. Generatory te posiadają również wspólne sprzężenie magnetyczne poprzez transformator pomocniczy Tr2. Układ szeregowy generatora jest konieczny z tego względu, że maksymalne napięcie zasilające przetwornicę wynosi 66 V, a maksymalne napięcie U_{CE} tranzystorów P210A wynosi tylko 50 V. Filtr wejściowy ma na celu ograniczenie zakłóceń elektrycznych wnoszonych przez przetwornicę na zaciski baterii zasilającej. Filtr wyjściowy spełnia potrójne zadanie. Po pierwsze, jego diodki D12 stwarza warunki niezbędne do wytwarzania przez generator napięcia przemiennego prostokątnego o zmiennej szerokości względnej impulsów. Po drugie, diodki D12 wytwarza z napięcia impulsującego jego wartość średnią. Po trzecie, pozostała część filtru zmniejsza do wymaganej wartości tętnienia napięcia wyjściowego przetwornicy. Układ sterujący, sprzęgający wyjście przetwornicy z transformatorem pomocniczym Tr2, steruje prądami baz tranzystorów generatora (T1+T6). W zależności od tego, czy napięcie wyjściowe przetwornicy maleje czy rośnie, układ sterujący powoduje zwiększenie lub zmniejszenie prądów baz tranzystorów generatora. Zmiana prądów baz tych tranzystorów w zastosowanym układzie przetwornicy powoduje zmianę szerokości względnej generowanych impulsów prostokątnych. Przez szerokość względną impulsów rozumie się stosunek czasu trwania kolejno następujących po sobie impulsów do sumy obejmującej czas trwania tych impulsów i czas

trwania przerwy po nich następującej. Malenie szerokości względnej generowanych impulsów powoduje na wyjściu przetwornicy malenie napięcia wyjściowego, gdyż maleje wartość średnia napięcia wyprostowanego i odwrotnie. Wzrost szerokości impulsów powoduje zwiększenie napięcia wyjściowego. Układ sterujący jest tak wykonany, że zmieniając odpowiednio szerokość względną generowanych impulsów napięcia przemiennego utrzymuje napięcie wyjściowe przetwornicy na tym samym poziomie, niezależnie od zmian napięcia zasilającego i prądu obciążenia.

Ograniczenie prądu maksymalnego

Przetwornica posiada właściwość ograniczania prądu maksymalnego. Po osiągnięciu wartości maksymalnej prądu obciążenia, prąd ten utrzymuje się prawie na stałym poziomie, natomiast napięcie wyjściowe maleje proporcjonalnie do zmniejszającej się oporności obciążenia. Dopiero przy bardzo dużym przeciążeniu, wraz z napięciem maleje prąd obciążenia. Przy całkowitym zwarciu, prąd ten utrzymuje się na poziomie ok. 50% prądu znamionowego. Moc pobierana przez przetwornicę z baterii akumulatorów w czasie pełnego zwarcia jest mniejsza od mocy pobieranej w czasie jej pracy jałowej. Po usunięciu przeciążenia bądź zwarcia, napięcie wyjściowe powraca do wartości normalnej. Regulacji ogranicznika dokonuje się opornikiem R8 lub R9.

Sygnalizacja zaniku napięcia wyjściowego

Przetwornica posiada na wyjściu neonówkę, która sygnalizuje istnienie napięcia na wyjściu. Neonówka gaśnie, gdy przetwornica zostanie wyłączona, bądź gdy nastąpi zanik napięcia wyjściowego spowodowany zwarciem zacisków wyjściowych.

Zasilanie przetwornicy

Przetwornica może być zasilana napięciem stałym 50 V \pm 8% lub 60 V \pm 10% pobieranym z baterii akumulatorów lub z prostownika. W przypadku zasilania przetwornicy napięciem 60 V należy rozewrzeć oporniki R7 i R8, zaś przewód przychodzący na zacisk 18 transformatora Tr1, przełączyć na zacisk 16.

Charakterystyki zewnętrzne przetwornicy

Charakterystyki zewnętrzne przetwornicy zdjęto przy dwóch temperaturach otoczenia $+20^{\circ}\text{C}$ i $+40^{\circ}\text{C}$, dla dwóch rodzajów napięć zasilających 50 V \pm 8% i 60 V \pm 10%.

Rysunki 11 i 12 przedstawiają charakterystyki zewnętrzne $U_{wy} = f(I_{wy})$ dla zmieniającego się prądu obciążenia w granicach $I_{wy} = 0,05 + 0,9$ A, przy stałym napięciu zasilającym $U_{we} = 46$ V; 54 V = const i dwóch temperaturach otoczenia: $+20^{\circ}\text{C}$ i $+40^{\circ}\text{C}$. Z charakterystyk tych wynika, że napięcie na wyjściu $U_{wy} = 212$ V zmienia się nie więcej niż \pm 1%, przy jednoczesnych zmianach napię-

cia zasilającego $50 \text{ V} \pm 8\%$, prądu obciążenia $0,1 - 0,9 \text{ A}$ i temperatury otoczenia $+10 \pm +40^\circ\text{C}$.

Rysunki 13 i 14 przedstawiają charakterystyki zewnętrzne $U_{wy} = f(I_{wy})$ dla zmieniającego się prądu obciążenia w granicach $I_{wy} = 0,05 \div 0,9 \text{ A}$ przy stałym napięciu zasilającym $U_{we} = 54 \text{ V}$; $66 \text{ V} = \text{const}$ i dwóch temperaturach otoczenia: $+20^\circ\text{C}$ i $+40^\circ\text{C}$. Z charakterystyk tych wynika, że napięcie na wyjściu $U_{wy} = 212 \text{ V}$ zmienia się nie więcej niż $\pm 1\%$, przy jednoczesnych zmianach napięcia zasilającego $60 \text{ V} \pm 10\%$, prądu obciążenia $0,1 \div 0,9 \text{ A}$ i temperatury otoczenia $+10 \pm +40^\circ\text{C}$.

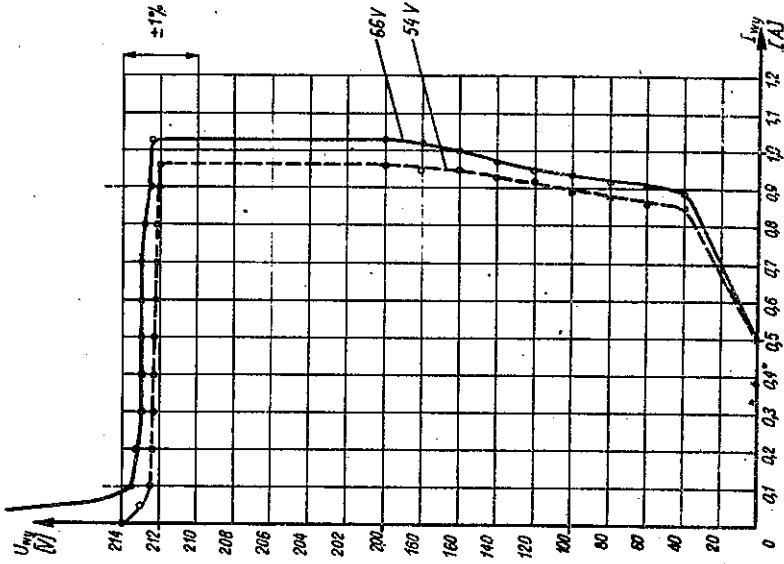
Uruchamianie przetwornicy

Przed podłączeniem baterii akumulatorów do zacisków wejściowych przetwornicy, należy wyłącznik W1 ustawić w położeniu "0" - odłączony. Następnie należy dokonać przełączeń w przetwornicy w zależności od wartości napięcia mającego zasilać przetwornicę. Przełączenia te uwidocznione są na schemacie elektrycznym przetwornicy.

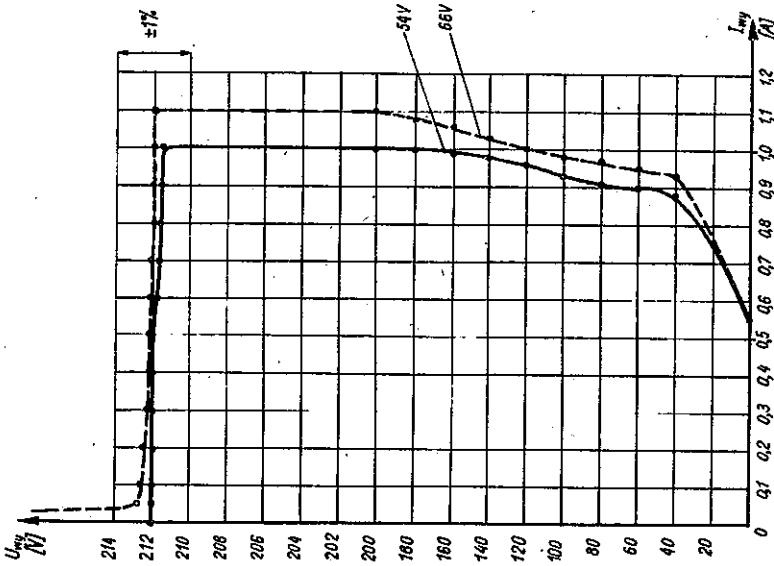
Przy zasilaniu napięciem $60 \text{ V} \pm 10\%$ nie należy zwracać oporników R7 i R8, a napięcie wyjściowe należy pobierać z zacze- pów nr 16 i 18 transformatora Tr1 (zwarte zaciski b-c i e-f).

Przy zasilaniu napięciem $50 \text{ V} \pm 8\%$ należy zewrzeć oporniki R7 i R8 mostkując zacze- py a i b na płytce montażowej, a napięcie wyjściowe należy pobierać z zacze- pów nr 15 i 18 transformatora Tr1 (zwarte zacze- py d-e).

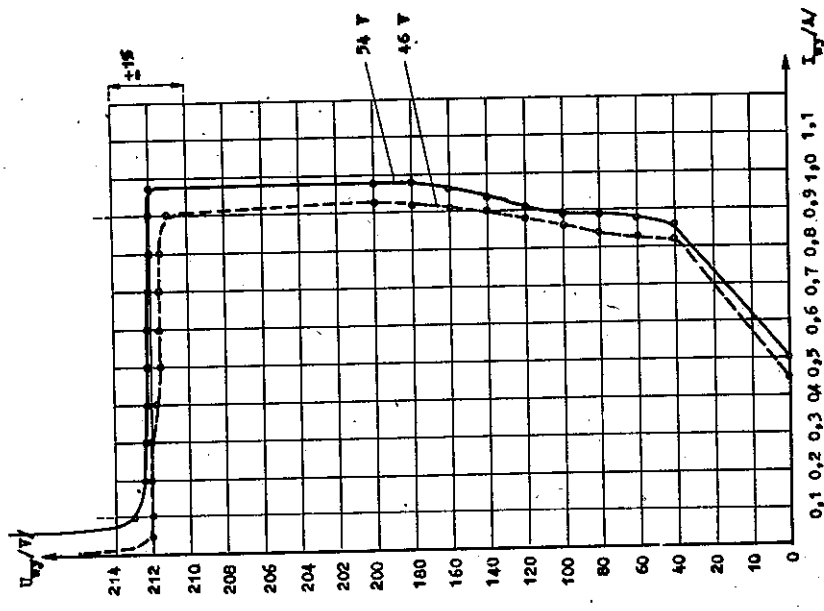
Do zacisków wyjściowych przetwornicy trzeba podłączyć



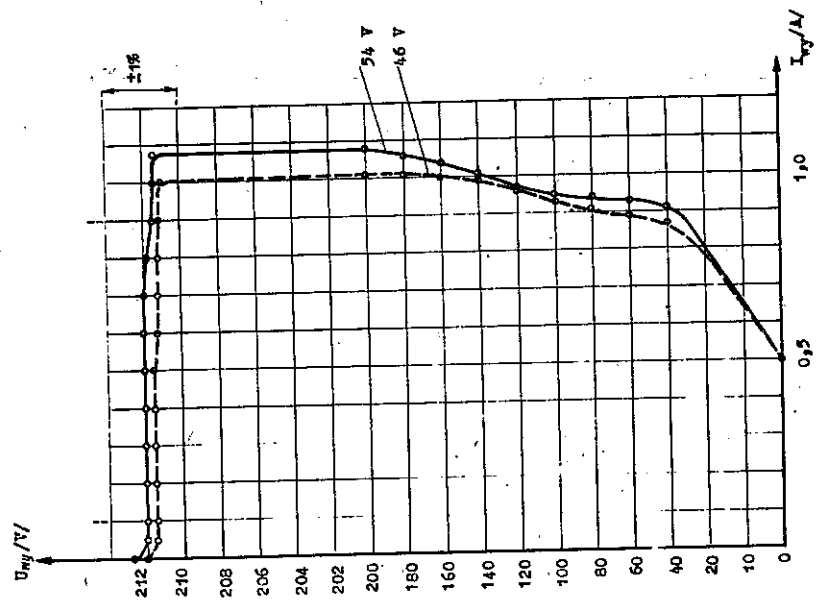
Rys. 14. Charakterystyki zewnętrzne przetwor-
nicy typu PISJ-50-60 V/212 V 0,9 A zasilanej
napięciem stałym 60 V \pm 10%. Temperatura oto-
czenia $+40^{\circ}\text{C}$



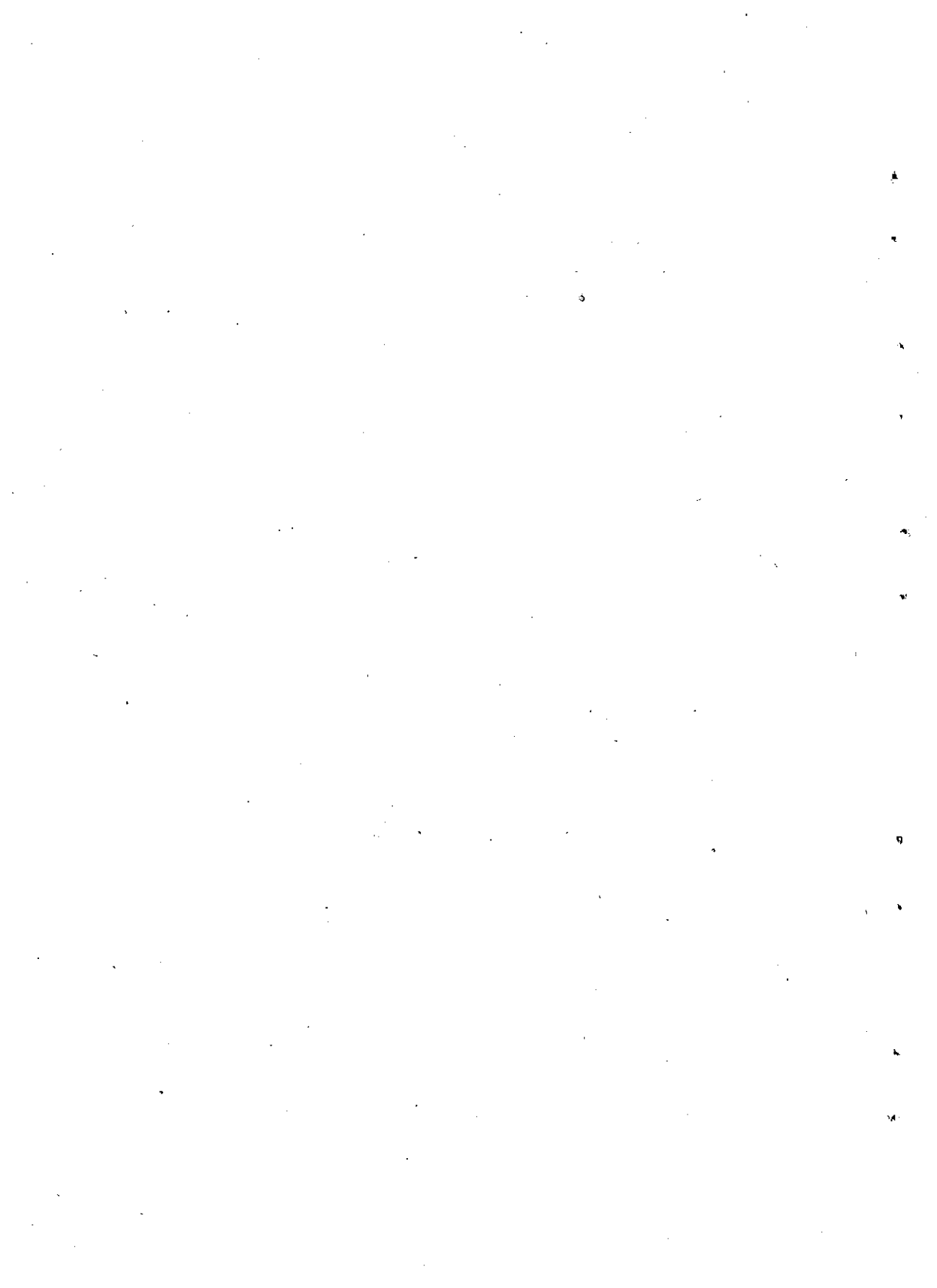
Rys. 13. Charakterystyki zewnętrzne przetwor-
nicy typu PISJ-50-60 V/212 V 0,9 A zasilanej
napięciem stałym 60 V \pm 10%. Temperatura oto-
czenia $+20^{\circ}\text{C}$



Rys. 12. Charakterystyki zewnętrzne przetwor-
 nicy typu PIS3-50-60 V/212 V 0,9 A zasilanej
 napięciem stałym 50 V \pm 8%. Temperatura oto-
 czenia +40°C



Rys. 11. Charakterystyki zewnętrzne przetwor-
 nicy typu PIS3-50-60 V/212 V 0,9 A zasilanej
 napięciem stałym 50 V \pm 8%. Temperatura oto-
 czenia +20°C



oporność obciążenia o regulowanej wartości w granicach $230 + 4000 \Omega$ i mocy 200 W. Za pomocą obejm należy ustawić maksymalne wartości oporników R1, R2, R3, R4, R5, R6, R8 i R9. Po podłączeniu właściwego napięcia zasilającego, można załączyć przetwornicę do pracy wyłącznikiem W1. Może się zdarzyć, że przetwornica nie wzbudzi się. Taka możliwość istnieje szczególnie przy niskiej temperaturze otoczenia. Wówczas należy nacisnąć starter ręczny W2. Świecąca się neonówka oznacza, że przetwornica pracuje i wytwarza napięcie wyjściowe.

Regulacja przetwornicy

Po uruchomieniu przetwornicy należy dokonać jej regulacji. W tym celu trzeba ustawić oporność sztucznego obciążenia na wartość ok. 1000Ω i napięcie zasilające na minimalną wartość 54 V/ lub 46 V/. Następnie potencjometrem R22 ustawia się napięcie wyjściowe na wartość 212 V. Zmniejszając oporność obciążenia ustawia się stopniowo prąd obciążenia na wartość 0,9 A. Gdy wartości tej nie można nastawić, oznacza to, że działa zbyt wcześnie ogranicznik mocy. Należy zmniejszyć oporniki R1, R2 i R3 do takich wartości, przy których można osiągnąć jeszcze prąd obciążenia ok. 1,0 A. Dokładne ustawienie ogranicznika uzyskuje się za pomocą oporników R7 lub R9.

Oporniki R4, R5, R6 służą do ustawienia minimalnego prądu zwarcia przetwornicy i do takiego ustawienia pracy przetwornicy, w którym uzyskuje się zawsze ten sam rodzaj regulacji szerokości impulsów; tzn. po każdej przer-

wie zawsze pierwsze przewodzą tranzystory T1, T2, T3, które w bazach posiadają wspomniane oporniki R4, R5, R6. Po wstępnym wyregulowaniu przetwornicy trzeba wyregulować ją tak, aby dawała maksymalną sprawność i nie wytwarzała oscylacji przy najniższym napięciu zasilającym i znamionowym prądzie obciążenia 0,9 A. W tym celu należy wysymetryzować generator przez odpowiednio małe zmiany wartości oporników R1, R2, R3, przy których prąd pobierany z baterii jest najmniejszy i nie występują oscylacje. Podobne efekty można uzyskać w pewnym zakresie regulując opornikami R7 lub R9.

Na koniec należy ustawić napięcie wyjściowe na wartość 212 V przy zasilaniu napięciem znamionowym 60 V (lub 50 V) i obciążeniu znamionowym 0,9 A. Gdy potencjometr nie pozwala ustalić wymaganego napięcia, należy zmienić wartość opornika R23 lub go zewrzeć.

Użyte do przetwornicy tranzystory, diody Zenera i diody germanowe muszą być odpowiednio zbadane, wyselekcjonowane i dobrane.

Tranzystory dużej mocy P210A bada się na wartość wzmocnienia prądowego β . Pomiaru dokonuje się dla prądu kolektora $I_k = 10$ A, przy spadku napięcia na złączu kolektor-emiter $U_{CE} = 1,5$ V. Tranzystory posiadające $\beta < 19$ należy odrzucić. W ten sposób wyselekcjonowane tranzystory P210A należy uszeregować tak, aby większym numerom tranzystorów (T1-T6) odpowiadały większe β , tzn. tranzystor T1 musi mieć najmniejszą β , a tranzystor T6 największą β . Należy szeregować tranzystory tak, aby $\beta_6 \leq 1,3 \beta_1$.

Tranzystory średniej mocy TG72 bada się na wartość wzmocnienia prądowego β i prądu zerowego I_{ko} . Pomiar β dokonuje się dla prądu kolektora $I_k = 3 \text{ A}$, przy spadku napięcia $U_{CE} = 1 \text{ V}$. Tranzystory posiadające $\beta < 15$ należy odrzucić. Pomiaru I_{ko} dokonuje się przy napięciu $U_{CE} = 60 \text{ V}$ i zwartej bazie z emiterem. Wartość I_{ko} nie powinna przekraczać $100 \mu\text{A}$ pod warunkiem, że w całym zakresie napięcia $U_{CE} = 0 \div 60 \text{ V}$ nie wystąpi zakrzywienie charakterystyki prądu zerowego.

Tranzystory małej mocy TG50 bada się podobnie jak tranzystory TG72, z tym, że pomiaru β dokonuje się dla $I_k = 250 \text{ mA}$ i $U_{CE} = 0,7 \text{ V}$, pomiaru I_{ko} natomiast przy napięciu $U_{CE} = 30 \text{ V}$. Do przetwornicy bierze się tranzystory, których $\beta \geq 40$, a $I_{ko} \leq 70 \mu\text{A}$.

Tranzystory małej mocy TG4 bada się zgodnie z fabrycznymi Warunkami Technicznymi.

Napięcie na diodzie Zenera D15 powinno być większe o $0,5 \div 1,0 \text{ V}$ od napięcia na diodzie Zenera D16, przy przepływie przez nie prądu Zenera 4 mA .

Diody średniej mocy D13 i D14 powinny być dobrane tak, aby stały prąd płynący przez każdą z nich w kierunku przewodzenia o natężeniu 5 A wywołał spadki napięć różniące się między sobą nie więcej niż o 3% .

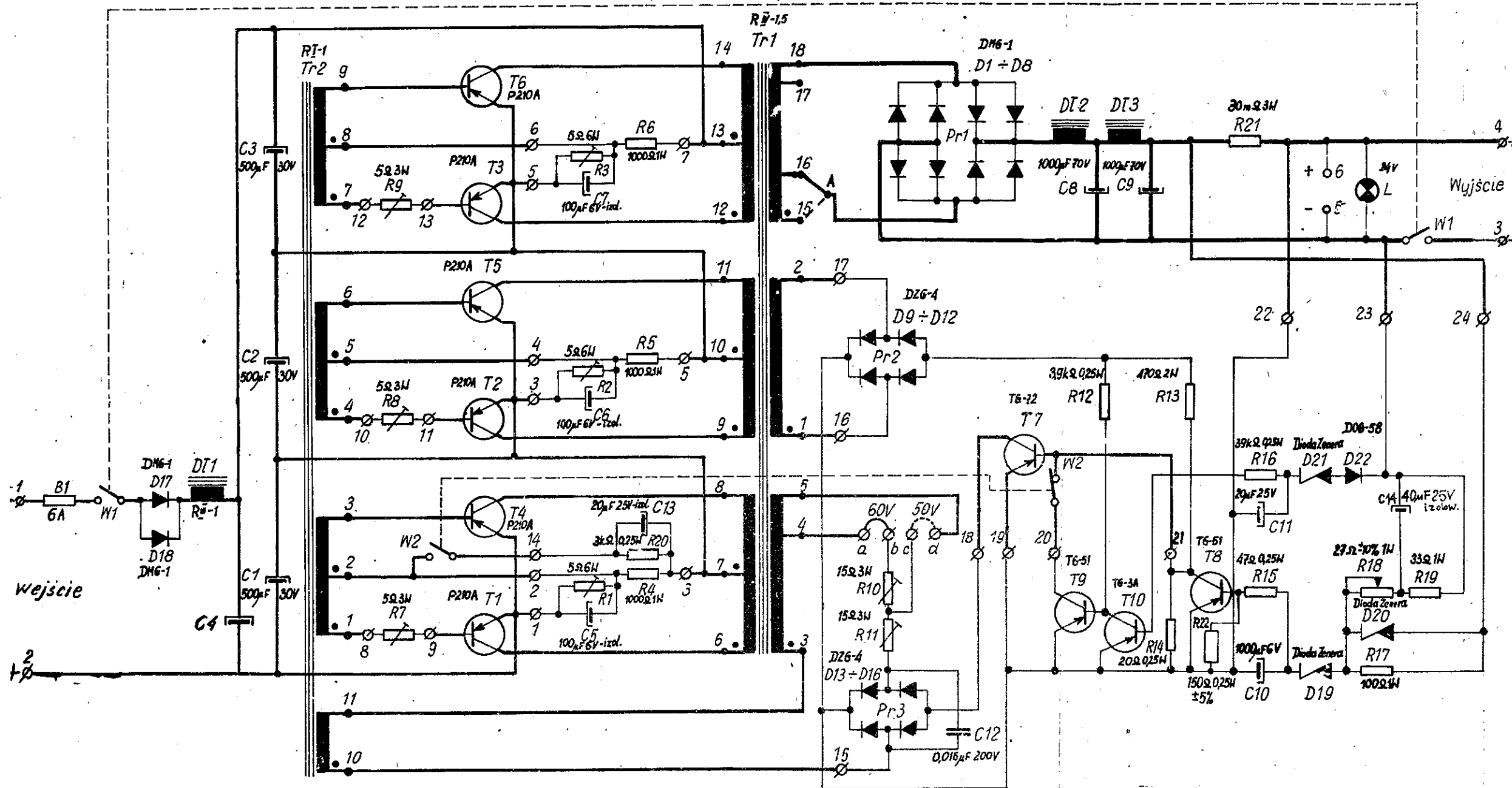
3.3.3. Przetwornica tranzystorowa stabilizowana typu PTS4-50-60 V/20 V, 10 A

Przetwornica typu PTS4 jest przetwornicą tranzystorową, wytwarzającą napięcie stałe 20 V , stabilizowane w

granicach $\pm 2\%$, zależnie od zmian napięcia zasilającego w zakresie $46 + 52$ V, lub $56 + 63$ V i jednoczesnych zmian obciążenia w przedziale $1 + 10$ A. Przetwornica posiada ogranicznik mocy maksymalnej, zabezpieczający ją przed uszkodzeniem w przypadku wystąpienia przeciążeń bądź zwarcia na wyjściu. W przetwornicy można również ustawić napięcie wyjściowe 21 V i wówczas można ją obciążyć prądem znamionowym 10,5 A. Przetwornica zbudowana jest w układzie kaskadowym i posiada napięcie wyjściowe stabilizowane. Przetwornica przeznaczona jest zasadniczo do zasilania obwodów żarzeniowych urządzeń teletransmisyjnych typu TN12/24K lub TN24. Przystosowana jest ona również do zasilania tranzystorowych urządzeń teletransmisyjnych, wymagających napięcia stałego 20 V. Schemat jej przedstawia rys. 15.

Dane techniczne przetwornicy

Stale napięcie zasilające z baterii akumulatorów	50 V $+4\%$ -8% lub 60 V $+5\%$ -7%
Maksymalny prąd pobierany z baterii	7 A
Stale napięcie wyjściowe	20 V $\pm 2\%$ lub 21 V $\pm 2\%$
Dopuszczalny zakres zmian prądu wyjściowego	1 + 10 A względnie 1 + 10,5 A



Rys. 15. Przetwornica tranzystorowa stabilizowana typu PTS4-50-60 V/20 V

- Uwagi: 1. Przy zasilaniu przetwornicy napięciem 50 V należy zewrzeć zaciski oznaczone na schemacie literami c i d oraz zwieracz w transformatorze Tr1 ustawić w położenie A-15
2. Przy zasilaniu przetwornicy napięciem 60 V należy zewrzeć zaciski oznaczone na schemacie literami a i b oraz zwieracz w transformatorze Tr1 ustawić w położenie A-16

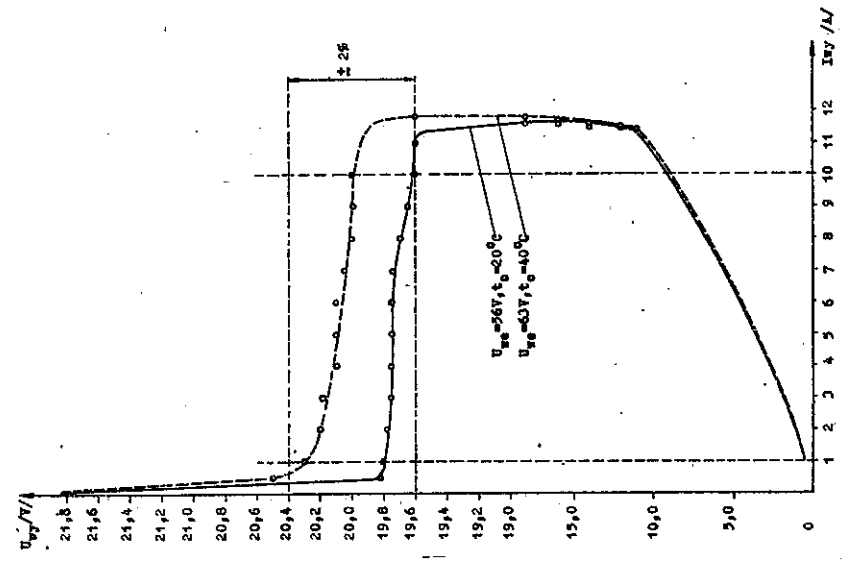
Wartość psfometryczna napięcia zakłóceń, wytwarzanego przez przetwornicę na zaciskach baterii zasilającej o pojemności użytecznej ok. 250 Ah	≤ 2 mV
Wartość skuteczna napięcia tętnień na wyjściu przetwornicy w pasmie od 0 do 370 Hz	≤ 30 mV
Wartość skuteczna napięcia tętnień na wyjściu przetwornicy w pasmie od 370 Hz do 10 kHz	≤ 15 mV
Sprawność energetyczna znamionowa	66%
Maksymalna temperatura otoczenia	+40°C
Dopuszczalny zakres zmian wilgotności względnej	35 + 80%
Przyrost zakłóceń akustycznych wnoszonych do otoczenia o poziomie zakłóceń 50 dB	≤ 5 dB

Charakterystyki zewnętrzne przetwornicy przedstawione są na rys. od 16 do 19.

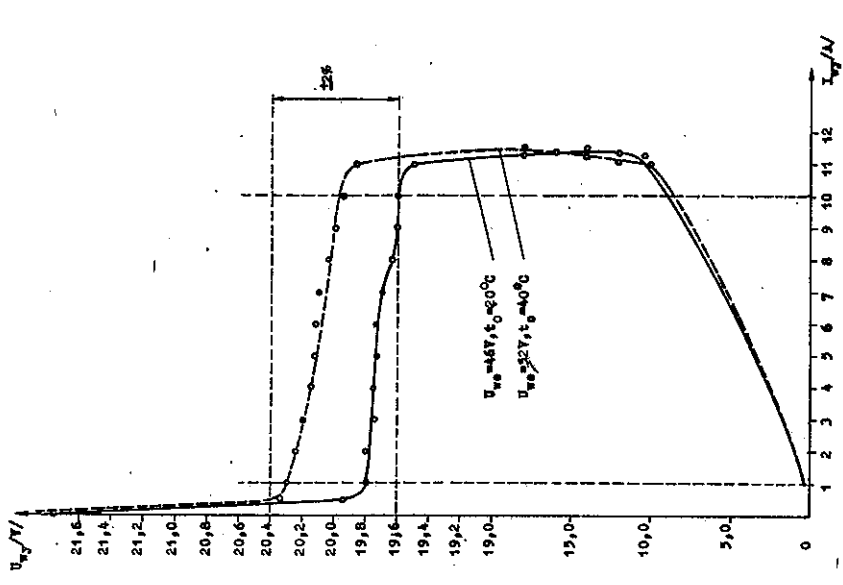
Zasada działania przetwornicy

Przetwornica stabilizowana omawianego typu składa się z następujących podstawowych członów:

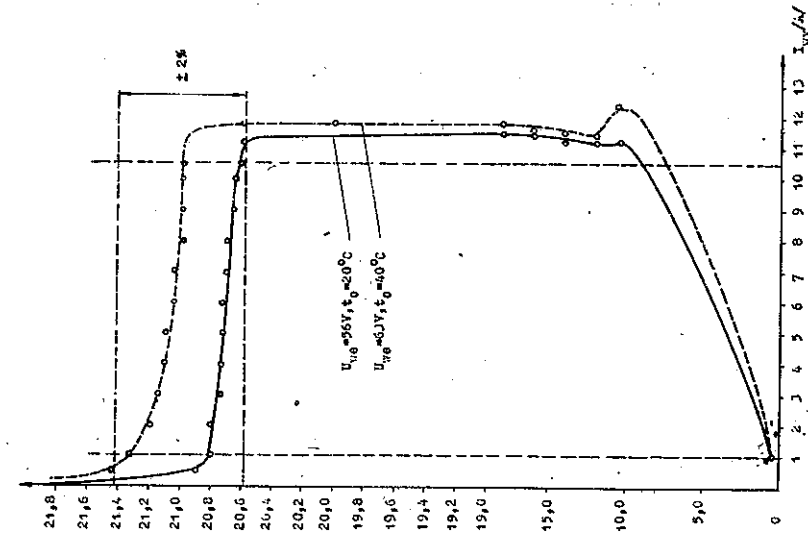
- generatora napięcia przemiennego, prostokątnego,
- filtru wejściowego,



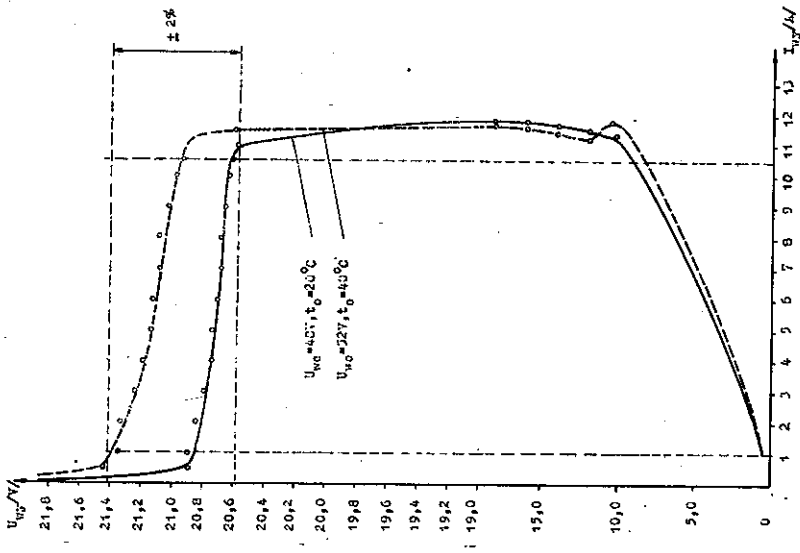
Rys. 17. Charakterystyki zewnętrzne przetwor-
nicy typu PTSA-50-60 V/20 V 10 A, zasilanej
napięciem stałym 60 V $\pm 5\%$, -7%, dla napięcia
wyjściowego 20 V



Rys. 16. Charakterystyki zewnętrzne przetwor-
nicy typu PTSA-50-60 V/20 V 10 A, zasilanej
napięciem stałym 50 V $\pm 4\%$, -8%, dla napięcia
wyjściowego 20 V



Rys. 19. Charakterystyki zewnętrzne przetwor-
nicy typu PIS4-50-60 V/20 V 10 A, zasilanej
napięciem stałym 60 V $\pm 5\%$, -7%, dla napięcia
wyjściowego 21 V



Rys. 18. Charakterystyki zewnętrzne przetwor-
nicy typu PIS4-50-60 V/20 V 10 A, zasilanej
napięciem stałym 50 V $\pm 4\%$, dla napięcia wyj-
ściowego 21 V

- filtru wyjściowego,
- układu sterującego.

Układ przetwornicy jest identyczny do układu przetwornicy anodowej opisanej w rozdz. 3.3.2.

3.3.4. Przetwornica tranzystorowa typu PTN7 50-60 V/ /24 V-3 A

Przetwornica tranzystorowa typu PTN7 jest przeznaczona do zasilania obwodów sygnalizacyjnych stojaków telefonii nośnej TN24, instalowanych przy centralach telefonicznych. Zależnie od rodzaju centrali telefonicznej znamionowe napięcie zasilające przetwornicę wynosi 50 V lub 60 V. Przetwornica ta może być również użyta do zasilania innych urządzeń nie wymagających napięcia stabilizowanego, np. obwodów sygnalizacji w stojakach telegrafii wielokrotnej.

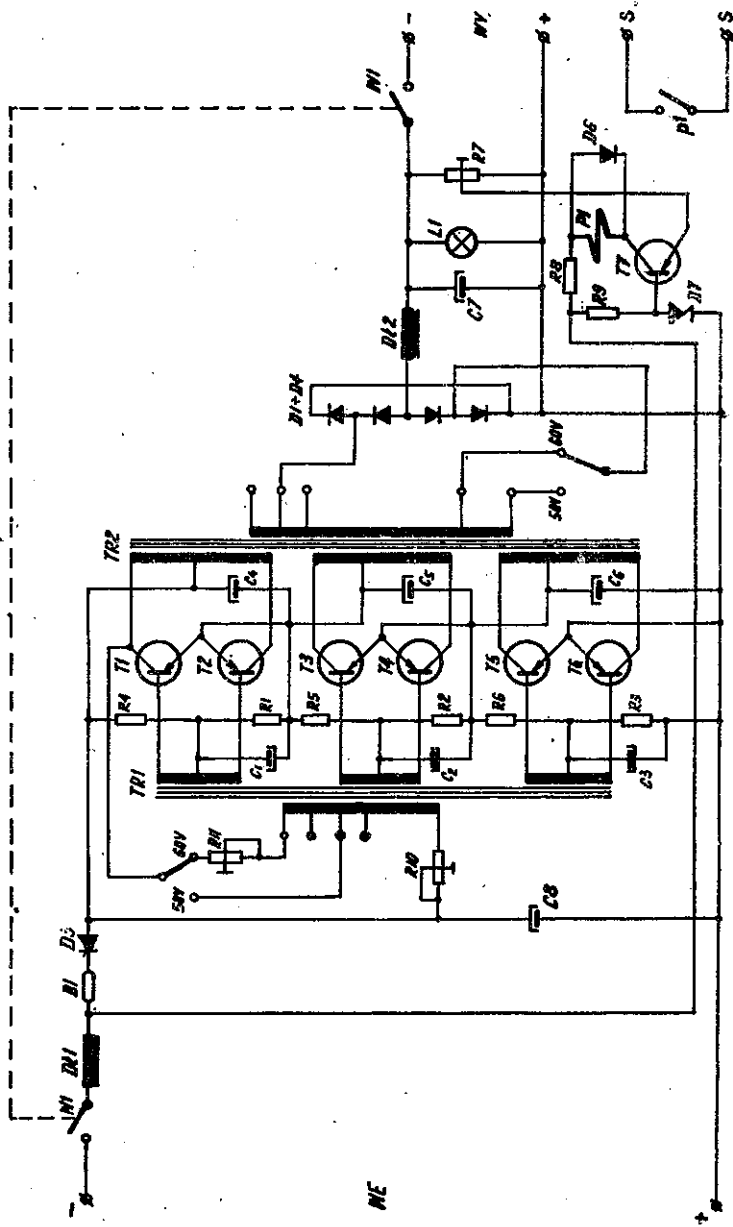
Dane techniczne przetwornicy

Znamionowe napięcie zasilające	50 V lub 60 V
Zmiany napięcia zasilającego	46 V do 52 V lub 54 V do 66 V
Prąd pobierany ze źródła przy obciążeniu znamionowym (przy $U_z = 50$ V lub przy $U_z = 60$ V)	1,88 A lub 1,57 A

Wartość psfometryczna napięcia tętnień na zaciskach wejściowych przetwornicy przy zasilaniu z baterii o pojemności 360 Ah	≤ 2 mV
Znamionowe napięcie wyjściowe	24 V
Znamionowy prąd wyjściowy	3 A
Zakres zmian obciążenia	0 + 3 A
Zmiany napięcia wyjściowego w funkcji zmian napięcia zasilającego i zmian obciążenia:	
dla 50 V	21,1-25,9 V
dla 60 V	21,1-28,5 V
Wartość psfometryczna napięcia tętnień na zaciskach wyjściowych przetwornicy	≤ 30 mV
Sprawność w warunkach znamionowych	75%
Dopuszczalny zakres zmian temperatury otoczenia	+10 + +40°C
Dopuszczalny zakres zmian wilgotności względnej	40 + 80%.

Opis przetwornicy

Przetwornica typu PTN7 50-60 V/24 V-3 A, której schemat ideowy pokazany jest na rys. 20, przetwarza napięcie stałe 50 V lub 60 V na napięcie 24 V, wymagane przez obwody sygnalizacyjne urządzeń TN24. Pracuje ona w układzie samowzbudnego generatora drgań prostokątnych. Z racji sto-



Rys. 20. Schemat przetwornicy tranzystorowej typu PKN7-50-60 V/24 V 3 A

- | | | | | |
|--------------|--------------------|-----------------|--------------------|----------|
| T1+T6 - TG72 | D7 ~ D813 | R8 - 1,5 kΩ 1 W | C1+C3 - 10 μF 70 V | B1 - 4 A |
| T7 - TG51. | R1+R3 - 6Ω ; 2 W | R9 ~ 8,2 kΩ 1 W | C4+C6 - 50 μF 50 V | |
| D1+D5 - DMG4 | R4+R6 - 680Ω ; 2 W | R10 - 47Ω 6 W | C7 - 100 μF 50 V | |
| D6 - DZG1 | R7 - 470Ω ; 4 W | R11 - 100Ω 6 W | C8 - 1000 μF 70 V | |

sunkowo wysokiego napięcia zasilającego, układ stanowi kaskadę trzech szeregowo połączonych stopni przeciwsonnych. W układzie przetwarzania zastosowano tranzystory mocy produkcji krajowej typu TG72.

Transformator nasycany Tr1 wyznacza częstotliwość drgań w układzie i zamyka pętlę dodatniego sprzężenia zwrotnego. Polaryzację wstępną baz tranzystorów T1 + T6 konieczną dla rozruchu przetwornicy zapewniają dzielniki złożone z oporników R4 + R1; R5 + R2; R6 + R3.

Odpowiednią wartość napięcia na każdym stopniu kaskady zapewnia dzielnik utworzony z tych samych oporników. Wtórne uzwojenie transformatora mocy Tr2 połączone jest ze stosem prostowniczym złożonym z diod D1 + D4. Odbiór zasilany jest poprzez filtr złożony z dławika D12 i kondensatora C7. Przetwornica posiada ważną i dogodną cechę, przeciążenie jej lub zwarcie zacisków wyjściowych nie powoduje żadnych uszkodzeń, prowadzi jedynie do załamania oscylacji. Jako ciekawostkę należy dodać, że przetwornica pracująca ze zwartymi zaciskami wyjściowymi pobiera mniejszy prąd z baterii niż w czasie biegu jałowego.

Oporniki R8 i R9 włączone w szereg z uzwojeniem pierwotnym transformatora Tr1 służą do wyregulowania wartości prądu wyjściowego maksymalnego, powyżej której występuje ograniczenie prądu. Zadaniem filtru na wejściu przetwornicy jest ograniczanie składowej zmiennej wnoszonej na zaciski baterii przez pracującą przetwornicę. Filtr ten składa się z dławika D11 i kondensatora C8. Przetwornica posiada układ, złożony m.in. z tranzystora

T7 typu TG51, diody Zenera D6 i przekaźnika P1, przeznaczony do sygnalizowania obniżenia i zaniku napięcia wyjściowego. Ponieważ napięcie zasilające przetwornicę może wynosić 50 lub 60 V, przewidziane jest odpowiednie położenie zwieraczy umieszczonych w obwodzie uzwojenia pierwotnego transformatora Tr1 oraz w obwodzie uzwojenia wtórnego transformatora mocy Tr2. Zwieracze te znajdują się na płycie montażowej przetwornicy.

Regulacja przetwornicy

Układ przetwornicy ma zapewnioną możliwość dokonywania regulacji następujących wielkości:

- a) napięcia wyjściowego,
- b) maksymalnego prądu wyjściowego przy napięciu zasilającym 50 V,
- c) maksymalnego prądu wyjściowego przy napięciu zasilającym 60 V,
- d) granicznego napięcia wyjściowego przetwornicy, którego przekroczenie powinno być sygnalizowane.

Regulacja przetwornicy dokonywana jest jednorazowo po zmontowaniu i sprawdzeniu działania przetwornicy. Należy równocześnie pamiętać, aby pierwsze włączenie napięcia na zaciski miało miejsce wówczas, gdy oporniki lamelkowe R8 i R9 są nastawione na wartość maksymalną.

Przed wszystkim dokonujemy regulacji napięcia wyjściowego, czynimy to wówczas, gdy przetwornica zasilana

jest napięciem 66 V (górną wartość napięcia przy $U_{zn} = 60$ V). Prętotownik łączymy wówczas z takim odczepem uzwojenia wtórnego transformatora Tr2, aby wartość napięcia wyjściowego przetwornicy mieściła się w granicach od 28,4 do 28,9 V. Pomiary napięcia wyjściowego i wejściowego należy w tym przypadku dokonywać woltomierzem klasy 0,2. Następnie należy dokonać regulacji wartości prądu maksymalnego wyjściowego przy napięciu zasilającym 50 V. Tak nastawiamy lamelkę opornika R8, aby załamanie oscylacji nastąpiło wówczas, gdy prąd wyjściowy przekroczy wartość 3,6 A. Gdy napięcie zasilające wynosi 60 V, maksymalny prąd wyjściowy regulujemy opornikiem R9, oscylacje powinny się załamać dopiero wówczas, gdy prąd wyjściowy wynosi 3,6 A.

Regulacji wartości granicznej napięcia wyjściowego, której przekroczenie powinno być sygnalizowane, dokonuje się wówczas, gdy przetwornica jest nieobciążona. Obniżamy napięcie zasilające (niezależnie czy wynosi ono 60 lub 50 V) tak, aby napięcie wyjściowe wynosiło 18 V. Potem tak ustawiamy lamelkę na oporniku R7, aby przekaźnik P zadziałał przy tym napięciu.

3.4. Rezerwowe lokalne zasilanie urządzeń telefonii nośnej małej krotności

Obecnie urządzenia telefonii nośnej małej krotności typu NTN1+1 lub NTN1+2 zasilane są tylko z sieci elektroenergetycznej. Po zaniku napięcia w sieci, następuje zanik łączności w kanałach nośnych.

Ilość przerw w łączności międzymiastowej w małych miejscowościach jest bardzo liczna. Średnia roczna liczba przerw wynosi ok. 90. Czas trwania przerw w łączności w tych urządzeniach wynosi średnio od 2 do 4 godzin. Powyższa sytuacja powoduje straty nie tylko materialne, ale i społeczne, ponadto pogarsza również wskaźniki techniczno-ekonomiczne w zakresie łączności międzymiastowej. Opracowanie więc systemu i urządzeń opartych o przetwornice tranzystorowe do bezprzerwowego zasilania prądem przemiennym systemów telefonii nośnej małej krotności typu NTN1+1 i NTN1+2 przyczyniło się do: wzrostu dochodów podniesienia wskaźników technicznych oraz dało niewymierne korzyści społeczne.

System rezerwowego zasilania

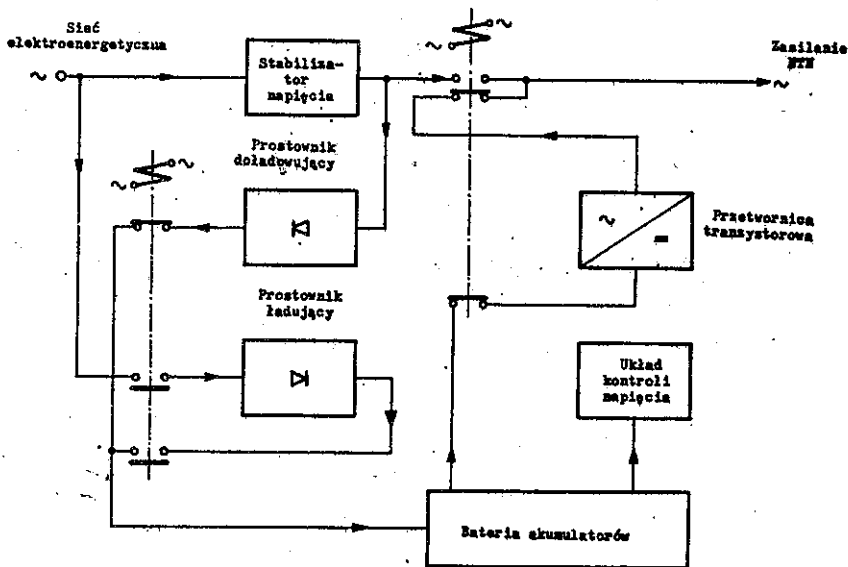
W celu zapewnienia prawidłowej i bezprzerwowej pracy urządzeń telefonii nośnej małej krotności przyjęto następujący system zasilania:

1. Podczas obecności napięcia w sieci elektroenergetycznej, ze względu na duże wahania napięcia w małych miejscowościach, urządzenia NTN zasilane są poprzez stabilizator napięcia. Stabilizator ten zasilany jest również prostownik małej mocy niezbędny do doładowywania baterii akumulatorów, przeznaczonych jako źródło zasilania przetwornicy tranzystorowej, która jest rezerwowym źródłem prądu przemiennego.

2. Po zaniku napięcia w sieci elektroenergetycznej

następuje samoczynne włączenie do pracy przetwornicy tranzystorowej, wytwarzającej napięcie przemiennie do zasilania urządzeń NTN.

3. Po powrocie napięcia w sieci elektroenergetycznej następuje automatyczne wyłączenie z pracy przetwornicy tranzystorowej, włączenie zasilania NTN z sieci elektroenergetycznej oraz samoczynne doładowywanie baterii akumulatorów.



Rys. 21. Schemat blokowy systemu rezerwowego zasilania urządzeń NTN

W przypadku gdy napięcie baterii akumulatorów zasila-
jącej przetwornicę tranzystorową obniży się do $1,9 \text{ V/ogn.}$,
zostanie ona samoczynnie przełączona na ładowa-
nie z prostownika niestabilizowanego. Po osiągnięciu na-
pięcia ok. $2,5 \text{ V/ogniwo}$, bateria automatycznie wyłączy
się z obwodu ładowania i zostanie przełączona na dołado-

wywanie. Schemat blokowy systemu bezprzerwowego zasilania urządzeń NTN pokazany jest na rys. 21.

Urządzenia do bezprzerwowego zasilania NTN

Urządzenia te składają się z:

a) urządzenia pomocniczego zawierającego: układ kontroli napięcia baterii, prostownik doładowujący oraz urządzenia przełączające baterię na ładowanie,

b) przetwornicy tranzystorowej stanowiącej rezerwowe źródło napięcia przemiennego, wyposażonej w urządzenie przełączające zasilanie urządzeń NTN z sieci na zasilanie z przetwornicy,

c) baterii akumulatorów kwasowych,

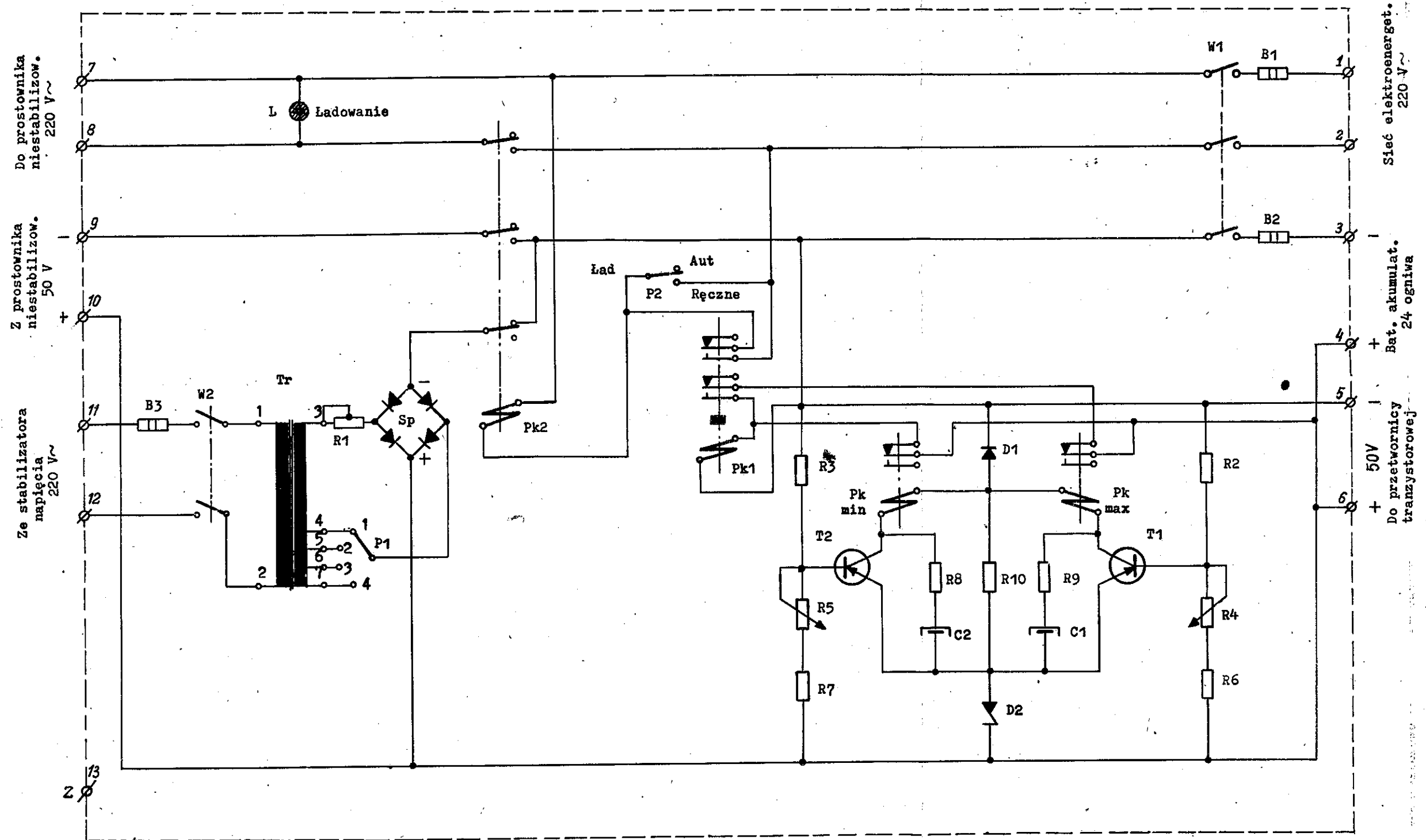
d) prostownika niestabilizowanego przeznaczonego do ładowania baterii,

e) stabilizatora napięcia.

Tam, gdzie istnieje źródło prądu stałego 50 V, instaluje się tylko przetwornice tranzystorowe i stabilizatory napięcia przemiennego. W obiektach, w których nie ma baterii akumulatorów 50 V, instalowane są komplety tych urządzeń, zapewniające bezprzerwowe zasilanie NTN₁₊₁ lub NTN₁₊₂.

Urządzenie pomocnicze

Schemat ideowy urządzenia pomocniczego do bezprzerwowego zasilania NTN pokazany jest na rys. 22. Podczas



Rys. 22. Schemat ideowy urządzenia pomocniczego do rezerwowego zasilania urządzeń NTN

obecności napięcia w sieci elektroenergetycznej, po zamknięciu wyłącznika W2, zostaje włączony prostownik doładowujący baterię akumulatorów, a po zamknięciu wyłącznika W1 bateria akumulatorów jest doładowywana. Prostownik ten zasilany jest ze stabilizatora napięcia.

Prostownik doładowujący składa się z transformatora Tr oraz stosu prostowniczego Sp. Regulację prądu doładowywania baterii uzyskuje się przez zmianę zaczepów strony wtórnej uzwojenia transformatora Tr za pomocą przełącznika P1. Regulacja prądu zawiera się w granicach od 20 do 100 mA. Istnieje możliwość zwiększenia prądu doładowywania do około 200 mA przez zmianę oporności R1.

W przypadku zaniku napięcia w sieci, gdy bateria akumulatorów rozładuje się do napięcia 46 V, tranzystorowy układ kontroli napięcia baterii spowoduje przełączenie baterii na ładowanie z prostownika niestabilizowanego. Zadziała wówczas przekaźnik Pk_{min} i swoimi stykami zamknie obwód przekaźnika Pk1, który z kolei zamknie obwód przekaźnika Pk2. Gdy napięcie w sieci elektroenergetycznej pojawi się, nastąpi zadziałanie przekaźnika Pk2, który swoimi stykami włączy: zasilanie prostownika niestabilizowanego od strony sieci i na ładowanie baterii od strony prądu stałego. Gdy bateria akumulatorów osiągnie napięcie ok. 2,5 V/ogn., nastąpi automatyczne odłączenie baterii z procesu ładowania. Zadziała wówczas przekaźnik Pk_{max}, który swoimi stykami spowoduje przerwę w obwodzie samopodtrzymania się przekaźnika Pk1, a ten z kolei spowoduje przerwę w obwodzie przekaźnika Pk2. Przekaźnik Pk2 odłączy prostownik niestabilizowany

od sieci i z obwodu ładowania baterii oraz spowoduje włączenie prostownika Sp doładowującego baterię.

Włączenie ładowania baterii może być również dokonane ręcznie przez ustawienie przełącznika P2 w położenie "Ładowanie ręczne". W przypadku zaniku napięcia w sieci podczas ładowania baterii akumulatorów zostanie ona automatycznie odłączona z obwodu ładowania, a po powrocie napięcia w sieci zostanie ponownie przełączona na ładowanie.

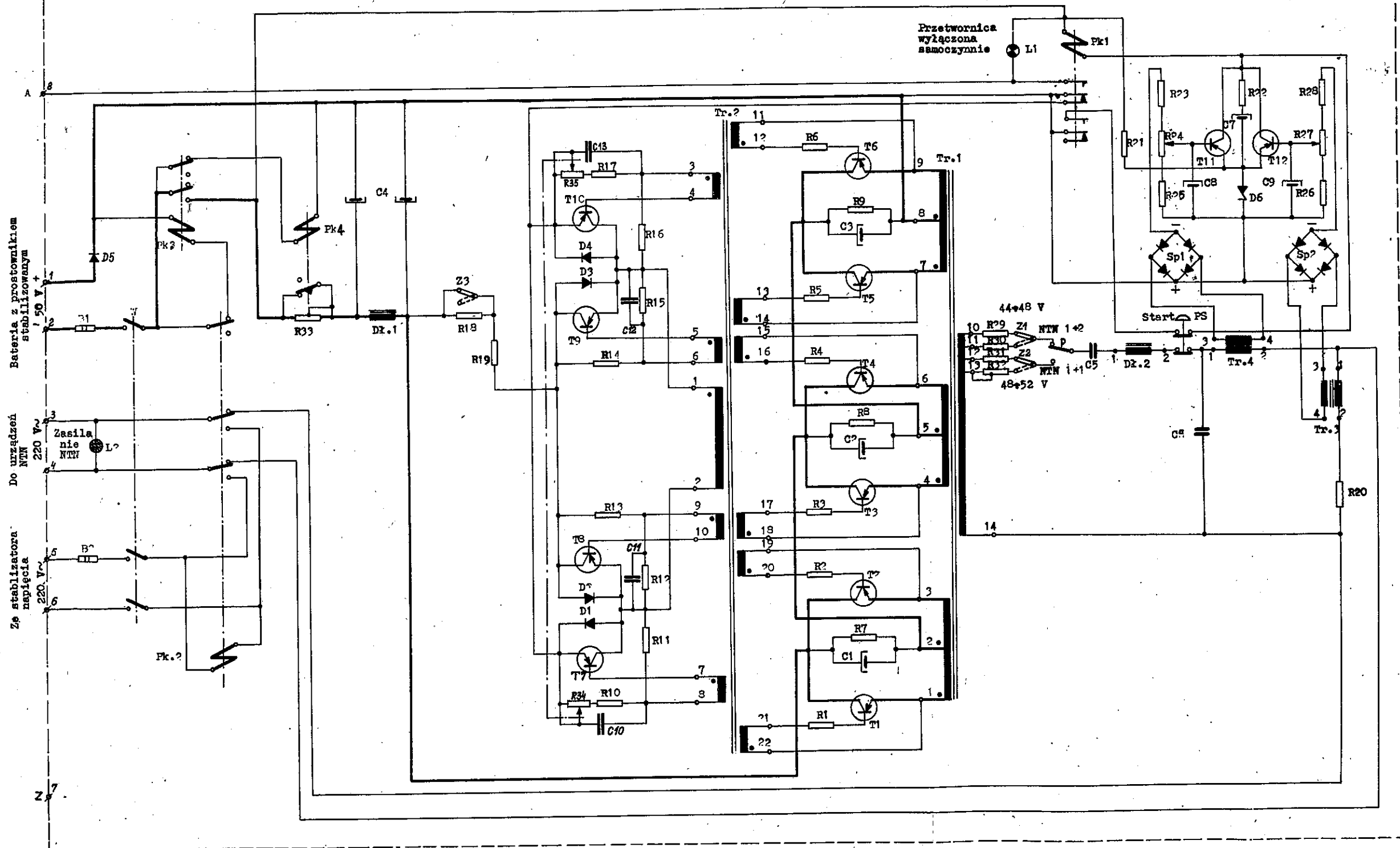
Proces taki będzie zachodził dotąd, aż bateria osiągnie ok. 2,5 V/ogn., po czym zostanie on samoczynnie przerywany.

Napięcie minimalne i maksymalne, przy jakim ma zadziałać układ kontroli napięcia baterii, jest ustawiane za pomocą potencjometrów R4 oraz R5 i zawiera się w następujących granicach: przekaźnik "min" 40 + 48 V, przekaźnik "max" 49 + 66 V. Lampka L sygnalizuje ładowanie baterii akumulatorów.

3.4.1. Przetwornica tranzystorowa typu PTN6 do zasilania urządzeń telefonii nośnej małej krotności

Schemat przetwornicy tranzystorowej niestabilizowanej typu PTN6 pokazano na rys. 23. Przetwornica ta składa się z następujących członów:

- a) filtru wejściowego,
- b) generatora drgań prostokątnych,
- c) wzmacniacza mocy,
- d) filtru wyjściowego,



Rys. 23. Schemat ideowy przetwornicy tranzystorowej niestabilizowanej typu PIN6 wraz z urządzeniem przełączającym

- e) samoczynnego wyłącznika przetwornicy,
- f) urządzenia przełączającego.

Przetwornica przetwarza napięcie stałe z baterii akumulatorów na napięcie przemienne o przebiegu zbliżonym do piłowego o częstotliwości znamionowej 50 Hz. Kształt fali napięcia wyjściowego z przetwornicy został tak dobrany, aby przy zasilaniu z przetwornicy jednego stojaka NTN1+1, lub kompletnego urządzenia NTN1+2, napięcia wyjściowe z zasilaczy tych urządzeń miały wartości zbliżone do wartości tych napięć przy zasilaniu z sieci elektroenergetycznej.

W przypadku dobrania sinusoidalnego kształtu fali napięcia wyjściowego z przetwornicy, a zatem rozbudowania filtra wyjściowego, moc jej byłaby niewystarczająca do zasilania kompletu urządzeń NTN1+2.

Przetwornica może być zasilana napięciem stałym zawierającym się w granicach 48 + 44 V (bateria 24 ogniwa), jak również w granicach 52 + 48 V (bateria 25 lub 26 ogniw). W pierwszym przypadku przetwornica zasilana jest z odrębnej baterii akumulatorów, a w drugim przypadku zasilana jest z baterii zasilającej centralę telefoniczną - 50 V. Przystosowanie przetwornicy do odpowiedniego napięcia zasilającego odbywa się przez ustawienie zwieraczy Z1, Z2 i Z3 w odpowiedniej pozycji 44 + 48 V względnie 48 + 52 V. Włączanie ręczne przetwornicy do pracy odbywa się wyłącznikiem W przez ustawienie go w pozycję "Za1".

W zależności od tego, czy zasilane jest urządzenie NTN1+1 czy też NTN1+2, należy przełącznik P ustawić w od-

powiedniej pozycji 1+1 lub 1+2. Dokładne ustawienie napięcia wyjściowego z przetwornicy odbywa się przez zmianę oporności oporników R29 + R32.

Filtr wejściowy

Przetwornica na wejściu posiada filtr złożony z dławika DL1 oraz kondensatora C4. Filtr ten powoduje zmniejszenie napięcia zakłóceń wytwarzanego przez przetwornicę na zaciskach baterii akumulatorów.

Generator drgań prostokątnych

Generator drgań składa się z: tranzystorów T7 + T10, oporników R10 + R17, diod D1 + D4 oraz transformatora Tr2. Zadaniem tego generatora jest wytwarzanie drgań prostokątnych o częstotliwości znamionowej 50 Hz. Moc generatora pokrywa zapotrzebowanie mocy na sterowanie tranzystorami wzmacniacza. Przy zmianach napięcia zasilającego generator w granicach 4 V częstotliwość drgań zmienia się w granicach $\pm 4\%$. Zmiany częstotliwości drgań, wywołane wpływem temperatury otoczenia, kompensowane są przez włączenie opornika węglowego R19 w obwodzie zasilania generatora.

Wzmacniacz mocy

Wzmacniacz mocy składa się z: tranzystorów T1 + T6, oporników R1 + R9, kondensatorów C1 + C3 oraz transformatora Tr1. Wzmacniacz mocy tworzą trzy jednakowe ukła-

dy wzmacniaczy przeciwsobnych połączone szeregowo. Wzmacniacz mocy jest sterowany generatorem drgań prostokątnych w ten sposób, że polaryzowane są na przemian raz tranzystory T1, T3 i T5, a następnie T2, T4 i T6. W uzwojeniach pierwotnych transformatora Tr1 płynie prąd przemienny, a na jednej połowie trzech uzwojeń transformatora, w odpowiedniej chwili, pojawia się napięcie przemienne o przebiegu prostokątnym. Napięcie to po przetransformowaniu podawane jest na filtr wyjściowy. W celu utrzymania jednakowego napięcia na każdym wzmacniaczu przeciwsobnym zastosowano dzielniki oporowo-kondensatorowe R7-C1; R8-C2 i R9-C3. Oporniki od R1 do R6 warunkują odpowiednią wartość prądów w bazach tranzystorów mocy.

Filtr wyjściowy

Przetwornica na wyjściu posiada filtr złożony z kondensatorów C5 i C6 oraz dławika DL2. Filtr kształtuje napięcie o przebiegu prostokątnym podawane na ten filtr na napięcie o przebiegu zbliżonym do piłowego.

Samoczynny wyłącznik przetwornicy

Przetwornica wyposażona jest w samoczynny wyłącznik napięcia wyjściowego, który zabezpiecza przetwornicę w przypadku przeciążeń lub zwarć na zaciskach wyjściowych, oraz zabezpiecza urządzenia zasilane przed nadmiernym wzrostem napięcia wyjściowego z przetwornicy.

Samoczynny wyłącznik składa się z: dwóch stosów prostowniczych Sp1 i Sp2, tranzystorów T11 i T12, diody Zenera D6, oporników R21 + R28, kondensatorów C7 + C9 i przekaźnika teletechnicznego Pk1.

W przypadku nadmiernego wzrostu obciążenia na wyjściu przetwornicy w uzwojeniu wtórnym transformatora Tr4 pojawia się napięcie o odpowiedniej wartości, które po wyprostowaniu zasila dzielnik oporowy złożony z oporników R23 + R25. Część napięcia z ww. dzielnika podawana jest na bazę tranzystora T11. W przypadku gdy napięcie podane na bazę tranzystora przekroczy wartość napięcia odniesienia na diodzie Zenera D6, tranzystor T11 zostanie spolaryzowany i zamknie obwód cewki przekaźnika Pk1. Przekaznik wówczas zadziała, swoimi stykami sam się podtrzyma oraz spowoduje wyłączenie napięcia zasilającego generator i włączenie lampki L1. Lampka L1 sygnalizuje wyłączenie przetwornicy z pracy. Ponowne włączenie przetwornicy do pracy odbywa się przyciskiem Ps, za pomocą którego rozwieramy obwód samopodtrzymania się przekaźnika Pk1. Przekaznik przełącza swoje styki powodując wyłączenie lampki L1 oraz włączenie napięcia zasilającego generator. Zadziałanie wyłącznika przy żądanej wartości prądu obciążenia przetwornicy ustawiane jest za pomocą potencjometru R24 w granicach 0,28 A do 0,4 A.

W przypadku nadmiernego wzrostu napięcia na wyjściu przetwornicy w uzwojeniu wtórnym transformatora Tr3 pojawi się odpowiednia wartość napięcia, które po wyprostowaniu zasila dzielnik złożony z oporników R26 + R28. Część napięcia z tego dzielnika podawana jest na bazę

tranzystora T12. Gdy napięcie to przekroczy wartość napięcia odniesienia na diodzie Zenera D6, zostanie spolaryzowany tranzystor T12, który zamknie obwód cewki przekaźnika Pk1 i jak w poprzednim przypadku spowoduje wyłączenie przetwornicy.

Zadziałanie wyłącznika przy żądanej wartości napięcia na wyjściu przetwornicy ustawiane jest za pomocą potencjometru R27 w granicach 200 do 260 V.

Urządzenie przełączające

Urządzenie przełączające zasilające NTN z sieci elektroenergetycznej na zasilanie rezerwowe z przetwornicy tranzystorowej składa się z przekaźników Pk2 + Pk4. Podczas obecności napięcia w sieci przekaźnik Pk2 przełącza swoje styki powodując zasilanie urządzeń NTN ze stabilizatora napięcia. Przekaznik Pk3 pozostaje w stanie niewzbudzonym i swoim stykiem zamyka obwód cewki przekaźnika Pk4, który z kolei rozwiera opornik R33.

Po zaniku napięcia w sieci przekaźnik Pk3 przełącza zasilanie NTN na wyjście przetwornicy oraz zamyka obwód cewki przekaźnika Pk3. Przekaznik Pk3 włącza zasilanie przetwornicy poprzez opornik R33 i przerywa obwód cewki przekaźnika Pk4, który po czasie 0,3 sek powoduje zwarcie ww. opornika. Takie dwustopniowe włączanie napięcia zasilającego przetwornicę jest konieczne ze względu na działanie samoczynnego wyłącznika, który przy jednorazowym włączeniu napięcia zasilającego powodowałby samoczynne wyłączenie przetwornicy z pracy. W zależności od

tego, czy zasilane jest urządzenie NTN1+1 czy też NTN1+2, oporność opornika R33 powinna być doregulowana tak, aby napięcie poza opornikiem od strony filtra wejściowego wynosiło ok. 35 V podczas pierwszego stopnia włączania przetwornicy. Lampka L2 sygnalizuje zasilanie urządzeń NTN. Bezpieczniki B1 i B2 zabezpieczają przetwornicę przed skutkami zwarc wewnątrz jej układu. Dioda D5 zabezpiecza przetwornicę przed uszkodzeniem w przypadku błędnego włączenia biegunowości napięcia stałego na wejściu przetwornicy.

Dane techniczne przetwornicy

Napięcia zasilające z baterii akumulatorów:

bateria samodzielna	48 + 44 V
lub bateria wspólna z CA	52 + 48 V

Maksymalny prąd pobierany z baterii 2,2 A

Wartość psfometryczna napięcia tętnień na zaciskach wejściowych przetwornicy zasilanej z baterii o pojemności 30 Ah

≤ 2 mV

Znamionowe napięcie wyjściowe przemienne 220 V

Maksymalne zmiany napięcia wyjściowego 200 + 230 V

Maksymalny prąd wyjściowy 0,34 A

Znamionowa częstotliwość napięcia wyjściowego

50 Hz

Maksymalne zmiany częstotliwości	48 ± 52,5 Hz
Sprawność w warunkach znamionowych	61%
Dopuszczalny zakres zmian temperatury otoczenia	+10 ± +40°C
Dopuszczalny zakres zmian wilgotności względnej	40 ± 80%
Przyrost zakłóceń akustycznych wnoszonych przez przetwornicę do otoczenia o poziomie zakłóceń 50 dB	≤ 5 dB

Bateria akumulatorów

W przypadku współpracy urządzenia do bezprzerwowego zasilania NTN z odrębną baterią akumulatorów bateria ta powinna być następująca:

- a) liczba ogniw kwasowych - 24
- b) zmiany napięcia baterii od 48 do 44 V, tj. od 2 V/ogn. do 1,83 V/ogn.,
- c) pojemność znamionowa przy założeniu 5-godzinnej rezerwy zasilania - 15 Ah.

Bateria jest utrzymywana w stanie pełnego naładowania za pomocą prostownika doładowującego wbudowanego w urządzenie pomocnicze. Ładowanie baterii będzie się odbywało automatycznie lub ręcznie prostownikiem niestabilizowanym. Zaleca się ładowanie baterii prądem 10-godzinnym.

Prostownik

Do ładowania baterii akumulatorów należy użyć prostownika niestabilizowanego, posiadającego regulację prądu wyjściowego.

Dane prostownika:

Napięcie zasilające przemienne	220 V, 50 Hz
Zmiany napięcia wyjściowego od	45 do 60 V
Regulacja prądu wyjściowego od	1 do 4 A

Wartość prądu ładowania wydawanego przez prostownik powinna być nastawiana w zależności od żądanego czasu naładowania baterii akumulatorów.

Stabilizator napięcia

Urządzenia NTN powinny być zasilane z sieci poprzez stabilizator napięcia o następujących danych:

- a) dopuszczalne zmiany napięcia na zaciskach wyjściowych $220\text{ V} \pm 5\%$,
- b) zmiany obciążenia od 10% do znamionowego,
- c) dopuszczalne zmiany napięcia na zaciskach wejściowych $220\text{ V} + 10\% - 20\%$.

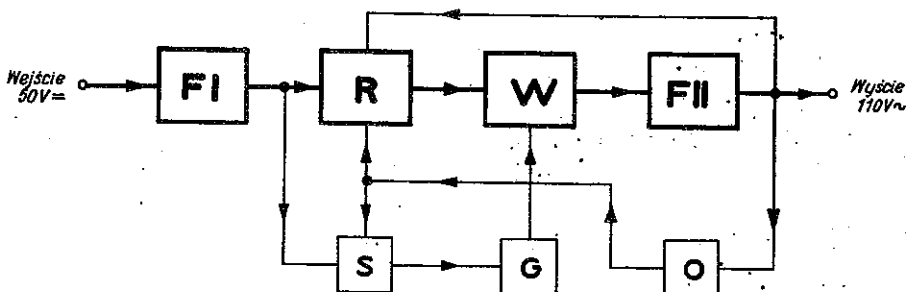
3.5. Zasilanie obwodów zdalnego wybierania

Obwody zdalnego wybierania prądem przemiennym 50 Hz zasilane były normalnie ze stabilizatorów ferrorrezonan-

sowych, a gdy brak było napięcia w sieci elektroenergetycznej, z przetwornic maszynowych. Napięcie otrzymywane z przetwornic maszynowych zmieniało się znacznie w funkcji zmian prądu obciążenia, co powodowało szereg komplikacji, zaś napięcie otrzymywane ze stabilizatorów ferrozonansowych zawierało znaczną ilość harmonicznych, które powodowały zakłócenia w torach. Niedogodności te zostały usunięte przez zastosowanie przetwornic typu PTS2 50/110 V, 50 VA.

3.5.1. Przetwornica tranzystorowa typu PTS2 50/110 V, 50 VA

Przetwornica tranzystorowa typu PTS2 50/110 V, 50 VA, przeznaczona jest do zasilania obwodów wybierania zdalnego prądem przemiennym, sinusoidalnym o częstotliwości 50 Hz. Schemat blokowy przetwornicy przedstawia rys. 24, a jej schemat szczegółowy rys. 25. Przetwornica posiada



Rys. 24. Schemat blokowy przetwornicy tranzystorowej stabilizowanej typu PTS2-50 V/110 V, 50 VA.

FI - filtr wejściowy, R - regulator, W - wzmacniacz mocy, FII - filtr wyjściowy, S - stabilizator, G - generator, O - ogranicznik prądu

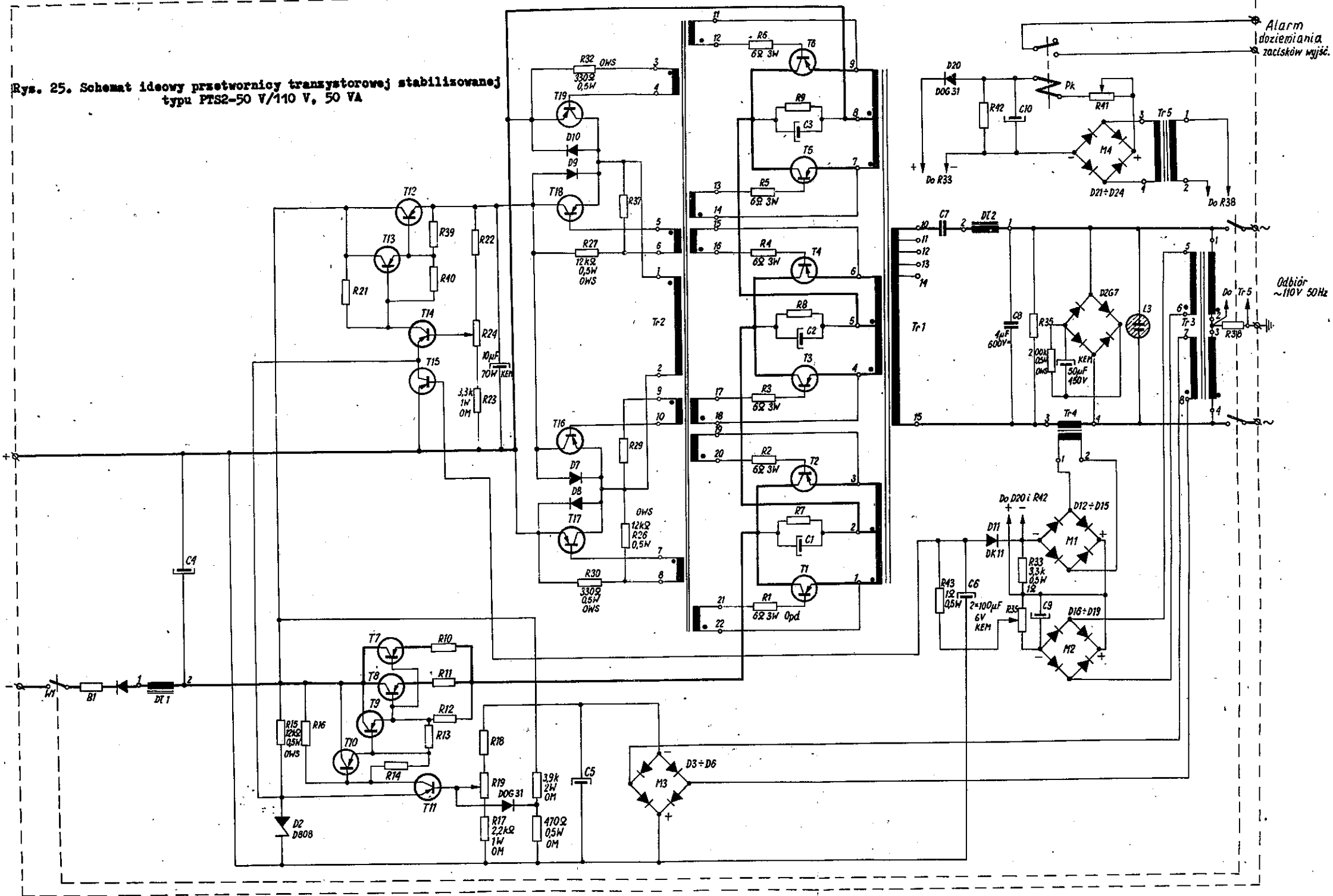
napięcie wyjściowe stabilizowane w funkcji zmian napięcia wejściowego oraz zmian prądu obciążenia. Częstotliwość napięcia wyjściowego jest również stabilizowana.

Dane techniczne przetwornicy

Znamionowe napięcie zasilające z baterii akumulatorów	50 V
Dopuszczalne zmiany napięcia zasilającego	47 + 53 V
Maksymalny prąd pobierany z baterii	2,5 A
Wartość psfometryczna napięcia tętnien na zaciskach wejściowych przetwornicy, współpracującej z baterią o pojemności 360 Ah	$\leq 1,2$ mV
Znamionowe napięcie przemienne wyjściowe	110 V
Maksymalne zmiany napięcia wyjściowego	$\pm 2\%$
Zakres zmian prądu obciążenia	0 + 460 mA
Znamionowa częstotliwość napięcia wyjściowego	50 Hz
Maksymalne zmiany częstotliwości	49 + 51 Hz
Wartość psfometryczna napięcia tętnień na zaciskach wyjściowych przetwornicy	≤ 450 mV
Sprawność w warunkach znamionowych	40%
Dopuszczalny zakres zmian temperatury otoczenia	+10 + +40 °C

Rys. 25. Schemat ideowy przetwornicy tranzystorowej stabilizowanej typu PTS2-50 V/110 V, 50 VA

Zasilanie 50V=



Alarm doziemienia zacisków wyjści.

Odbiór ~110V 50Hz

Dopuszczalny zakres zmian wilgotności

względnej

40 ± 80%

Przyrost zakłóceń akustycznych wnoszonych

do otoczenia o poziomie zakłóceń 50 dB

≤ 5 dB

Opis przetwornicy

Przetwornica typu PTS2 50 V/110 V, 50 VA, przetwarza napięcie stałe na napięcie przemiennie o częstotliwości 50 Hz.

Zasadniczymi członami układu są:

- generator samowzbudny drgań prostokątnych G, sterujący pracą wzmacniacza mocy;

- wzmacniacz mocy W, pracujący w charakterze przełącznika sterowanego generatorem, przetwarzający napięcie stałe na przemiennie;

- filtr wyjściowy FII, zmieniający napięcie przemiennie prostokątne na sinusoidalne;

Ponadto w skład przetwornicy wchodzi człon pomocniczy:

- filtr wejściowy FI, ograniczający napięcie zakłóceń wnoszone przez przetwornicę na zaciski baterii akumulatorów do wartości dopuszczalnej;

- regulator napięcia R, poprzez który zasilany jest wzmacniacz mocy. Uniezależnia on napięcie wyjściowe przetwornicy od zmian obciążenia oraz od zmiany napięcia wejściowego;

- stabilizator napięcia (generatora) S, zapewniający stałą wartość napięcia zasilającego generator, a tym samym utrzymujący stałą częstotliwość drgań generatora;

- ogranicznik prądu wyjściowego O, zabezpieczający przetwornicę przed przeciążeniami oraz skutkami zwarcia na wyjściu, jak również przed doziemianiem poszczególnych zacisków wyjściowych.

Generator i stabilizator

Generator G pracuje w układzie mostkowym (tranzystory T16 + T19). Jego zadaniem jest wytworzenie prostokątnych drgań napięcia o częstotliwości znamionowej $f=50$ Hz. Częstotliwość tę nastawiamy ręcznie potencjometrem R24, zapewniającym zmiany w zakresie $45 + 55$ Hz. Generator jest zasilany stabilizowanym napięciem o wartości około 45 V, zapewnionym przez układ stabilizatora tranzystorowego S (tranzystory T12, T13, T14). Dzięki temu, zmiany napięcia zasilającego przetwornicę nie mają wpływu na częstotliwość drgań generatora, a zatem i na częstotliwość napięcia przemiennego wytwarzanego przez przetwornicę. Napięcie odniesienia w układzie stabilizatora dostarcza dioda Zenera D2 - wspólna dla układu stabilizatora i regulatora. Wpływy zmian temperatury otoczenia na częstotliwość drgań kompensuje opornik węglowy R36, włączony szeregowo z uzwojeniem głównym transformatora generatora Tr2.

Wzmacniacz mocy

Wzmacniacz mocy W złożony jest z trzech jednakowych wzmacniaczy przeciwsobnych, połączonych szeregowo i posiadających jeden wspólny transformator mocy Tr1.

Wzmacniacz mocy sterowany generatorem impulsów prostokątnych działa jak trzy przełączniki dwubiegunowe, sprzęgnięte ze sobą i wytwarzające na uzwojeniach pierwotnych transformatora Tr1 napięcie przemiennie, prostokątne. Przetransformowane do odpowiedniej wartości napięcie przemiennie podawane jest na filtr wyjściowy.

Oporniki R7 + R9 wraz z kondensatorami C1 + C3 utrzymują jednakowe napięcie na każdym wzmacniaczu przeciwsobnym, w momentach przełączania napięcia. Oporniki R1 + R6 służą do utrzymania stałej wartości prądów baz tranzystorów mocy. W skład wzmacniacza wchodzi trzynaście tranzystorów T1 + T6.

Filtr wyjściowy

Na wyjściu przetwornicy zastosowano filtr FII złożony z kondensatorów C7 i C8 oraz dławika DL2. Szeregowo połączone kondensator C7 z dławikiem DL2 tworzą obwód rezonansowy, nastrojony na częstotliwość podstawową 50Hz. Obwód ten dla wyższych harmonicznych zawartych w przebiegu prostokątnym napięcia wyjściowego transformatora Tr1 stanowi dużą oporność i powoduje ich tłumienie, natomiast dla podstawowej harmonicznej stanowi małą oporność i łatwiej ją przenosi. Zadaniem kondensatora C8 jest

ostateczne ograniczenie zniekształceń napięcia sinusoidalnego do wartości dopuszczalnej. Na wyjściu filtra uzyskujemy przebieg napięcia praktycznie sinusoidalny. W przypadku rozstrojenia się generatora i zmiany częstotliwości powyżej względnie poniżej częstotliwości podstawowej 50 Hz filtr wychodzi z rezonansu, co z kolei powoduje obniżenie się wartości napięcia wyjściowego przetwornicy. Właściwość ta wykorzystana jest przy ograniczeniu prądu wyjściowego przetwornicy.

Filtr wejściowy

Na wejściu przetwornicy zastosowano filtr FI złożony z dławika DŁ1 oraz kondensatora C4. Zadaniem tego filtra jest zmniejszenie napięcia zakłóceń wytwarzanego przez przetwornicę na zaciskach baterii, a spowodowanego impulsowym pobieraniem przez nią prądu. Dioda mocy D1 włączona w biegun ujemny na wejściu przetwornicy ma za zadanie zabezpieczenie przed uszkodzeniem przetwornicy w przypadku błędnego załączenia biegunów napięcia zasilającego. Bezpiecznik B1 ma za zadanie zabezpieczenie źródła zasilającego przetwornicę przed zwarciami w jej układzie.

Regulator napięcia

Przetwornica utrzymuje praktycznie stałą wartość napięcia wyjściowego równą 110 V, przy zmianach obciążenia i zmianach napięcia zasilającego przetwornicę. Zapewnia to układ regulatora R, poprzez który zasilany jest stopień mocy przetwornicy. W przypadku gdy obciążenie prze-

twornicy jest duże, a więc spadek napięcia w obwodzie wewnętrznym przetwornicy jest także duży, stopień mocy jest zasilany napięciem większym. W przypadku małego obciążenia przetwornicy, gdy spadek napięcia w obwodzie wewnętrznym jest także mały, stopień mocy jest zasilany mniejszym napięciem tak, aby napięcie wyjściowe pozostało praktycznie niezmienione. Nadwyżka napięcia odkłada się na regulatorze. Układ regulatora dąży do takiego stanu, aby różnica między wzorcowym napięciem odniesienia uzyskanym na diodzie Zenera D2 a spadkiem napięcia na oporniku R17 i części potencjometru R19, będącym odwzorowaniem napięcia wyjściowego przetwornicy, była jak najmniejsza. Wynikiem działania regulatora jest efekt stabilizacji napięcia wyjściowego przetwornicy. Napięcie wyjściowe przetwornicy nastawiane jest na wartość nominalną ręcznie za pomocą potencjometru R19. Oporniki-R10 i R11 umieszczone w obwodzie emitera każdego z tranzystorów mocy T7 i T8 zapewniają równomierny rozpiływ prądu płynącego poprzez te tranzystory. W skład regulatora wchodzi również tranzystory T9 + T11. Opornik R18 chroni tranzystor T11 przed ewentualnym uszkodzeniem, jakie może spowodować zbyt duży prąd sterujący. Opornik R37 włączony na wyjściu przetwornicy stanowi obciążenie wstępne, zapobiegające powstawaniu niepożądanych drgań w układzie regulacji.

Ogranicznik prądu

W celu zabezpieczenia przetwornicy przed uszkodzeniem w przypadku wystąpienia na jej wyjściu przeciążeń, zwarć

lub doziemiania zacisków wyjściowych zastosowano tzw. ogranicznik prądu wyjściowego oraz układ sygnalizacji doziemień.

a. Działanie ogranicznika w przypadku zwarcć i przeciążeń

Napięcie pobierane z transformatora prądowego Tr⁴ i transformatora napięciowego Tr³ po wyprostowaniu przez prostowniki M1 i M2 są odejmowane od siebie na opornikach R33 i R35. Różnica napięć, pobieranych z opornika R33 i części opornika R35, podawana jest przez diodę D11 na złącze baza - emiter tranzystora T15. Napięcie pobierane z transformatora Tr³ jest stabilizowane i odgrywa rolę napięcia odniesienia, natomiast napięcie na transformatorze Tr⁴ zmienia się proporcjonalnie do prądu wyjściowego przetwornicy.

Gdy prąd wyjściowy przetwornicy jest mniejszy od prądu znamionowego, wówczas występuje przewaga napięcia odniesienia polaryzująca dodatnio przejście baza-emiter tranzystora T15 i nie powodująca jego zadziałanie. W przypadku wzrostu prądu wyjściowego ponad wartość znamionową wystąpi przewaga napięcia na oporniku R33 pobieranego z transformatora prądowego Tr⁴, która spolaryzuje ujemnie przejście baza-emiter tranzystora T15 i spowoduje jego zadziałanie, tj. znaczne zmniejszenie oporności przejścia kolektor-emiter. Działający tranzystor powoduje malenie napięcia na diodzie Zenera D2, stanowiącego wspólne napięcie odniesienia dla regulatora napięcia i stabilizatora generatora. Zmniejszanie się napięcia od-

niesienia na diodzie D2 pociąga za sobą opadanie częstotliwości generatora i napięcia na wyjściu regulatora. Malejąca częstotliwość generatora rozstraja rezonansowy filtr wyjściowy, który wskutek tego zwiększa swoją szeregową oporność pozorną, powodując tym zmalenie napięcia na wyjściu przetwornicy.

Zmniejszanie się napięcia na wyjściu regulatora powoduje również zmniejszanie napięcia na wyjściu przetwornicy. Wraz ze zmniejszaniem się napięcia wyjściowego maleje napięcie odniesienia ogranicznika prądu. Powoduje to zwiększenie przewagi napięcia na oporniku R33, a w konsekwencji dalsze zmniejszenie napięcia wyjściowego. Takie działanie ogranicznika przyczynia się również do stopniowego malenia prądu wyjściowego. W przypadku całkowitego zwarcia na wyjściu przetwornicy napięcie odniesienia ogranicznika jest równe zeru i wystarczy niewielki prąd obciążenia, rzędu 10% prądu znamionowego, dla właściwego spolaryzowania tranzystora T15. Przy powrocie obciążenia znamionowego napięcie i prąd wyjściowy wzrastają do wartości znamionowych. Dioda D11 i opornik R43 zapobiegają przedostaniu się na bazę tranzystora T15 napięcia odniesienia ogranicznika mogącego ją uszkodzić. Potencjometr R35 umożliwia dokładne ustawienie ograniczonej wartości prądu obciążenia.

b. Działanie ogranicznika przy doziemianiu zacisków wyjściowych

W przypadku doziemiania poszczególnych zacisków wyjściowych układ działa w sposób następujący:

Gdy wystąpi impulsowe doziemianie jednego ze skrajnych zacisków wyjściowych przetwornicy, następuje w takt tych impulsów działanie przekaźnika PK. W przypadku długotrwałych doziemień (ponad 3 sek.) następuje zanik napięcia przetwornicy do zera oraz występuje alarm trwający ok. 3 sek. Po dalszych 3 sekundach napięcie przetwornicy wraca samoczynnie do wartości znamionowej. Jeżeli doziemienie zacisku trwa nadal, wówczas napięcie wyjściowe ponownie spada na okres 3 sek do zera.

W ten sposób przetwornica samoczynnie "sprawdza", czy doziemienie trwa nadal. Temu cyklicznemu wyłączaniu się przetwornicy z pracy towarzyszy alarm przerywany 3 sek/ /3 sek.

Obniżanie napięcia wyjściowego w przypadku doziemienia zacisku powodowane jest w następujący sposób:

Na oporze R38 odkłada się spadek napięcia, który transformowany jest przez transformator Tr5. Napięcie to po wyprostowaniu (M4) uruchamia przekaźnik Pk. Po naładowaniu się kondensatora C10 (3 sek) napięcie podawane jest na opornik R33. Różnica napięć na nim i na oporze R35 powoduje obniżenie napięcia wyjściowego przetwornicy, w sposób podany w punkcie "a", przy opisie przeciążeń i zwarć. Potencjometrem R41 można zmieniać częstotliwość samoczynnego wyłączania i włączania się przetwornicy w zakresie od ok. 1 sek. do ok. 4 sek.

Zabezpieczenie przed przepięciami

Na wyjściu przetwornicy zastosowano układ ograniczający przepięcia łączeniowe. Składa on się z prostownika

o mostkowym układzie połączeń (diody DZG7), kondensatora 50 pF oraz opornika 200 k Ω . Układ ten skutecznie obcina przepięcia, jakie występują w przypadku włączania napięcia zasilającego lub w przypadku gwałtownych obciążeń przetwornicy.

Regulacja przetwornicy

Przetwornica wykonana jest w formie panelu, wsuwane-
go w perforowaną obudowę blaszaną. Na płycie zewnętrz-
nej przetwornicy zamocowane są uchwyty, wyłącznik głów-
ny, zaciski wejściowe i wyjściowe, bezpiecznik, lampka
L3 oraz tabliczka znamionowa. Panel posiada metalową
konstrukcję ramową. Na metalowej podstawie panelu umoco-
wane są takie elementy, jak: transformator główny, dła-
wki filtrów oraz kondensatory filtrów. Na tyle i bokach
konstrukcji ramowej panelu umieszczone są radiatory z
tranzystorami mocy. Większość pozostałych elementów i
podzespołów układu przetwornicy umieszczona jest na i-
zolacyjnych płytkach montażowych zamocowanych pionowo w
tylnej części konstrukcji panelu.

Regulację przeprowadza się wykonując następujące czyn-
ności:

a. Potencjometr R35 nastawić na maksymalną wartość o-
porności, tj. w prawym skrajnym położeniu. Wówczas ogra-
nicznik prądu ustawiony jest na maksymalną wartość prądu.

b. Potencjometr R24 nastawić na maksymalną wartość o-
porności, tj. w prawym skrajnym położeniu. Wówczas czę-

stotliwość generatora, a więc i napięcie wyjściowe przetwornicy będzie miało wartość minimalną.

c. Potencjometr R19 nastawić na maksymalną wartość oporności, tj. w prawym skrajnym położeniu. Wówczas napięcie wyjściowe regulatora, a więc i napięcie wyjściowe przetwornicy będzie miało wartość minimalną.

d. Nastawić minimalną wartość napięcia na wyjściu transformatora Tr1 (zaciski 14-15).

Po wykonaniu powyższych czynności należy włączyć napięcie stałe 50 V z baterii akumulatorów do zacisków wejściowych przetwornicy, a na wyjściu przetwornicy włączyć opornik regulowany o oporności 3000 Ω , nastawiany na maksymalną wartość.

Ustawić wyłącznik W1 znajdujący się na płycie czołowej przetwornicy w pozycję "Za". Na wyjściu przetwornicy powinno pojawić się napięcie przemiennie o wartości mniejszej od znamionowej. Częstotliwość tego napięcia powinna być również mniejsza od znamionowej.

Po dokonaniu powyższych czynności należy w otoczeniu o temperaturze 20°C ustawić parametry wyjściowe przetwornicy w sposób następujący:

a) potencjometr R24 nastawić na taką wartość oporności, aby częstotliwość napięcia wyjściowego osiągnęła wartość 50,0 Hz;

b) potencjometr R19 nastawić na taką wartość oporności, aby napięcie wyjściowe osiągnęło wartość 109 V;

c) obciążyć przetwornicę prądem 0,3 A i dla tej wartości prądu ustawić napięcie wyjściowe i częstotliwość na wartości podane w punktach a i b. Tak wyregulowana przetwornica powinna w zakresie temperatur od $+10^{\circ}\text{C}$ do $+40^{\circ}\text{C}$ utrzymywać parametry wyjściowe w granicach określonych jej danymi znamionowymi;

d) obciążyć przetwornicę prądem znamionowym 0,46 A i potencjometr R35 nastawić na taką wartość oporności, aby minimalne przekroczenie wartości prądu znamionowego powodowało obniżenie się napięcia wyjściowego przetwornicy (próg zadziałania ogranicznika prądu).

Potencjometrem R41 należy wyregulować czas wyłączenia się przetwornicy, przy uprzednim zwarcie jednego zacisku skrajnego z zaciskiem środkowym ("ziemia"). Regulację wykonać przy biegu jałowym przetwornicy.

Powyższa regulacja wstępna powinna być dokonana jednorazowo w zakładzie produkcyjnym.

Działanie ogranicznika prądu

W przypadku przeciążenia przetwornicy bądź zwarcia na jej zaciskach wyjściowych następuje obniżenie się napięcia wyjściowego lub całkowity jego zanik. Powyższe zjawisko jest wynikiem prawidłowej pracy ogranicznika prądu. Po usunięciu zwarcia względnie przeciążenia przetwornicy następuje powrót napięcia wyjściowego do wartości znamionowej. Obniżenie się napięcia wyjściowego w wyżej opisanym przypadku daje wrażenie, że przetwornica

jest uszkodzona. Aby przekonać się, że objaw ten jest spowodowany działaniem ogranicznika, a nie uszkodzeniem przetwornicy, należy odłączyć odbiór od zacisków wyjściowych przetwornicy i sprawdzić, czy napięcie wyjściowe powróciło do wartości znamionowej. W przypadku uszkodzenia się przetwornicy napięcie wyjściowe będzie znacznie różniło się od wartości znamionowej. Należy wówczas wyłączyć przetwornicę z pracy, ustawiając wyłącznik w położenie "0" - odłączona.

3.6. Zasilanie obwodów sygnalizacji wywoławczej w stacjach wzmacniakowych telefonicznych

Opracowanie przetwornicy półprzewodnikowej o częstotliwości 25 Hz jest wynikiem postępu technicznego w dziedzinie techniki zasilania urządzeń łączności. Dotychczas do celów sygnalizacji wywoławczej stosowano maszyny wirujące. Wady tych maszyn, a także trudności w przemyśle z ich produkcją zdecydowały o potrzebie opracowania przetwornicy statycznej półprzewodnikowej 25 Hz. W trakcie wykonywania przetwornicy ustalono wymagania techniczne, które określają między innymi parametry wyjściowe przetwornic 25 Hz. Zagadnienie to jest istotne z tego względu, że dotychczasowe normy dotyczące źródeł 25 Hz były zbyt tolerancyjne, np. co do kształtu krzywej napięcia wyjściowego. Przetwornica tranzystorowa wytwarzająca napięcie przemiennie sinusoidalne 25 Hz opracowana została w Instytucie Łączności. Jest to przetwornica typu PTS 5-24 V/75 V, 0,5 A, 25 Hz.

3.6.1. Przetwornica tranzystorowa typu PTS 5-24 V/75 V,
0,5 A, 25 Hz do zasilania obwodów sygnalizacji-
wywoławczej

Przetwornica ta umożliwi współpracę między stacją wzmacniakową a centralą międzymiastową. Zasilanie tej przetwornicy odbywa się z zacisków baterii żarzenia stacji wzmacniakowej napięciem znamionowym 24 V. Przetwornica przewidziana jest do pracy w okresie zaniku napięcia w sieci elektroenergetycznej. Przetwornica jest jednak tak wykonana, że może pracować również w sposób ciągły.

Dane techniczne przetwornicy

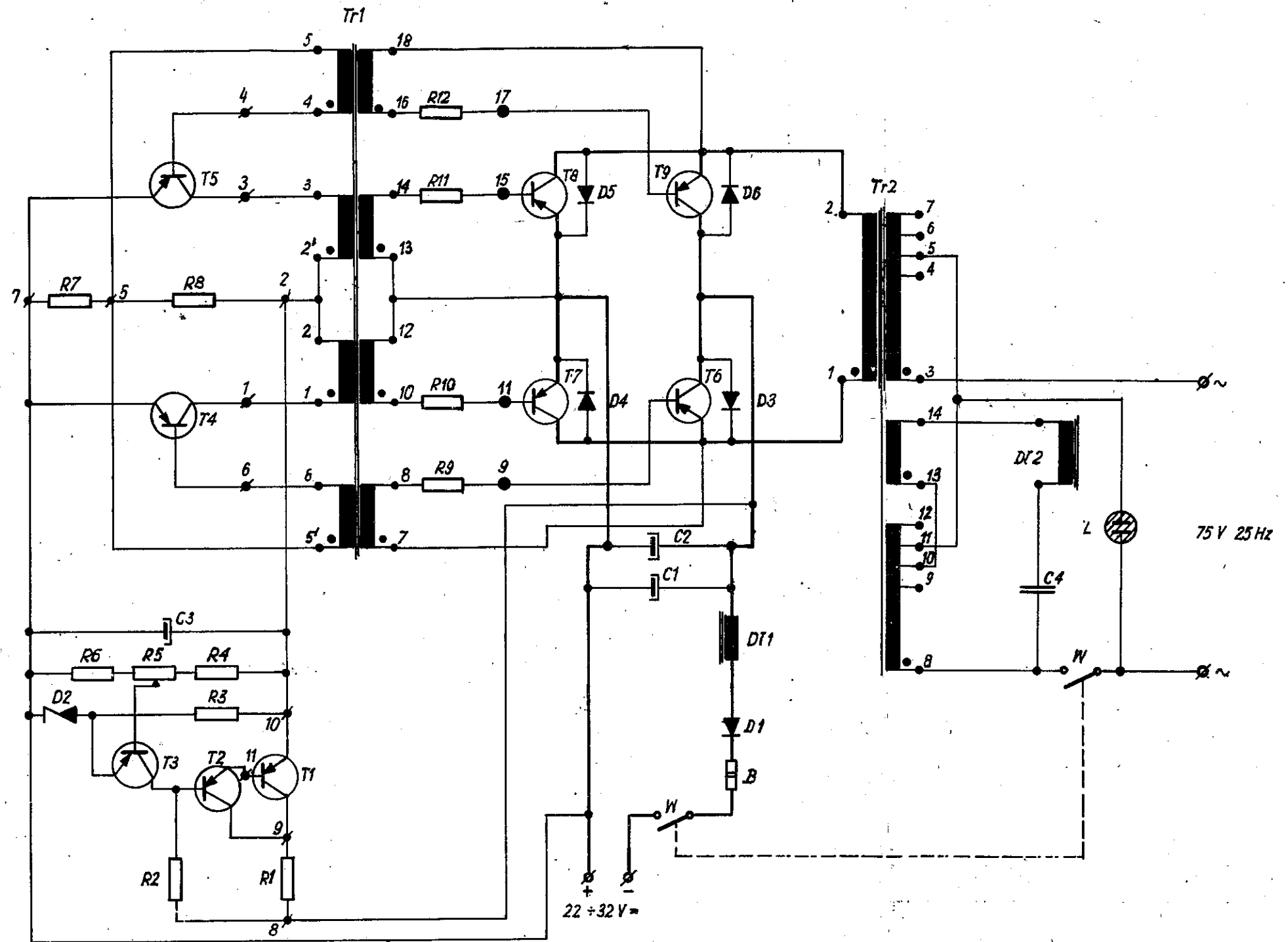
Znamionowe napięcie zasilające	24 V
Dopuszczalne zmiany napięcia zasilającego	22 + 32 V
Znamionowy prąd wyjściowy	0,5 A
Zakres zmian prądu obciążenia	0 + 0,5 A
Znamionowe napięcie wyjściowe	75 V
Zmiany napięcia wyjściowego w funkcji zmian napięcia zasilającego i obciążenia w zakresie	0 + 0,5 A 63,4 + 85 V
Prąd pobierany z baterii w warunkach pracy znamionowej	2,72 A
Sprawność w warunkach znamionowych	52,4%

Znamionowa częstotliwość napięcia wyjściowego	25 Hz
Maksymalne zmiany częstotliwości	± 1 Hz
Dopuszczalny zakres zmian temperatury otoczenia	+10 + +40 °C
Dopuszczalny zakres zmian wilgotności względnej	40 + 80%
Procentowa maksymalna zawartość wyższych harmonicznych przy znamionowym napięciu zasilającym	$\leq 7,9\%$

Opis przetwornicy

Przetwornica PTS5, której schemat przedstawiony jest na rys. 26, pracuje w układzie dwustopniowym. Pierwszy stopień stanowi generator sterujący wytwarzający prostokątne napięcie sterujące. W układzie generatora zastosowane są tranzystory T4, T5. Transformator Tr1 generatora nawinięty jest na rdzeniu toroidalnym z materiału Perme-norm 5000Z zapewniającego niemal idealnie prostokątny kształt przebiegu napięcia.

Ponieważ generator ma tę właściwość, że częstotliwość jego drgań jest zależna od wartości napięcia zasilającego, dlatego jest on zasilany przez tranzystorowy stabilizator napięcia złożony z tranzystorów T1 + T3. Doregulowanie częstotliwości drgań generatora umożliwia potencjometr R5. Generator steruje drugi stopień przetwornicy, tj. wzmacniacz mocy, złożony z tranzystorów T6 + T8, pracujący w układzie mostkowym.



Rys. 26. Schemat ideowy przetwornicy półprzewodnikowej typu PTS5-24 V/75 V; 0,5 A; 25 Hz

Układ wyjściowy wzmacniacza stanowi jednordzeniowy stabilizator ferrozrezonansowy, złożony z transformatora Tr2, dławika DL2 oraz kondensatora C4. Kondensator C4 zastosowany w układzie spełnia dwojaką rolę: przede wszystkim zapewnia wystąpienie ferrozrezonansu dla częstotliwości 25 Hz, a ponadto wraz z dławikiem DL2 stanowi rezonansowy filtr szeregowy, zwierający napięcie trzeciej harmonicznej napięcia podstawowego.

Regulacja przetwornicy

Układ przetwornicy daje możliwość dokonywania regulacji dwu wielkości wyjściowych:

- 1) częstotliwości napięcia wyjściowego,
- 2) wartości napięcia wyjściowego.

Dla obu przypadków, regulacji dokonuje się jednorazowo po zmontowaniu i sprawdzeniu działania przetwornicy. Regulacji częstotliwości na wartość 25 Hz dokonuje się przez dobranie położenia suwaka potencjometru R5, przy czym pomiaru częstotliwości napięcia wyjściowego należy dokonywać częstotliciomierzem o dużej oporności wewnętrznej, przy znamionowym napięciu zasilającym 24 V i znamionowym obciążeniu 0,5 A.

Regulacji napięcia wyjściowego należy dokonywać następująco:

- a) zasilić przetwornicę napięciem 24 V i pomierzyć woltomierzem elektromagnetycznym napięcie wyjściowe i napięcie na kondensatorze C4;

b) w przypadku stwierdzenia, że napięcie wyjściowe (przy biegu luzem przetwornicy) przekracza 83 V należy przełączyć przewód łączący zacisk 5 z zaciskiem 11 na transformatorze Tr2, z zacisku 11 na zacisk 10. W przypadku gdyby napięcie po przełączeniu zbyt się obniżyło, należy podwyższyć napięcie na kondensatorze C4 przez przełączenie przewodu, łączącego zacisk 13 z zaciskiem 11, z zacisku 11 na zacisk 12.

c) pomierzyć napięcie na kondensatorze C4, przy zasilaniu nieobciążonej przetwornicy napięciem 32 V. Wartość skuteczna tego napięcia nie powinna przekraczać 380 V;

d) obciążyć przetwornicę opornością rzeczywistą tak, aby przy zasilaniu jej napięciem 24 V prąd obciążenia wynosił 0,5 A. Pomierzyć napięcie wyjściowe; wartość skuteczna napięcia powinna wynosić 69 V;

e) sprawdzić przy obciążeniu i biegu luzem zakres zmian napięcia wyjściowego przetwornicy, zasilając ją napięciem od 22 do 32 V; w przypadku zbyt obniżonego napięcia przetwornicy przy znamionowym obciążeniu należy przejść na wyższy odczep na uzwojeniu kompensującym, np. z 5 na 6;

f) po wyregulowaniu napięcia wyjściowego sprawdzić należy charakterystyki zewnętrzne przetwornicy.

3.7. Zasilanie lamp sygnalizacji wywoławczej w centralach międzymiastowych

Lampki sygnalizacji wywoławczej w centrali międzymiastowej wymagają zasilania napięciem 12 V. Ponieważ podstawowe źródło zasilania centrali ma napięcie 50 V, istnieje więc problem, w jaki sposób wytwarzać napięcie 12V. Tradycyjne rozwiązania opierały się bądź na zastosowaniu przetwornic maszynowych, bądź też wykonywano odczep na szóstym ogniwie baterii głównej, bądź też stosowano oddzielne źródło prądu stałego, tj. baterię i prostownik. Szczególnie często stosowane było to drugie rozwiązanie. Posiada ono jednak dużą wadę polegającą na tym, że poszczególne grupy ogniw tak podzielonej baterii niejednako były wyładowywane. Problem został prawidłowo rozwiązany za pomocą przetwornic tranzystorowych typu PTN5 50 V/12 V, 100 W, opracowanych w Instytucie Łączności, które przekształcają napięcie 50 V na napięcie 12 V.

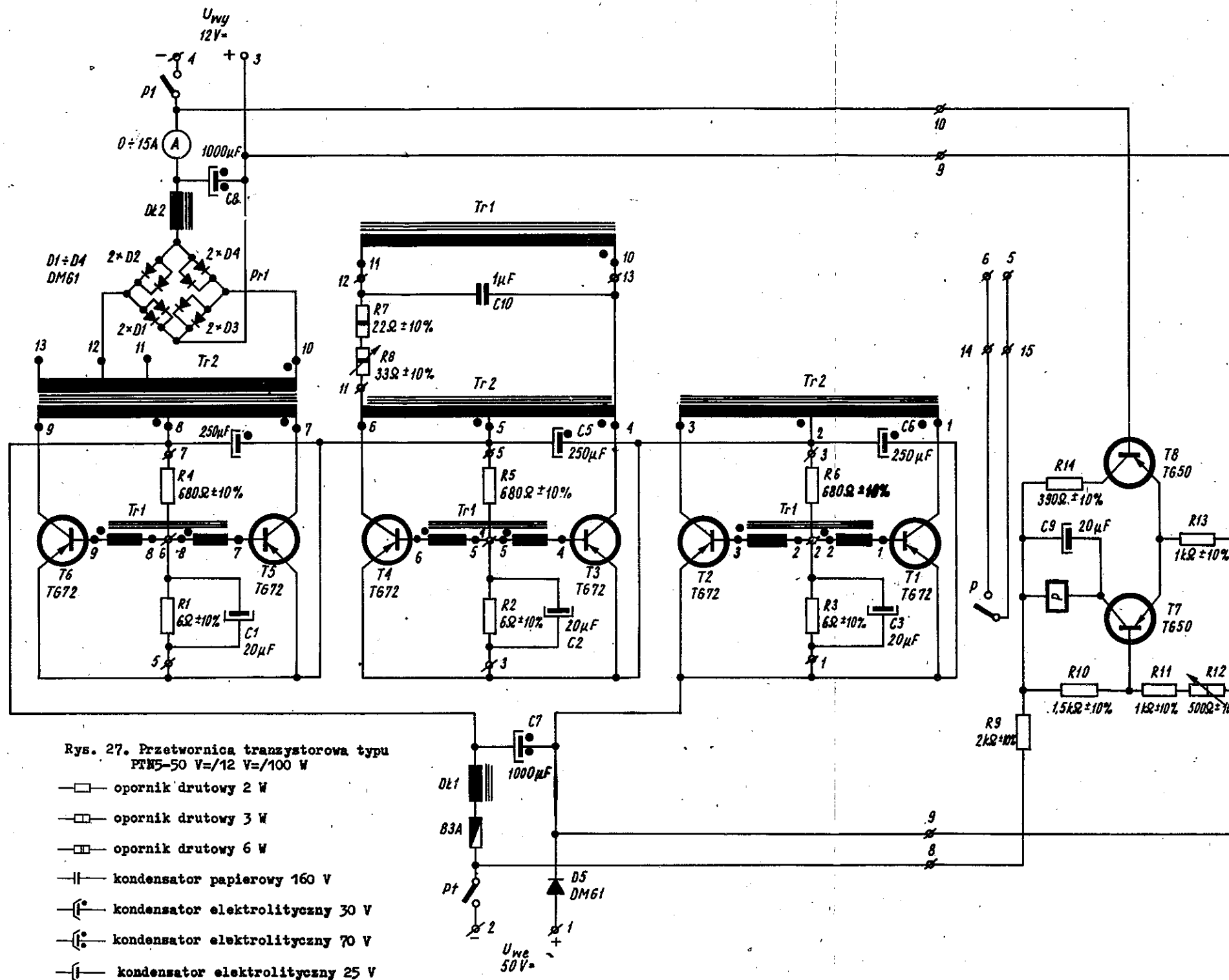
3.7.1. Przetwornica tranzystorowa typu PTN5 50/12 V, 100 W, do zasilania lamp sygnalizacyjnych wywo- ławczych w centralach międzymiastowych

Przetwornica typu PTN5 50 V/12 V, 100 W której schemat ideowy przedstawia rys. 27, jest przetwornicą tranzystorową wytwarzającą napięcie stałe 12 V, zmieniające się w granicach +10 -20%, zależnie od zmian zasilającego napięcia stałego oraz zmian obciążenia. Przetwornica zabezpieczona jest przed przeciążeniem lub zwar-

ciem na wyjściu. Zmniejszenie się napięcia wyjściowego poniżej dopuszczalnej wartości jest sygnalizowane. Przetwornica zbudowana w układzie kaskadowym samowzbudnym posiada transformator dodatkowy Tr1, który wraz z tranzystorami mocy T1 + T6 stanowi generator drgań prostokątnych. Przetwornica przeznaczona jest zasadniczo do zasilania lampek sygnalizacyjnych w CMM, wymagających ciągłego zasilania, o sumarycznej mocy znamionowej 100 W.

Dane techniczne przetwornicy

Stałe napięcie zasilające z baterii akumulatorów	50 V +4% -6%
Prąd pobierany z baterii	2,7 A
Stałe napięcie wyjściowe	12 V +10% -20%
Zakres zmian prądu wyjściowego	1,5 + 8 A
Znamionowa moc wyjściowa	100 W
Wartość psofometryczna napięcia tętnień na zaciskach wejściowych przetwornicy, współpracującej z baterią o pojemności 360 Ah	1 mV
Wartość psofometryczna napięcia tętnień na wyjściu przetwornicy	20 mV
Sprawność	70%
Dopuszczalny zakres zmian temperatury otoczenia	+10 + +40°



Dopuszczalny zakres zmian wilgotności

względnej

40 + 30%

Przyrost zakłóceń akustycznych wnoszo-
nych do otoczenia o poziomie zakłóceń

50 dB

< 5 dB

Zasada działania przetwornicy

Przetwornica PIN5 50 V/12 V, 100 W działa na zasadzie generatora przeciwsobnego ze sprzężeniem transformatorowym. Zbudowana jest w układzie kaskadowym, potrójnym. Spowodowane jest to koniecznością zabezpieczenia zastosowanych tranzystorów mocy przed przepięciami. W układzie zastosowano dodatkowy transformator Tr1, który wprowadzany okresowo w stan nasycenia wytwarza dodatnie sprzężenie zwrotne. Przez zastosowanie transformatora dodatkowego, transformator główny Tr2 może pracować z małą indukcją magnetyczną, wskutek czego wzrasta jego sprawność.

Ograniczanie prądu maksymalnego

Przetwornica posiada ogranicznik prądu maksymalnego. Składa się on z dwóch oporników R7 i R8 oraz kondensatora C10. Działanie ogranicznika polega na tym, że przy przekroczeniu maksymalnej wartości prądu obciążenia, na którą nastawiany jest ogranicznik opornikiem R8, zmienia się szerokość impulsów napięcia przemiennego przy stałej częstotliwości generowanej. Powoduje to na wy-

ściu przetwornicy zmniejszanie się wartości średniej napięcia stałego. Opornikiem R8 można ustawić w szerokim zakresie wartość prądu ogranicznika. Głównym jednak przeznaczeniem ogranicznika jest ochrona przetwornicy przed uszkodzeniem na skutek przeciążeń większych niż 5% prądu znamionowego lub zwarcie na wyjściu przetwornicy.

Sygnalizacja zaniku napięcia wyjściowego

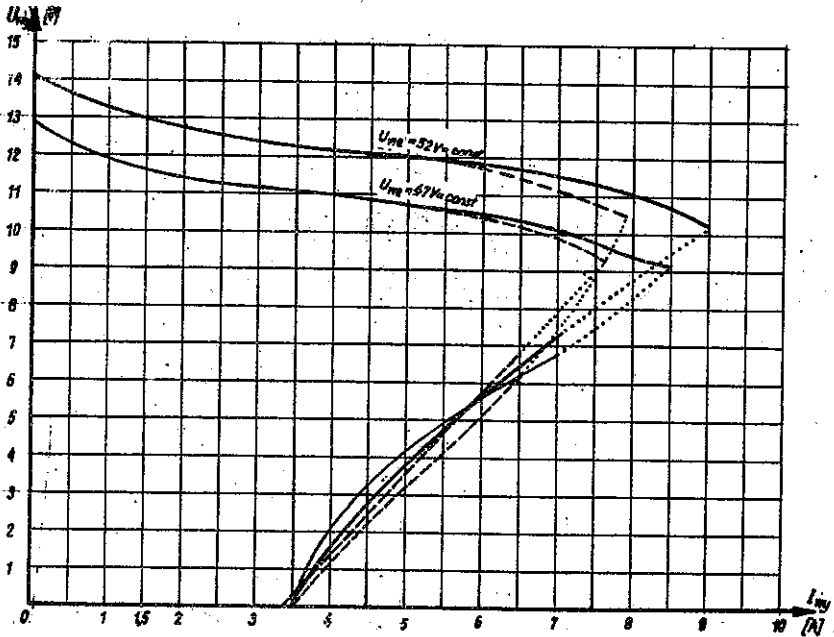
Przetwornica posiada sygnalizator tranzystorowy powodujący zadziałanie przekaźnika P w przypadku podłączenia przetwornicy do pracy i braku odpowiedniego napięcia na zaciskach wyjściowych przetwornicy. Styki przekaźnika podane są na zaciski sygnalizacyjne 5 i 6. Opornik R12 umożliwia uczulenie sygnalizatora na odpowiednie napięcie wyjściowe, przy którym ma sygnalizować.

Zabezpieczenia dodatkowe

Na wejściu przetwornicy znajduje się bezpiecznik topikowy, zabezpieczający źródło napięcia stałego 50 V od zwarcie powstałych w przetwornicy. W urządzeniu zainstalowany jest wyłącznik dwubiegunowy P1, którym można odłączyć przetwornicę zarówno od źródła, jak i od odbioru. Dla kontroli prądu obciążenia zainstalowany jest na wyjściu amperomierz. Wyłącznik, bezpiecznik i amperomierz umieszczone są na wspólnej płytce bakelitowej, znajdującej się na ścianie czołowej przetwornicy.

Charakterystyki zewnętrzne przetwornicy

Charakterystyki zewnętrzne $U_{wy} = f(I_{wy})$, dla zmieniającego się prądu obciążenia w granicach $I_{wy} = 1,5 \div 8$ A, przy stałym napięciu zasilającym $U_{we} = 47$ V; 50 V; 52 V = const, przedstawia rys. 28.



Rys. 28. Charakterystyki zewnętrzne przetwornicy typu PTN5-50 V/12 V, 100 W
 ————— $t_o = 20^{\circ}\text{C}$ - - - - - $t_o = 41^{\circ}\text{C}$

Regulacja przetwornicy

Wstępna regulacja przetwornicy polega na wyregulowaniu:

- ogranicznika prądu maksymalnego,
- sygnalizatora.

W celu wyregulowania ogranicznika należy opornik R8 ustawić na wartość minimalną, włączyć na zaciski wejściowe (1-2) baterię akumulatorów o napięciu 50 V, a na zaciski wyjściowe (3-4) opornik regulowany w zakresie $0 + 2 \Omega$ (ustawić go na wartość maksymalną). Wyłącznikiem P1 włączyć przetwornicę do pracy, a następnie ustawić opornikiem obciążenia prąd wyjściowy równy 8,5 A (o 5% większy od prądu znamionowego), przy napięciu zasilającym 50 V. Następnie należy powoli zwiększać wartość oporności R8 do chwili, gdy zacznie maleć napięcie wyjściowe na zaciskach 3-4. Na tej wartości oporności R8 należy obejmę dokładnie zamocować i sprawdzić powtórnie wartość prądu ograniczanego.

Po wyregulowaniu ogranicznika prądu należy zaciski sygnalizacyjne 5-6 włączyć do obwodu dzwonka lub żarówki. Ustawić maksymalny prąd obciążenia tak, aby napięcie wyjściowe zmalało poniżej wartości dopuszczalnej 9 V. Należy teraz ustawić taką oporność R12, przy której zadzwoni dzwonek bądź zapali się lampka.

3.8. Zasilanie liczników rozmów w centralach telefonicznych

Centrale telefoniczne systemu Strowgera wymagają poza tzw. napięciem głównym o uziemionym biegunie dodatnim jeszcze źródła dodatkowego o napięciu 50 V, lecz o uziemionym biegunie ujemnym. Napięcie to służy do zasilania liczników rozmów. Tak więc trzeba stosować do zasilania tych central dwa źródła napięcia, przy czym do

zasilania liczników stosowano oddzielną baterię akumulatorów (często dwie) oraz prostownik o napięciu stabilizowanym. Rozwiązanie takie jest kosztowne w nakładach inwestycyjnych oraz w eksploatacji. System z oddzielną baterią i prostownikiem do zasilania liczników jest powszechnie stosowany w krajach posiadających centrale telefoniczne Strowgera. System taki stosowany był również w Polsce, do czasu opracowania w Zakładzie Energetyki IL odpowiednich przetwornic tranzystorowych. Są to przetwornice, które przetwarzają napięcie stałe 50 V o uziemionym biegunie dodatnim na napięcie stałe 50 V o uziemionym biegunie ujemnym. Opracowano trzy wielkości takich przetwornic na prądy 1, 2 i 4 A. Niżej opisana zostanie przetwornica 50 V/50 V, 4 A.

3.8.1. Przetwornica tranzystorowa typu PTN4 50 V/50 V, 4 A

Przetwornica tranzystorowa typu PTN4 50 V/50 V, 4 A przeznaczona jest do zasilania obwodów licznikowych w centralach telefonicznych systemu Strowgera. Zasilana jest napięciem głównym - 50 V centrali telefonicznej.

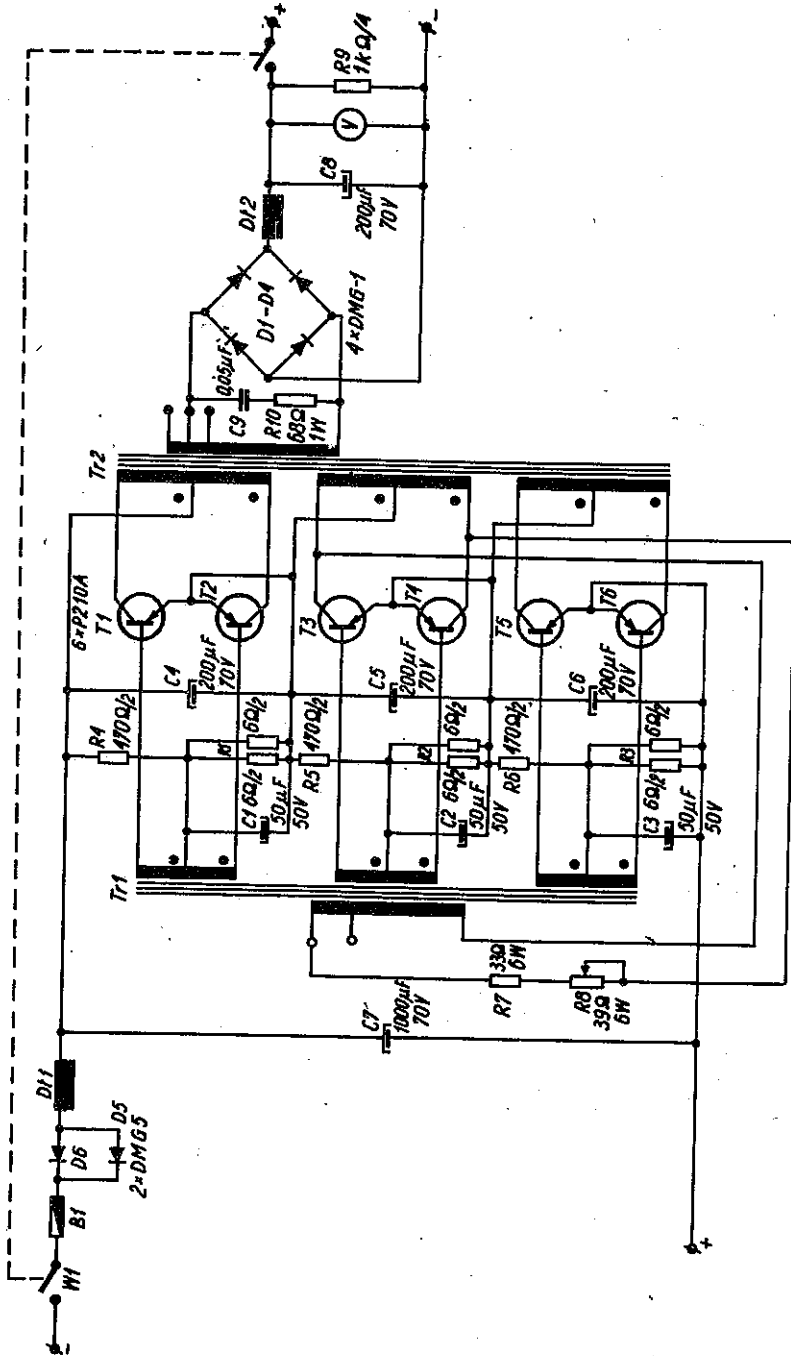
Dane techniczne przetwornicy

Znamionowe napięcie zasilające	50 V
Dopuszczalne zmiany napięcia zasilającego	48 + 52 V

Prąd pobierany ze źródła przy obciążeniu znamionowym	4,6 A
Wartość psfometryczna napięcia tętnień na zaciskach wejściowych przetwornicy współpracującej z baterią o pojemności 360 Ah	< 2 mV
Znamionowe napięcie wyjściowe	50 V
Znamionowy prąd wyjściowy	4 A
Zakres zmian obciążenia	0 - 4 A
Zmiany napięcia wyjściowego w funkcji zmian napięcia zasilającego i zmian obciążenia	46 + 54,5 V
Wartość psfometryczna napięcia tętnień na zaciskach wyjściowych przetwornicy	15 mV
Sprawność w warunkach znamionowych	82%
Dopuszczalny zakres zmian wilgotności względnej	40 + 80%
Dopuszczalny zakres zmian temperatury otoczenia	+10 + +40°C
Przyrost zakłóceń akustycznych wnoszonych do otoczenia o poziomie zakłóceń 50 dB	< 5 dB

Opis przetwornicy

Przetwornica typu PTN4 50 V/50 V 4 A, której schemat ideowy pokazany jest na rys. 29, przetwarza napięcie sta-



Rys. 29. Schemat przetwornicy tranzystorowej 50 V/50 V 4 A

le 50 V o uziemionym biegunie dodatnim na napięcie stałe 50 V nie powiązane galwanicznie z obwodem pierwotnym. Przy zasilaniu obwodów licznikowych przewiduje się uziemianie wyjściowego zacisku "minus". Przetwornica pracuje w układzie samowzbudnego generatora drgań prostokątnych. Z uwagi na dość znaczne napięcie zasilające, układ stanowi kaskadę trzech szeregowo połączonych stopni przeciwobnych. W układzie użytych jest sześć tranzystorów typu TG72. Transformator nasycany Tr1 wyznacza częstotliwość drgań w układzie i zamyka pętlę dodatniego sprzężenia zwrotnego.

Polaryzację wstępną baz tranzystorów konieczną dla rozruchu przetwornicy zapewniają dzielniki złożone z oporników R4, R5, R6 + R3. Odpowiednią wartość napięcia na każdym stopniu kaskady zapewnia dzielnik napięcia złożony z oporników R4 + R1; R5 + R2; R6 + R3. Uzwojenie wtórne transformatora mocy Tr2 połączone jest ze stosem prostowniczym złożonym z diod D1 + D4. Odbiór zasilany jest przez filtr złożony z dławika D12 i kondensatora C8. Przetwornica posiada ważną i bardzo dogodną cechę, mianowicie przeciążenie jej lub zwarcie zacisków wyjściowych nie powoduje uszkodzenia, prowadzi jedynie do załamania oscylacji. Przetwornica pracująca ze zwartymi zaciskami pobiera mniejszy prąd z baterii niż w czasie biegu luzem. Opornik zmienny R8 włączony w szereg z uzwojeniem pierwotnym transformatora Tr1 służy do nastawiania prądu maksymalnego wydawanego przez przetwornicę.

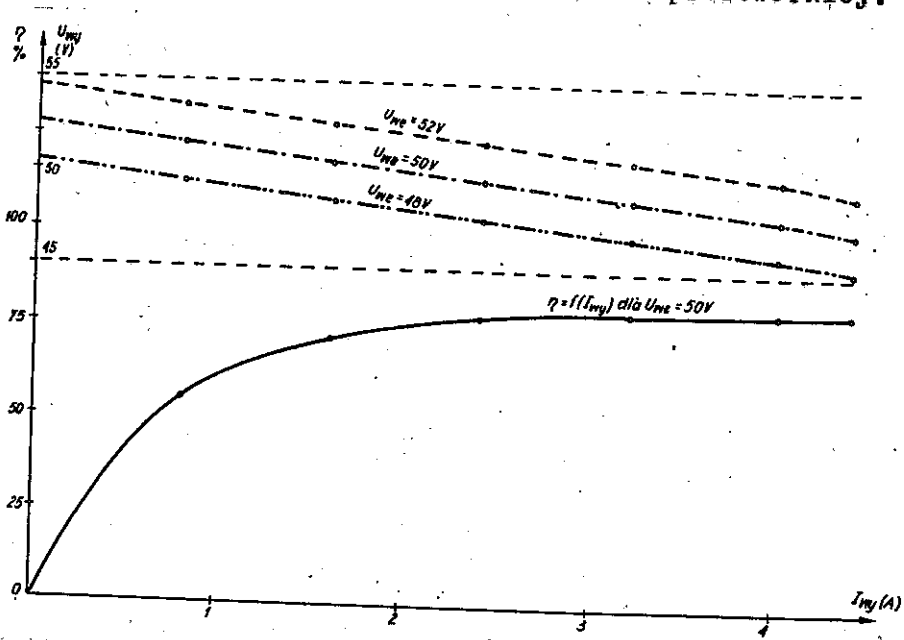
Zadaniem filtra na wejściu przetwornicy jest ograniczenie składowej zmiennej wnoszonej przez przetwornicę na zaciski baterii. Filtr ten składa się z dławika D11 i kondensatora C7.

Regulacja przetwornicy

Układ przetwornicy ma zapewnioną możliwość dokonywania regulacji dwu wielkości:

- 1) napięcia wyjściowego,
- 2) prądu wydawanego przez przetwornicę.

W obu przypadkach regulacji dokonuje się jednorazowo po zmontowaniu i sprawdzeniu działania przetwornicy. Re-



Rys. 29a. Charakterystyki zewnętrzne przetwornicy typu PTN4-50 V/50 V 4 A

gulacji napięcia wyjściowego dokonuje się, gdy przetwornica jest nieobciążona i zasilana napięciem 52 V. Wówczas łączymy prostownik z takim odczepem uzwojenia wtórnego Tr2, aby wartość napięcia wyjściowego przetwornicy mieściła się w granicach 54 + 55 V. Maksymalny prąd wydawany przez przetwornicę regulujemy przy napięciu zasilającym $U_{we} = 50$ V. Obciążamy przetwornicę i tak nastawiamy lamelką oporność R8, aby przy przekroczeniu wartości prądu wyjściowego 4,2 A oscylacje załamywały się.

Charakterystyki zewnętrzne przetwornicy przedstawione są na rys. 29a.

4. ZAKOŃCZENIE

Kończąc przegląd zastosowań przetwornic tranzystorowych w systemach telekomunikacyjnych w Polsce należy podkreślić, że uzyskane efekty gospodarcze i techniczne uzasadniają celowość prowadzenia dalszych prac naukowo-badawczych i konstrukcyjnych w dziedzinie przetwarzania energii za pomocą przetwornic półprzewodnikowych. W szczególności spodziewać się można uzyskania poważnych efektów gospodarczych i technicznych przez wprowadzenie do eksploatacji w telekomunikacji przetwornic tyrystorowych.

Wychodząc naprzeciw potrzebom opracowano w Zakładzie Energetyki Instytutu Łączności prototypy przetwornic tyrystorowych wraz z dokumentacją konstrukcyjną o mocy 0,75 oraz 3 kVA. Są to przetwornice przetwarzające napięcie stałe o wartości znamionowej 50 lub 60 V na napięcie przemiennie 220 V \pm 2%, 50 Hz \pm 1%.

W roku 1968 zostanie opracowana przetwornica o mocy 16 kVA, przetwarzająca napięcie stałe o wartości znamionowej 220 V na napięcie przemiennie 220 V \pm 2%, 50 Hz \pm 1%.

————— o —————

