

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

**REFERATY
PROBLEMOWE**

Zeszyt 44

Franciszek Kotz

**PROBLEMY STEROWANIA
ZAPŁONEM TYRYSTORÓW
W PRZEKSZTAŁTNIKACH WIELOFAZOWYCH**



Warszawa - sierpień 1981

621.314.58

W3

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

KOŁO ZAKŁADOWE STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

~~A-FK~~

Na prawach rękopisu

REFERATY PROBLEMOWE

Zeszyt 44

Franciszek Kotz

PROBLEMY STEROWANIA

ZAPŁONEM TYRYSTORÓW

W PRZEKSZTAŁTNIKACH WIELOFAZOWYCH

PROBLEMOWE

Warszawa - sierpień 1981

2501

Zespół Redakcyjny:

dr inż. Stanisław Sońta, mgr inż. Andrzej Stągrowski,

mgr inż. Krystyna Frączek

Opracował:

mgr inż. Franciszek Kotz

Zakład Energetyki Łączności /Z-5/

BIBLIOTEKA
Instytut Łączności
Nr 5-8915

Instytut Łączności

04-894 Warszawa, ul. Szachowa 1, tel. 128-723

Praca nr 20.01.C.01

Opiniował: mgr inż. Tadeusz Kunert

Maszynopis dostarczono dnia 4 maja 1981 r.

W artykule omówiono problem sterowania zapłonem tyrystorów w przekształtnikach wielofazowych z zastosowaniem układów scalonych TTL. Przedstawiono analizę pracy trójfazowego pełnego mostka prostowniczego z sześcioma tyrystorami oraz metod sterowania cyfrowego. Wykazano zalety przedstawionego rozwiązania, które zostało wykorzystane przy opracowaniu zespołu prostownikowego 80 V/100 A i zespołu prostownikowego 48 V/630 A.

Redaktor: mgr K. Juszkiewicz

Montaż tekstu: B. Drabik

Wpłynęło do Działu Wydawniczego Instytutu Łączności
w Warszawie, ul. Szachowa 1 dnia 13.VII.1981 r.
Nakład 70 egz.

S P I S T R E Ś C I

Franciszek Kotz

PROBLEMY STEROWANIA ZAPŁONEM TYRYSTORÓW W PRZEKSZTAŁTNIKACH WIELOFAZOWYCH

	Str.
1. Wprowadzenie	1
2. Omówienie problemu	1
3. Obwód główny przekształtnika tyrystorowego	3
4. Specyfika sterowania w układzie pełnego mostka trójfazowego	4
5. Opis układu sterowania cyfrowego	8
5.1. Działanie układu	8
5.2. Zalety przedstawionego rozwiązania	12
6. Zakończenie	13

Franciszek Kotz

PROBLEMY STEROWANIA ZAPŁONEM TYRYSTORÓW W PRZEKSZTAŁTNIKACH WIELOFAZOWYCH

1. WPROWADZENIE

W ostatnich latach zaznaczył się dalszy, znaczny postęp w dziedzinie elementów elektronicznych i to zarówno pod względem ilościowym jak i większego wyspecjalizowania poszczególnych układów. Pod względem ilości przyjmuje się, że co każde 10 lat podwaja się liczba produkowanych elementów elektronicznych. Pod względem jakości dąży się do większej niezawodności produkowanych elementów, powstające poszczególne generacje układów są o coraz to większej skali integracji. Ten postęp w dziedzinie elektroniki daje się zauważyć powszechną elektronicznością gałęzi techniki, często z elektroniką pozornie nie posiadających ściślejszego związku, jak np. przemysł motoryzacyjny. Natomiast energetyka łączy jest jak najściślej związana z elektroniką i postęp jaki ona niesie nie może pozostać bez wpływu na postęp w dziedzinie systemów, zespołów i urządzeń zasilających w tej tak ważnej dziedzinie, jaką jest łączy.

Z chwilą, gdy na rynku krajowym ukazały się układy scalone, tzw. średniej skali integracji /MSI/ i to zarówno cyfrowe /TTL/ jak i liniowe, specjaliści, konstruktorzy urządzeń zasilających, zaczęli pracować nad układami, w których te elementy można będzie zastosować. Okazało się wkrótce, że przynosi to wiele korzyści, można stworzyć układy sterujące i regulacyjne o znacznie większych możliwościach, lepszych parametrach wyjściowych, bardziej wyspecjalizowane, a jednocześnie wymiarowo mniejsze. Pewne problemy, jak np. sterowanie układami przełączającymi z częstotliwością 20 kHz - 50 kHz, stały się możliwe do rozwiązania dzięki zastosowaniu techniki cyfrowej, układów TTL.

2. OMÓWIENIE PROBLEMU

Problem sterowania fazowego w wielopulsowych, tyrystorowych zespołach prostownikowych w ogólnym zarysie polega na tym aby w procesie regulacji

fazowej zapewnić zapłon odpowiednim tyrystorom. Sterowanie cyfrowe natomiast ma zapewnić scentralizowanie funkcji i uproszczenie realizacji technicznej. Należy zaznaczyć, że podjęto tu problem sterowania cyfrowego, a nie cyfrowej regulacji mającej za zadanie utrzymanie parametrów wyjściowych urządzenia na określonym, z góry zadanym poziomie.

Zagadnienie sterowania poszczególnymi tyrystorami w układzie jest zadaniem prostym w swej zasadzie i w realizacji technicznej w odniesieniu do prostych konfiguracji układów prostowniczych. Przy bardziej złożonych konfiguracjach, jak np. podwójna gwiazda czy pełny mostek, zasilanych napięciem trójfazowym, gdy mamy do czynienia ze sterowaniem wieloma tyrystorami, musi zachodzić ścisła odpowiedniość zapłonu odpowiednich tyrystorów z ich strefami sterowania, tzn. z przedziałem czasowym /lub kątowym/, w którym jest możliwe i celowe podawanie impulsu bądź impulsów zapłonowych. Strefa sterowania danego tyrystora jest zatem takim przedziałem, w którym jednocześnie zachodzi regulacja fazowa momentu zapłonu tegoż tyrystora. Ponieważ regulacja fazowa odbywa się niejako centralnie dla wszystkich tyrystorów układu prostowniczego /poprzez jeden, wspólny regulator/ i w jej wyniku określany jest kąt opóźnienia zapłonu wszystkich tyrystorów, zadaniem układu sterowania cyfrowego jest określenie tego kąta w stosunku do strefy sterowania danego tyrystora. Mamy tu więc do zrealizowania pierwsze uzależnienie logiczne pomiędzy strefą sterowania a kątem opóźnienia zapłonu. To uzależnienie, w dotychczasowej praktyce, było realizowane w ten sposób, że każdy z tyrystorów miał swoje urządzenie do zmiany kąta zapłonu i generacji impulsów zapłonowych - tzw. sterownik. Działanie każdego sterownika było blokowane poza strefą sterowania danego tyrystora. Trudności występowały przy większej liczbie sterowanych tyrystorów ze względu na konieczność zastosowania wielu sterowników oraz podania prosty sposób odpowiednich napięć blokujących ich działanie /tzw. napięć synchronizujących/ poza strefą sterowania. Wprowadzenie układu sterowania cyfrowego ma więc z założenia, wyeliminować złożoność układu, polegającą na stosowaniu wielu układów sterujących, a zastąpić je jednym, centralnym organem, działającym na zasadzie uzależnień logicznych. W układzie ma być jeden sterownik /dla układów symetrycznych, takich jak pełny mostek - ewentualnie dwa/ i jeden wspólny generator impulsów zapłonowych.

Problemem, który niejako wynika z postawionego wcześniej, było uzyskanie z podstawowych napięć przemiennych R,S,T /A,B,C/ sygnałów takich, z których

możliwe byłoby drogą uzależnień logicznych uzyskanie odpowiednich stref sterowania odpowiednich tyrystorów. Strefy te determinowałyby, przy centralnym układzie zapłonowym, uzyskanie zapłonu tylko przez jeden, określony tyrystor.

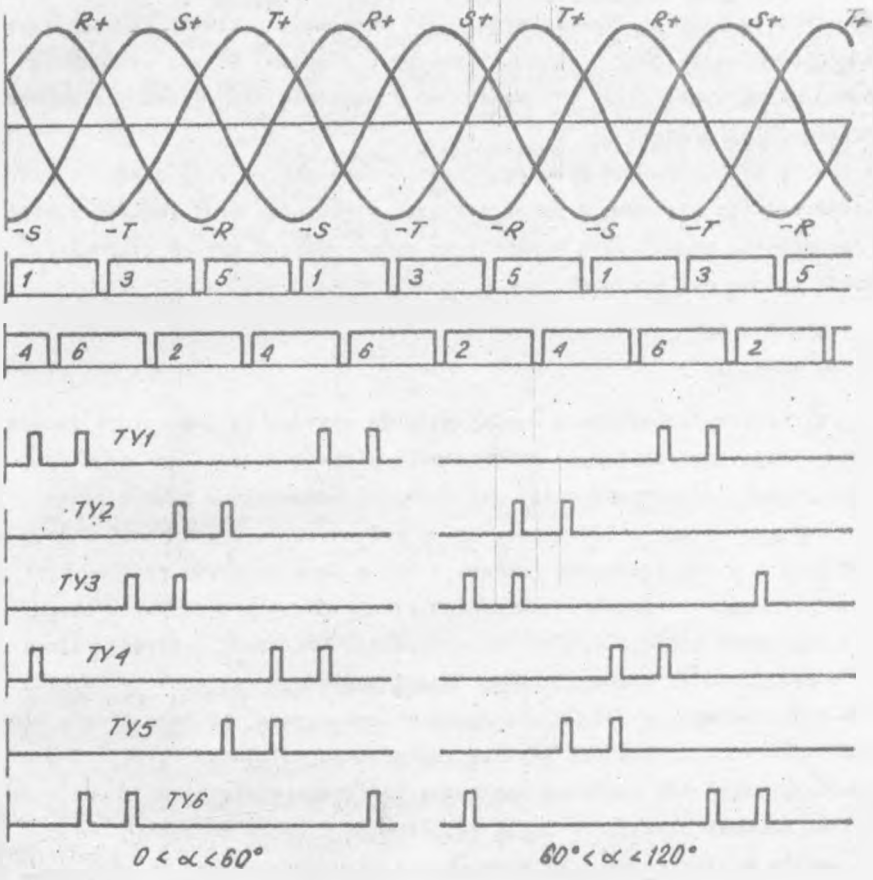
Następnym ważnym problemem, który należało rozwiązać, zwłaszcza w tych konfiguracjach układów prostowniczych, gdzie tyrystory pracują parami, a ich kąty sterowania w danym momencie czasowym nie odpowiadają sobie /jak np. w układzie pełnego mostka trójfazowego/, było zapewnienie zapłonu odpowiednim parom tyrystorów, z których jeden często pracuje poza swoją strefą sterowania. Należy tu wprowadzić takie uzależnienia logiczne /implikacje/, w wyniku których tyrystor jak gdyby władający mógł sterować tyrystorem od niego zależnym, którego zapłon wypadając poza własną strefą sterowania, nie spełnia kryterium logicznego uzależnienia od tej strefy.

Poza tymi problemami natury teoretycznej należało rozwiązać problemy natury praktycznej: prostą, fizyczną realizowalność układu, niezawodność jego pracy, małą wrażliwość na zakłócenia zewnętrzne oraz dużą wszechstronność zastosowania.

3. OBWÓD GŁÓWNY PRZEKSZTAŁNIKA TYRYSTOROWEGO

Rozwiązanie układowe będące przykładem realizacji postawionych w poprzednim rozdziale problemów zostanie omówione w odniesieniu do trójfazowego pełnego mostka prostowniczego, z sześcioma tyrystorami. Ze względu na to, że tyrystory w mostku pracują parami, należy zapewnić odpowiednim tyrystorom jednoczesny zapłon, co problem czyni nieco trudniejszym. Dlatego posłużono się właśnie przykładem pełnego mostka trójfazowego.

Uproszczony schemat przekształtnika tyrystorowego, zwanego dalej zespołem prostownikowym, przedstawiono na rys. 1. W obwodzie głównym znajduje się transformator, na ogół dla zasilania urządzeń łączności obniżający napięcie sieci, następnie trójfazowy, w pełni sterowany mostek, w którym pracuje 6 tyrystorów, po 3 w gałęzi dodatniej i ujemnej. Mostek ten zapewnia pracę 6-pulsową w całym przedziale kątów sterowania. Dwuczłonowy filtr wyjściowy typu LC zmniejsza w odpowiednim stopniu zawartość składowej zmiennej w napięciu wyjściowym zespołu prostownikowego. Układ regulacyjny otrzymuje sygnały z wyjścia - jeden proporcjonalny do napięcia wyjściowego, drugi do prądu wyjściowego. Ten ostatni sygnał brany jest bezpośrednio z boczo-



Rys. 2. Przebiegi napięć sterujących

datniej, drugiego z grupy ujemnej. Zakłada się, że czas komutacji jest dostatecznie krótki i może być pominięty.

Strefy sterowania poszczególnych tyrystorów określone są punktami naturalnej komutacji, tj. miejscem zrównania się odpowiednich napięć fazowych,

dodatnich połówek dla grupy dodatniej i ujemnych - dla grupy ujemnej. Te punkty w rzeczywistości odpowiadają chwili czasowej, w której zachodziłaby naturalna komutacja, gdyby tyrystory zastąpić diodami. Strefa sterowania dla danej grupy wynosi 120° el. Wynika to z podziału 360° przez 3 elementy komutujące danej grupy.

Na rys. 2 przedstawiono przebiegi napięć fazowych wtórnej strony transformatora. Strefy sterowania poszczególnych tyrystorów oraz impulsy zapłonowe podawane na odpowiednie bramki przy dwóch różnych kątach sterowania.

Przedstawiono dwa przypadki:

- 1/ $0 < \alpha < 60^\circ$
- 2/ $60^\circ < \alpha < 120^\circ$.

Każdy z tyrystorów otrzymuje w swojej strefie sterowania dwukrotnie impuls zapłonowy. Raz, gdy rozpoczyna przewodzenie /impuls zasadniczy/ oraz drugi raz, aby podtrzymać przewodzenie, gdy zachodzi komutacja w grupie przeciwnej /impuls pomocniczy/. Odnosi się to do przypadku 1. W przypadku 2 mamy do czynienia z pracą przerywną układu i każda para impulsów zapłonowych inicjuje przewodzenie dwóch odpowiednich elementów. W przypadku 1, obydwa impulsy zapłonowe każdego z tyrystorów wypadają dokładnie w strefie sterowania. W przypadku 2, tylko pierwszy impuls zapłonowy /zasadniczy/ wypada w strefie sterowania, drugi impuls /pomocniczy/ wypada już poza strefą sterowania i jest uzależniony od impulsu zapłonowego kolejnego tyrystora grupy przeciwnej. Impulsy zapłonowe podawane są sekwencyjnie, jednocześnie po dwa, na odpowiednie tyrystory dwóch różnych faz i dwóch różnych grup.

Jak wynika z powyższego oraz z przebiegów przedstawionych na rys. 2, każdy tyrystor otrzymuje impulsy zapłonowe dwukrotnie w swojej strefie przewodzenia, która jest o 60° el. szersza od strefy sterowania. Sięga ona punktu, w którym dwa napięcia fazowe tych faz, między którymi zachodzi przewodzenie, zrównują się ze sobą /odpowiednie napięcia międzyprzewodowe równają się wtedy zero, a następnie zmienia znak/.

Zjawiska przewodzenia i komutacji przebiegają następująco: Przy kącie sterowania $\alpha = 0$ zapłon otrzymują tyrystory faz, między którymi występuje największe napięcie międzyprzewodowe. Dla $t = 0$ /rys. 2/ zachodzi to między fazami R+ i S-, zapłon otrzymują tyrystory 1 i 4. W całej strefie sterowania tyrystora 1, jednocześnie z nim musi otrzymywać zapłon tyrystor 4. Jest on niejako związany z tyrystorem 1 funkcją określoną w logice jako

funkcja implikacji $1/1 \Rightarrow 4$, jeżeli 1 to 4/. Komutacja w grupie ujemnej może nastąpić z chwilą, gdy zapłon otrzyma tyrystor 6. Aby jednak w momencie komutacji między tyrystorami 4 i 6 nie zgasł tyrystor 1, musi on również w tym samym czasie otrzymać impuls zapłonowy. A więc teraz tyrystor 6 niejako steruje tyrystorem 1 i w zakresie sterowania tyrystora 6 funkcja implikacji odnosi się do tyrystora 1 /6 $\Rightarrow 1$ /.

Te zależności możemy napisać dalej kolejno:

$$3 \Rightarrow 6$$

$$2 \Rightarrow 3$$

$$5 \Rightarrow 2$$

$$4 \Rightarrow 5$$

$$1 \Rightarrow 4$$

$$6 \Rightarrow 1$$

Należy tu wyraźnie zaznaczyć, że tak określone funkcje implikacji są realizowane kolejno, ale nie jednocześnie, a więc w tym samym czasie nie zachodzi zależność:

$$3 \Rightarrow 6 \nRightarrow 1$$

Każdy z tyrystorów dostaje pierwszy impuls zapłonowy jako impuls zasadniczy od sterownika swojej grupy i w swojej strefie sterowania. Pomocniczy impuls zapłonowy ma zapewnić prawidłową pracę układu: a/ w czasie komutacji dla kątów $0 < \alpha < 60^\circ$, b/ w zakresie pracy przerywnej dla kątów $60^\circ < \alpha < 120^\circ$. Ten impuls pochodzi od sterownika Innej grupy i może być nazwany również impulsem skojarzonym. Jak z powyższego wynika, każdy tyrystor w ciągu jednego okresu zmienności napięcia zasilającego dostaje kolejno 2 impulsy zapłonowe w odstępie 60° , pierwszy od sterownika własnej grupy, drugi od sterownika grupy przeciwnej. W układzie są tylko dwa sterowniki, po jednym na grupę i jeden generator impulsów zapłonowych. Rozdział na poszczególne tyrystory i odpowiednie kojarzenie parami impulsów zapłonowych następuje w sieci logicznej układu sterowania cyfrowego.

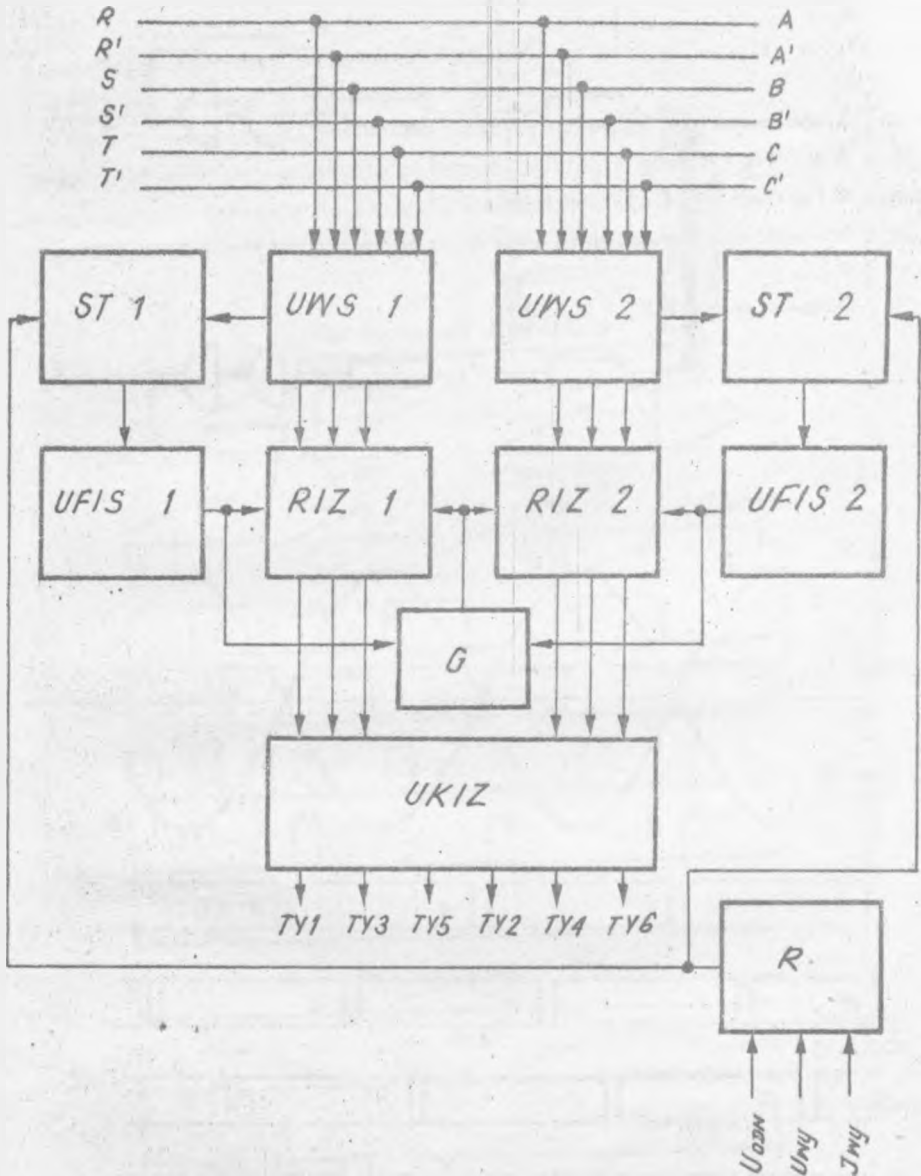
5. OPIS UKŁADU STEROWANIA CYFROWEGO

Układ sterowania cyfrowego, zwany dalej z racji swej funkcji układem zapłonowo-rozdzielczym, przedstawiono blokowo na rys. 3^{x/}. Skonstruowany jest z wykorzystaniem bramek NAND i inwerterów. W układzie blokowym wyodrębniono zespoły spełniające określone funkcje. Są to: sterownik /ST/, układ wyróżniania strefy /UWS/, układ formowania impulsów sterujących /UFIS/, rozdzielacz impulsów zapłonowych /RIZ/, generator /G/, układ kojarzenia impulsów zapłonowych /UKIZ/ oraz regulator /R/. Ten ostatni jest układem analogowym, sterownik natomiast, zamieniający sygnał analogowy z regulatora na odpowiednie przesunięcie fazowe, jest przetwornikiem sygnału analogowego na logiczny.

5.1. Działanie układu

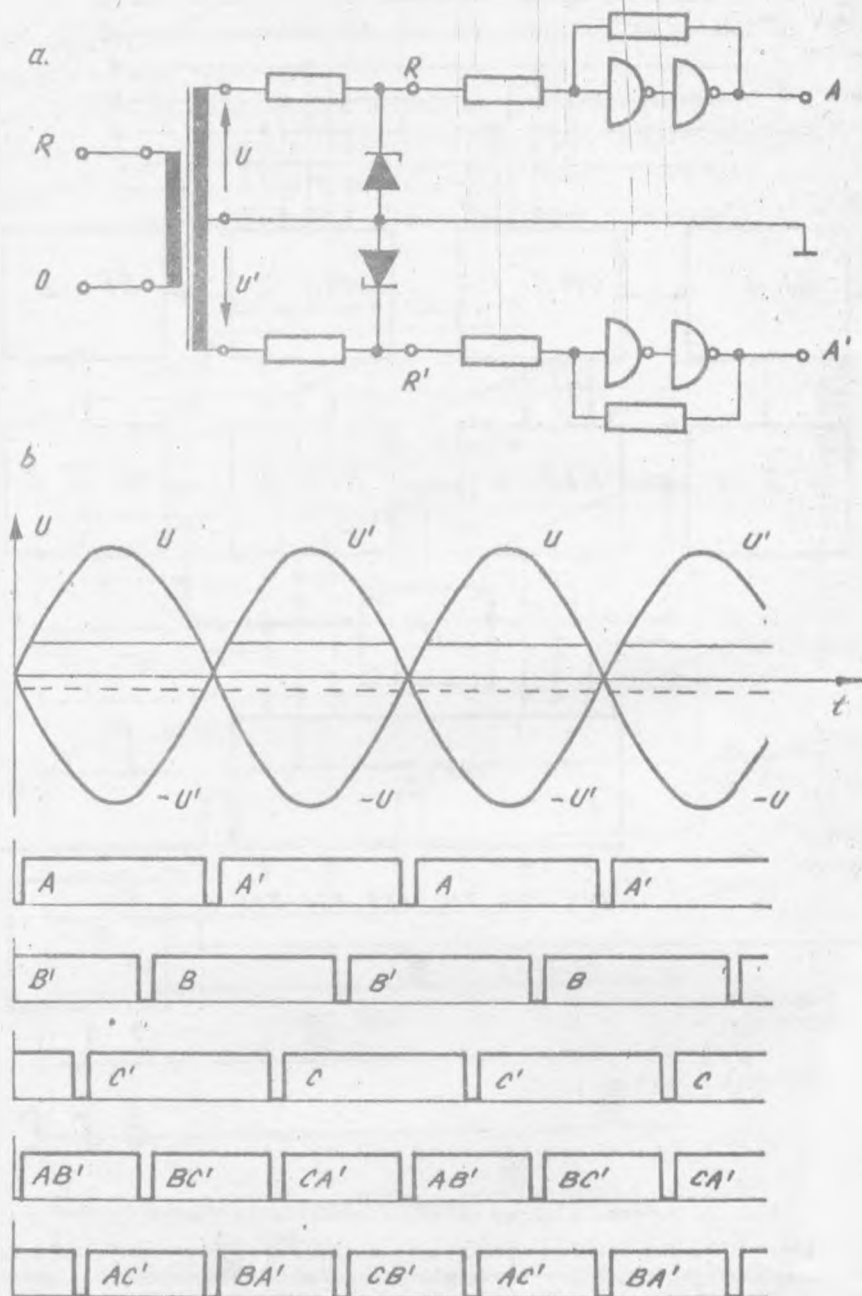
Napięcia sinusoidalne z transformatorów pomocniczych o odpowiedniej grupie połączeń zapewniającej właściwą synchronizację z obwodem głównym, formowane są diodami Zenera na napięcia o kształcie trapezowym i o odpowiedniej amplitudzie dla wejść logicznych, w układzie jak na rys. 4a. Te napięcia są następnie podawane na przerzutniki Schmitta utworzone z dwóch inwerterów. Zapewnia to odpowiednie zbocze tak uformowanego sygnału. Oprócz tego dzięki koniunkcji tak utworzonych sygnałów AA', BB', CC', wyróżnia się krótkie przedziały czasowe, w których te sygnały jednocześnie są równe zero. W ten sposób są wyodrębniane impulsy synchronizujące, służące następnie do wygaszania piły sterowników. Z kolei koniunkcja par sygnałów AB', BC', CA', formuje impulsy stref zezwalających dla tyrystorów grupy dodatniej i odpowiednio AC', BA', CB', dla tyrystorów grupy ujemnej. Odpowiednie przebiegi przedstawiono na rys. 4. Jak widać, impulsy synchronizujące danej grupy, występują pomiędzy kolejnymi strefami zezwalającymi. /Wprowadzone tu pojęcie strefy zezwalającej pokrywa się w zasadzie ze strefą sterowania, odnosi się jednak do funkcji układu cyfrowego, gdy strefa sterowania odnosi się do funkcji tyrystora/. Opisane wyżej funkcje spełniają układy wyróżniania strefy /UWS, rys. 3/, każdy dla swojej grupy. Na wyj-

^{x/}Układ ma cechy nowości i został zgłoszony do opatentowania.



Rys. 3. Schemat blokowy układu sterowania cyfrowego

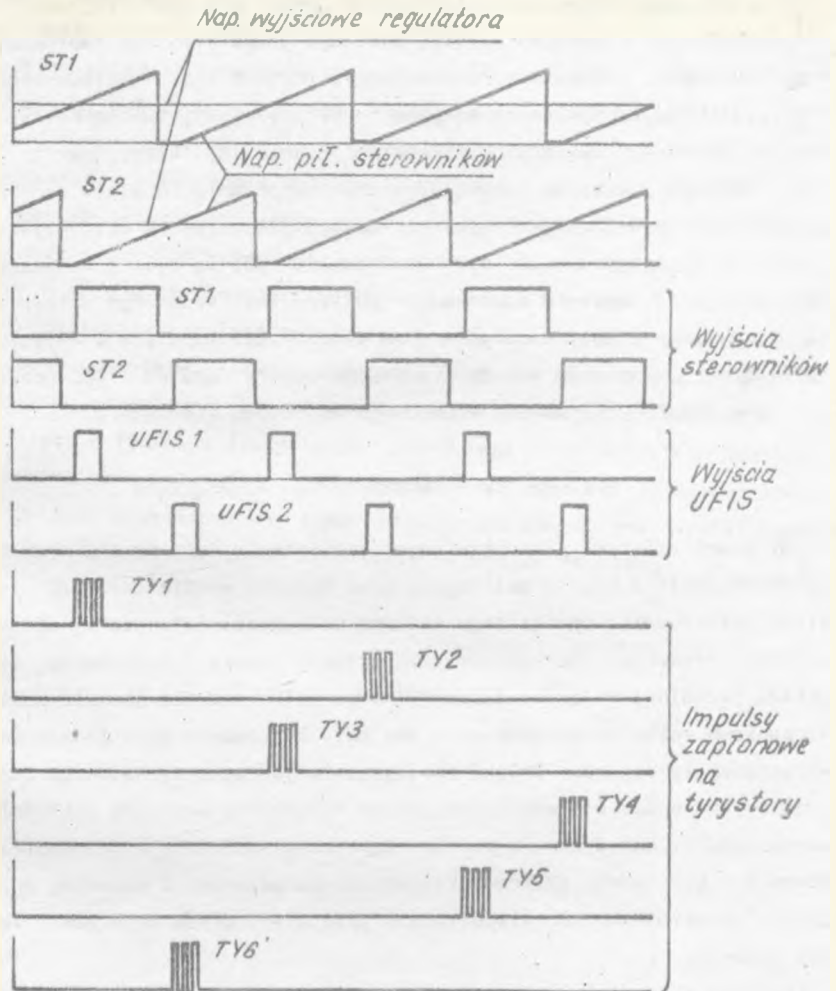
ST - sterownik, UWS - układ wyróżniania strefy, UFIS - układ formowania impulsów sterujących, RIZ - rozdzielacz impulsów zapłonowych, G - generator, UKIZ - układ kojarzenia impulsów zapłonowych, R - regulator



Rys. 4. Formowanie impulsów strefy zezwalającej
a/ układ, b/ przebiegi

ściu otrzymujemy impulsy synchronizujące oraz kolejne impulsy strefy zezwalającej dla każdego tyrystora.

Impulsy synchronizujące podane zostają na wejście sterowników St1 i St2, wygaszając generator napięcia piłowego. W czasie równym szerokości strefy zezwalającej, generuje on napięcie narastające liniowe /rys. 5/. Z tym napięciem porównywany jest sygnał z wyjścia regulatora R. W momencie przecię-



Rys. 5. Formowanie impulsów zapłonowych - przebiegi

cia się poziomu napięcia z regulatora z napięciem płyty, na wyjściu sterownika powstaje sygnał logiczny /rys. 5/. Ten sygnał w układzie formowania impulsów sterujących /UFIS - rys. 3/, zostaje skrócony do ok. 2 ms. Warunkiem jest, aby ten impuls był krótszy od 3,33 ms, czyli 60° el. W przeciwnym wypadku sięgałby strefy zadziałania kolejnego tyrystora. Odpowiednie przebiegi przedstawiono na rys. 5. Impuls z układu UFIS uruchamia generator G /rys. 3/, zezwala na przesłanie impulsów z generatora do odpowiedniej grupy tyrystorów /dodatniej lub ujemnej/, a w koniunkcji z odpowiednim sygnałem strefy zezwalającej, powstaje grupa impulsów zapłonowych danego tyrystora. Odbywa się to w układzie rozdzielacza impulsów zapłonowych /RIZ/. Impulsy zapłonowe na kolejne tyrystory przedstawiono na rys. 5. Te impulsy muszą być skojarzone parami wg funkcji Implikacji, jak to już wcześniej omówiono w pkt. 4. Odbywa się to przez podanie impulsów zapłonowych na odpowiednie dwie bramki tak, aby zawsze jednocześnie dwa tyrystory różnych grup otrzymywały impulsy. Odpowiedni układ, wg rys. 3, nazwano układem kojarzenia impulsów zapłonowych /UKIZ/. Impulsy z tego układu są jeszcze wzmacniane w jednotranzystorowym wzmacniaczu impulsów z wyjściem transformatorowym. Zapewnia to odpowiednie parametry impulsu i jednocześnie galvaniczne oddzielenie obwodu bramkowego od obwodu sterowania.

5.2. Zalety przedstawionego rozwiązania

Głównymi zaletami przedstawionego rozwiązania jest prosto zrealizowana synchronizacja z siecią zasilającą oraz łatwość wyróżniania odpowiedniej strefy sterowania. Oprócz tego zamiast dotychczas najczęściej stosowanego układu z sześcioma sterownikami dla pełnego mostka trójfazowego, czy dla układu podwójnej gwiazdy, zastosowano tu tylko dwa sterowniki. Jest więc stosunkowo łatwo je wyregulować, aby kąty sterowania były jednakowe dla wszystkich tyrystorów. Dzięki zastosowaniu jednego, wyzwalanego generatora, impulsy zapłonowe dla współpracujących tyrystorów wypadają dokładnie w tym samym czasie. Układ ten, z pewnymi uproszczeniami, znajduje również zastosowanie w sterowaniu zapłonem tyrystorów połączonych w podwójną gwiazdę z dławikiem wyrównawczym. Niepotrzebny jest wtedy układ kojarzenia impulsów zapłonowych.

Możliwe są dalsze odmiany opisanego układu przeznaczonego dla innych konfiguracji prostowniczych, w tym dla niepełnego mostka trójfazowego.

6. ZAKOŃCZENIE

Opisany układ sterowania cyfrowego został pierwotnie zastosowany i zbada-
ny w modelu zespołu prostownikowego 80 V, 100 A. Wyniki badań potwier-
dziły stawiane założenia, a więc znaczne uproszczenie układu, łatwość uru-
chomienia i strojenia, a przede wszystkim duży współczynnik niezawodności
pracy układu logicznego. Wyniki badań wstępnych przesądziły o przydatności
układu i o dalszych zastosowaniach. Układ ten, zwany następnie w rozwiąza-
niach technicznych układem logicznym sterowania, został wprowadzony jako
centralny układ sterowania w tyrystorowych zespołach prostownikowych
48 V/630 A, opartych na układzie pełnego mostka trójfazowego. Wraz z nowo-
czesnym regulatorem napięcia i prądu układ logiczny sterowania decyduje o
nowoczesności rozwiązania układowego zespołu prostownikowego, o jego bar-
dzo dobrych parametrach technicznych, zarówno statycznych, jak i dynamicz-
nych oraz o dużej niezawodności pracy. W Instytucie Łączności zostały wy-
konane 4 modele użytkowe wspomnianych zespołów prostownikowych, w których
potwierdziły się stawiane założenia, a przede wszystkim: powtarzalność u-
zyskiwanych wyników, łatwość strojenia i wysoka niezawodność pracy. Pozwo-
liło to na opracowanie dokumentacji i przekazanie jej do Zakładu Urządzeń
Zasilających TELZAS w Szczecinku - przyszłego producenta tego wyrobu - z
którym Instytut Łączności od szeregu lat utrzymuje ścisłą współpracę.

Rozwiązania układowe ww. zespołów prostownikowych oraz wyniki badań zo-
staną omówione w następnych artykułach Referatów Problemowych.

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności
Nr 5-8915

D o t y c h c z a s u k a z a ł y s i ę :

1. Białobrzęski R., Sołta S.: Zastosowanie testu chi kwadrat Pearsona do weryfikacji hipotezy statystycznej, na podstawie empirycznej gęstości prawdopodobieństwa. Grudzień 1977.
2. Blińkiewicz A., Mędrzycki B., Hutnik M., Sambierski R.: Zastosowanie pamięci kasetowej PK-1 do rejestracji danych w systemie komutacyjnym E-10. Styczeń 1978.
3. Orłowski A.: Optymalizacja układu ogranicznika dynamiki zwłaszcza dla radiofonii krótkofalowej. Luty 1978.
4. Frączek K.: Zasady opracowywania wymagań techniczno-eksploatacyjnych na urządzenia pomiarowe w resorcie łączności. Marzec 1978.
5. Białobrzęski R., Dudziewicz J.: Minimalna częstość próbkowania sygnału losowego przy pomiarze jego mocy średniej. Marzec 1978.
6. Lewandowski W.: Wprowadzenie komutacji teledacyjnej kanałów cyfrowych w powszechnej telefonicznej sieci komutacyjnej z centralami elektronicznymi E-10. Kwiecień 1978.
7. Dudziewicz J.: Ogólne wytyczne w sprawie prowadzenia i dokumentowania prac naukowo-badawczych wykonywanych w Instytucie łączności. Kwiecień 1978.
8. Stągrowski A.: Metoda detekcji i pomiaru impulsów o maksymalnych i minimalnych czasach trwania w ciągu. Maj 1978.
9. Chamski J.: System CTI-B dla maszyny cyfrowej R-10. Maj 1978.
10. Puchalski E.: Kompensator napięcia stałego stosowany w układach do sprawdzania przetworników termoelektrycznych i mikropotencjometrów. Czerwiec 1978.
11. Kozłowski A.: Elektroniczny sygnalizator przywołania abonenta w aparacie telefonicznym CB. Wrzesień 1978.
12. Stasiński L.: Wyładowania łukowe w.cz. na izolatorach odciągów pionowych anten radiofonicznych. Październik 1978.
13. Walaszek S.: Zastosowanie uogólnionego rozwiązania układu o trzech stanach do analizy niezawodności. Styczeń 1979.
14. Sołta S.: Aparatura automatyczna badań sieci łączy międzymiastowych systemu ABA-3. Luty 1979.

15. Godlewski P.: Język programowania badań w systemie ABA2 i ABA3. Marzec 1979.
16. Waśniewski A.: Kombinatoryczne aspekty planowania badań sieci telekomunikacyjnej za pomocą systemu ABA-3. Kwiecień 1979.
17. Brennek L., Lebledziuk B.: System edycji, przechowywania i translacji programów w języku SAWIK dla minikomputera MERA 305. Maj 1979.
18. Godlewski P.: Aparatura sterująca systemem badaniowego ABA-3 - architektura urządzenia. Czerwiec 1979.
19. Chamski J.: Centrum eksploatacji technicznej w systemie E 10. Lipiec 1979.
20. Porada M.: Komunikat o badaniach zakłóceń impulsowych w łączach telefonicznych. Sierpień 1979.
21. Softa S.: Generacja sygnałów losowych niezależnych obciążających kanały telefoniczne. Wrzesień 1979.
22. Karwowska-Lamparska A.: Koncepcja systemu WIDEOTEKS. Październik 1979.
23. Kowalska J.: Próba eksploatacyjna automatycznej aparatury badaniowej ABA-2 - analiza wyników, wnioski. Listopad 1979.
24. Tyrowicz M.: System zdalnej rejestracji kontroli obiektów specjalnych - REKO - . Grudzień 1979.
25. Frydrych Z.: Uwagi o wymiarowaniu wiązek łączy międzycentralowych. Styczeń 1980.
26. Frydrych Z.: O niezawodności sieci telekomunikacyjnej. Luty 1980.
27. Kisto M.: Automatyzacja stacjonarnych pomiarów propagacyjnych. Marzec 1980.
28. Mieszczanek J.: Analiza i projektowanie oscylatorów kwarcowych pracujących w układzie Pierce'a-Colpitts'a. Kwiecień 1980.
29. Frydrych Z.: Niektóre problemy projektowania dróg kolejnego wyboru. Maj 1980.
30. Laube J.: Wybrane metody projektowania cyfrowych zespołów funkcjonalnych na przykładzie projektu generatora połączeń telefonicznych. Czerwiec 1980.

31. Kowalski Z.: Pasmowe tłumienności czwórników i ortotelefoniczne tłumienności odniesienia. Lipiec 1980.
32. Proga I.: Analiza i ocena odgromników zagranicznych oraz niezbędnego do nich osprzętu na podstawie badań i obserwacji w warunkach eksploatacyjnych. Sierpień 1980.
33. Godlewski P., Zejdel A.: System automatycznej kontroli obecności i ruchu załogi AKOR. Wrzesień 1980.
34. Waśniewski A.: Problem minimalizacji czasu badania sieci w systemie ABA-3. Październik 1980.
35. Kuśmirek Z.: Impedancja wewnętrzna źródła i jej pomiar. Listopad 1980.
36. Kowalski Z.: Zasady określania tłumienności pasmowej na podstawie danych punktowych. Grudzień 1980.
37. Kowalski Z.: Punktowe aproksymaty tłumienności pasmowej przy równomiernej gęstości wagi. Styczeń 1981.
38. Frydrych Z.: Wykorzystanie sygnałów informacyjnych dla poprawy jakości załatwiania ruchu w sieci telefonicznej. Luty 1981.
39. Lech J.: Analiza możliwości szacowania średniej 1-minutowej oraz 5-sekundowej mocy szumów w kanale telefonicznym na podstawie wyników pomiarów średniej 375-milisekundowej. Marzec 1981.
40. Strużak R.: O optymalnym przydziale mocy i częstotliwości radiokomunikacyjnym stacjom nadawczym. Kwiecień 1981.
41. Kawecki A.: Określenie kumulatywnego rozkładu prawdopodobieństwa natężeń opadów atmosferycznych w Polsce dla potrzeb radiokomunikacji. Maj 1981.
42. Trechciński J.: Korzyści z wprowadzania cyfrowych centrów komutacyjnych do telefonicznych sieci strefowych. Czerwiec 1981.
43. Chamski J.: Metody badań oprogramowania użytkowego centrum eksploatacji technicznej w systemie komutacji elektronicznej E-10. Lipiec 1981.

Biblioteka

IL

S-8915