

JURAND SOBCZYK

TYRYSTOROWE ZABEZPIECZENIE PRZEPIĘCIOWE

Streszczenie. W artykule przedstawiono zasadę działania tyrystorowego zabezpieczenia przepięciowego i przedyskutowano na podstawie dwóch praktycznych rozwiązań problem odpowiedzi czasowej.

1. Wstęp

Stabilizowane źródła napięcia i prądu należą do podstawowych układów elektroniki. Jakkolwiek stały rozwój technologii i inżynierii układowej sprzyja wzrostowi ich niezawodnego działania, to jednak możliwości wystąpienia uszkodzenia nigdy nie można wykluczyć. Pewna grupa tych uszkodzeń pojawia się w postaci szybkiego wzrostu napięcia wyjściowego przekraczając bezpieczny poziom dla odbiornika energii elektrycznej. Istnieje zatem naturalna potrzeba stosowania zabezpieczeń przepięciowych dla ochrony układów zasilanych. W tych przypadkach, gdy odbiornikiem są urządzenia zbudowane w oparciu o układy scalone, stosowanie w/w zabezpieczeń jest bezwzględną koniecznością. Sposób ich projektowania i wykonanie powinny gwarantować minimalne prawdopodobieństwo przypadkowego uszkodzenia. Koszt dodatkowego wyposażenia zasilacza jest przy tym zwykle nieporównywalnie mały z wartością chronionego obiektu.

2. Zasada działania

Podczas pracy zasilacza stabilizowanego mogą pojawić się przepięcia grożące uszkodzeniem jego elementów lub zniszczeniem czułego na przekroczenie granicznego napięcia obciążenia. Opis przyczyn powodujących wspomniane przepięcia przedstawiony jest w pozycjach [1] i [2] spisu literatury. W pozycji [2] zawarte są również sposoby zapobiegania szkodliwym oddziaływaniom tych przepięć.

Najbardziej skutecznym sposobem ochrony przepięciowej jest zabezpieczenie tyrystorowe. Zasada działania tego układu wykorzystuje podłączony równolegle do zacisków wyjściowych zasilacza tyrystor wprowadzany w stan przewodzenia po przekroczeniu przez napięcie wyjściowe poziomu nominalnego. Podstawowymi zatem elementami składowymi zabezpieczenia tyrystorowego są: układ pomiaru i porównania napięcia wyjściowego z napięciem odniesie-

nia, tyrystor i układ wyzwalania tyrystora. Układem pomiaru i porównania napięcia jest zwykle prosty układ mostkowy. Najlepszym układem wyzwalania tyrystora, z punktu widzenia szybkości działania, jest generator samodławny lub przerzutnik Schmitta.

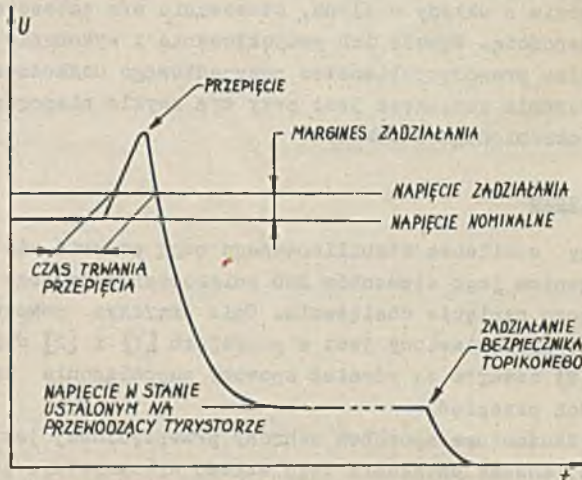
Dla ścisłości trzeba dodać, że tyrystorowe zabezpieczenie przepięciowe powinno współpracować z układem ograniczania prądu zwarcia zasilacza oraz układem odłączania napięcia. Tym ostatnim może być odpowiednio dobrany bezpiecznik topikowy lub wyłącznik typu elektromagnetycznego.

3. Odpowiedź czasowa

Na dynamikę działania tyrystorowego zabezpieczenia przepięciowego ma wpływ kilka czynników. Szybkość reakcji wg [3] praktycznie ograniczają następujące elementy uszeregowane wg malejącej wielkości wpływu:

1. Czas włączenia tyrystora ($1 + 50 \mu\text{s}$)
2. Czas reakcji układu wyzwalania
3. Opóźnienia wnoszone przez układ pomiaru i porównania napięcia.

Czas włączenia tyrystora w sposób istotny zależy od amplitudy i prędkości narastania prądu wyzwalania, wartości prądu i napięcia anodowego oraz parametrów obciążenia. Ponieważ amplituda i prędkość narastania prądu wyzwalania wpływają odwrotnie proporcjonalnie na czas włączenia tyrystora, dlatego też istotny jest właściwy wybór układu wyzwalania. Celowe jest zatem wyzwalanie impulsowe (generator samodławny) lub wyzwalanie zboczem o małym czasie narastania (przerzutnik Schmitta).



Rys. 1

Układ pomiaru i porównania napięcia zbudowany jest zwykle w układzie mostkowym, będąc w istocie kombinacją elementów dyskretnych i pojemności szkodliwych i stanowiąc tym samym układ opóźniający RC.

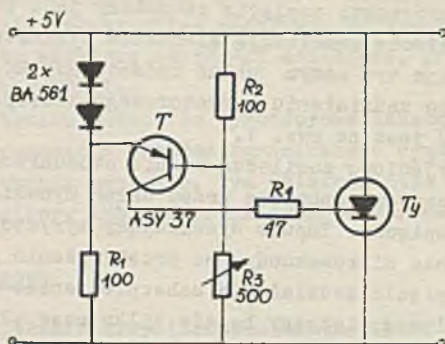
Stan przejściowy po zadziałaniu tyrystorowego zabezpieczenia przepięciowego przedstawiony jest na rys. 1.

Jeżeli napięcie wyjściowe zasilacza rośnie stosunkowo wolno, to pomijalne są opóźnienia czasowe wnoszone przez układ wyzwalania i obwody pomiaru i porównania napięcia. Impuls wyzwalający tyrystor pojawi się z opóźnieniem rzędu ułamka mikrosekundy, po przekroczeniu przez napięcie wyjściowe zasilacza, napięcia zadziałania zabezpieczenia. Dla czasowego przebiegu napięcia wyjściowego istotny będzie tylko czas włączenia tyrystora. Jeżeli natomiast zmiana napięcia wyjściowego zasilacza następuje z dużą prędkością, to obwód pomiaru i porównania napięcia wnosi dodatkowe opóźnienie, powiększając w rezultacie opóźnienie czasowe wyzwalania. W wyniku tego opóźnienia amplituda przepięcia rośnie i pojemności szkodliwe obwodu pomiaru i porównania napięcia ładują się szybciej i w konsekwencji opóźnienie nieco maleje.

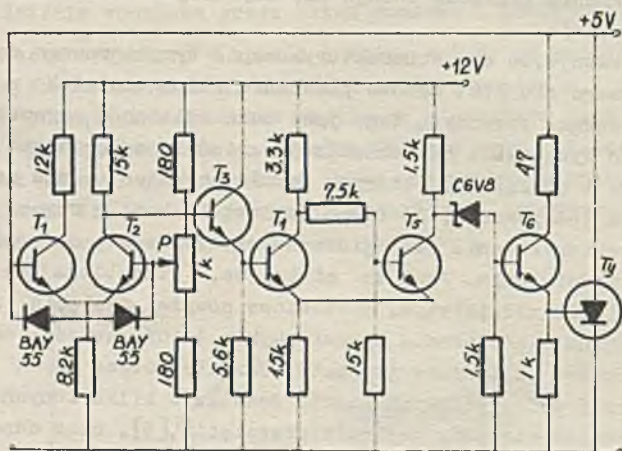
Praktyka wykazuje, że dla scharakteryzowania tyrystorowego zabezpieczenia przepięciowego nie jest celowe podawanie któregośkolwiek z parametrów przebiegu czasowego. Przyczyną tego jest duża zależność parametrów przebiegu czasowego wyłączenia od nominalnej wartości napięcia zasilacza, impedancji źródła i obciążenia, których ścisłe określenie nie zawsze jest możliwe. Z tych też powodów, np firma Hewlett-Packard w swych katalogach [4], przy charakteryzowaniu zabezpieczeń tyrystorowych, wprowadza jedynie tzw. margines zadziałania. Jest to minimalne, zapobiegające fałszywym włączeniom napięcia zadziałania, nastawione powyżej napięcia nominalnego zasilacza. Margines zadziałania wynosi zwykle $4 \pm 10\%$ wartości napięcia nominalnego. Niektóre wytwórnie jednak w charakterystyce swych tyrystorowych zabezpieczeń przepięciowych podają dodatkowo kilka innych parametrów jak np.: maksymalne względne napięcie przepięcia [5], czas odpowiedzi [6] i czas opadania napięcia [6]. W pewnych przypadkach, gdy zbyt szybkie zadziałanie zabezpieczenia nie jest korzystne, istnieje zwykle możliwość jego dość znacznego, sztucznego, opóźnienia (zwykle do 20 ms) [7].

4. Opis badanych układów

Rys. 2 przedstawia jedno z najprostszych tyrystorowych zabezpieczeń przepięciowych. Działanie układu przedstawia się następująco. Podczas normalnej pracy zasilacza, tranzystor T wprowadzany jest drogą doboru opornika R_2 w stan zatkania. Opornik R_2 służy jednocześnie do nastawiania marginesu zadziałania. Po pojawieniu się przepięcia tranzystor T zaczyna przewodzić, wyzwalając jednocześnie tyrystor Ty. Malejąca impedancja przewodzącego tyrystora zwiera zaciski wyjściowe zasilacza. Na tyrystorze ustala się napięcie wynikające z przepływu ograniczonego prądu zwarcia i



Rys. 2

 $T_1 + T_6 - BF 520$ $T_7 - T 25$ 

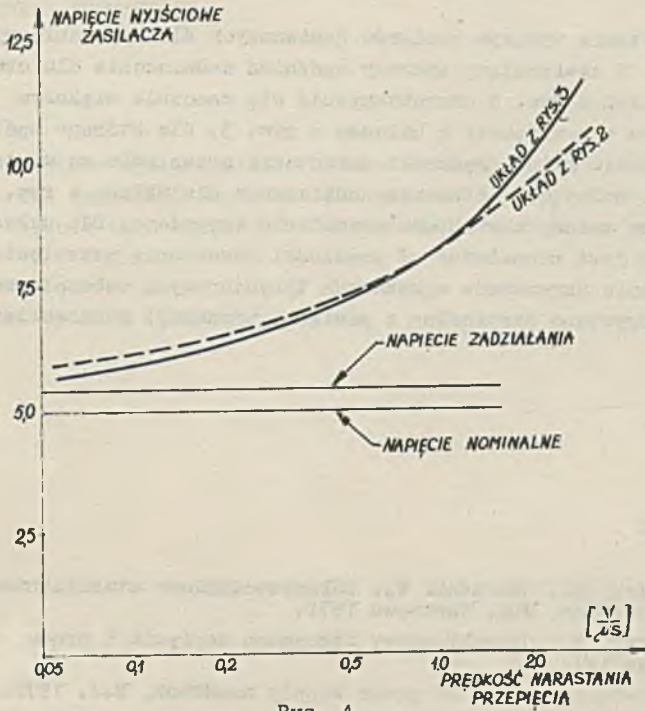
Rys. 3

następnie przepala się bezpiecznik topikowy zasilacza, odłączający stabilizator od źródła zasilania.

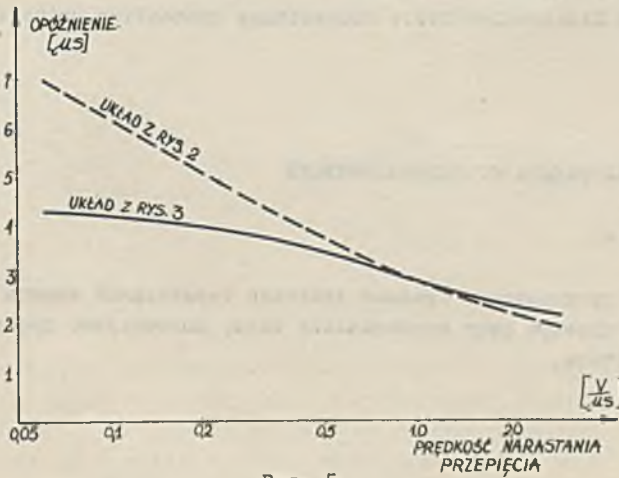
Inne rozwiązanie zabezpieczenia przepięciowego przedstawia rys. 3. Układ pomiaru i porównania napięcia zbudowany jest na bazie wzmacniacza różnicowego (tranzystory T_1 i T_2). Potencjometr P służy do nastawiania marginesu zadziałania. Tranzystory T_4 i T_5 tworzą przerzutnik Schmitta do wyzwalania tyrystora.

Obydwa układy zabezpieczeń poddano identycznym badaniom i wyniki eksperymentów przedstawia rys. 4.

Dla prędkości narastania przepięcia do około $1 \text{ V}/\mu\text{s}$ lepszy jest układ z wyzwalaniem przy pomocy przerzutnika Schmitta, natomiast dla większych prędkości narastania przewagę ma układ z rys. 2.



Rys. 4



Rys. 5

Na podstawie wyników pomiarów koniecznych dla wykonania rys. 4, sporządzono rys. 5 zawierający wykresy opóźnień zadziałania dla obu badanych rozwiązań. Układ z rys. 2 charakteryzuje się znacznie większym opóźnieniem zadziałania w porównaniu z układem z rys. 3, dla którego opóźnienie w szerokim zakresie zmian prędkości narastania napięcia ma wartość prawie stałą. Szybko malejące opóźnienie zadziałania dla układu z rys. 2 spowodowane jest faktem zmiany charakteru wyzwania tyrystora. Dla układu z rys. 3 wyzwalań jest niezależne od prędkości narastania napięcia.

Do badania parametrów wykonanych tyrystorowych zabezpieczeń napięciowych wykorzystano oscyloskop z pamięcią produkcji radzieckiej typu S1-37.

LITERATURA

1. Pałczyński B., Stefański W.: Półprzewodnikowe stabilizatory napięcia i prądu stałego, MON, Warszawa 1971.
2. Stabrowski M.: Stabilizatory sterowane napięcia i prądu stałego, WNT, Warszawa 1972.
3. Hewlett-Packard Co.: DC power supply handbook, N.J. 1972.
4. Hewlett-Packard Co.: DC power supply selection guide, N.J. 1971.
5. Abbott Transistor Laboratories, Inc.: Power supply catalog 1972.
6. Beckman Instruments Ltd.: Bulletin G-307.
7. Coutant Electronics Ltd.: Overvoltage protection units (informacja firmowa).

ТИРИСТОРНАЯ ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Резюме

Статья представляет принцип действия тиристорной защиты от перенапряжений. На примере двух практических схем, рассмотрено проблемы временной характеристики.

OVERVOLTAGE CROWBAR PROTECTION

Summary

This paper describes the principles of the electronic overvoltage crowbar protection. Two practical examples of the circuit are given and the problem of the circuit time response is discussed in details.