

KRZEMOWE
DIODY ENERGETYCZNE
I TYRYSTORY

 **UNITRA**

KZiofo

INFORMATOR TECHNICZNY 1975

KRZEMOWE
DIODY ENERGETYCZNE
I TYRYSTORY

 **UNITRA**

K. Ziolo

Opracowanie:

inż. Hanna Gawecka – Z.E. UNITRA-LAMINA
dr inż. Stefan Januszewski – INSTYTUT ELEKTROTECHNIKI

Wydawca:

Zakładowy Ośrodek Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej

Wydanie trzecie (szóste)

Producent

 UNITRA
LAMINA

ZAKŁADY ELEKTRONOWE
ul. Puławska 34, 05-500 Piaseczno
tel. 56-70-61 - 68, telex 81 33 83

Informacja techniczna

ZAKŁADOWY OSRÓDEK INFORMACJI NAUKOWEJ
TECHNICZNEJ I EKONOMICZNEJ

Dystrybutor

 UNITRA
UNIZET

BIURO ZBYTU SPRZĘTU TELERADIOTECHNICZNEGO
ul. Nowogrodzka 50, 00-695 Warszawa
tel. 29-04-10, telex 81 34 35

Exporter:

 UNITRA

PRZEDSIĘBIORSTWO HANDLU ZAGRANICZNEGO
Al. Jerozolimskie 44, 00-024 Warszawa

S P I S T R E Ś C I

	Str.		
1. Wstęp	5	Karty katalogowe	
2. Program produkcyjny	5	Diody D00-10, D00-10R, D01-10, D01-10R.....	33
3. Nazwy i symbole	9	Diody D10-100, D10-100R, D10-200, D10-200R...	37
4. Podstawowe parametry i charakterystyki	11	Diody D00-100, D00-100R, D00-150, D00-150R...	45
4.1. Charakterystyka napięciowo - prądowa diod	11	Diody D00-200, D00-200R, D00-250, D00-250R...	51
4.2. Procesy przejściowe zachodzące w diodach.....	12	Diody D00-300, D00-300R, D00-450, D00-450R...	61
4.3. Główna charakterystyka napięciowo-prądowa tyrystorów	12	Diody D20-500, D20-800	65
4.4. Bramkowa charakterystyka napięciowo-prądowa tyrystorów.....	13	Diody D20-1100, D20-1800	71
4.5. Procesy załączania i wyłączania tyrystorów.....	13	Tyrystory BTP 2, BTP 3 / TOP-2, TOP-3 /,	
4.6. Przeciążalność prądowa diody lub tyrystora	15	BTP 7, BTP 10 /TOP-7, TOP-10 /	77
5. Podstawowe układy pomiarowe	16	Tyrystory T00-40, T01-40, T00-80, T01-80	83
5.1. Napięcie blokowania i wsteczne	16	Tyrystory T20-125	89
5.2. Parametry przewodzenia	16	Tyrystory T00-125, T00-150, T00-175	93
5.3. Parametry bramkowe	17	Tyrystory T21-125, T20-200, T20-300	99
5.4. Parametry dynamiczne	17	Tyrystory T00-250, T00-300, T00-350	105
5.5. Temperatura struktury wielowarstwowej w krzemie	19	Tyrystory T20-350, T20-450, T20-550	111
5.6. Temperatura obudowy	20	Tyrystory T20-600, T20-800, T20-1000	117
6. Wyzwalanie bramkowe	20	Radiator RL	125
7. Połączenia równoległe	22	Radiator RM	127
8. Połączenia szeregowo	23	Radiator RN	129
9. Zabezpieczenia nadprądowe	25	Radiator RP	131
10. Ochrona przepięciowa	28	Radiator RS	133
11. Zabezpieczenia przeciwzakłóceńowe	28	Radiator RT	135
12. Dobór warunków chłodzenia	28	Radiator RU	137
13. Zasady prawidłowej eksploatacji	29	Radiator RY	139
13.1. Dobór elementu półprzewodnikowego	30	Radiator W 20	141
13.2. Normalne warunki pracy i przechowywania	30	Radiator W 45	143
13.3. Warunki montażu	30	Spis literatury	145
13.4. Wymiana diody lub tyrystora	31		

INFORMACJA UZUPELNIĄCA

do informatora technicznego 1975 "KROMLONE DIODY PREFERENCYJNE I TYRYSTORY"

Zakłady Elektronowe UNITRA-LAMINA oferują, począwszy od roku 1975, następujące usługi dodatkowej selekcji tyrystorów BTP 2, BTP 3, BTP 7 oraz BTP 10 na parametry sterowania oraz parametry dynamiczne.

1. Selekcja ze względu na przełączający prąd bramki I_{GT} / od I kwartału 1975 r./.

Warunki pomiaru: temperatura pokojowa $/15+30/^{\circ}\text{C}$
 obwód bramka-katoda z bocznikowany zewnętrzną rezystancją o wartości 51Ω .
 napięcie blokowania - 10 V

grupa K $I_{GT} = 10 + 20 \text{ mA}$

grupa L $I_{GT} = 20 + 40 \text{ mA}$

grupa M $I_{GT} > 40 \text{ mA}$

2. Selekcja ze względu na czas wyłączenia t_q / od III kwartału 1975 r./.

Warunki pomiaru: $U_D = U_{DIM}$
 $du_D/dt = 20 \text{ V}/\mu\text{s}$
 temperatura 100°C

grupa 6 $t_q \leq 30 \mu\text{s}$

grupa 5 $t_q \leq 50 \mu\text{s}$

grupa 4 $t_q \leq 70 \mu\text{s}$

3. Selekcja ze względu na krytyczną stromość narastania napięcia blokowania /od III kwartału 1975 r./

Warunki pomiaru: $U_D = 0,67 U_{DIM}$
 obwód bramka-katoda z bocznikowany zewnętrzną rezystancją o wartości 51Ω .
 temperatura 100°C

grupa 1 $du/dt \geq 20 \text{ V}/\mu\text{s}$

grupa 2 $du/dt \geq 40 \text{ V}/\mu\text{s}$

grupa 3 $du/dt \geq 70 \text{ V}/\mu\text{s}$

grupa 4 $du/dt \geq 100 \text{ V}/\mu\text{s}$

grupa 5 $du/dt \geq 200 \text{ V}/\mu\text{s}$

Ponadto istnieje możliwość selekcyjonowania diod na następujące parametry:

- diod D00-10 oraz D01-10 ze względu na napięcia przewodzenia celem przystosowania ich do pracy równoległej.

- diod D10-100 oraz D10-200 ze względu na wartość ładunku przejściowego Q_{TR} .

Warunki pomiaru: $I_{FM} = \pi I_F / \Delta V / M$

$U_{RM} = 200 \text{ V}$

- $di/dt = 8 + 9 \text{ A}/\mu\text{s}$

Rozrzut ładunku przejściowego dla wyselekcjonowanej partii $\Delta Q_{TR} \leq 50 \mu\text{As}$.

1. WSTĘP

Zakłady Elektronowe "UNITRA-LAMINA" produkują w szerokim asortymencie krzemowe diody energetyczne i tyrystory w oparciu o opracowania własne bądź o licencje zagraniczne.

Program produkcyjny roku 1975 obejmuje trzy typy diod o prądzie granicznym od 10 do 200 A i napięciu do 1800 V oraz cztery typy tyrystorów o prądzie granicznym od 2 do 10 A i napięciu do 800 V. Diody, dawnej serii BX, obecnie D00 i D10 opracowano w zakładowym biurze konstrukcyjnym. Tyrystory serii BTP produkowane są na podstawie licencji radzieckiej.

W drugiej połowie 1976 r. uruchomiona zostanie produkcja dalszych dwunastu typów diod o prądzie granicznym od 100 do 1800 A i napięciu do 3000 V oraz osiemnastu typów tyrystorów o prądzie granicznym od 40 do 1000 A i napięciu do 2200 V. Produkcja ta oparta będzie o licencję firmy Westinghouse Electric Corporation /USA/.

Niniejszy informator techniczny "Krzemowe Diody Energetyczne i Tyrystory" stanowi kontynuację wydawnictwa informacji technicznej Zakładów Elektronowych w zakresie produkcji elementów półprzewodnikowych. Zawiera on karty katalogowe produkowanych i przygotowywanych do produkcji elementów półprzewodnikowych oraz informacje dotyczące: podstawowych ich parametrów i charakterystyk, podstawowych układów pomiarowych, wyważania bramkowego tyrystorów, pracy równoległej i szeregowej, zabezpieczeń nadprądowych i przepięciowych, zasad doboru warunków chłodzenia i prawidłowej eksploatacji krzemowych diod energetycznych i tyrystorów.

W stosunku do poprzedniego wydania Informatora Technicznego 1973 "Półprzewodnikowe Diody Energetyczne i Tyrystory" niniejszy informator jest rozszerzony o dane dotyczące licencyjnej produkcji firmy WEC oraz zawiera informacje o zmianie oznaczeń diod zgodnie z PN-74/E-82050.

Zakłady Elektronowe "UNITRA-LAMINA" oraz Instytut Elektrotechniki prowadzą w szerokim zakresie prace badawcze, których celem jest rozszerzenie informacji o technicznych właściwościach wyrobów.

W miarę postępu prac następne wydania niniejszej publikacji będą uzupełniane bardziej kompletnymi danymi i przebiegami innych charakterystyk dotyczących zarówno krzemowych diod energetycznych jak tyrystorów i radiatorów.

Wiadomości podane w dalszych punktach opracowania mają przede wszystkim na celu zwrócenie uwagi wykorzystującemu diody energetyczne i tyrystory na

najważniejsze zagadnienia, które powinny być rozważone przed zainstalowaniem danego elementu półprzewodnikowego w układzie. Wiadomości te należy traktować jako zbiór pewnych ogólnych wytycznych, które muszą być każdorazowo dostosowywane do danego typu diody lub tyrystora oraz do specyficznych wymagań określonego układu przekształtnikowego. Nie istnieje bowiem możliwość zalecenia uniwersalnych szeregów metod doboru elementów półprzewodnikowych na prądy od 2 do ponad 1000 A do układów o tak wielorakich zastosowaniach, jakie daje technika przekształtnikowa.

Przy opracowywaniu niniejszego informatora wykorzystano niektóre dane zawarte w publikacji firmy WEO pt. Silicon Controlled Rectifier Designers Handbook - Second Edition, Sept. 1970.

2. PROGRAM PRODUKCYJNY

Program produkcyjny diod przedstawia tablica 1 program tyrystorów tablica 2.

Tyrystory typów T00-40 do T20-1000 są przeznaczane w zasadzie do zastosowań przemysłowych. Charakteryzują się typowymi czasami wyłączenia 100 i 150 μ s, krytyczną szybkością narastania napięcia blokowania 300 i 200 V/ μ s oraz krytyczną szybkością narastania prądu przewodzenia 50 i 100 A/ μ s. Istnieje jednakże możliwość uzyskania w drodze selekcji dla pewnej części produkowanych tyrystorów czasów wyłączenia mniejszych od 50 μ s.

Przyjęty kod oznaczeń diod i tyrystorów określa podstawowe cechy i parametry przyrządu. Składa się on z liter i cyfr połączonych w trzy grupy w przypadku diod oraz cztery grupy w przypadku tyrystorów. Grupa pierwsza składa się z litery D dla diod lub T - dla tyrystorów oraz następujących po niej dwóch znaków; pierwszy oznacza rodzaj konstrukcji /0 - podstawa śrubowa, 1 - podstawa płaska, 2 - obudowa pastylkowa/, drugi - wykonanie elementu.

Grupa druga składa się z liczby jedno, dwu, trzy lub czterocyfrowej i wyraża graniczny prąd diody lub tyrystora w amperach. Po tej liczbie w oznaczeniu diody może występować litera R, oznaczająca polaryzację odwrotną przy konstrukcji niesymetrycznej, tzn. połączenie anody z podstawą.

Grupa trzecia składa się z dwóch cyfr i oznacza klasę napięciową wyrażoną w setkach woltów powtarzalnego napięcia wstecznego w diodzie lub blokowania i wstecznego - w tyrystorze. W przypadku klasy napięciowej niższej od 10 cyfra oznaczająca klasę poprzedzona jest zerem.

W przypadku diody lub tyrystora o napięciu U_{NRM} niższym od 100 V w oznaczeniu klasy pojawia się

Zestawienie produkowanych typów diod w roku 1975 i przygotowywanych do produkcji w roku 1976

Typ diody	$I_F/AV/M$	$U_{RRM} /V/$														
		A	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800
D00 - 10	10	—————														
D01 - 10	10	—————														
D10 - 100	100	—————														
D00 - 100	100	—————														
D00 - 150	150	—————														
D10 - 200	200	—————														
D00 - 200	200	—————														
D00 - 250	250	—————														
D20 - 300	300	—————														
D00 - 300	300	—————														
D20 - 400	400	—————														
D00 - 450	450	—————														
D20 - 500	500	—————														
D20 - 800	800	—————														
D20 - 1100	1100	—————														
D20 - 1600	1600	—————														

TABLICA 2

Zestawienie produkowanych typów tyrystarów w roku 1975 i przygotowywanych do produkcji w roku 1976

Typ tyrystora	$I_T/AV/M$	$U_{RRM} = U_{DRM} /V/$										
		A	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
BTP 2	2	—————										
BTP 3	3	—————										
BTP J	7	—————										
BTP 10	10	—————										
T00 - 40	40	—————										
T00 - 80	80	—————										
T20 - 125	125	—————										
T00 - 125	125	—————										
T21 - 125	125	—————										
T00 - 150	150	—————										
T00 - 175	175	—————										
T20 - 200	200	—————										
T00 - 250	250	—————										
T20 - 300	300	—————										
T00 - 300	300	—————										
T00 - 350	350	—————										
T20 - 350	350	—————										
T20 - 450	450	—————										
T20 - 550	550	—————										
T20 - 800	300	—————										
T20 - 800	800	—————										
T20 - 1000	1000	—————										

litera A wskazująca na konieczność zastosowania dzielnika 10 przy określaniu napięcia powtarzalnego,

np. grupa A5 $U_{RRM} = 500 \text{ V} ; 10 = 50 \text{ V}$

Grupa czwarta występuje w oznaczeniu tyrystorów i składa się z trzech cyfr: pierwsza określa krytyczną stromość narastania napięcia blokowania du_D/dt , druga - czas wyłączenia t_q , trzecia - krytyczną stromość narastania prądu przewodzenia di_T/dt zgodnie z tabelicą 3.

TABLICA 3

Oznaczenia grup parametrów dynamicznych

Cyfra-kod parametru	du_D/dt	t_q	di_T/dt
	V/ μ s	μ s	A/ μ s
0	nie określa się	nie określa się	nie określa się
1	min 20	max 250	min 20
2	min 50	max 150	min 40
3	min 100	max 100	min 70
4	min 200	max 70	min 100
5	min 300	max 50	min 200
6	min 500	max 30	min 400
7	min 1000	max 20	min 600
8		max 15	min 800
9		max 12	min 1000

Obecnie oznaczenie tyrystorów BTP nie jest zgodne z powyższym kodem. Oznaczenie to określa również podstawowe cechy tyrystora i składa się z trzech grup liter i cyfr:

Pierwsza grupa składa się z liter: B - określających materiał przyrządu półprzewodnikowego /krzem/ T - tyrystor oraz P - producenta polskiego.

Grupa druga składa się z jednej lub dwóch cyfr określających graniczny prąd tyrystora w amperach. Grupa trzecia składa się z dwu lub trzech cyfr wyrażających powtarzalne napięcie wsteczne i blokowania w woltach.

Ze względu na małe wymiary tyrystorów BTP, w przy-

padku nie określania parametrów dynamicznych, w oznaczeniu opuszcza się grupę czwartą. Przykłady oznaczeń:

1. Dioda o prądzie granicznym $I_{F/AV/M} = 250 \text{ A}$ z podstawą śrubową, anoda połączona z podstawą, powtarzalne napięcie wsteczne 300 V

D00-250R-03

2. Tyrystor o prądzie granicznym 3 A, podstawie śrubowej i powtarzalnym napięciu wstecznym i blokowania 50 V

BTP 3/50 - oznaczenie dotychczasowe

TOP-3-A5 - przyszłe oznaczenie ujednolicone

3. Tyrystor o prądzie granicznym 1000 A, obudowie pastylkowej, powtarzalnym napięciu wstecznym i blokowania 1200 V, stromości napięciowej 200 V/ μ s, czasie wyłączenia 150 μ s i stromości prądowej 100 A/ μ s.

T20-1000-12-424

Tabela 4 zawiera porównanie nowych i dotychczasowych oznaczeń diod serii BY.

Tabela 5 zawiera porównanie obecnych oznaczeń tyrystorów BTP z oznaczeniami, które będą obowiązywały w przyszłości.

Porównanie dotychczasowych i nowych oznaczeń diod produkcji ZE UNITRA-LAMINA.

Oznaczenie 1974 r.	Oznaczenia 1975 r.	Oznaczenie 1974 r.	Oznaczenie 1975 r.	Oznaczenie 1974 r.	Oznaczenie 1975 r.
BY 10/1	D00-10-01	BY 100/1	D10-100-01	BY 200/1	D10-200-01
BY 10/2	D00-10-02	BY 100/2	D10-100-02	BY 200/2	D10-200-02
BY 10/3	D00-10-03	BY 100/3	D10-100-03	BY 200/3	D10-200-03
BY 10/4	D00-10-04	BY 100/4	D10-100-04	BY 200/4	D10-200-04
BY 10/5	D00-10-05	BY 100/5	D10-100-05	BY 200/5	D10-200-05
BY 10/6	D00-10-06	BY 100/6	D10-100-06	BY 200/6	D10-200-06
BY 10/7	D00-10-07	BY 100/7	D10-100-07	BY 200/7	D10-200-07
BY 10/8	D00-10-08	BY 100/8	D10-100-08	BY 200/8	D10-200-08
BY 10/9	D00-10-09	BY 100/9	D10-100-09	BY 200/9	D10-200-09
BY 10/10	D00-10-10	BY 100/10	D10-100-10	BY 200/10	D10-200-10
BY 10/12	D00-10-12	BY 100/12	D10-100-12	BY 200/12	D10-200-12
BY 10/14	D00-10-14	BY 100/14	D10-100-14	BY 200/14	D10-200-14
BY 10/16	D00-10-16	BY 100/16	D10-100-16	BY 200/16	D10-200-16
BY 10/1R	D00-10R-01	BY 100/1R	D10-100R-01	BY 200/1R	D10-200R-01
BY 10/2R	D00-10R-02	BY 100/2R	D10-100R-02	BY 200/2R	D10-200R-02
BY 10/3R	D00-10R-03	BY 100/3R	D10-100R-03	BY 200/3R	D10-200R-03
BY 10/4R	D00-10R-04	BY 100/4R	D10-100R-04	BY 200/4R	D10-200R-04
BY 10/5R	D00-10R-05	BY 100/5R	D10-100R-05	BY 200/5R	D10-200R-05
BY 10/6R	D00-10R-06	BY 100/6R	D10-100R-06	BY 200/6R	D10-200R-06
BY 10/7R	D00-10R-07	BY 100/7R	D10-100R-07	BY 200/7R	D10-200R-07
BY 10/8R	D00-10R-08	BY 100/8R	D10-100R-08	BY 200/8R	D10-200R-08
BY 10/9R	D00-10R-09	BY 100/9R	D10-100R-09	BY 200/9R	D10-200R-09
BY 10/10R	D00-10R-10	BY 100/10R	D10-100R-10	BY 200/10R	D10-200R-10
BY 10/12R	D00-10R-12	BY 100/12R	D10-100R-12	BY 200/12R	D10-200R-12
BY 10/14R	D00-10R-14	BY 100/14R	D10-100R-14	BY 200/14R	D10-200R-14
BY 10/16R	D00-10R-16	BY 100/16R	D10-100R-16	BY 200/16R	D10-200R-16

TABLICA 5

Porównanie dotychczasowych i nowych oznaczeń tyrystorów produkcji ZE UNITRA-LAMINA.

Oznaczenie dotychoza- sowe	Oznaczenie nowe	Oznaczenie dotychoza- sowe	Oznaczenie nowe	Oznaczenie dotychoza- sowe	Oznaczenie nowe	Oznaczenie dotychoza- sowe	Oznaczenie nowe
BTP 2/25	TOP-2-A2	BTP 3/25	TOP-3-A2	BTP 7/25	TOP-7-A2	BTP 10/25	TOP-10-A2
BTP 2/50	TOP-2-A5	BTP 3/50	TOP-3-A5	BTP 7/50	TOP-7-A5	BTP 10/50	TOP-10-A5
BTP 2/100	TOP-2-01	BTP 3/100	TOP-3-01	BTP 7/100	TOP-7-01	BTP 10/100	TOP-10-01
BTP 2/200	TOP-2-02	BTP 3/200	TOP-3-02	BTP 7/200	TOP-7-02	BTP 10/200	TOP-10-02
BTP 2/300	TOP-2-03	BTP 3/300	TOP-3-03	BTP 7/300	TOP-7-03	BTP 10/300	TOP-10-03
BTP 2/400	TOP-2-04	BTP 3/400	TOP-3-04	BTP 7/400	TOP-7-04	BTP 10/400	TOP-10-04
BTP 2/500	TOP-2-05	BTP 3/500	TOP-3-05	BTP 7/500	TOP-7-05	BTP 10/500	TOP-10-05
BTP 2/600	TOP-2-06	BTP 3/600	TOP-3-06	BTP 7/600	TOP-7-06	BTP 10/600	TOP-10-06
BTP 2/700	TOP-2-07	BTP 3/700	TOP-3-07	BTP 7/700	TOP-7-07	BTP 10/700	TOP-10-07
				BTP 7/800	TOP-7-08	BTP 10/800	TOP-10-08

Zestawienie polskich norm /PN/ oraz zaleceń międzynarodowych związanych z diodami prostowniczymi i tyrystorami.

Lp.	Numer normy lub zalecenia	T y t u ł
1.	PN-72 T-01500	Elementy półprzewodnikowe. Nazwy i określenia. Arkusz 01 - Diody. Arkusz 03 - Tyrystory.
2.	PN-70 T-01501	Elementy półprzewodnikowe. Oznaczenia literowe podstawowych wielkości elektrycznych i parametrów. Ark. 01 - Oznaczenia literowe parametrów diod. Ark. 03 - Oznaczenia literowe parametrów tyrystorów.
3.	PN-74 E-01206	Elementy półprzewodnikowe. Symbole graficzne.
4.	PN-74 E-82050	Elementy półprzewodnikowe. Krzemowe diody prostownicze na prąd nie mniejszy niż 10 A. Ogólne wymagania i badania.
5.	PN-75 E-Projekt x/	Elementy półprzewodnikowe. Tyrystory. Ogólne wymagania i badania.
6.	PN-73 E-04550	Wyroby elektrotechniczne. Próby środowiskowe.
7.	IEC Publication 146 II ed. 1973	Semiconductor converters. Appendix A: Diodes and diode stacks. Appendix B: Thyristors and thyristor stacks.
8.	IEC Publication 147-0A I ed. 1969	General and terminology of semiconductor devices.
9.	IEC Publication 147-1B II ed. 1973	Essential ratings and characteristics of semiconductor devices.
10.	IEC Publication 147-2E I ed. 1973	General principles of measuring methods of semiconductor devices.
11.	RWPG RS 3032-71	Wielkości siłowe poluprzewodnikowe i krzemowe diody nieuprawiające - diody.
12.	RWPG RS 3033-71	Wielkości siłowe poluprzewodnikowe i krzemowe diody nieuprawiające - tyrystory.

x/ Projekt można zamówić w Instytucie Elektrotechniki.

3. NAZWY I SYMBOLE

Nazwy, określenia, oznaczenia literowe, symbole graficzne, wymagania i badania w zakresie krzemowych diod i tyrystorów zostały objęte kompletem polskich norm, których zestawienie zawiera tablica 6. Postanowienia tych norm są zgodne z międzynarodowymi zaleceniami IEC jak i RWPG.

Poniżej podane oznaczenia literowe i nazwy wszystkich podstawowych parametrów i wielkości dotyczących diod i tyrystorów, które zostały umieszczone w niniejszym informatorze.

Diody prostownicze

- U_P - napięcie przewodzenia,
- $U_{F/AV/}$ - średnie napięcie przewodzenia,
- U_{FM} - szczytowe napięcie przewodzenia,
- $U_{/TO/}$ - napięcie progowe,
- U_R - napięcie wsteczne,
- U_{RWM} - szczytowe wsteczne napięcie pracy,
- U_{RRM} - powtarzalne szczytowe napięcie wsteczne
- U_{RSM} - niepowtarzalne szczytowe napięcie wsteczne,
- $U_{/BR/}$ - napięcie przebicia,
- I_P - prąd przewodzenia,
- $I_{F/AV/}$ - średni prąd przewodzenia,
- $I_{F/AV/M}$ - prąd graniczny, maksymalny średni prąd przewodzenia,
- $I_{F/RMS/}$ - skuteczny prąd przewodzenia,
- $I_{F/OV/}$ - przeciążeniowy prąd przewodzenia,
- I_{FRM} - powtarzalny szczytowy prąd przewodzenia,
- I_{FSM} - niepowtarzalny szczytowy prąd przewodzenia /prąd udarowy/,
- I_R - prąd wsteczny,
- I_{RM} - szczytowy prąd wsteczny,
- I_{RRM} - powtarzalny szczytowy prąd wsteczny,
- P_P - straty mocy w stanie przewodzenia,
- t_{fr} - czas ustalania charakterystyki w kierunku przewodzenia,
- r_P - rezystancja dynamiczna w kierunku przewodzenia,
- t_{rr} - czas ustalania charakterystyki w kierunku wstecznym,
- Q_{rr} - ładunek przejściowy /przy wyłączaniu/,
- ψ_J - temperatura złącza p-n,
- ψ_o - temperatura obudowy,
- ψ_r - temperatura radiatora,

θ_a - temperatura otoczenia,
 R_{th} - rezystancja termiczna,
 Z_{th}/t - przejściowa impedancja termiczna w chwili t ,
 R_{thjo} - rezystancja termiczna złącze-obudowa,
 R_{thcr} - rezystancja termiczna przejścia obudowa-radiator,
 R_{thra} - rezystancja termiczna radiator-otoczenie,
 R_{thja} - rezystancja termiczna złącze-otoczenie.

Tyrystory

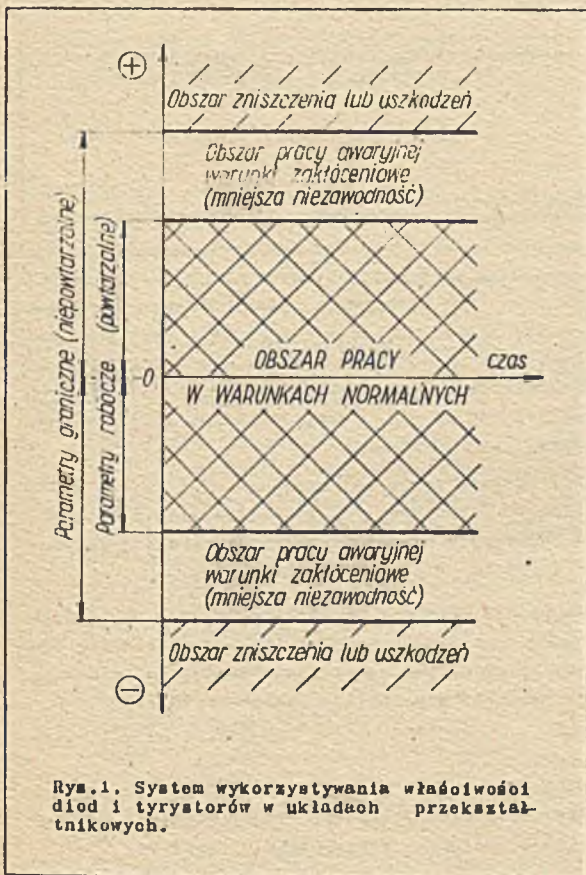
U_T - napięcie przewodzenia,
 $U_{T/DC}$ - stałe napięcie przewodzenia,
 U_{TM} - szczytowe napięcie przewodzenia,
 U_{T0} - napięcie progowe,
 U_D - napięcie blokowania,
 U_{DWM} - szczytowe napięcie pracy w stanie blokowania,
 U_{DRM} - powtarzalne szczytowe napięcie blokowania,
 U_{DSM} - niepowtarzalne szczytowe napięcie blokowania,
 U_{BO} - napięcie przełączania,
 U_R - napięcie wsteczne,
 U_{RWM} - szczytowe wsteczne napięcie pracy,
 U_{RRM} - powtarzalne szczytowe napięcie wsteczne,
 U_{RSM} - niepowtarzalne szczytowe napięcie wsteczne,
 U_{BR} - napięcie przebicia,
 U_G - napięcie bramki,
 U_{FG} - napięcie przewodzenia bramki,
 U_{FGM} - szczytowe napięcie przewodzenia bramki,
 U_{RG} - napięcie wsteczne bramki,
 U_{RGM} - szczytowe napięcie wsteczne bramki,
 U_{GT} - napięcie bramki przełączające,
 U_{GD} - napięcie bramki nie przełączające,
 I_T - prąd przewodzenia,
 $I_{T/DC}$ - stały prąd przewodzenia,
 $I_{T/AV}$ - średni prąd przewodzenia,
 $I_{T/AV/M}$ - prąd graniczny, maksymalny średni prąd przewodzenia,

$I_{T/RMS}$ - skuteczny prąd przewodzenia,
 $I_{T/OV}$ - przeciążeniowy prąd przewodzenia,
 I_{THM} - powtarzalny szczytowy prąd przewodzenia,
 I_{TSM} - niepowtarzalny szczytowy prąd przewodzenia /prąd udarowy/,
 I_D - prąd blokowania,
 I_{DM} - szczytowy prąd blokowania,
 I_{DRM} - powtarzalny szczytowy prąd blokowania,
 I_R - prąd wsteczny,
 I_{RM} - szczytowy prąd wsteczny,
 I_{RRM} - powtarzalny szczytowy prąd wsteczny,
 I_{BO} - prąd przełączania,
 I_L - prąd załączania,
 I_H - prąd wyłączania,
 I_G - prąd bramki,
 I_{FG} - prąd przewodzenia bramki,
 I_{FGM} - szczytowy prąd przewodzenia bramki,
 I_{RG} - prąd wsteczny bramki,
 I_{RGM} - szczytowy prąd wsteczny bramki,
 I_{GT} - prąd bramki przełączający,
 I_{GD} - prąd bramki nie przełączający,
 P_{tot} - straty mocy całkowite,
 P_T - straty mocy w stanie przewodzenia,
 P_D - straty mocy w stanie blokowania,
 P_R - straty mocy w stanie zaworowym,
 P_G - straty mocy w bramce,
 du_D/dt - krytyczna stromość narastania napięcia blokowania,
 di_T/dt - krytyczna stromość narastania prądu przewodzenia,
 di_R/dt - stromość narastania prądu wstecznego,
 di_G/dt - stromość narastania prądu bramkowego,
 t_{IG} - czas trwania impulsu bramkowego,
 t_{gt} - czas załączania,
 t_q - czas wyłączania,
 t_{rr} - czas odzyskiwania zdolności zaworowej,
 Q_{rr} - ładunek przejściowy /przy wyłączaniu/,
 ψ_j - temperatura struktury p-n-p-n,
 ψ_o - temperatura obudowy tyrystora,
 ψ_r - temperatura radiatora,
 ψ_a - temperatura otoczenia,

- R_{th} - rezystancja termiczna,
- Z_{th}/t - przejściowa impedancja termiczna w chwili t ,
- R_{thjo} - rezystancja termiczna struktura-obudowa,
- R_{thor} - rezystancja termiczna przejścia obudowa-radiator,
- R_{thra} - rezystancja termiczna radiator - otoczenie,
- R_{thja} - rezystancja termiczna struktura- otoczenie,
- R_{KG} - rezystancja zewnętrzna katoda-bramka,

1. PODSTAWOWE PARAMETRY I CHARAKTERYSTYKI

Wykorzystywanie właściwości diod energetycznych i tyrystorów w układach przekształtnikowych przedstawia schematycznie rys. 1. Podane zasady dotyczą większości danych. Mamy zatem obszar pracy elementów półprzewodnikowych w warunkach normalnych, który jest ograniczony parametrami powtarzalnymi. Poza nim rozciąga się strefa stanów awaryjnych.



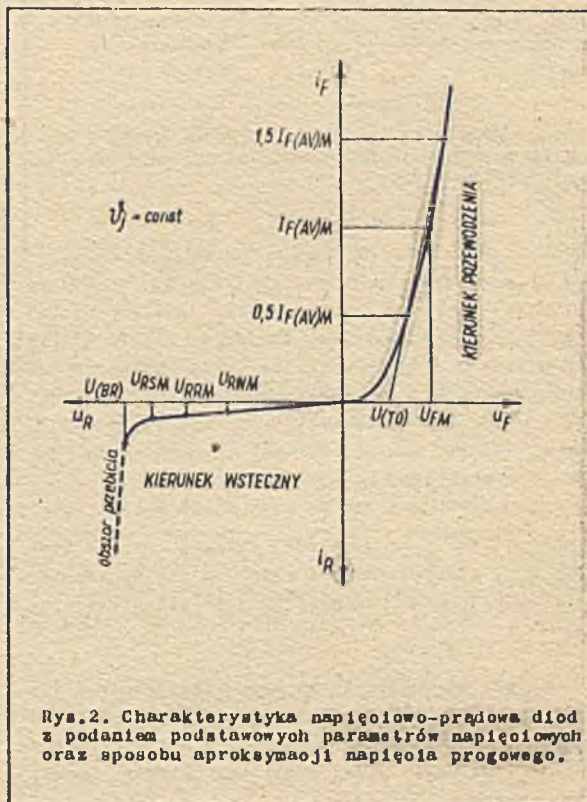
Rys.1. System wykorzystywania właściwości diod i tyrystorów w układach przekształtnikowych.

nej, kiedy to sporadycznie może następować zwiększenie poziomu narażeń, aż do wartości parametrów niepowtarzalnych. Wreszcie występuje obszar potencjalnych uszkodzeń, w którym nadmierne wartości parametrów powodują zniszczenie wielowarstwowych struktur w krzemie lub nieodwracalną zmianę pierwotnie deklarowanych charakterystyk diod względnie tyrystorów.

Poniżej zostaną omówione podstawowe właściwości diod i tyrystorów w oparciu o poglądowe przebiegi odpowiednich charakterystyk przedstawionych dla określonych temperatur. Należy bowiem pamiętać o intensywnym wpływie temperatury na niemal wszystkie zjawiska zachodzące w półprzewodnikach oraz o wzajemnej współzależności większości parametrów rozpatrywanych elementów półprzewodnikowych, co powinno być brane pod uwagę podczas ich wykorzystywania w układach przekształtnikowych.

Część charakterystyk wykazuje identyczny przebieg zarówno dla diod jak i tyrystorów - niektóre z nich mają jednak kształt odmienny i zostaną omówione oddzielnie dla obu typów elementów półprzewodnikowych.

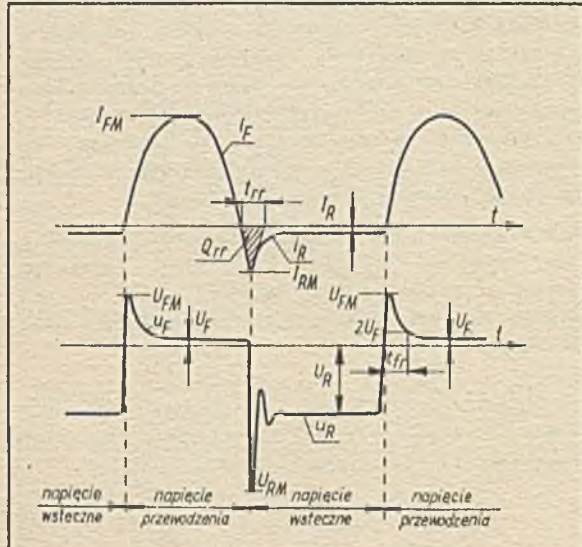
1.1. Charakterystyka napięciowo-prądowa diod stanowiła podstawę określania granicznych wartości parametrów, została przedstawiona na rys. 2.



Rys.2. Charakterystyka napięciowo-prądowa diod z podaniem podstawowych parametrów napięciowych oraz sposobu aproksymacji napięcia progowego.

Na wykresie zaznaczono charakterystyczne wielkości napięć wstecznych diody oraz podano sposób aproksymacji jej napięcia progowego U_{TO} . Zasady klasyfikacji prądowej i napięciowej diod są podobne do zasad stosowanych w tyrystorach, przedstawionych na rys. 5.

1.2. Procesy przejściowe zachodzące w diodach podczas zmiany warunków pracy z kierunku przewodzenia na kierunek wsteczny i odwrotnie zostały przedstawione na rys. 3. Z podanych przebiegów widać, iż

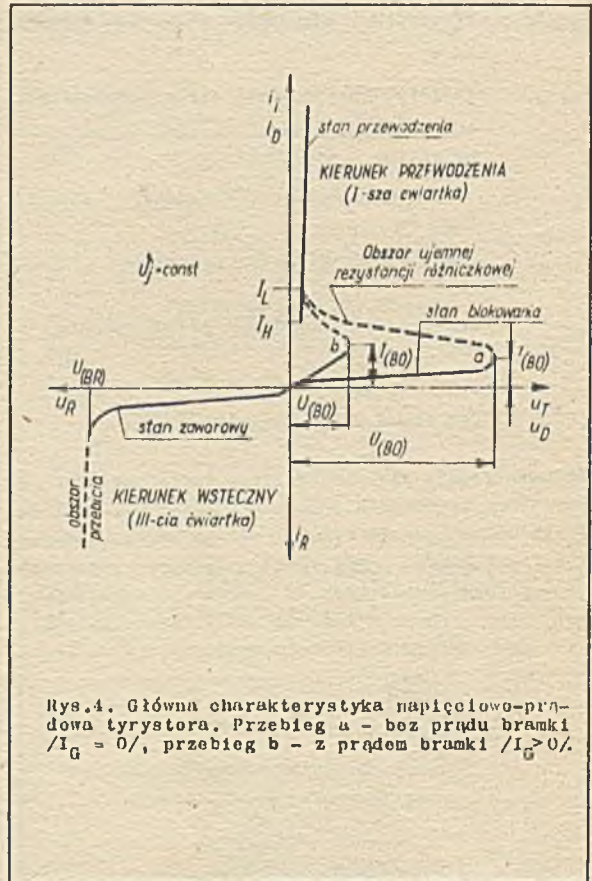


Rys.3. Poglądowe przebiegi czasowe prądu i napięcia w diodzie prostowniczej ilustrujące procesy przejściowe.

musi upłynąć określony przedział czasu, w którym następuje ustalenie się parametrów diody prostowniczej. Omawiane zjawiska odgrywają istotną rolę szczególnie w diodach szybkich przewidzianych do pracy w warunkach podwyższonej częstotliwości. Czas ustalenia charakterystyki wstecznej t_{rr} i czas ustalenia charakterystyki przewodzenia t_{fr} dla krzemowych diod prostowniczych zwykłych wynoszą zazwyczaj od kilku do kilkunastu mikrosekund. Z parametrem t_{rr} wiąże się ładunek przejściowy diody Q_{rr} , którego wartość wyznacza się na podstawie przebiegu prądu wstecznego w stanie nieustalonym.

1.3. Główna charakterystyka napięciowo-prądowa tyrystorów przedstawiona z reguły graficznie w prostokątnym układzie współrzędnych napięcie - prąd ilustruje pięć możliwych stanów pracy

omawianych elementów /rys. 4/.



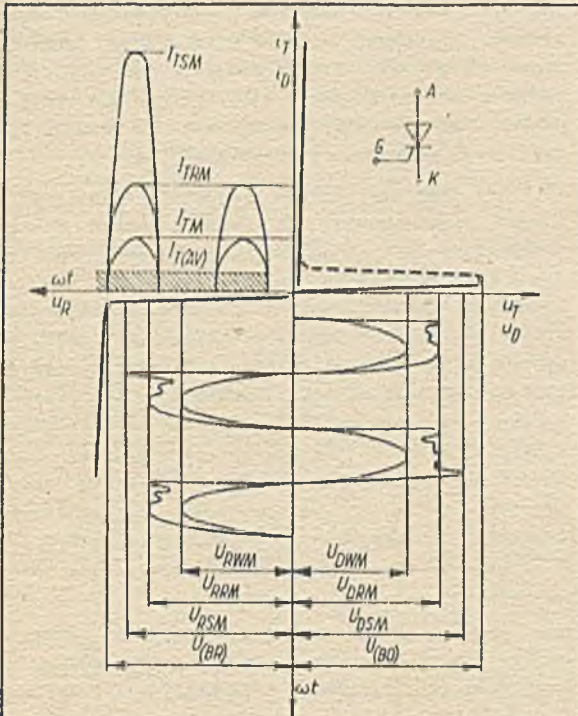
Rys.4. Główna charakterystyka napięciowo-prądowa tyrystora. Przebieg a - bez prądu bramki $I_G = 0$, przebieg b - z prądem bramki $I_G > 0$.

Przy polaryzacji przepustowej /dodatniej/ umiejscowionej w pierwszej ćwiartce układu rozróżniamy stabilny stan blokowania, niestabilny stan przełączania /obszar ujemnej rezystancji różniczkowej leżący między punktem przełączania i punktem odpowiadającym prądowi załączania I_L - w obu tych punktach $du/di = 0$ oraz stabilny stan przewodzenia.

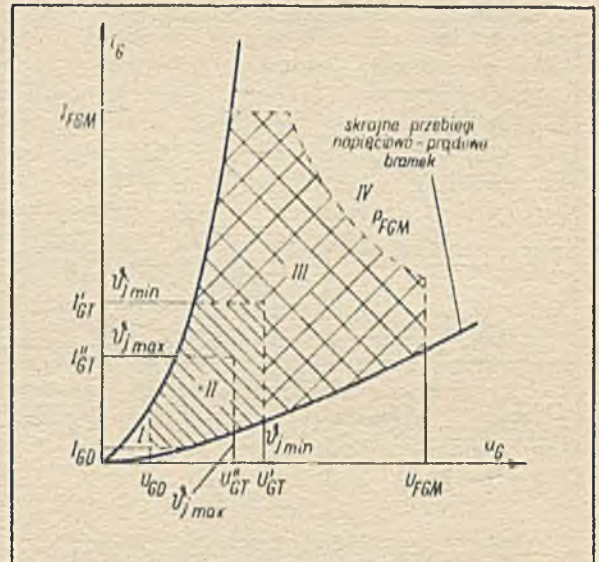
Tyrystor jest zatem elementem nieliniowym o dużej /kiloomy/ dodatniej rezystancji w stanie blokowania, ujemnej w stanie przełączania i małej /miliohy/ dodatniej w stanie przewodzenia.

Polaryzacja wsteczna /ujemna/ tyrystora przedstawiona w trzeciej ćwiartce układu współrzędnych napięcie-prąd nazywa się stanem zaworowym elementu oraz wykazuje niestabilny obszar przebiecia.

Na rys. 5. podano sposób klasyfikacji napięć i prądów stosowany w przypadku tyrystorów.



Hys.5. Poglądowe przebiegi czasowe napięć i prądów występujące w obwodach z tyrystorami w celu zilustrowania sposobu ich klasyfikacji w zakresie wymienionych parametrów.



Hys.6. Pole brankowych charakterystyk napięciowo-prądowych w kierunku przewodzenia obejmujące wszystkie egzemplarze określonego typu tyrystorów /rysunek poglądowy/. I - obszar nie możliwych przełączeń tyrystorów, II - obszar możliwych przełączeń, III - obszar pewnych przełączeń, IV - obszar możliwych uszkodzeń obwodu brankowego.

4.4. Brankowa charakterystyka napięciowo-prądowa tyrystora jest przedstawiona w prostokątnym układzie współrzędnych w postaci pola ograniczonego skrajnymi przebiegami brankowych zależności napięciowo-prądowych w kierunku przewodzenia /rys. 6/.

Pole takie obejmuje wszystkie egzemplarze danego typu tyrystorów i można w nim wyróżnić następujące obszary:

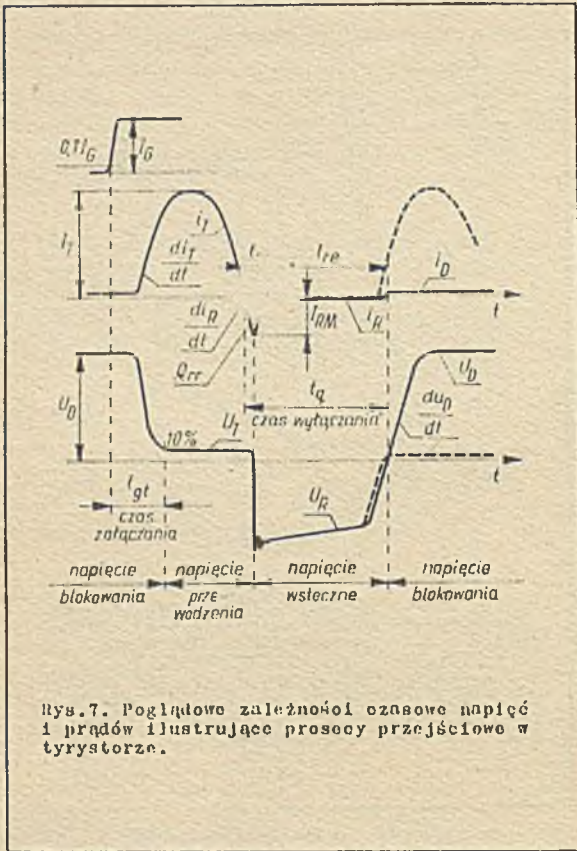
- I. Obszar nie możliwych przełączeń tyrystorów, czyli obszar obejmujący swym zakresem takie wartości napięć i prądów brankowych, które nie spowodują przełączenia żadnego egzemplarza danego typu tyrystorów.
- II. Obszar możliwych przełączeń tyrystorów, który na ogół zmniejsza się w miarę wzrostu temperatury skruktury p-n-p-n. W tym obszarze można uzyskać przełączenie wybranych egzemplarzy tyrystorów określonego typu.
- III. Obszar pewnych przełączeń tyrystorów, który wyznacza wartości napięć oraz prądów brankowych gwarantujących przełączenie ze stanu blokowania do stanu przewodzenia wszystkich

egzemplarzy danego typu tyrystorów. Obszar ten ograniczają dopuszczalne maksymalne wartości napięcia i prądu brankowego względnie krzywa strat mocy dopuszczalnych w określonych warunkach w obwodzie brankowym.

- IV. Obszar możliwych uszkodzeń obwodu brankowego, który znajdują się poza krzywą dopuszczalnych strat mocy w bramce. Układ sterowania tyrystora powinien w zasadzie wykluczać takie warunki pracy branki.

4.5. Procesy załączania i wyłączania tyrystora w funkcji czasu zostały przedstawione na rys. 7. Przy istnieniu dodatniego napięcia między anodą i katodą tyrystora i po podaniu na bramkę impulsu prądowego o określonej amplitudzie oraz stromości narastania jego czoła - rozpoczyna się proces załączania tyrystora, czyli jego przejście ze stanu blokowania /duża rezystancja/ do stanu przewodzenia /mała rezystancja/. W określonym przedziale czasowym następuje obniżenie się napięcia głównego na tyrystorze od wartości U_D do U_T oraz wzrost prądu odpowiednio od wartości I_D do I_T . W procesie załączania tyrystora można wyróżnić:

Czas opóźnienia t_d określany jako przedział czasu między momentem, w którym prąd bramki osiąga



0,1 wartości szczytowej, a momentem, w którym napięcie główne osiąga 0,9 wartości szczytowej.

Czas narastania t_r określony jako przedział czasu między momentami, w których napięcie główne zmienia się w zakresie od 0,9 do 0,1 wartości szczytowej. Suma $t_d + t_r = t_{gt}$ stanowi czas załączania tyrystora pod wpływem impulsu bramkowego.

Rozprzestrzenianie się obszaru przewodzenia następuje w tyrystorze dalej po upływie czasu załączania aż obejmie całą powierzchnię czynną struktury p-n-p-n. Prędkość rozprzestrzeniania się obszaru przewodzenia jest stała dla danego typu tyrystora i wynosi 0,05...0,1 mm/ μ s. Dla dużej powierzchni płytki krzemowej z bramką umieszczoną centralnie czas rozprzestrzeniania się przewodzenia może nawet przekraczać 100 μ s.

Okres pełnego przewodzenia całej powierzchni płytki krzemowej ze strukturą p-n-p-n rozpoczyna się dopiero po ustaleniu się wartości prądu przewodzenia I_T oraz napięcia przewodzenia U_T .

Zatem z początkiem procesu załączania tyrystora wiąże się zjawisko nierównomiernego rozkładu gęstości prądu w przekroju struktury tyrystora. Następuje kumulacja prądu głównego w sąsiedztwie

bramki i po przekroczeniu krytycznej wartości narastania prądu przewodzenia może nastąpić uszkodzenie tyrystora, wskutek nadmiernego lokalnego nagrzewania się płytki krzemowej. Stromość narastania prądu w obwodzie elektrycznym nie powinna przekraczać wartości krytycznej dla danego typu tyrystora, który ma być wykorzystywany.

Tyrystor może zostać wyłączony nawet wskutek chwilowego zmniejszenia się prądu głównego poniżej wartości prądu wyłączania I_{II} . Jednakże w tym przypadku czas wyłączania będzie większy od 100 μ s. Natomiast gdy do tyrystora zostanie przyłożone napięcie wsteczne ze źródła zewnętrznego o małej rezystancji, wówczas następuje znacznie szybsze odzyskanie jego zdolności blokowania. W tym przypadku przez tyrystor będzie przepływał określony prąd wsteczny, który ułatwi odzyskanie zdolności zaworowych dwóch skrajnych złączy. W środkowym złączy zachodzi naturalna rekombinacja nagromadzonych ładunków. W procesie wyłączenia tyrystora można zatem wyróżnić dwie podstawowe fazy podane na rys. 7.

Czas odzyskiwania zdolności zaworowej t_{rr} /zawarty między momentem osiągnięcia przez prąd główny tyrystora wartości zerowej a ustaleniem się wartości prądu wstecznego. Po czasie t_{rr} tyrystor wytrzyma przykładane napięcie wsteczne.

Czas rekombinacji t_{re} /nośników ładunków w obszarze środkowego złącza. Po upływie omawianego czasu można do tyrystora przyłożyć powtórnie napięcie blokowania. Wcześniejse pojawienie się napięcia blokowania U_D spowoduje powrót tyrystora do stanu przewodzenia, co zostało na rys. 7 zaznaczone liniami przerywanymi.

W trakcie projektowania układów przekształtnikowych należy przewidywać zależnie od parametrów obwodu zewnętrznego dłuższy przedział czasu, w którym będzie przebiegał pełny proces wyłączenia tyrystorów w stosunku do ich czasów wyłączenia określonych dla najniekorzystniejszych warunków pracy /akumulowanie się najwyższej temperatury struktury p-n-p-n, największego dopuszczalnego prądu przewodzenia oraz najwyższej wartości napięcia głównego/. Przy wymuszonej komutacji tyrystora przedział czasu przewidziany na zjawiska związane z wyłączeniem powinien rozpoczynać się od momentu, gdy następuje zanik prądu przewodzenia, a kończyć w chwili, gdy napięcie blokowania osiągnie wartość ustaloną. Jak wynika z rys. 7 ten niezbędny przedział czasu jest większy od czasu wyłączania tyrystora t_q . Stwarza to pewną rezerwę zwiększającą poziom niezawodności całego urządzenia przekształtnikowego, co jest nader istotne w warunkach podwyższonej częstotliwości napięcia występującego w układzie.

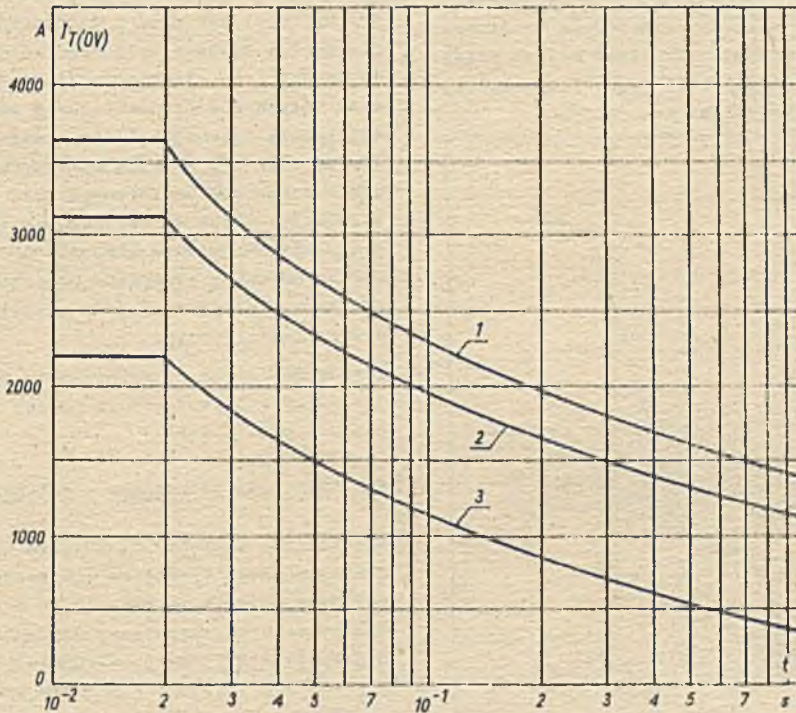
gdy szybkość narastania napięcia blokowania du_D/dt przekroczy wartość krytyczną następuje niekontrolowane samoczynne przełączenie tyrystora do stanu przewodzenia spowodowane przepływem prądu pojemnościowego, który osiąga wartość prądu bramkowego przełączającego. Omawiane zjawisko ogranicza możliwość zastosowania danego tyrystora w układach gdzie napięcie narasta z dużą szybkością.

Z procesem wyłączenia tyrystora związana jest również wartość ładunku przejściowego Q_{rr} , którą określa się z przebiegu przejściowego prądu wstecznego. W celu uzyskania równomiernego rozkładu napięcia przy szeregowym łączeniu tyrystorów należy dobrać elementy o możliwie zbliżonych wartościach ładunku przejściowego.

1.3. Przebieżalność prądowa diody lub tyrystora jest to zdolność do znośenia bez uszkodzeń lub zmiany właściwości obciążenia większego od prądu znamionowego przez określony czas i w określonych warunkach, obejmujących warunki cieplne, prąd przewodzenia poprzedzający przeciążenie oraz napięcia wsteczne / i blokowania / występujące po przeciążeniu.

Przebieżalność prądowa diody lub tyrystora może być wyrażona za pomocą /rys. 9/:

- krzywej roboczej przebieżalności prądowej $I_T/0V = I/t$, ustalonej przy założeniu nieprzekraczania maksymalnej dopuszczalnej temperatury struktury wielowarstwowej w krzemie $-U_{j,max}$, co jest warunkowane przepływem przez element

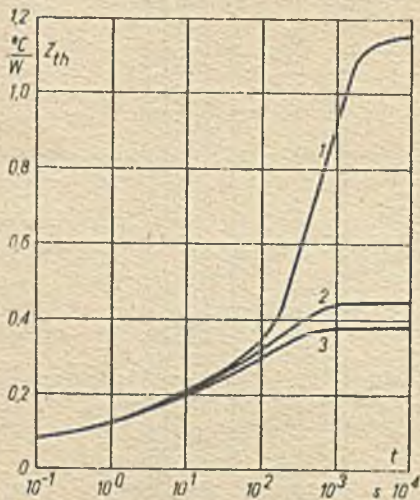


Rys.8. Charakterystyki przebieżalności prądowej tyrystora mocy na prąd 100...200A;
 1 - krzywa granicznej przebieżalności prądowej przy $U_a = +25^\circ C$;
 2 - krzywa przy $U_a = +125^\circ C$;
 3 - krzywa roboczej przebieżalności prądowej, prąd poprzedzający przeciążenie $I_T < I_T(AV)/M$.

w okresie poprzedzającym przeciążenie - prądu przewodzenia o wartości mniejszej od prądu granicznego;

- krzywej granicznej przeciążalności prądowej ustalanej przy założeniu możliwości przekroczenia $\hat{U}_j \max$ ograniczoną liczbą razy w okresie eksploatacji elementu w wyniku stanów zakłóceńowych w obwodzie; krzywa ta służy przede wszystkim jako podstawa doboru bezpieczników topikowych używanych do zabezpieczenia diod i tyrystorów od przetężeń;
- parametru przełączeniowego $\int i^2 dt$ oznaczanego również symbolem I^2t dla czasów mniejszych od 10 ms /1...10 ms/, przy czym o ile nie podano inaczej przyjmuje się, że po zaniku impulsu prądu na elemencie nie występuje napięcie wsteczne /ani napięcie blokowania/.

Krzywa granicznej przeciążalności prądowej diody lub tyrystora oraz krzywa ich roboczej przeciążalności prądowej mogą być wyznaczone w drodze obliczeń opartych o podaną w katalogu krzywą przejściowej impedancji termicznej $Z_{th} = f/t$, której typowy przebieg przedstawiono na rys. 9.



Rys.9. Charakterystyka przejściowej impedancji termicznej tyrystora mocy na prąd 160...200 A w różnych warunkach chłodzenia:
 1 - chłodzenie naturalne;
 2 - chłodzenie powietrzne wymuszone $V = 6$ m/s
 3 - chłodzenie powietrzne wymuszone $V = 12$ m/s

Przejęciowa impedancja termiczna Z_{th}/t jest stosunkiem zmiany przyrostu temperatury wielowarstwowej struktury w krzemie i punktu odniesienia /obudowa/ do amplitudy prostokątnego impulsu strumy wywołującego tę zmianę temperatur. Dla dłuższych czasów /powyżej 10...100 s/ krzywa przejściowej impedancji termicznej staje się styczną do poziomej linii reprezentującej wartość rezystancji termicznej R_{th} diody lub tyrystora.

5. PODSTAWOWE UKŁADY POMIAROWE

Poniżej przedstawiono wybrane układy pomiarowe, które umożliwiają sprawdzenie podstawowych parametrów diod energetycznych i tyrystorów. Czasami także występuje konieczność przesegregowania danego zbioru elementów półprzewodnikowych w celu zawężenia zakresu rozrzutu określonego parametru. Wreszcie znajomość metod badań jest również niezbędna dla użytkowników diod i tyrystorów w przypadku konieczności zastosowania "zamienników" w stosunku do danego typu elementów. Ze względu bowiem na brak dotychczas ujednoliconych metod badań dane katalogowe dotyczące identycznego parametru nie zawsze mogą być ze sobą porównywane, gdyż informacja o warunkach pomiarowych może być niepełna bądź rozbieżna. W takich przypadkach tylko własne badania porównawcze mogą stanowić jedynie wiarygodne kryterium oceny elementów półprzewodnikowych z punktu ich przydatności do określonych układów przekształtnikowych.

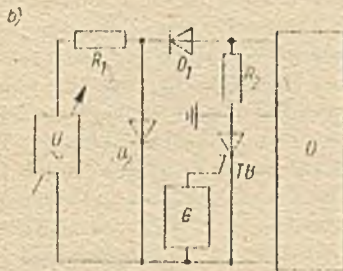
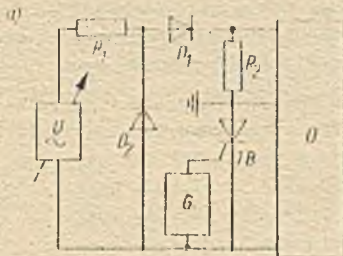
Układy pomiarowe do sprawdzania wszystkich parametrów diod i tyrystorów są podane w normach PN /tablica 6 poz. 4 i 5/.

5.1. Napięcie blokowania i wsteczne.

Sprawdzenie napięcia blokowania tyrystora i napięcia wstecznego tyrystora lub diody wykonuje się w układzie podanym na rys. 10 w określonej temperaturze nie przekraczającej maksymalnej dopuszczalnej temperatury danego elementu półprzewodnikowego. W przypadku tyrystorów pomiary wykonuje się dla określonej polaryzacji bramki najczęściej przy rozwartym obwodzie bramka-katoda. Napięcie źródła zwiększa się aż do osiągnięcia wartości napięć powtarzalnych, których nie należy przekraczać i odczytuje odpowiadające im wartości prądu blokowania bądź prądu wstecznego.

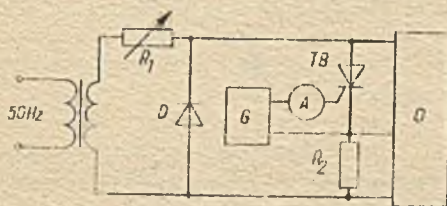
5.2. Parametry przewodzenia

Sprawdzenie napięcia przewodzenia tyrystora /lub diody/ wykonuje się w układzie jednofazowym jed-



Rys. 10. Układy do sprawdzania szczytowych wartości U_{GT} i I_{GT} napięcia i prądu blokowania tyristora, b) napięcia i prądu blokowania tyristora /lub diody/.

T - tyristor badany, U - regulowane źródło napięcia stałego, R_1 - rezystor ograniczający, G - źródło bramkowy, R_2 - oscyloskop lub mierzak wartości szczytowej, D - dioda pomocnicza, R_2 - rezystor ograniczający, R_2 - bocznik praktycznie bezindukcyjny.



Rys. 11. Układ do sprawdzania charakterystyki napięciowo-prądowej w stanie przewodzenia tyristora /lub diody/ oraz do sprawdzania napięcia przewodzenia.

T - badany tyristor, A - amperomierz, G - źródło impulsów bramkowych, D - oscyloskop, D - dioda pomocnicza, R_1 - rezystor regulowany, R_2 - bocznik do pomiaru prądu głównego

niekierunkowym przy obciążeniu rezystancyjnym /rys. 11/, przepuszczając przez tyristor prąd o wartości równej prądowi granicznemu. Dla tyristora znajdującego się przed pomiarem w temperaturze $25 \pm 10^\circ\text{C}$ wyznacza się charakterystykę napięciowo-prądową. Rejestracji przebiegu należy dokonać nie później niż po 5 sekundach od chwili włączenia prądu przewodzenia. Prąd bramkowy powinien mieć wartość prądu bramkowego przełączającego dla danej temperatury. Napięcie przewodzenia odczytuje się z oscylogramu dla wartości prądu granicznego.

5.3. Parametry bramkowe

Sprawdzenie bramkowych parametrów przełączających U_{GT} i I_{GT} wykonuje się w układzie podanym na rys. 12 po zamknięciu łącznika S. Przy stałym napięciu zasilającym U_1 równym zazwyczaj 12 V zwiększa się



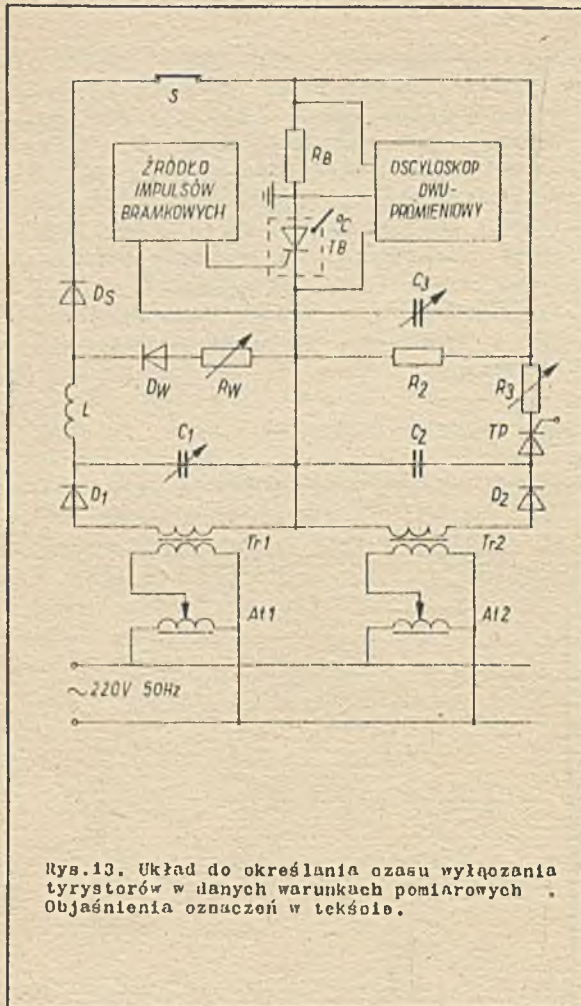
Rys. 12. Układ do sprawdzania parametrów bramkowych. T - badany tyristor, U_1, U_2 - regulowane źródło prądu stałego, V_1, V_2 - woltomierz, mA - miliamperomierz, R - rezystor, S - łącznik.

plynnie napięcie bramki U_2 do chwili, gdy napięcie między anodą i katodą nagle obniży się, co jest widoczne na woltomierzu V_1 . Wartości prądu i napięcia w obwodzie bramki odczytane w chwili wyzwolenia tyristora stanowią odpowiednio I_{GT} i U_{GT} w określonej temperaturze.

Przy otwartym łączniku S można w układzie przedstawionym na rys. 12 sprawdzać bramkowe charakterystyki napięciowo-prądowe tyristora /rys. 13/.

5.4. Parametry dynamiczne

Czas wyłączenia tyristora sprawdza się w układzie podanym na rys. 13, zaś uzyskiwane wówczas odpo-



Rys.13. Układ do określania czasu wyłączenia tyrystorów w danych warunkach pomiarowych. Objaśnienia oznaczeń w tekście.

wiednie przebiegi czasowe prądu i napięcia przedstawia rys. 7.

Układ pomiarowy zasilany napięciem sinusoidalnym działa w następujący sposób: kondensatory C_1 oraz C_2 ładują się wstępnie przez diody D_1 i D_2 do napięć o żądanych wartościach. Po podaniu impulsu sterującego na bramkę badanego tyrystora TB w obwodzie C_1 -L-DS-RB-TB płynie impuls prądu przewodzenia o kształcie praktycznie sinusoidalnym. Kondensator C_1 przeładowuje się do napięcia o przeciwnej biegunowości i następnie rozładowuje się aperiodycznie w obwodzie C_1 -RW-DW-L. W tym czasie na tyrystorze TB panuje napięcie wsteczne powodujące przepływ prądu wstecznego przez wspomniany tyrystor.

Po pewnym czasie, który można regulować, na bramkę tyrystora pomocniczego TP podany zostaje odpowied-

ni impuls sterujący. Wówczas kondensator C_3 ładuje się do napięcia uprzednio panującego na kondensatorze C_2 ze stałą czasową równą w przybliżeniu R_3C_3 . Napięcie to podawane jest na badany tyrystor TB jako napięcie blokowania U_D .

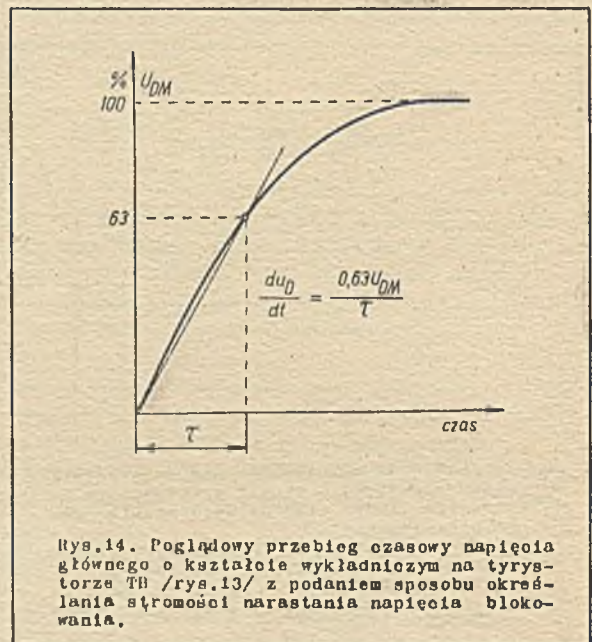
Zbliżając chwilę włączania impulsu sterującego tyrystora TP /w stosunku do pojawienia się impulsu bramkowego w tyrystorze TB/ uzyskuje się stan, w którym tyrystor TB blokuje napięcia U_D . Wówczas odpowiedni przedział czasowy /rys. 7/ jest nazywany czasem wyłączenia t_q tyrystora TB.

Regulacja amplitudy prądu przewodzenia oraz jego stromości odbywa się przy pomocy autotransformatora AT1 oraz kondensatora C_1 , napięcia wstecznego - przy pomocy rezystora RW, zaś napięcia blokowania i jego stromości - przy pomocy autotransformatora AT2, rezystora R_3 i kondensatora C_3 . Dioda DS pełni rolę diody separującej dwa źródła napięcia, zaś rezystor RB stanowi booznik praktycznie bezindukcyjny. Należy zwrócić uwagę na konieczność doboru diody separującej DS o porównywalnym ładunku przejściowym w stosunku do badanego tyrystora TB.

Pomiar czasu wyłączenia należy wykonywać w warunkach zgodnych z podanymi w kartach katalogowych. W przypadku pomiarów w innych warunkach należy pamiętać, że parametry próby nie powinny przekraczać wartości dopuszczalnych dla danego typu tyrystora.

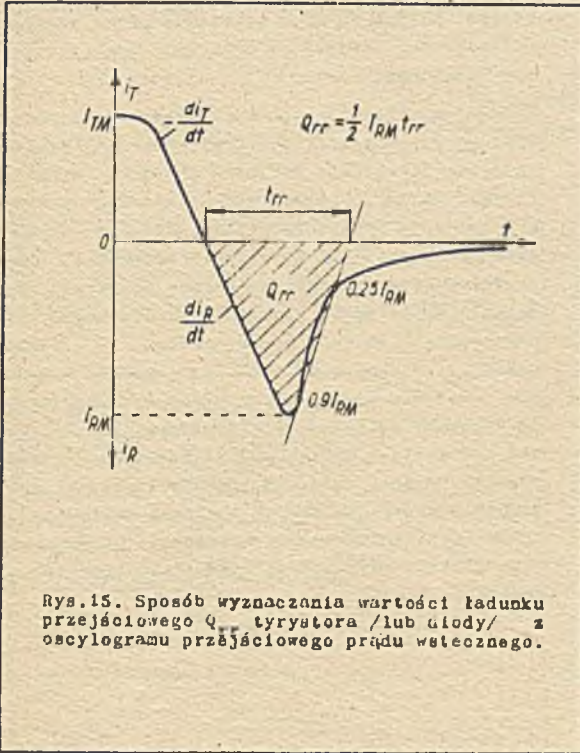
Po otwarciu łącznika S w układzie pomiarowym podanym na rys. 13 można także sprawdzać wartość krytycznej stromości narastania napięcia blokowania.

Sposób określania stromości przedstawia rys. 14.



Rys.14. Poglądowy przebieg czasowy napięcia głównego o kształcie wykładniczym na tyrystorze TB /rys.13/ z podaniem sposobu określania stromości narastania napięcia blokowania.

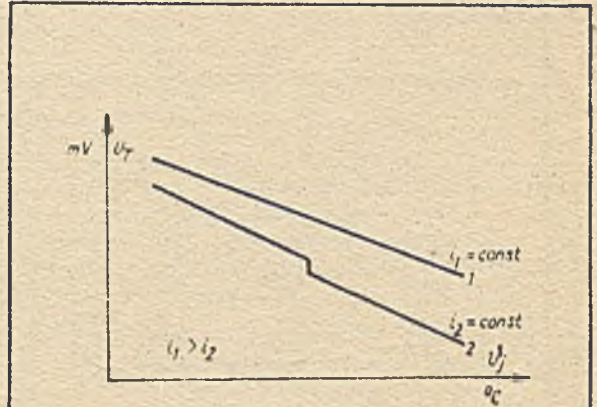
Odpowiednio powiększając przebieg prądu wstecznego w stanie nieustalonym uzyskiwany na ekranie oscyloskopu /rys. 7/ można również wyznaczać wartość ładunku przejściowego tyrystora Q_{rr} /rys. 15/.



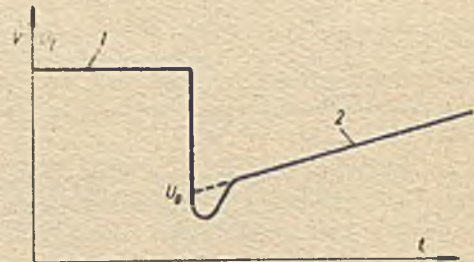
5.5. Temperatura struktury wielowarstwowej w krzemie

Temperaturę struktury wielowarstwowej w krzemie T_j dla tyrystorów i diod określa się na podstawie zmian napięcia przewodzenia pod wpływem zmian tej temperatury przy stałej wartości prądu pomiarowego. A tym celu wyznacza się dla badanego tyrystora w termostacie /lub w kąpeli olejowej/ zależność napięcia przewodzenia od temperatury struktury wielowarstwowej /rys. 16/, przepuszczając przez tyrystor określoną stałą wartość prądu pomiarowego taką, aby nagrzanie struktury w wyniku przepływu tego prądu było pomijalnie małe /kilka % $I_T \Delta V / \Delta T$ /. Jednakże w przypadku uzyskania nieciągłości przebiegu skalowania /krzywa 2 na rys. 16/, świadczącej o częściowym przewodzeniu tyrystora należy dokonać korekty przez wybór większej wartości prądu pomiarowego /krzywa 1 na rys. 16/.

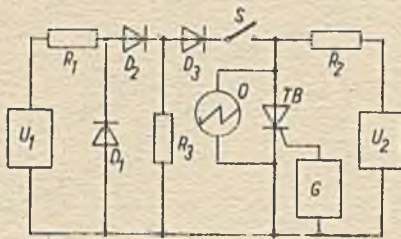
Określenie temperatury struktury wielowarstwowej w krzemie polega na wyznaczeniu napięcia przewodzenia przy prądzie pomiarowym w chwili przerwania



Rys. 16. Zależność napięcia przewodzenia tyrystora od temperatury struktury wielowarstwowej w krzemie przy stałej wartości prądu pomiarowego. Nieciągłości na krzywej 2 świadczą o częściowym przewodzeniu tyrystora, wymagającym zwiększenia prądu pomiarowego.



Rys. 17. Przykładowy oscylogram podający sposób wyznaczania chwilowej temperatury struktury wielowarstwowej tyrystora metodą pośrednią.
1 - napięcie przewodzenia przy określonym nagrzewającym prądzie przewodzenia,
2 - napięcie przewodzenia przy określonym prądzie pomiarowym,
 U_s - punkt odczytu wartości napięcia przewodzenia U_s ; skany w wyniku ekstrapolacji krzywej 2.



Rys.18. Układ do sprawdzania temperatury wielowarstwowej struktury tyrystora metodą pośrednią przez pomiar napięcia przewodzenia przy określonym stałym prądzie pomiarowym.

T_B - tyrystor badany, U_1 - źródło prądu nagrzewania, U_2 - źródło prądu pomiarowego, G - źródło polaryzacji bramki, O - oscyloskop, D_1, D_2, D_3 - diody pomocnicze, R_1, R_2, R_3 - rezystory, S - łącznik.

przepływu prądu przewodzenia /rys. 17/, a następnie odczytaniu temperatury z krzywej skalowania /rys. 16/.

Pomiar powinien być przeprowadzony w takim układzie /rys. 18/, aby napięcie przewodzenia było wyznaczone tylko w tych przedziałach okresu napięcia przemiennego, w których przez tyrystor nie płynie prąd obciążenia, lecz jedynie określony prąd pomiarowy oraz w których nie występuje na tyrystorze napięcie wsteczne.

5.6. Temperatura obudowy

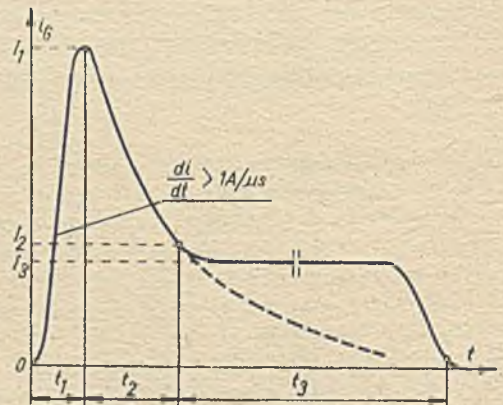
Temperaturę obudowy diody lub tyrystora mierzy się w punkcie odniesienia /wskazanym przez producenta/ przy pomocy termometru.

6. WYZWALANIE BRAMKOWE

Zapewnienie podstawowych wymagań dla załączenia tyrystora tzn. $I_G = I_{GT}$, $t_{iG} > t_d$ oraz $I_T > I_L$ może

okazać się niewystarczające przy wyzwaniu zwłaszcza dużych elementów /na prądy ponad 100 A/, przewidzianych do pracy w ciężkich warunkach obciążeniowych /tablica 7/. Niezbędny staje się wówczas dobór właściwych wartości parametrów sygnału bramkowego. Należą do nich amplituda prądu bramkowego, stromość jej narastania oraz czas trwania impulsu wyzwającego.

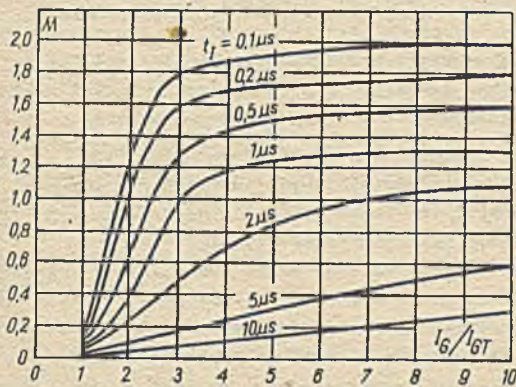
W celu ograniczenia niebezpieczeństwa uszkodzeń tyrystora wskutek efektu di_T/dt konieczne jest wprowadzenie forsowania początku sygnału bramkowego. Kształt takiego impulsu zapewniającego niezawodne przełączenie tyrystora przedstawiono w sposób poglądowy na rys. 19. Forsowanie bramkowego impulsu wyzwającego prowadzi do bardzo szybkiego zainicjowania a następnie rozprzestrzenienia się obszaru przewodzenia na całą powierzchnię struktury p-n-p-n. Po czasie 20...40 μs forsowanie wyzwala staje się zbędne i sygnał bramkowy może być zredukowany do katalogowej wartości I_{GT} . Utrzymanie I_{GT} w ciągu następnych kilkuset mikrosekund pozwala uniknąć ewentualnych nieciągłości przewodzenia w przypadku małych obciążeń zwłaszcza o charakterze indukcyjnym. Forsowanie prądu bramkowego jest niezbędne przy wyzwaniu tyrystorów wysokonapięciowych.



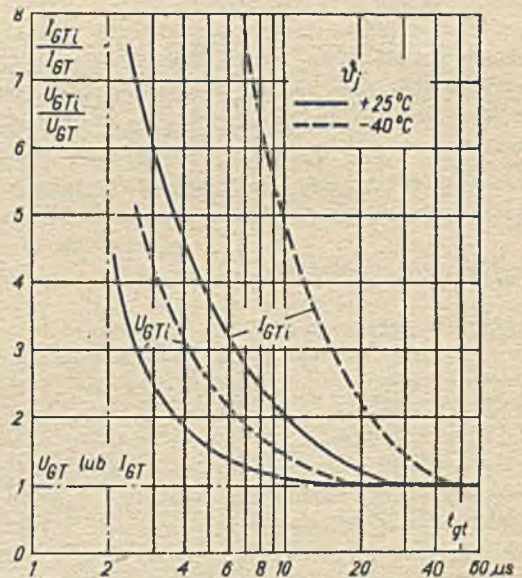
Rys.19. Poglądowy kształt bramkowego impulsu wyzwającego dla zapewnienia pewnego przełączenia tyrystorów dużej mocy. Wymagania dotyczące wartości podano w tablicy 7.

Wskazówki dla doboru i sprawdzania prawidłowego kształtu impulsu prądu bramkowego /rys.19 / wymaganego przy wyzwalaniu tyrystorów dużych mocy pracujących w różnych warunkach obciążeniowych.

Warunki pracy tyrystorów		Wymagania co do kształtu impulsu prądu bramkowego					
		I_1	I_2	I_3	t_1 μs	t_2 μs	t_3 ms
Praca tyrystorów przy dużych waha- niach prądu obciążenia, przy du- żych wartościach di_T/dt lub przy ich łączeniu równoległym		kI_{GT} $k=3...10$ zależnie od di_T/dt	I_{GT}	I_{GT}	1	10 lepiej 20...40	0,2...0,4
Praca tyrystorów przy obciążeniu ciągłym, przy małych wartoś- ciach di_T/dt i bez łączenia ich równoległego	Układy diodowo- -tyrystorowe /przekształtni- ki półsterowa- ne/	I_{GT}	I_{GT}	I_{GT}	-	-	0,1...1,0
	Układy tyrysto- rowe /przeksz- tałtniki w peł- ni sterowane/	I_{GT}	I_{GT}	I_{GT}	-	-	2...2,5



Rys.20. Zależność między odpornością tyrystora
mocy na efekt strąmości prądowej a forsowaniem
bramkowego prądu wyzwalającego
Parametr: czas narastania ozoła impulsu bram-
kowego. Zalecana minimalna krotność forsowania
wynosi $I_G = 3 I_{GT}$.
 M - stosunek strąmości prądowej tyrystora do
krytycznej wartości tego parametru.



Rys.21. Typowe zależności bramkowych napięć
i prądów przełączających tyrystorów mocy od
czasu trwania impulsu.

W szczególnie ciężkich warunkach pracy tyrystorów np. w przypadku równoległych połączeń większej liczby tych elementów zaleca się nawet ponad 5-krotne forsowanie amplitudy sygnału sterującego. Rys. 20 przedstawia zależność odporności tyrystorów na efekt stromości prądowej od parametrów impulsu wyzwalającego, z której wyraźnie wynikają korzyści wymuszania prądów bramkowych o dużych amplitudach i krótkich czasach narastania czoła.

Zapewnienie silnego sygnału wyzwalającego wywiera również pośrednio dodatni wpływ na zwiększenie odporności tyrystora na efekt stromości napięciowej. Można bowiem wówczas wprowadzać równoległą rezystancję na zaciski bramka-katoda, co zmniejsza podatność elementu na niekontrolowane przełączanie.

Należy podkreślić, że w przypadku zastosowań tyrystorów /zwłaszcza o mniejszych mocach/ w układach o łagodniejszych wymaganiach pod względem dynamiki pracy /tablica 7/ np. przy naturalnej komutacji i praktycznie ciągłej obciążalności prądowej - nie występuje konieczność forsowania początku impulsu bramkowego.*

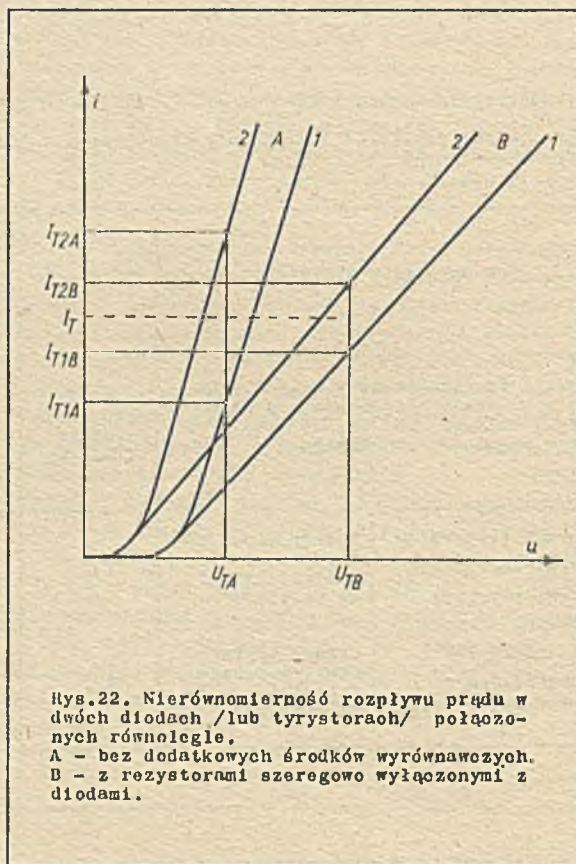
Przy projektowaniu układu wyzwalającego wystarczy wówczas osiągnięcie katalogowych wartości bramkowych prądów i napięć przełączających.

Gdy sygnały wejściowe podawane na bramkę posiadają kształt impulsów prądowych o coraz krótszych czasach trwania, wówczas wartości prądów bramkowych przełączających będą odpowiednio wzrastały /rys. 21/. Z wykresu widać jak znacznie powinna wzrosnąć niezbędna amplituda prądu bramkowego w przypadku krótszych czasów trwania impulsu sterującego od 40...60 μ s, zwłaszcza w temperaturach ujemnych.

Podstawowe układy sterowania bramkowego tyrystorów zostały szczegółowo omówione w książce ^{x/}.

7. POŁĄCZENIA RÓWNOLEGLE

W przypadku wymaganej większej obciążalności prądowej niż można uzyskać z pojedynczej diody lub tyrystora stosuje się równoległe łączenie elementów półprzewodnikowych. Trudności związane z bezpośrednim połączeniem równoległym omawianych elementów wynikają z rozrzutu charakterystyk napięciowo-prądowych w stanie przewodzenia /rys. 22/. Powoduje to nierównomierny rozptył prądu ustalonego w gałęziach równoległych: większy prąd w diodach lub tyrystorach o mniejszym napięciu przewodzenia i na odwrót. Wytworzoną nierównomierność rozptyłu prądu może dodatkowo potęgować wpływ temperatury na napięcie przewodzenia /ujemny współczynnik temperaturowy/. Aby temu zapobiec, często



Rys.22. Nierównomierność rozptyłu prądu w dwóch diodach /lub tyrystorach/ połączonych równolegle. A - bez dodatkowych środków wyrównawczych. B - z rezystorami szeregowo wyłączonymi z diodami.

stosuje się grupowe radiatory chłodzące, które wyrównują temperatury poszczególnych elementów i zmniejszają nierównomierność prądową.

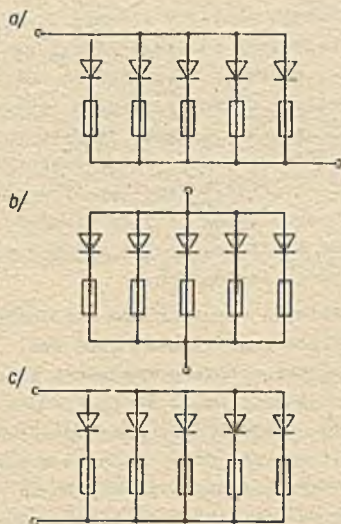
Przy połączeniach równoległych niezbędne jest spełnienie następujących podstawowych warunków :

- wszystkie elementy powinny należeć do tej samej grupy napięcia przewodzenia,
- największa wartość prądu obciążenia płynącego przez grupę elementów połączonych równolegle, powinna być mniejsza od sumy granicznych prądów pojedynczych diod lub tyrystorów.

W celu uzyskania wystarczająco równomiernego rozptyłu prądów powinny zatem być stosowane elementy półprzewodnikowe dopasowane pod względem charakterystyki napięciowo-prądowej w stanie przewodzenia. Zazwyczaj wystarcza dopasowanie pod względem wartości napięcia przewodzenia przy prądzie granicznym.

Przy rozrzucie charakterystyk w stanie przewodzenia wynoszącym 50 mV lub mniej uzyskuje się dostatecznie równomierny rozptył prądu w stanach statycznych i pod tym względem zagadnienie współpracy

^{x/}Pawelski W: Sterowanie tyrystorów. W-wa 1974 Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.



Rys. 23. Sposoby wykonania doprowadzeń do gałęzi równoległej z tyrystorami / lub diodami/, a/ prawidłowe, b/,c/ nieprawidłowe.

równoległej przestaje stanowić trudność. Ostatnio przyjmuje się, że na obecnym etapie świetłowej produkcji diod i tyrystorów rozrzut ich parametrów nie jest już przyczyną nierównomierności rozpiływu prądu przy współpracy równoległej. Bardziej istotne okazują się niekorzystne wpływy rozrzutu impedancji poszczególnych gałęzi wskutek różnic w sposobie prowadzenia połączeń /rys. 23/, bądź wskutek rozrzutu w rezystancjach bezpieczników topikowych z reguły włączonych szeregowo z każdym elementem półprzewodnikowym.

W przypadku rozrzutu w napięciu przewodzenia większego od ok. 50 mV zachodzi bezwzględna konieczność stosowania środków wyrównawczych. Należą do nich rezystancje szeregowo włączone z elementami współpracującymi równoległe, co przyczynia się do mniejszego nachylenia przebiegu charakterystyk /rys. 22/ i w konsekwencji zmniejsza poziom nierównomierności rozpiływu prądu. Rozwiązanie to daje dobre rezultaty zarówno w warunkach pracy normalnej jak i przy przeciążeniach, ale zainstalowanie wspomnianych dodatkowych rezystorów symetryzujących obniża jednak sprawność całego systemu.

Bardziej ekonomicznymi elementami wyrównawczymi są diawiki symetryzujące. Włączenie ich wpływa również korzystnie na obniżenie stromości naras-

tania prądu, co jest zwłaszcza pożądane w przypadku tyrystorów.

Inna trudność występująca przy współpracy równoległej tyrystorów odnosi się do stanów dynamicznych, a szczególnie do stanu załączania. Wynika ona z rozrzutu czasów załączania poszczególnych tyrystorów. Latwo zauważyć, że tyrystor o najkrótszym czasie załączania będzie obciążał się początkowo całym prądem grupy równoległe połączonych elementów, narażony więc jest zarówno na znacznie większą amplitudę prądu jak i większą stromość jego narastania. W związku z tym bezwzględną zasadą powinno być stosowanie w takich przypadkach forsowania prądowego impulsu bramkowego / punkt 8/ i możliwie idealnego zsynchronizowania sygnałów wyzwalających całej grupy tyrystorów połączonych równoległe. Korzystne jest również dobieranie tyrystorów z możliwie najmniejszym rozrzutem czasu załączania. Jeżeli powyższe warunki nie mogą być spełnione, muszą być zastosowane odpowiednie dla stanów dynamicznych środki wyrównawcze / np. diawiki sprzężone/.

Należy również pamiętać, aby bramkowy sygnał wyzwalający miał wystarczający czas trwania, w którym prąd główny tyrystora osiągnie wartość kilkakrotnie przekraczającą prąd wyłączenia I_H .

8. POŁĄCZENIA SZEREGOWE

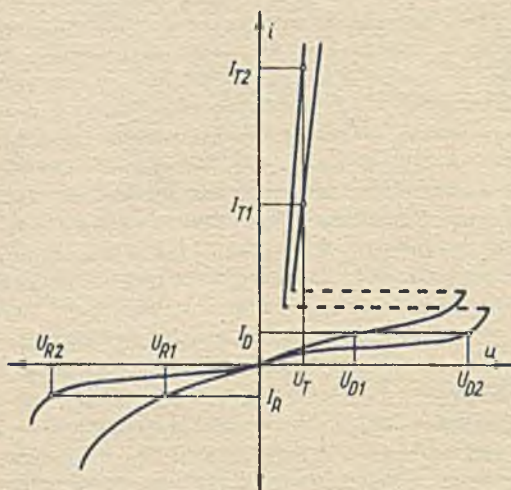
Jeżeli napięcie w układzie przekracza znamionową wartość napięcia pojedynczej diody lub tyrystora zachodzi konieczność szeregowego łączenia kilku elementów półprzewodnikowych.

W takich przypadkach niezbędne jest spełnienie następujących podstawowych warunków:

- wszystkie elementy powinny należeć do tej samej klasy napięciowej,
- wartość maksymalna napięcia przyłożonego do grupy elementów połączonych szeregowo powinna być mniejsza od sumy powtarzalnych napięć pojedynczych diod lub tyrystorów.

O ile nie zostaną zastosowane dodatkowe środki /np. dzielniki rezystancyjne/ napięcie rozłoży się na poszczególne elementy odpowiednio do przebiegu ich charakterystyk napięciowo-prądowych. Na rys. 24 przedstawiono różnice się między sobą charakterystyki główne dwóch tyrystorów. Im wystąpi większy rozrzut przebiegu charakterystyk a więc im większa różnica w ich rezystancjach tym będzie większa nierównomierność rozkładu napięcia przy współpracy szeregowej diod lub tyrystorów.

Nierównomierność rozkładu napięcia wiąże się nie tylko z właściwościami statycznymi omawianych ele-



Rys.24. Rozrzut głównych charakterystyk napięciowo-prądowych dwóch tyrystorów.

mentów. Wynika ona również ze zjawisk towarzyszących procesom załączania i wyłączenia tyrystorów bądź stanom przejściowym diod energetycznych, w których następuje ustalanie się charakterystyk napięciowo-prądowych w różnych przedziałach czasowych dla poszczególnych elementów należących do tego samego typu.

W odniesieniu do tyrystorów nierównomierność przy załączeniu zależy od rozrzutu czasów załączania, które mogą nieraz różnić się między sobą o kilka mikrosekund. Zjawisko to można w poważnym stopniu wyeliminować stosując dużą amplitudę i stromość narastania impulsu bramkowego /punkt 6/.

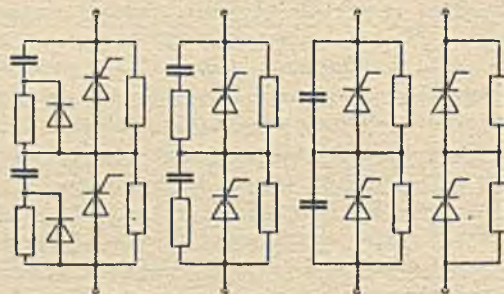
Nierównomierność rozkładu napięcia przy wyłączeniu zależy od różnic szybkości odzyskiwania zdolności zaworowej poszczególnych tyrystorów /diod/ danego typu. Tyrystory /diody/ charakteryzują się na ogół odmiennymi wartościami ładunków przejściowych Q_{rr} , co uniemożliwia uzyskanie równomiernego rozkładu napięcia przy łączeniu szeregowym.

W celu uniknięcia wspomnianych zjawisk niezbędne

jest stosowanie odpowiednich układów wyrównawczych.

Do wyrównywania napięć w stanach statycznych stosuje się rezystory włączone równolegle do diod lub tyrystorów, tworząc rezystancyjny dzielnik napięcia wymuszający właściwy rozkład napięcia. W stanach dynamicznych niezbędne są pojemnościowe dzielniki napięcia /rys. 25/, które warunkują prawidłowe rozkłady w grupach diod lub tyrystorów połączonych szeregowo. Można również stosować elementy wyrównawcze nieliniowe np. w postaci diod o charakterystykach lawinowych.

Dobór właściwych warunków dla zapewnienia prawidłowej współpracy szeregowej diod lub tyrystorów wymaga każdorazowo przeprowadzenia szeregu obliczeń dla uzyskania najkorzystniejszych rezultatów dla projektowanego układu przekształtnikowego. Metodyka obliczeń nie daje się ująć w sposób prosty i uniwersalny, i wymaga wykorzystania informacji podawanych we wszystkich książkach dotyczącej techniki przekształtnikowej.



Rys.25. Różne odmiany układów wyrównawczych umożliwiających współpracę szeregową tyrystorów.

Przy połączeniu szeregowo katody tyrystorów mają różne potencjały, co wymaga zastosowania odpowiedniej izolacji obwodów wyzwalań bramkowego.

Z uwagi na wyrównanie napięć przy załączeniu należy wyzwalać jednocześnie wszystkie tyrystory silnymi i stromymi impulsami bramkowymi uzyskiwanymi z szeregu uzwojeń wtórnych transformatora impulsowego o odpowiednio stopniowanej izolacji uzwojeń. Wymagana jest stromość narastania czoła sygnału wyzwalającego przekraczająca $1 \text{ A}/\mu\text{s}$ i amplituda możliwie największa w granicach dopuszczonych przez maksymalną szczytową moc strat w bramce.

9. ZABEZPIECZENIA NADPRĄDOWE

Zarówno diody jak i tyrystory wykazują stosunkowo małą naturalną przeciążalność prądową, co jest spowodowane ich niewielkimi rozmiarami i nieznaczoną pojemnością termiczną. W przypadku dużych przeciążeń prądowych lub zwarcie temperatura struktury wielowarstwowej w krzemie wzrasta znacznie w ośgu krótkiego czasu i przy braku odpowiednio szybkich zabezpieczeń może osiągnąć wartość nadmierną. Prowadzi to bezpośrednio do uszkodzenia omawianych elementów półprzewodnikowych.

Dla diod i tyrystorów pracujących w układach najgroźniejsze są stany zwarciove. Rozróżnia się dwa rodzaje zwarć:

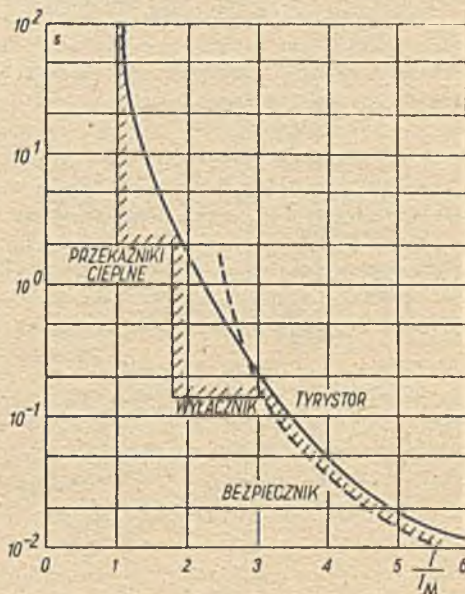
- zwarcia zewnętrzne po stronie wyjścia z układu,
- zwarcia wewnętrzne spowodowane przypadkowym przebiciem elementu półprzewodnikowego.

Punktem wyjściowym przy wyborze systemu zabezpieczeń nadprądowych jest obliczenie maksymalnych wartości prądów zwarcioowych, które mogą płynąć przez poszczególne diody lub tyrystory w przypadku wystąpienia najniekorzystniejszych warunków zakłóceńowych. Najprostszym i najbardziej rozpowszechnionym sposobem zabezpieczenia zwarcioowego jest zastosowanie szybko działających bezpieczników topikowych włączonych szeregowo z elementem półprzewodnikowym /rys. 28/.

Do zabezpieczenia przed zwarciami zewnętrznymi stosowane są wyłączniki szybkie włączone w obwodzie obciążenia.

W celu zapewnienia skutecznych zabezpieczeń nadprądowych należy przestrzegać zasady, aby charakterystyki prądowo-czasowe urządzeń zabezpieczających leżały poniżej krzywej granicznej przeciążalności prądowej diody lub tyrystora /rys. 26/. Przy czym dla dowolnej chwili czasowej dopuszczalny prąd elementu półprzewodnikowego powinien być większy od prądu, przy którym działa dane zabezpieczenie.

Dla czasów poniżej 10 ms parametr przeciążeniowy



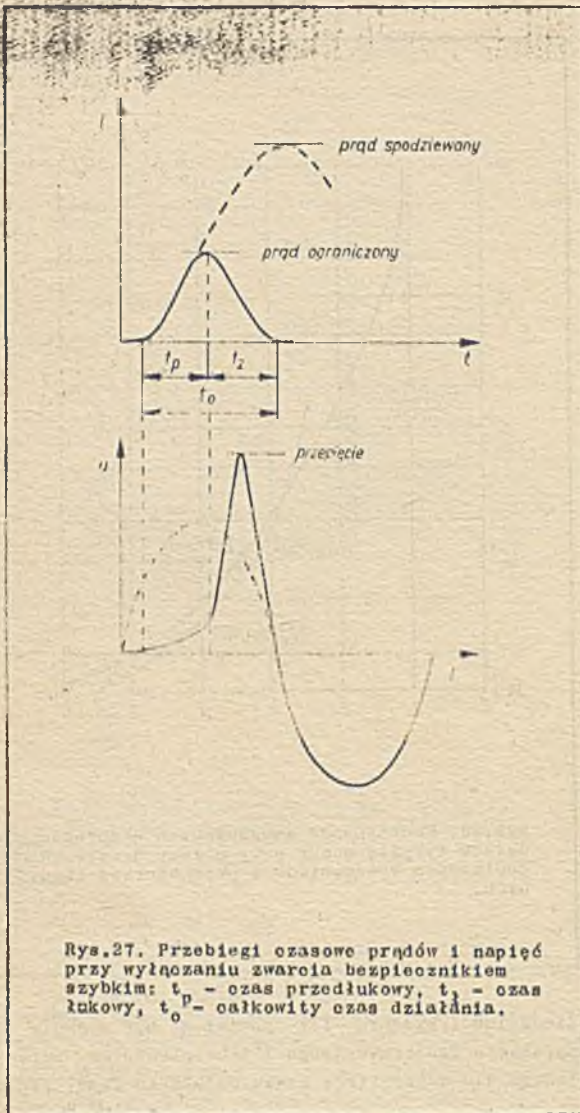
Rys. 26. Koordynacja zabezpieczeń nadprądowych układu tyrystorowego przy pomocy bezpieczników topikowych wyłączników i przełączników cieplnych.

diody lub tyrystora $I^2 t$ powinien być większy od parametru konstrukcyjnego $I^2 t$ bezpiecznika określonego dla całkowitego czasu działania /rys. 27/.

W instalacjach dużej mocy, gdzie bezpieczniki pracują w połączeniach równoległych należy zwrócić szczególną uwagę na uzyskanie odpowiedniej selektywności zabezpieczeń nadprądowych. W przypadku wystąpienia zwarcia w obwodzie obciążenia właściwy wyłącznik powinien zadziałać szybciej przed przepaleniem się bezpieczników.

Często zadaniem bezpieczników łączonych szeregowo z diodami lub tyrystorami jest eliminowanie z układu uszkodzonych elementów półprzewodnikowych. W takich sytuacjach czas działania bezpieczników może być dłuższy.

Zagadnienie doboru właściwej liczby diod lub tyrystorów w układzie przekształtnikowym i związanego z tym systemu zabezpieczeń nadprądowych jest złożone i powinno być rozpatrywane w powiązaniu z żądaną przeciążalnością całego urządzenia.



Rys. 27. Przebiegi czasowe prądów i napięć przy wyłączeniu zwarcia bezpiecznikiem szybkim: t_p - czas przedłukowy, t_z - czas łukowy, t_o - całkowity czas działania.

10. OCHRONA PRZEPIĘCIOWA

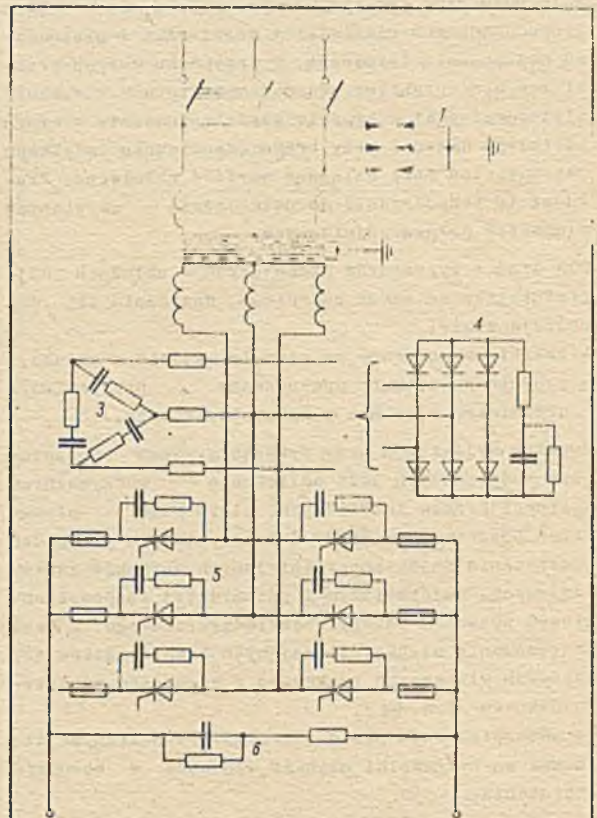
W układach przekształtnikowych z diodami i tyrystorami krzemowymi przebiegi napięć pojawiają się na ogół w przypadku nagłej zmiany ustalonego stanu pracy. Przyczyny takich zmian a zatem i przebiegi napięć mogą mieć swe źródło bądź po stronie prądu przemiennego, bądź po stronie prądu wyprostowanego, bądź wreszcie w samym przekształtniku.

W obwodach prądu przemiennego powodem przebiegów są zazwyczaj procesy łączeniowe, a w niektórych przypadkach również wyładowania atmosferyczne. Po stronie prądu wyprostowanego przebiegi powstają wskutek zjawisk łączeniowych i stanów zakłócenio-

wych w obwodach zasilanych przez przekształtnik. Przebiegi w samym przekształtniku wynikają przy procesie komutacji prądów anodowych, a ponadto występują w przypadku przerywania prądu zwarcio-ego przez bezpieczniki szybkie ograniczające.

Przebiegi komutacyjne są związane z właściwościami fizycznymi diod i tyrystorów oraz z istnieniem określonych indukcyjności w obwodach. Przebiegi te, aczkolwiek o małej energii, mogą osiągać wartości przekraczające 2...3 krotnie wartości szczytowego napięcia wstępnego pracy w danym układzie.

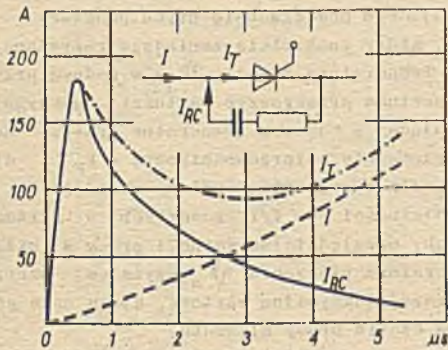
Należy pamiętać, że nawet krótkotrwałe przebiegi o wartościach przewyższających napięcia powtarzalne mogą spowodować uszkodzenie elementów półprzewodnikowych. Rys. 28 podaje typowe sposoby włączania obwodów tłumiących przebiegi w tyristorowym



Rys. 28. Sposoby włączania obwodów tłumiących przebiegi w zespole przekształtnikowym z tyrystorami, 1 - ochrona od przebiegów wywołanych wyładowaniami atmosferycznymi /odgromniki/, 2 - ekran pomiędzy uzwojeniami transformatora przekształtnikowego, 3 - obwody RC tłumiące przebiegi łączeniowe, 4 - alternatywny obwód ochrony od przebiegów łączeniowych z pomocniczym prostownikiem, 5 - obwody RC tłumiące przebiegi komutacyjne, 6 - obwody RC tłumiące przebiegi po stronie prądu wyprostowanego.

zespole przekształtnikowym. Najbardziej rozpowszechnionym sposobem zabezpieczenia przepięciowego diod energetycznych i tyrystorów są gałęzie szeregowo-RC dołączane równolegle na zaciski elementu półprzewodnikowego. Obwody takie zmniejszają stromość napięcia blokowania, zabezpieczają przed przepięciami łączeniowymi w sieci zasilającej i zmniejszają poziom przepięć komutacyjnych własnych. Stosuje się je zarówno przy diodach lub tyrystorach pracujących samdzielnie, jak również w połączeniu szeregowym.

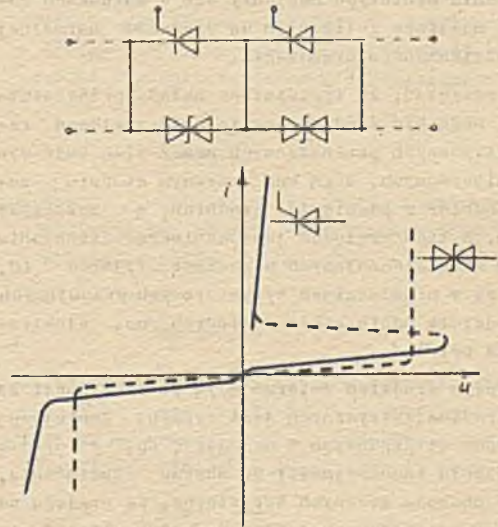
Optymalny dobór parametrów obwodów tłumiących RC wymaga znajomości wykresów ładunku przejściowego w funkcji amplitudy prądu przewodzenia przed wyłączeniem przy różnych stromościach zanikania tego prądu. Należy wówczas pamiętać, aby chwilowy wzrost prądu płynącego przez diodę lub tyrystor a wynikający z rozładowania kondensatora /rys. 29/ nie przekroczył krytycznej stromości prądowej dopuszczalnej dla danego elementu.



Rys.29. Chwilowy wzrost prądu płynącego przez tyrystor wynikający z rozładowania kondensatora C obwodu tłumiącego. Należy zwracać uwagę, aby jego stromość narastania nie przekroczyła wartości krytycznej di/dt .

Rys. 28 podaje także kilka typowych sposobów włączania obwodów tłumiących przepięcia łączeniowe w układzie przekształtnikowym z tyrystorami. Przepięcia łączeniowe są spowodowane działaniem wyłączników prądu przemiennego i wyłączników prądu stałego a także przepalaniem się wkładek topikowych bezpieczników szybkich. Działanie wyłącznika prądu przemiennego powoduje przepięcia o największej energii w przypadku gdy odłączany zostaje nieobciążony zespół przekształtnikowy. Energia przepięć zależy w dużym stopniu od wielkości prądu magnesuującego transformatora zaś wartości przepięć mogą przekraczać kilkakrotnie wartości szczytowego wstecznego napięcia pracy w obwodzie z diodami lub tyrystorami. Należy wówczas bezwzględnie stosować odpowiednio zaprojektowane obwody tłumiące.

Ostatnio coraz częściej stosuje się bardzo skuteczne i ekonomiczne elementy tłumiące nieliniowe /rys. 30/, które są szczególnie korzystne do ochrony od przepięć tyrystorów wysokonapięciowych.



Rys.30. Ochrona przepięciowa tyrystorów przy zastosowaniu półprzewodnikowych ograniczników napięcia w postaci dwóch przeciwnoobnych diod lawinowych wykonanych w jednej płytce krzemu.

Na zakończenie należy jeszcze raz przypomnieć, że prawidłowa i niezawodna praca układów przekształtnikowych z diodami i tyrystorami jest niemożliwa bez urządzeń ochrony przepięciowej.

11. ZAŁOŻENIA PRZECIWKŁÓCENIOWE

Prócz zabezpieczeń nadprądowych i ochrony przepięciowej praca tyrystorów w układach przekształtnikowych może wymagać innych środków warunkujących jej prawidłowość.

W układach wieloobwodowych z dużą liczbą tyrystorów występuje czasami wzajemne oddziaływanie poszczególnych obwodów. Zjawisko to może być spowodowane przepięciami generowanymi w układzie, odkształceniem napięcia zasilającego obwód, sprzężeniami indukcyjnymi itp. Wzajemne oddziaływanie jest zazwyczaj szczególnie wyraźne w układach o dużych strumieniach prądowych. Należy zaznaczyć, że środki układowe eliminujące te ujemne zjawiska nie dają się na ogół ujmować obliczeniowo i stopień skuteczności ich działania może być określony dopiero na podstawie doświadczenia i to przy badaniu raczej prototypu urządzenia, a nie układu modelowego w odpowiedniej skali. Ważne przy tym jest, aby badania prototypu odbywały się w warunkach zasilania możliwie zbliżonych do warunków normalnej pracy użytkowanego urządzenia.

Należy pamiętać, że tyrystorowe układy przekształtnikowe mogą być źródłem powstawania zakłóceń radioelektrycznych przenoszonych przez sieć bądź wypromieniowywanych. Mogą one w pewnym stopniu zakłócać odbiór w paśmie fal średnich, a zwłaszcza długich. Z tych względów jest konieczne stosowanie środków zabezpieczających w postaci filtrów LC, zwłaszcza w urządzeniach tyrystorowych pracujących w sąsiedztwie odbiorników radiowych /np. elektro-technika bytowa/.

Podstawowym środkiem zmierzającym do likwidacji zakłóceń radioelektrycznych jest wyraźne zmniejszenie strumienia prądowych w układzie, np. w drodze wprowadzenia indukcyjności do obwodu obciążenia, bądź do obwodów głównych tyrystorów. Ze względu na charakter wytwarzanych zakłóceń /widmo ciągłe/ nie ma skutecznej metody obliczania filtrów przeciwzakłóceńowych LC, ich parametry zazwyczaj dobiera się doświadczalnie.

Zakłócenia radioelektryczne promieniowane tłumi się najskuteczniej przez odpowiednie ekranowanie układu najlepiej łącznie z filtrem. Korzystne jest również umieszczenie układu wyzwalającego tyrystory we wspólnym ekranie przy skróceniu do minimum przewodów łączących podzespoły.

12. DOBÓR WARUNKÓW CHŁODZENIA

Diody i tyrystory krzemowe przystosowane są do współpracy z radiatorami, których zadaniem jest skutecznie i szybko odprowadzenie energii cieplnej wytwarzanej w czasie pracy elementu. Wielowarstwowa struktura półprzewodnikowa jest źródłem tej energii, która przepływając do otoczenia napotyka na rezystancje termiczne: wewnętrzną elementu pomiędzy strukturą a obudową R_{thjo} , przejścia pomiędzy obudową a radiatorem R_{thcr} oraz radiatora R_{thra} .

Ponieważ rezystancja termiczna jest ilorazem gradientu temperatury i mocy powodującej ten gradient, wymaganą rezystancję radiatora dla danych warunków pracy elementu półprzewodnikowego można obliczyć z następującego wzoru:

$$R_{thra} = \frac{\vartheta_j - \vartheta_a}{P} - R_{thjo} - R_{thcr}$$

Wartości R_{thjo} i R_{thcr} są podawane w kartach katalogowych poszczególnych diod i tyrystorów. Należy przy tym zwrócić uwagę, że wartość R_{thcr} jest uzyskiwana przy zastosowaniu odpowiedniej siły lub momentu mocującego element do radiatora, oraz smaru wypełniającego powierzchnię styku podstawy z radiatorem, który znakomicie zmniejsza rezystancję przejścia. Temperatura złącza ϑ_j w żadnym przypadku nie powinna przekroczyć wartości maksymalnej, wynikającej z zakresu temperatur pracy. Moc traconą w elemencie półprzewodnikowym - P_F dla diod lub P_T dla tyrystorów - należy określić z krzywych zależności $P = f(I)$ zawartych w kartach katalogowych, uwzględniając warunki pracy w układzie. Temperatura otoczenia ϑ_a użyta we wzorze powinna wyrażać maksymalną wartość, która może pojawić się w czasie pracy elementu.

Mając obliczoną w powyższy sposób maksymalną rezystancję termiczną radiatora można dobrać odpowiednio warunki chłodzenia wykorzystując do tego celu radiator powietrzny bądź wodny.

Radiatory powietrzne, w zależności od konstrukcji elementu półprzewodnikowego, mogą odprowadzać ciepło jedno lub dwustronnie. Rezystancja ich zależy silnie od prędkości wymuszonego przepływu powietrza oraz od wymiarów i kształtu.

Radiatory wodne przystosowane są przede wszystkim do konstrukcji pastylkowej i odprowadzają ciepło jedno lub dwustronnie. Ich rezystancja termiczna jest funkcją prędkości przepływu wody chłodzącej. W przypadku chłodzenia dwustronnego wymaganą rezystancję termiczną uzyskuje się przez zastosowa-

nie obu połówek radiatora.

Podawana w kartach katalogowych rezystancja termiczna przejścia w tym przypadku dotyczy rezystancji wypadkowej dwustronnej.

Wybór konkretnego radiatora jest związany z wymaganiami konstrukcji i układu. Należy pamiętać, że zależności $P = f/I$ dotyczą strat wynikających z przepływu prądu przewodzenia przy częstotliwości do 50 Hz. Przy wyższych częstotliwościach wzrastają straty załączania i wyłączenia zwiększając ogólne straty w elemencie półprzewodnikowym, co powinno być uwzględnione przy doborze warunków chłodzenia.

Niniejszy informator zawiera informacje techniczne dotyczące radiatorów o chłodzeniu wodnym i powietrznym przystosowanych do współpracy diod typu DO, D1 i D2 a także tyrystorów T0 i T2 /tabl. 8/.

TABLICA 8

Zestawienie radiatorów do chłodzenia diod energetycznych i tyrystorów.

Typ radiatora	Chłodzenie powietrzne			
	Wymiar przekroju /mm x mm/	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$	R_{thra} przy długości /mm/	przy V/m/s/
RL	41 x 46	4,55	60	0
RM	95 x 100	0,16	100	6
RN	57 x 150	0,0395	160	6
RP ^{1/}	100 x 100			
RS ^{1/}	127 x 127			
RT ^{1/}	159 x 159			
RU	63 x 127	0,08	155	5
RY	73 x 243	0,055	205	5
Chłodzenie wodne				
Typ radiatora	Wymiary gabarytowe mm/mm/mm	R_{thra} $^{\circ}\text{C}/\text{W}$		przepływ l/min.
		chłodzenie jednostronne	chłodzenie dwustronne	
W 20	95x125x205	0,023	0,012	15
W 45	110x165x228	0,018	0,009	15

1/ Radiatory w opracowaniu.

Radiatory powietrzne wykonane są ze stopu aluminium metodą wytlazania wypływowego. Oznaczenie typu radiatora składa się z grupy liter i cyfr i zawiera informacje dotyczącą rodzaju, kształtu, wykonania oraz długości:

- pierwsza litera - R - oznacza radiator powietrzny,
- druga litera oznacza kształt /p.karty katalogowe/: L, M, N, P, S, T, U, Y.
- grupa cyfr występująca po tych literach określa długość radiatora w milimetrach,
- ostatnia litera oznacza wykonanie:
 - wyposażenie w gwintowany otwór przystosowany do współpracy z diodami typu DO lub tyrystorami typu T0,
 - brak litery oznacza przystosowanie do współpracy z diodami o podstawie płaskiej typu D1 lub elementów w wykonaniu pastylkowym typu D2 lub T2.

Radiatory wodne wykonane są z odlewów z miedzi i oznaczone są literą W oraz liczbą określającą średnicę powierzchni kontaktu cieplnego z elektrodą elementu półprzewodnikowego o konstrukcji pastylkowej w mm.

Przykład oznaczenia:

1. Radiator powietrzny o kształcie oznaczonym "L" i długości 60 mm przeznaczony do współpracy z elementem półprzewodnikowym o konstrukcji typu 0

RL 60 g.

2. Radiator powietrzny o kształcie oznaczonym "M" o długości 100 mm przeznaczony do współpracy z elementem półprzewodnikowym o konstrukcji typu 1

RM 100.

3. Radiator wodny o średnicy powierzchni kontaktu cieplnego z elektrodą elementu półprzewodnikowego 20 mm przeznaczony do współpracy z elementem półprzewodnikowym o konstrukcji typu 2

W 20

13. ZASADY PRAWIDŁOWEJ EKSPLOATACJI

Niezawodne i prawidłowe działanie elementu półprzewodnikowego uwarunkowane jest z jednej strony nieprzekraczaniem w czasie eksploatacji dopuszczalnych parametrów elementu, z drugiej strony przestrzeganiem wymagań dotyczących warunków chłodzenia i montażu, wyzwalania bramkowego, odpowiednich zabezpieczeń przepięciowych i nadprądowych, prawidłowej pracy szeregowej lub równoległej oraz parametrów charakteryzujących środowisko.

13.1. Dobór elementu półprzewodnikowego.

Przy doborze diody lub tyrystora do konkretnych warunków układu przekształtnikowego należy wziąć pod uwagę charakter pracy elementu i przewidywane zagrożenia.

Jeżeli obciążenie będzie miało charakter ciągły wówczas prąd graniczny elementu może tylko nieznacznie przekroczać spodziewany prąd w układzie. Jeżeli jednak o nagrzewaniu decydować będzie prąd przeciążenia należy dobierać elementy o znacznie wyższych parametrach prądowych, tak, aby łączne straty mocy wynikłe od prądu ciągłego i prądu przeciążeniowego nie spowodowały przekroczenia maksymalnej temperatury wielowarstwowej struktury półprzewodnikowej.

Krzywa granicznej przeciążalności prądowej służy jedynie do doboru zabezpieczeń nadprądowych i nie może być wykorzystywana w normalnej pracy elementu. Maksymalnym napięciem, które może w czasie pracy pojawić się na diodzie lub tyrystorze, jest powtarzalne napięcie wsteczne lub blokowania. Napięcie niepowtarzalne jest naturalną rezerwą napięciową elementu i służy jedynie do zapewnienia odpowiedniej, niezawodnej jego pracy.

13.2. Normalne warunki pracy i przechowywania.

Normalne warunki eksploatacji diod i tyrystorów produkcji ZE "Unitra-Lamina" przedstawiono poniżej:

- temperatura otaczającego powietrza od -40°C do $+40^{\circ}\text{C}$, jedynie dla tyrystorów BTP minimalna temperatura wynosi -55°C ,
- ciśnienie atmosferyczne od 88 do 106 KN/m^2 /860...1080 milibarów /,
- wilgotność względna otaczającego powietrza nie większa niż 95% przy $+40^{\circ}\text{C}$,
- brak składników agresywnych chemicznie i pyłów przewodzących w atmosferze otaczającej.

Warunki przechowywania elementów nie powinny w zasadzie odbiegać od normalnych warunków eksploatacji, przy czym zaleca się ograniczyć zakres temperatur przechowywania do $+5 \dots +40^{\circ}\text{C}$ a wilgotność powietrza do 80%.

Podany w kartach katalogowych zakres temperatur przechowywania dotyczy elementów bez opakowań.

13.3. Warunki montażu.

Podstawową zasadą prawidłowego montażu elementu półprzewodnikowego na radiatorze jest uzyskanie minimalnej rezystancji termicznej przejścia: obudowa-radiator. Osiąga się to przez:

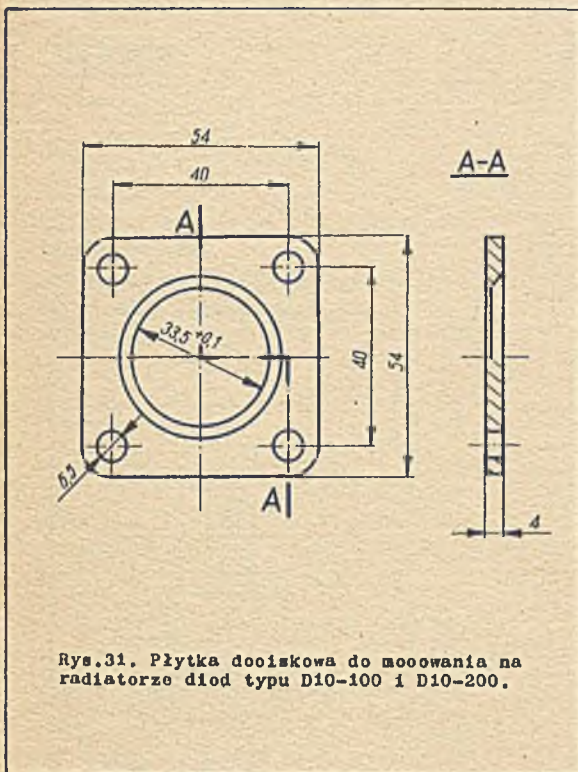
- zapewnienie odpowiednio czystej i gładkiej powierzchni styku zarówno obudowy jak i radiatora,
- stosowanie smaru silikonowego w miejscu styku w celu zabezpieczenia przed korozją i polepszenia przewodności cieplnej,
- zapewnienie odpowiedniej siły dociskającej element półprzewodnikowy do radiatora.

Celem zmniejszenia rezystancji termicznej radiatora stosuje się często czernienie jego powierzchni. Należy jednak pamiętać, że czernienie anodowe powoduje powstanie na powierzchni cienkiej warstwy izolacyjnej zarówno pod względem cieplnym jak i elektrycznym. Taką samą warstwę izolacyjną stanowi lakier lub emalia, bądź tlenki występujące również przy niepokrywanej niozym powierzchni radiatora. Przed przystąpieniem do montażu elementu półprzewodnikowego na radiatorze, należy dokładnie i starannie usunąć z miejsca styku wszystkie zanieczyszczenia i materiały obce pozostawiając czystą powierzchnię aluminium lub miedzi. Ze względu na szybko postępujący proces utleniania aluminium montaż elementu powinien nastąpić bezpośrednio po oczyszczeniu powierzchni lub po uprzednim wypolerowaniu jej i przemyciu alkoholem lub acetonem. Do pokrywania miejsca styku można używać smaru silikonowego Silpasta E produkcji Zakładu Doświadczalnego Instytutu Tworzyw Sztucznych w Sarzynie woj. Rzeszowskie.

Nakładanie smaru powinno odbywać się przy pomocy czystej łopatką. Po przyłożeniu podstawy należy wykonać obrót elementu ażeby dokładnie rozprowadzić smar po całej powierzchni styku. Nadmiar smaru powstały po dokręceniu diody lub tyrystora do radiatora należy usunąć przy pomocy watki zmoczonej w acetonie lub alkoholu.

Sposób montażu elementu zależy od jego konstrukcji. Diody typu D0 i tyrystory typu T0 o podstawie zakończonych trzpieniem gwintowanym wkręca się w radiator przy pomocy klucza. Małe elementy przystosowane do współpracy z płytkami chłodzącymi należy dokręcać przy pomocy nakrętek przytrzymujących element kluczem za sześciokątą podstawę. Otwór w płycie nie powinien być większy niż 0,5 mm od średnicy gwintowanego trzpienia, przy czym niedopuszczalna jest fazka w otworze.

Diody typu D1 o podstawie płaskiej montuje się na radiatorze dociskając diodę przy pomocy płytki opierającej się na podstawie i dokręcając do radiatora przy pomocy osterech śrub. Wymiary płytek podano na rys. 31. Między radiatorem i diodą znajduje się podkładka miedziana spełniająca rolę od-



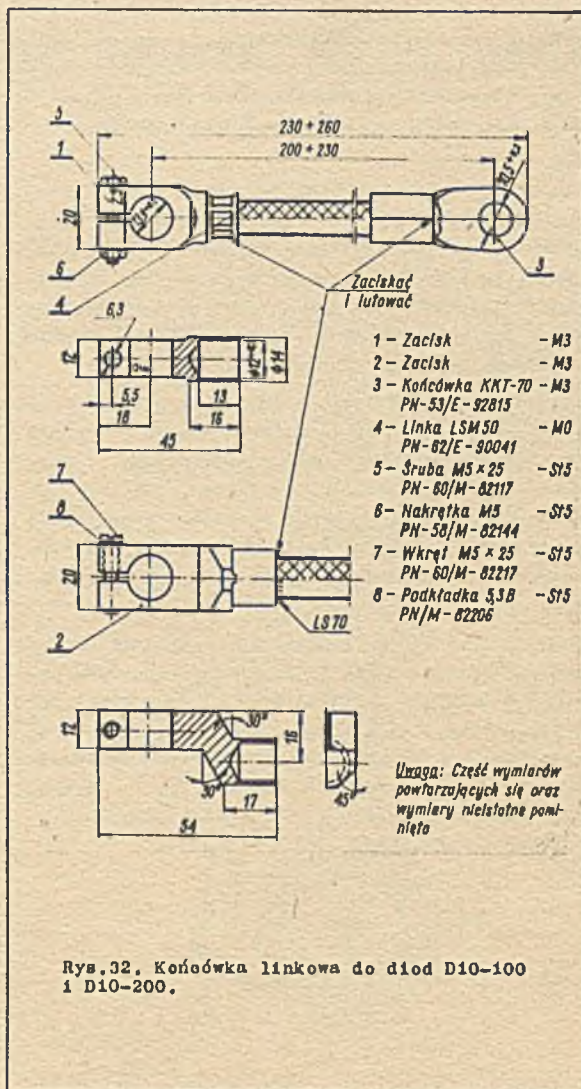
Rys.31. Płytko dociskowa do mocowania na radiatorze diod typu D10-100 i D10-200.

przewodzenia prądowego. Zarówno płytko służąca do dociskania diody jak i podkładka miedziana są dostarczane łącznie z radiatorami RM 100 i RM 160.

Diody typu D2 i tyrystory typu T2 o konstrukcji pastylkowej przystosowane są do chłodzenia dwustronnego. Ze względu na zastosowane w tej konstrukcji kontakty dociskowe wewnątrz elementu szczególnie ważne jest przyłożenie odpowiedniej zalecanej siły skręcającej radiator. W czasie eksploatacji siła ta nie powinna ulec zmianie, aby nie spowodować zmiany parametrów elementu.

Lutowanie końcówek górnych diod D00-10 oraz tyrystorów BTP powinno odbywać się przy zastosowaniu lutu o temperaturze nie przekraczającej 250°C i kolby lutowniczej o mocy 50...60 W. Czas lutowania nie powinien być dłuższy niż 2...3 sek., aby nie spowodować przegrzania elementu. Miejsce lutowania określone jest przez końcówkę lutowniczą wyprowadzenia. Należy pamiętać, że do wyprowadzenia nie można przykładać większego momentu niż 0,1 Nm / i KGcm /.

Łączenie elektrody górnej diod typu D10-100 i D10-200 z pozostałą częścią obwodu realizuje się przy pomocy nakładanej końcówki linkowej przedstawionej na rys. 32.



Rys.32. Końcówka linkowa do diod D10-100 i D10-200.

Przy eksploatacji tyrystorów BTP obwód bramka-katoda należy zobocznikować rezystorem 51Ω. Pominięcie tego bocznika ma wpływ na parametry elementu. Szczegółowe informacje na ten temat zawiera karta katalogowa.

13.4. Wymiana diody lub tyrystora.

Przy wymianie uszkodzonej diody lub tyrystora zwłaszcza w przypadku istnienia połączeń równoległych bądź szeregowych nie można poprzestać jedynie na samej czynności usunięcia niesprawnego elementu i zastąpienia go innym nawet tego samego typu. Konieczne staje się wówczas sprawdzenie pod-

stawowych parametrów wprowadzanej - do układu diody lub tyrystora. Elementy półprzewodnikowe po okresie długotrwałego magazynowania lub eksploatacji mogą zmieniać swoje pierwotne charakterystyki.

Po dokonaniu wymiany należy sprawdzić stan równomierności rozplywu prądu w grupie elementów połączonych równolegle względnie równomierność rozkładu napięcia przy połączeniach szeregowych. W przypadku tyrystorów ważną sprawą jest także skontrolowanie czy wprowadzany z układu bramkowy impuls wyzwalaający zapewnia przełączenie.

O ile po wymianie diody lub tyrystora nie uzyska się odpowiedniej równomierności rozplywu prądu /lub rozkładu napięcia/ należy rozmontować cały zestaw, oczyścić i ponownie połączyć, zaś w przypadku braku poprawy sytuacji zachodzi konieczność wymiany całej grupy elementów współpracujących równolegle w danym ramieniu układu przekształtnikowego.

Licząc się z taką ewentualnością użytkownik urządzenia przekształtnikowego powinien dysponować odpowiednią liczbą zapasowych diod energetycznych lub tyrystorów, aby uniknąć sytuacji, w której przypadkowe uszkodzenie jednego elementu półprzewodnikowego niedostępnego na rynku /np. wskutek zaniechania produkcji/- wyeliminuje z eksploatacji kompletne urządzenie.

DIODY

D00-10, D00-10R, D01-10, D01-10R

Prąd graniczny

Powtarzalne napięcie wsteczne

Znamionowe warunki termiczne

$I_{T/AV/M}$

U_{RRM}

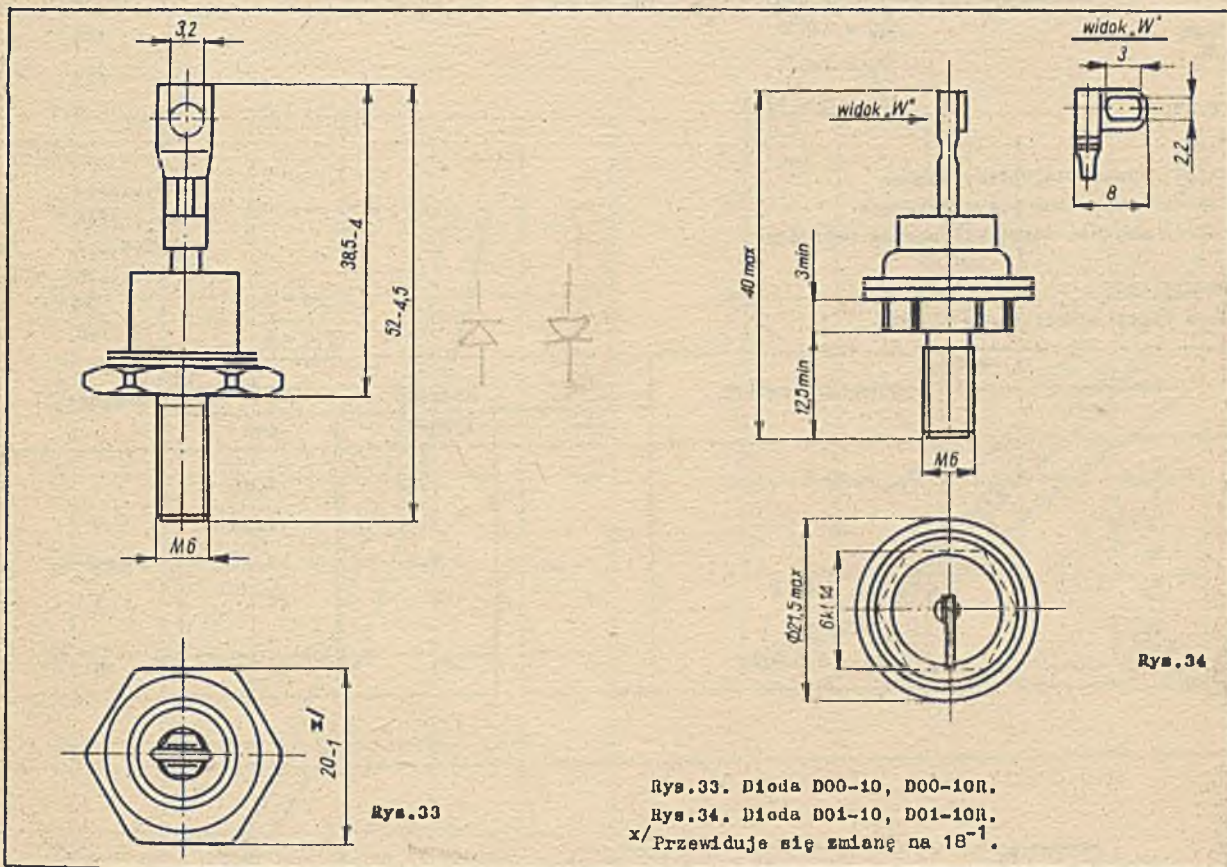
radiator

RL 60g

10 A

100...1600 V

konwekcja naturalna



Rys.33

Rys.34

Rys.33. Dioda D00-10, D00-10R.

Rys.34. Dioda D01-10, D01-10R.

x/Przewiduje się zmianę na 18⁻¹.

Przykład oznaczenia:

D00-10-05 dioda o prądzie 10 A i napięciu powtarzalnym 500 V w wykonaniu 0.

D01-10-01 dioda o prądzie 10 A i napięciu powtarzalnym 100 V w wykonaniu 1.

Klasa	U_{RRM}	U_{RSM}	I_{RRM}
-	V	V	mA
01	100	120	6
02	200	240	
03	300	360	
04	400	480	
05	500	600	
06	600	720	
07	700	840	

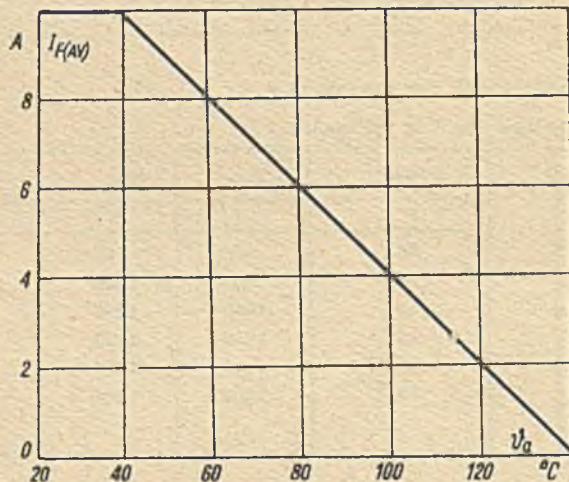
Klasa	U_{RRM}	U_{RSM}	I_{RRM}
-	V	V	mA
08	800	960	6
09	900	1080	
10	1000	1200	
12	1200	1440	
14 x/	1400	1680	
16 x/	1600	1920	

x/ Dostawa po uzgodnieniu z producentem.

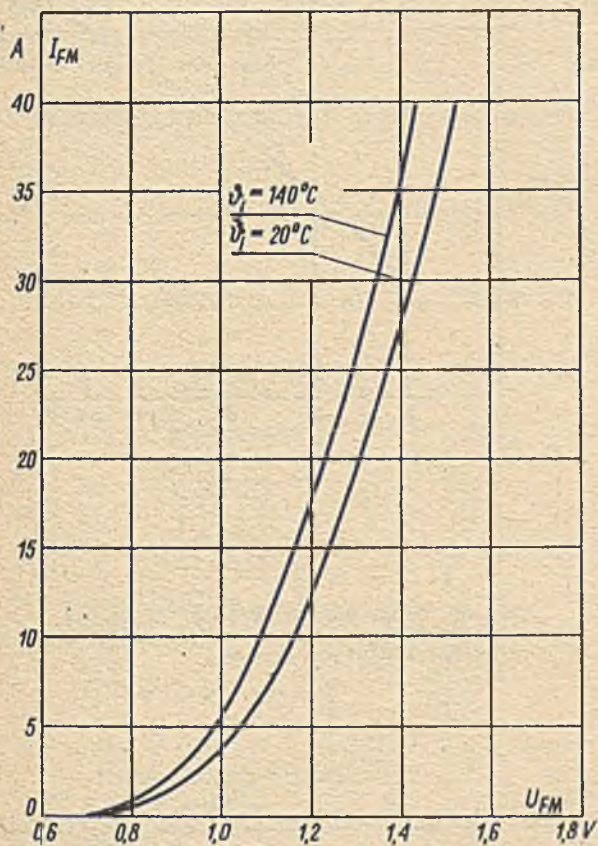
D00-10
 D00-10R
 D01-10
 D01-10R

$I_{F/AV/}$	obciążenie czynne radiatora P11	10	A
	płytką Al 120x120x2	10	A
	płytką Al 90x90x2	9	A
	płytką Al 70x70x2	7	A
	bez radiatora	3,5	A
	obciążenie pojemnościowe płytką Al 120x120x2	9	A
I_{FSM}	$\vartheta_j = 140^{\circ}C$	190	A
I^2t	$\vartheta_j = 140^{\circ}C$	180	A ² s
$U_{F/AV/}$	$I_{F/AV/} = 10$ A	0,7	V
R_{thjo}		2,5	$^{\circ}C/W$
Zakres temperatury pracy złącza		-40...+140	$^{\circ}C$
Zakres temperatur przechowywania		-40...+140	$^{\circ}C$
Zakres momentu dokręcającego do radiatora		1,5...2	Nm
		/15 ...20/	kGom
Masa diody		30	g
Masa diody z radiatorem RL 60g		180	g

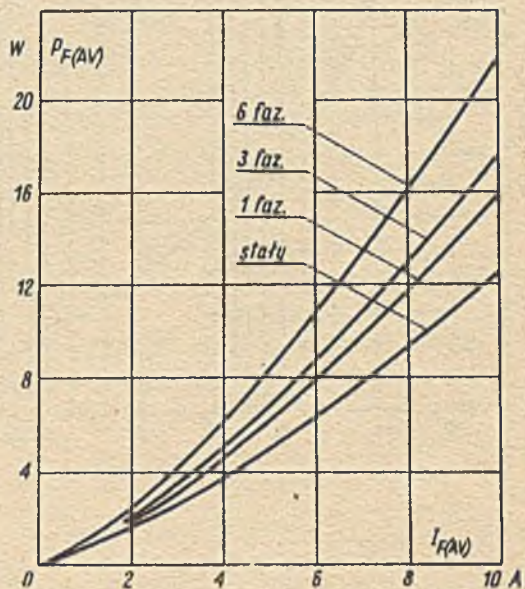
Parametr	Warunki pomiaru	Wartość			Jednostka
		min.	typowa	max	
U_{FM}	$I_{FM} = 30$ A	-	1,25	1,45	V
$U_{T0/}$		-	1,15	1,28	V
r_F		-	8,5	13,5	m Ω
P_F	$I_{F/AV/} = 10$ A	-	11	18	W
Q_{rr}	$I_{FM} = 20$ A $di/dt = 3,5$ A/ μ s	-	20	30	μ C



Rys.35. Diody D00-10, D01-10. Zależność dopuszczalnego prądu przewodzenia od temperatury otoczenia. Radiator RL 60g.

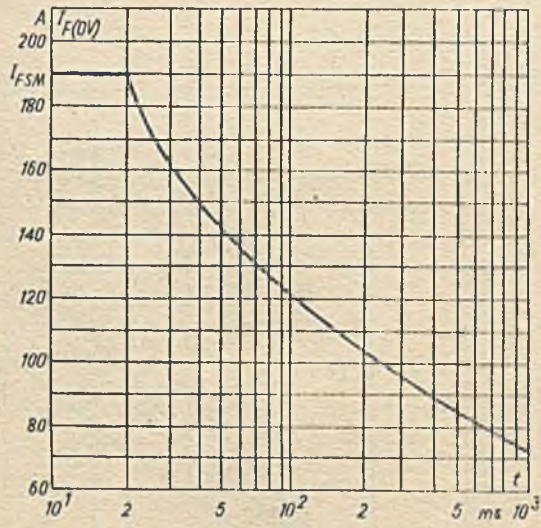


Rys.36. Dioda D00-10, D01-10. Charakterystyka przewodzenia.

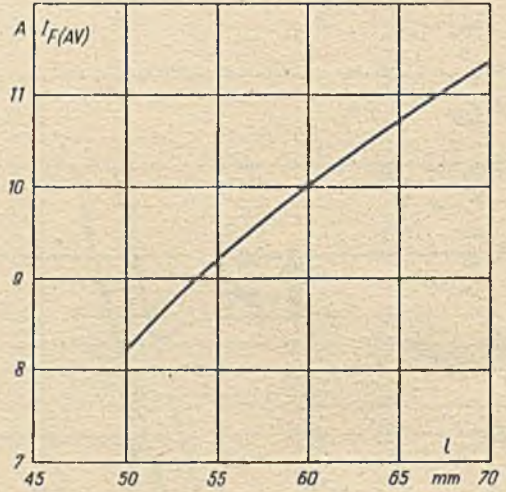


Rys.37. Dioda D00-10, D01-10. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia.

D00-10
 D00-10R
 D01-10
 D01-10R



Rys.38. Dioda D00-10, D01-10. Charakterystyka przeciążalności granicznej.



Rys.39. Dioda D00-10, D01-10. Zależność dopuszczalnego prądu przewodzenia od długości radiatora typu RL.

DIODY

D10-100, D10-100R, D10-200, D10-200R

Dioda D10-100, D10-100R

Prąd graniczny

Powtarzalne napięcie wsteczne

Znamionowe warunki termiczne

radiator

$I_F/AV/M$
 U_{RRM}
RM 100

100 A
100...1800 V
V = 3 m/s

Dioda D10-200, D10-200R

Prąd graniczny

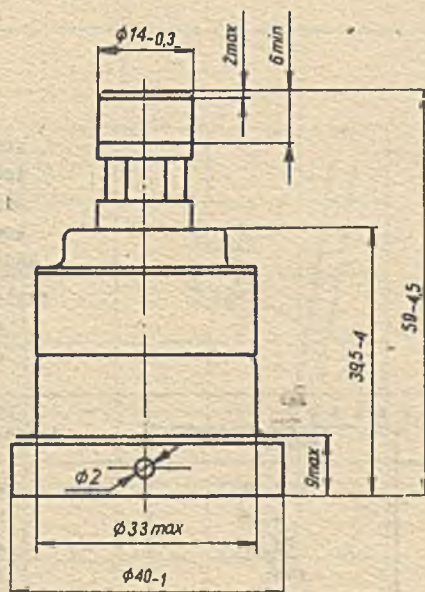
Powtarzalne napięcie wsteczne

Znamionowe warunki termiczne

radiator

$I_F/AV/M$
 U_{RRM}
RM 180

200 A
100...1800 V
V = 6 m/s



Rys.40. Dioda D10-100, D10-200.

Przykład oznaczenia:

D10-200-12 dioda o prądzie 200 A i napięciu powtarzalnym 1200 V.

D10-100
 D10-100R
 D10-200
 D10-200R

Klasa	U_{RRM}	U_{RSM}	I_{RRM} D10-100	I_{RRM} D10-200
-	V	V	mA	mA
01	100	120		
02	200	240		
03	300	360		
04	400	480		
05	500	600		
06	600	720	20	30
07	700	840		
08	800	960		
09	900	1080		
10	1000	1200		
12	1200	1440		
14 x/	1400	1680		
16 x/	1800	1920		

x/ Dostawa po uzgodnieniu z producentem.

Dioda D10-100

$I_{F/AV/}$	radiator P 101	$V = 6 \text{ m/s}$	100	A
	radiator RM 85	$V = 6 \text{ m/s}$	100	A
	radiator RM 100	$V = 0 \text{ m/s}$	75	A
I_{FSM}	$\psi_o = 100^\circ\text{C}$		100	A
	$\psi_j = 140^\circ\text{C}$		2500	A
I^2t	$\psi_j = 140^\circ\text{C}$		31250	A^2s
$U_{F/AV/}$	$I_{F/AV/} = 100 \text{ A}$		0,7	V
R_{thjo}			0,3	$^\circ\text{C/W}$

Parametr	Warunki pomiaru	Wartość		Jednostka
		typowa	maks.	
U_{FM}	$I_{FM} = 315 \text{ A}$	1,3	1,65	V
$U_{TQ/}$		0,9	1,08	V
R_p		1,2	1,85	$\text{m}\Omega$
P_p	$I_{F/AV/} = 100 \text{ A}$	120	155	W
Q_{rr}	$I_{FM} = 100 \text{ A}$ $di/dt = 3,5 \text{ A}/\mu\text{s}$	80	150	μC

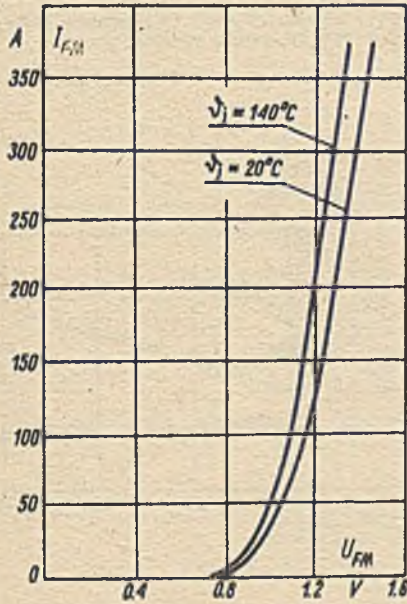
Dioda D10-200

$I_{F/AV/}$	radiator P 201	$V = 6 \text{ m/s}$	200	A
	radiator RM 140	$V = 8 \text{ m/s}$	200	A
	radiator RM 160	$V = 0 \text{ m/s}$	120	A
I_{FSM}	$\psi_o = 200^\circ\text{C}$		200	A
	$\psi_j = 140^\circ\text{C}$		4000	A
I^2t	$\psi_j = 140^\circ\text{C}$		80000	A^2s
$U_{F/AV/}$	$I_{F/AV/} = 200 \text{ A}$		0,64	V
R_{thjo}			0,2	$^\circ\text{C/W}$

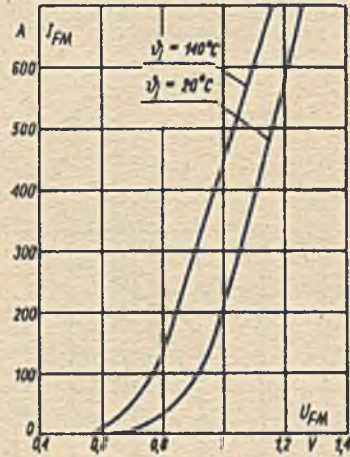
D10-100
 D10-100R
 D10-200
 D10-200R

Parametr	Warunki pomiaru	Wartość		Jednostka
		typowa	maks.	
U_{FM}	$I_{FM} = 630 \text{ A}$	1,25	1,55	V
U_{TO}/r_F		0,94	1,09	V
r_F		0,55	0,62	m Ω
Q_{rr}	$I_{FM} = 100 \text{ A}$ $di/dt = 3,5 \text{ A}/\mu\text{s}$	150	380	μC

Zakres temperatur pracy siłozu -40.....+140 °C
 Zakres temperatur przechowywania -40.....+140 °C
 Zakres momentu dokręcającego śruby płytki dociskowej do radiatora:
 D10-100 2.....2,5 Nm /20.....25 KGcm/
 D10-200 2,5.....3 Nm /25.....30 KGcm/
 Masa diody 200 g
 Masa diody z radiatorem RM 100 1300 g
 Masa diody z radiatorem RM 160 1900 g

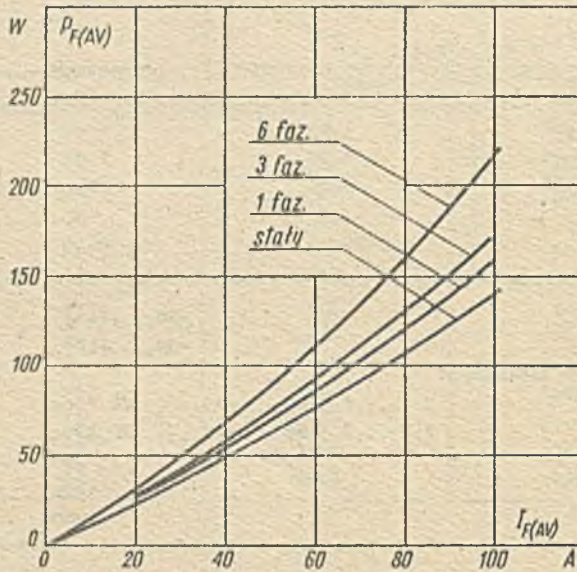


Rys.41. Dioda D10-100. Charakterystyka przewodzenia.

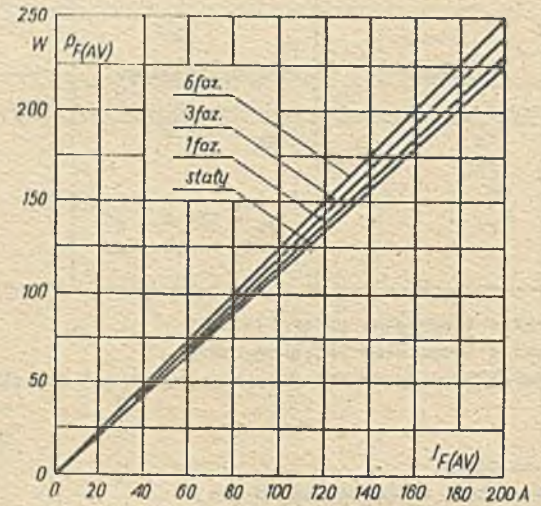


Rys.42. Dioda D10-200. Charakterystyka przewodzenia.

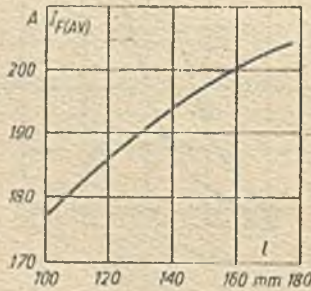
D10-100
 D10-100R
 D10-200
 D10-200R



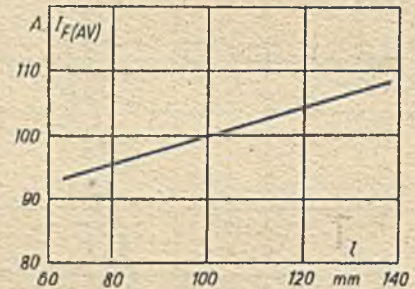
Rys.43. Dioda D10-100. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia.



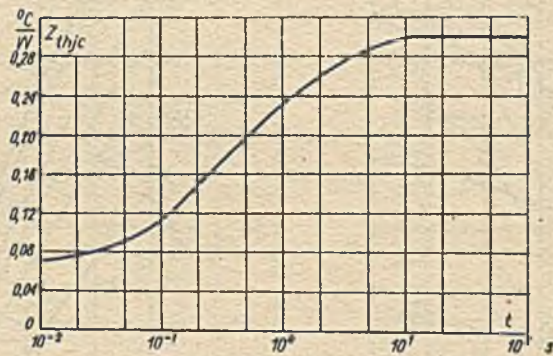
Rys.44. Dioda D10-200. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia.



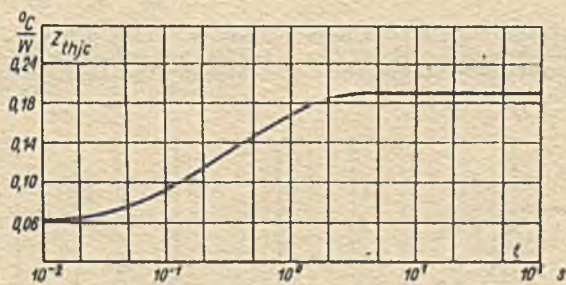
Rys.45. Dioda D10-100. Zależność dopuszczalnego prądu przewodzenia od długości radiatora typu RM przy $V = 3$ m/s.



Rys.46. Dioda D10-200. Zależność dopuszczalnego prądu przewodzenia od długości radiatora RM przy $V = 6$ m/s.

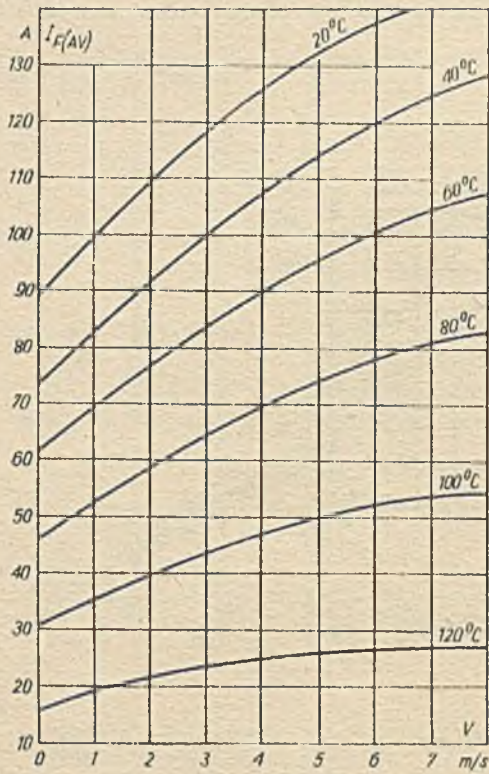


Rys.47. Dioda D10-100. Zależność przejściowej impedancji termicznej od czasu.

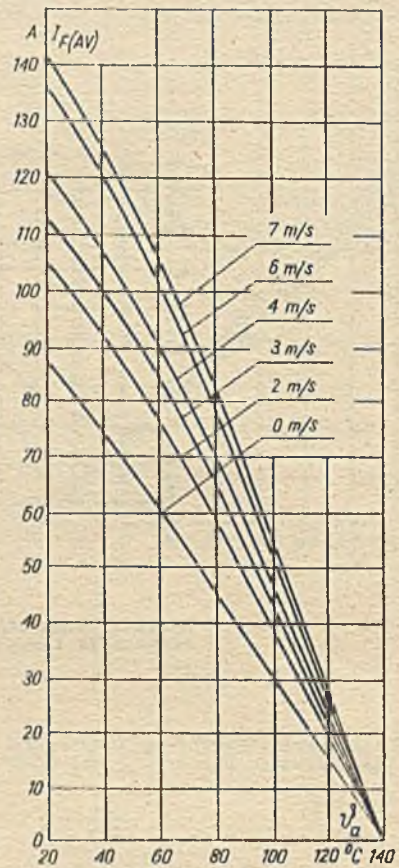


Rys.48. Dioda D10-200. Zależność przejściowej impedancji termicznej od czasu.

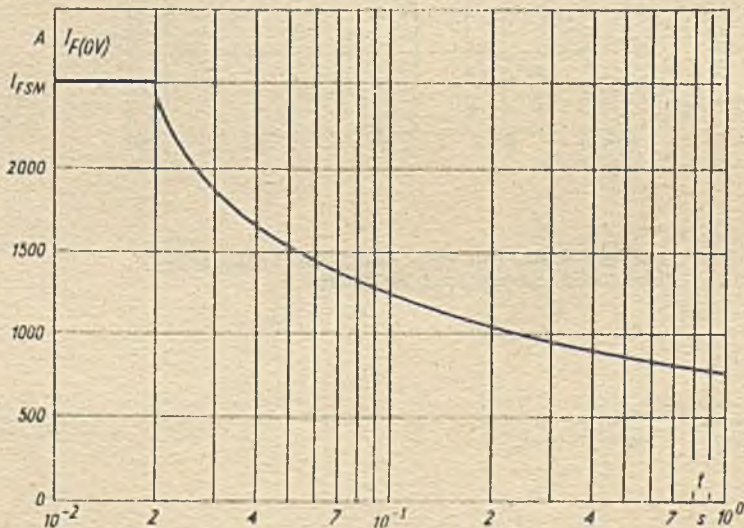
D10-100
 D10-100R
 D10-200
 D10-200R



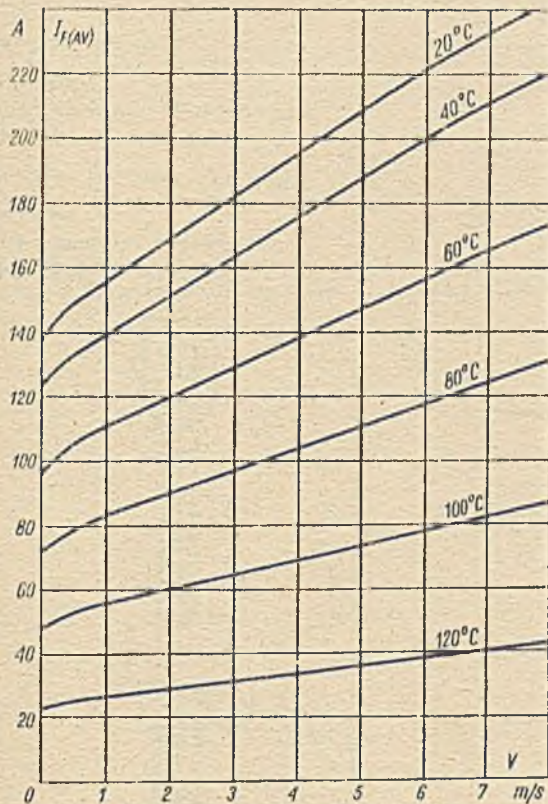
Rys.49. Dioda D10-100. Zależność dopuszczalnego prądu przewodzenia od prędkości chłodzącego powietrza przy różnych temperaturach otoczenia.



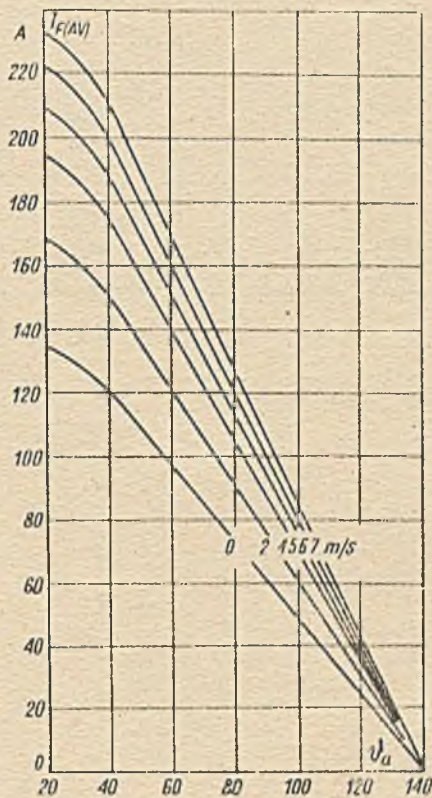
Rys.50. Dioda D10-100. Zależność dopuszczalnego prądu przewodzenia od temperatury otoczenia przy różnych prędkościach chłodzącego powietrza.



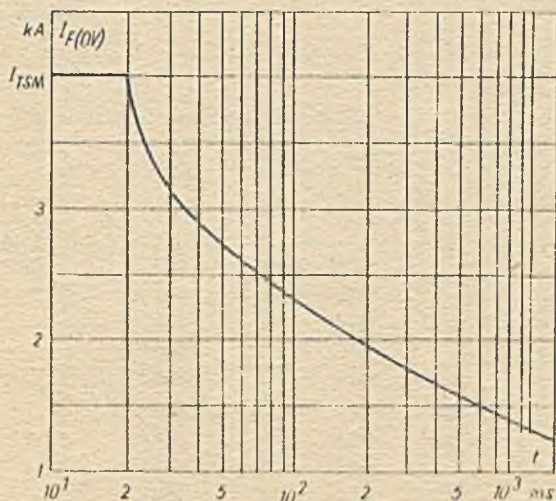
Rys.51. Dioda D10-100. Charakterystyka przeciążalności granicznej.



Rys.52. Dioda D10-200. Zależność dopuszczalnego prądu przewodzenia od prędkości chłodzącego powietrza przy różnych temperaturach otoczenia.



Rys.53. Dioda D10-200. Zależność dopuszczalnego prądu przewodzenia od temperatury otoczenia przy różnych prędkościach chłodzącego powietrza.



Rys.54. Dioda D10-200. Charakterystyka przeciążalności granicznej.

DIODY

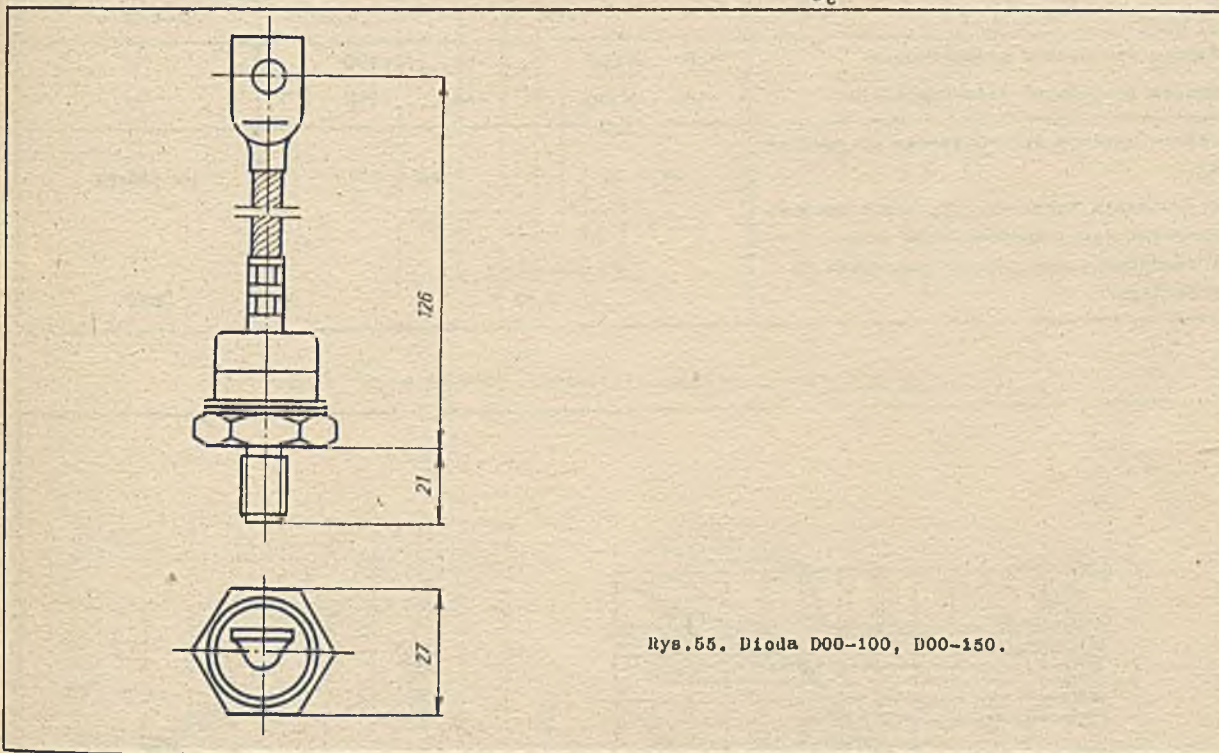
D00-100, D00-100R, D00-150, D00-150R

Dioda D00-100, D00-100R

Prąd graniczny	$I_{F/AV/M}$	100	A
Powtarzalne napięcie wsteczne	U_{RRM}	100...1400	V
Maksymalna temperatura diody	ϑ_c	130	$^{\circ}C$

Dioda D00-150, D00-150R

Prąd graniczny	$I_{F/AV/M}$	150	A
Powtarzalne napięcie wsteczne	U_{RRM}	100...1400	V
Maksymalna temperatura diody	ϑ_c	110	$^{\circ}C$



Rys.55. Dioda D00-100, D00-150.

Przykład oznaczenia:

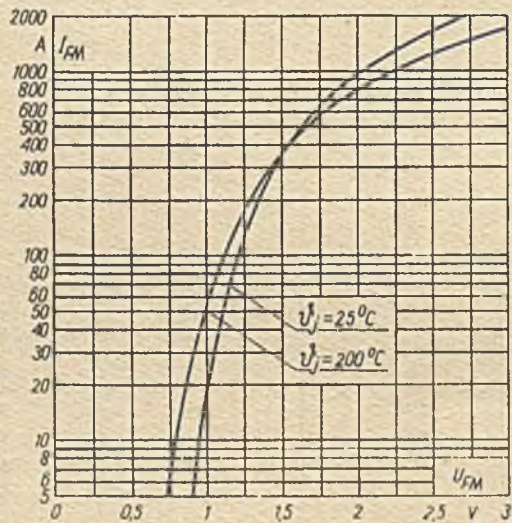
D00-150-08 dioda o prądzie 150 A i napięciu powtarzalnym 800 V

Klasa	U_{RRM}	U_{RSM}	$U_R^{x/}$	I_{RRM} D00-100	I_{RRM} D00-150
-	V	V	V	mA	mA
01	100	200	100	24	9,5
02	200	300	200	24	9,5
03	300	400	300	24	9,0
04	400	525	400	24	9,0
05	500	650	500	21	8,0
06	600	800	600	17	6,5
08	800	1050	800	13	5,5
10	1000	1300	1000	11	4,5
12	1200	1600	1200	9	4,0
14	1400	1800	1400	7	3,5

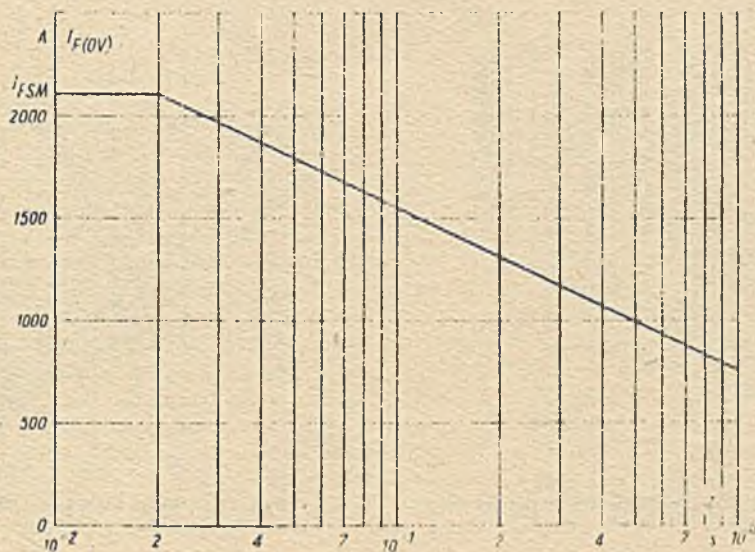
^{x/} wartość U_R dla napięcia stałego

D00-100
 D00-100R
 D00-150
 D00-150R

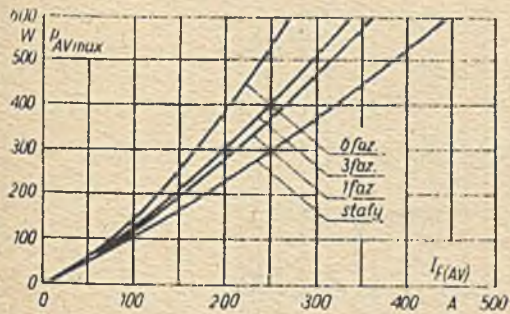
Parametr	Warunki pomiaru	D00-100	D00-150	Jednostka
$I_{F/RMS}/$	$\vartheta_j = 190^{\circ}C$	157	236	A
I_{FSM}	$\vartheta_j = 190^{\circ}C$	2100	2700	A
I^2t	$\vartheta_j = 190^{\circ}C$	22000	37200	A ² s
U_{FM}	$I_F = I_{F/AV/M \text{ maks. } \vartheta_o}$	1,5	1,35	V
R_{thjc}		0,40	0,35	$^{\circ}C/W$
Zakres temperatur pracy złącza		-40.....+190	-65.....+190	$^{\circ}C$
Zakres temperatur przechowywania		-40.....+190	-65.....+190	$^{\circ}C$
Zakres momentu dokręcającego do radiatora		16 + 20	/164 + 218/	Nm /KGom/
Rezystancja termiczna przejścia obudowa radiator /przy zastosowaniu smaru i właściwego momentu dokręcającego do radiatora/		0,12		$^{\circ}C/W$



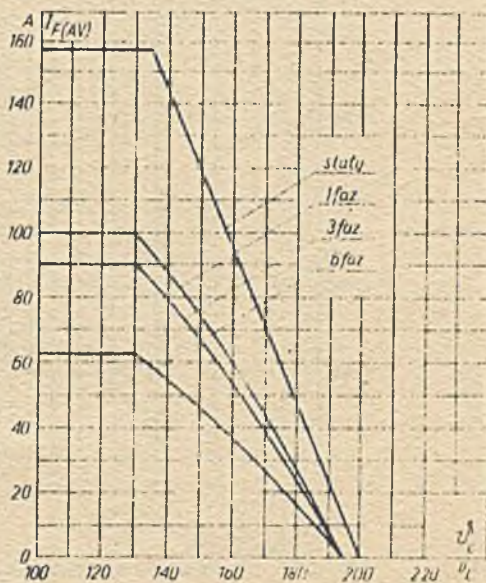
rys.58. Dioda D00-100. Charakterystyka przewodzenia .



Rys. 57. Dioda D00-100. Charakterystyka przeciążalności granicznej.

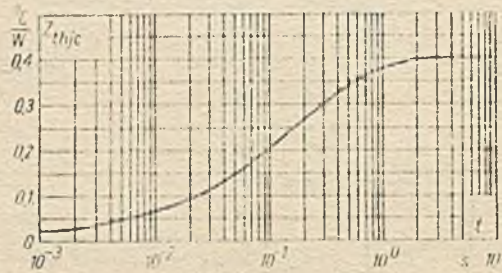


Rys. 58. Dioda D00-100. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia.

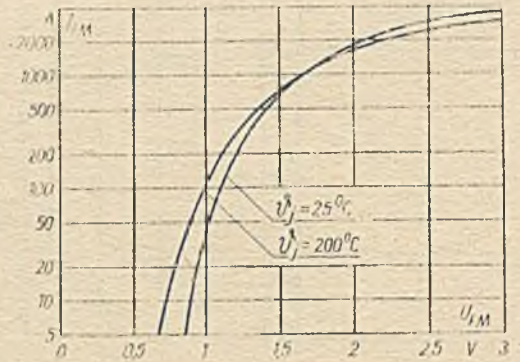


Rys. 59. Dioda D00-100. Zależność dopuszczalnego prądu przewodzenia od temperatury obudowy.

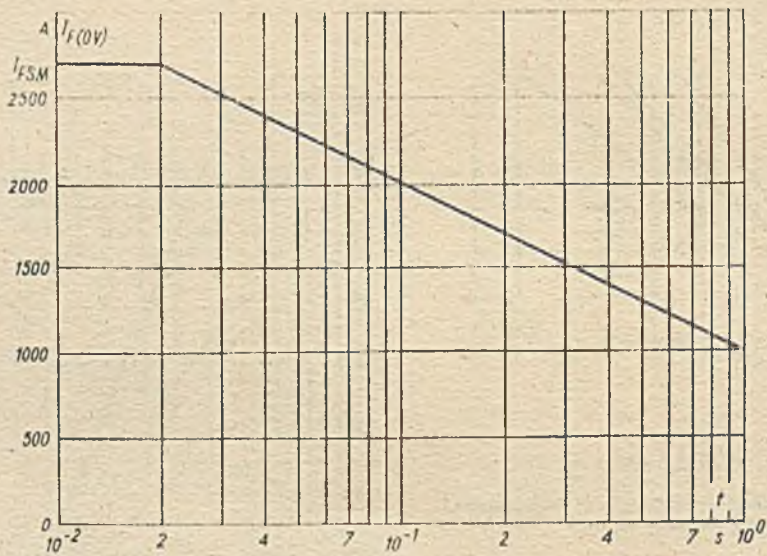
D00-100
 D00-100R
 D00-150
 D00-150R



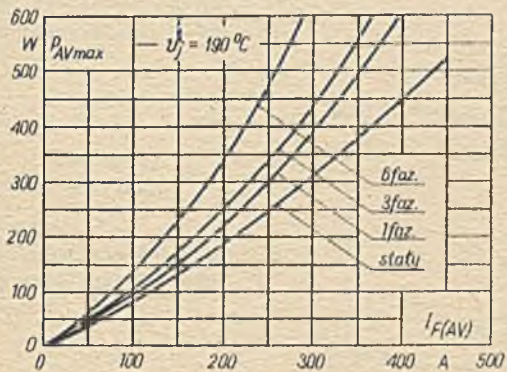
Rys.60. Dioda D00-100. Zależność przejściowej impedancji termicznej od czasu.



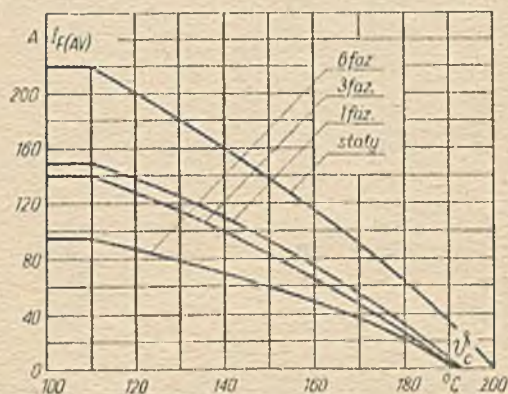
Rys.61. Dioda D00-150. Charakterystyka przewodzenia.



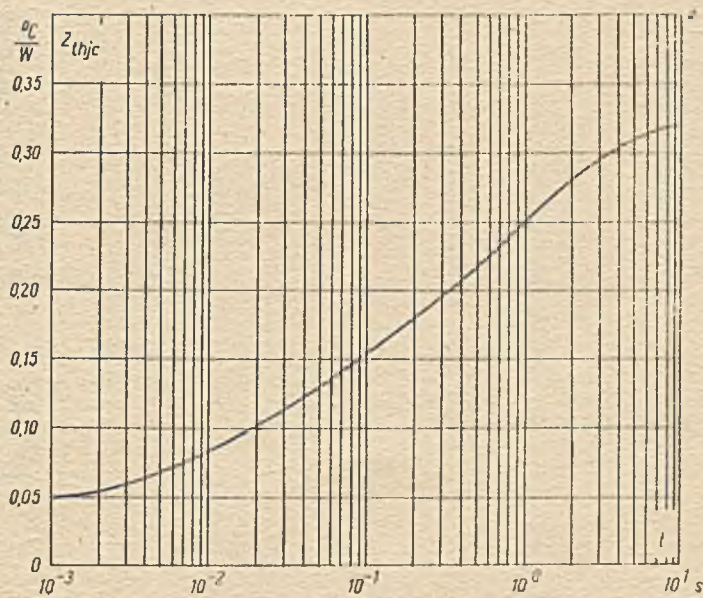
Rys.62. Dioda D00-150. Charakterystyka przeciążalności granicznej.



Rys.63. Dioda D00-150. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia.



Rys.64. Dioda D00-150. Zależność dopuszczalnego prądu przewodzenia od temperatury obudowy.



Rys.65. Dioda D00-150. Zależność przejściowej impedancji termicznej od czasu.

DIODY

D00-200, D00-200R, D00-250, D00-250R

Diody D00-200, D00-200R

Prąd graniczny

Powtarzalne napięcie wsteczne

Maksymalna temperatura diody

dla

$$U_{RRM} \leq 1200 \text{ V}$$

$$1200 \text{ V} < U_{RRM} \leq 2000 \text{ V}$$

$$1200 \text{ V} < U_{RRM} \leq 2800 \text{ V}$$

$$I_{F/AV/M}$$

$$U_{RRM}$$

$$T_c$$

200

100...2800

140

125

100

A

V

°C

°C

°C

Diody D00-250, D00-250R

Prąd graniczny

Powtarzalne napięcie wsteczne

Maksymalna temperatura diody

dla

$$U_{RRM} \leq 1200 \text{ V}$$

$$1200 \text{ V} < U_{RRM} \leq 2000 \text{ V}$$

$$I_{F/AV/M}$$

$$U_{RRM}$$

$$T_c$$

250

100...2000

130

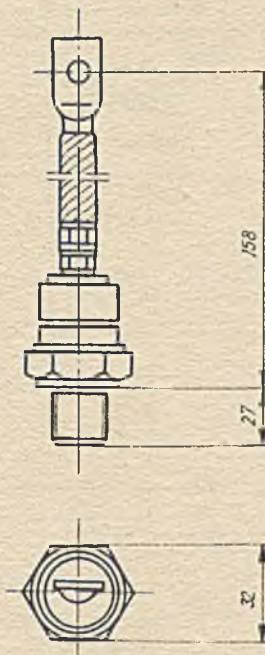
115

A

V

°C

°C



Rys. 66. Diody D00-200, D00-250.

Przykład oznaczenia:

D00-200-26 dioda o prądzie 200 A i napięciu powtarzalnym 2600 V.

D00-200
D00-200R
D00-250
D00-250R

Klasa	U_{RRM}	U_{RSM}	I_{RRM}
-	V	V	mA
01	100	200	50
02	200	300	
04	400	500	
06	600	700	
08	800	1000	
10	1000	1200	
12	1200	1400	
14	1400	1600	
16	1800	1800	
18	1800	2000	
20	2000	2200	
22	2200	2400	
24	2400	2600	
26	2600	2800	
28	2800	3000	

Parametr	Warunki pomiaru	D00-200	D00-250	Jednostka
$I_{F/RMS/}$		315	400	A
I_{FSM}		5000	5450	A
I^2t		125000	150000	A^2s
U_{FM}	$I_{FM} = 800 A \quad \dot{U}_j = 25^\circ C$	1,7	1,6	V
	$I_F = I_{F/AV/M} \text{ maks. } \dot{U}_c$	1,45	1,45	V
t_{rr}	$I_{FM} = 785 A \quad t_{IFM} = 100 \mu s$ $di_R/dt = 25 A/\mu s$ $\dot{U}_c = 25^\circ C$			
	$U_{RRM} \leq 1200 V$	9	9	μs
	$1200 V < U_{RRM} \leq 2000 V$	11	11	μs
	$2000 V < U_{RRM} \leq 2800 V$	13	-	μs

Zakres temperatur pracy złącza

dla	$U_{RRM} \leq 1200 V$	-65.... +190 °C
	$1200 V < U_{RRM} \leq 2000 V$	-65.... +170 °C
	$2000 V < U_{RRM} \leq 2800 V$	-65.... +150 °C

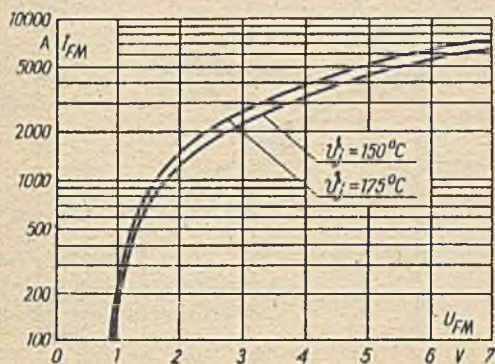
Zakres temperatur przechowywania

-65.... +190 °C

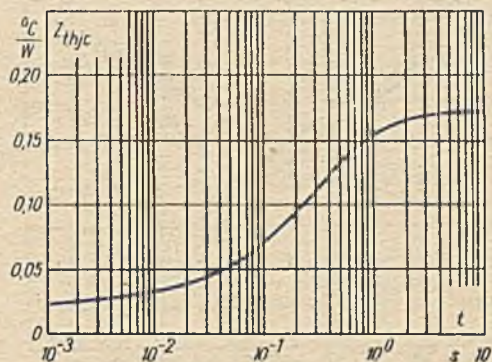
R_{thjo} 0,17 °C/W

R_{thcr} /przy zastosowaniu smaru i właściwego momentu dokręcającego do radiatora/ 0,1 °C/W

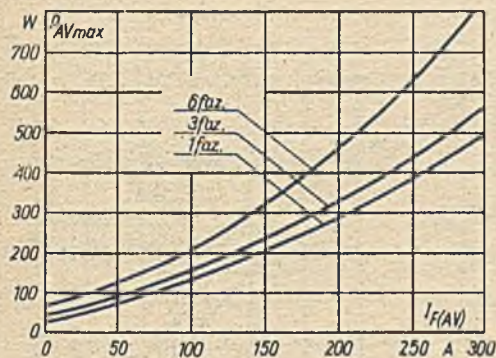
Moment dokręcający do radiatora 40,6 Nm /415 KGcm/



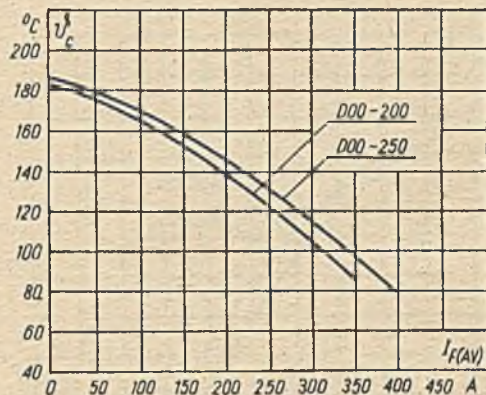
Rys.67. Dioda D00-200, D00-250. Charakterystyka przewodzenia.



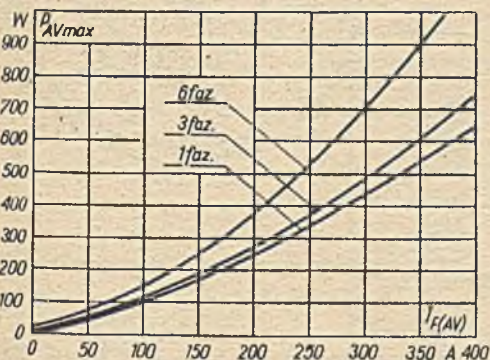
Rys.70. Dioda D00-200, D00-250. Zależność przejściowej impedancji termicznej od czasu.



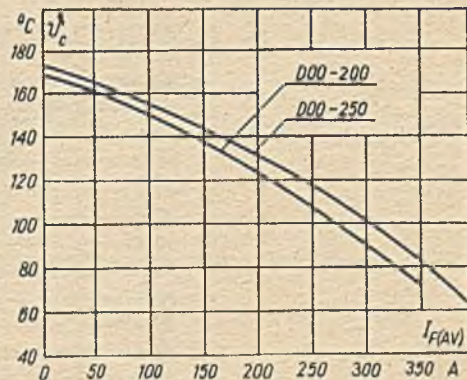
Rys.68. Dioda D00-200. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia.



Rys.71. Dioda D00-200, D00-250. Zależność temperatury obudowy od jednofazowego prądu przewodzenia $U_{RNM} \leq 1200 \text{ V}$.

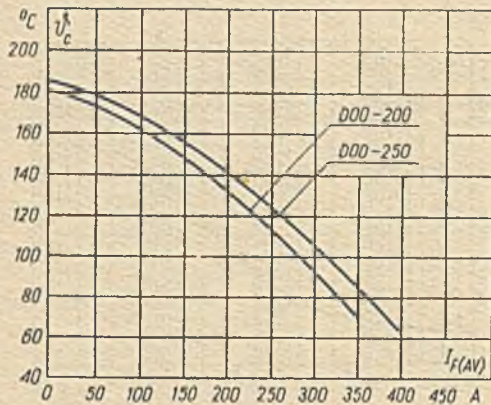


Rys.69. Dioda D00-250. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia.

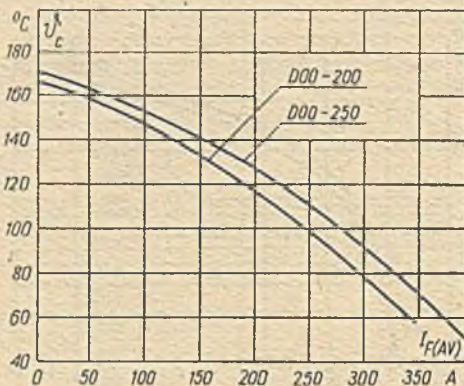


Rys.72. Dioda D00-200, D00-250. Zależność temperatury obudowy od jednofazowego prądu przewodzenia $1200 \text{ V} < U_{RNM} \leq 2000 \text{ V}$.

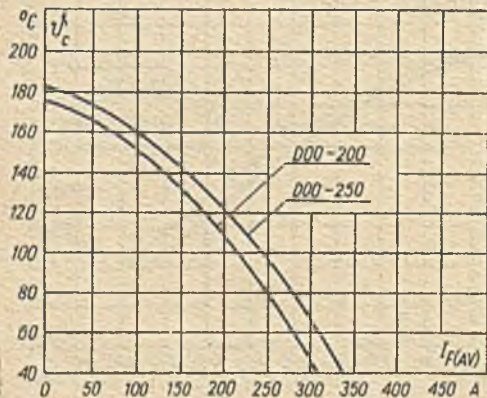
D00-200
 D00-200R
 D00-250
 D00-250R



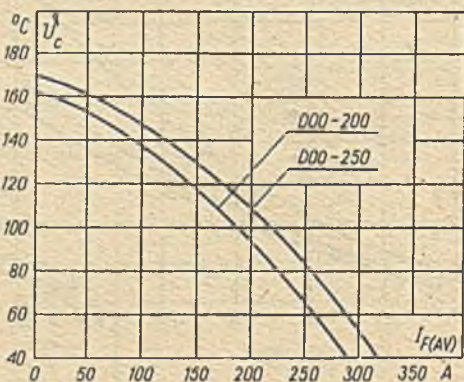
Rys.73. Dioda D00-200, D00-250. Zależność temperatury obudowy od trójfazowego prądu przewodzenia $U_{RRM} < 1200$ V.



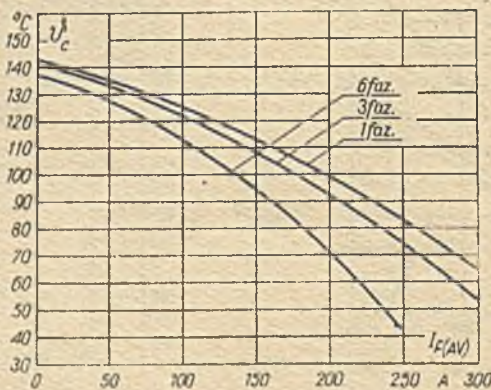
Rys.74. Dioda D00-200, D00-250. Zależność temperatury obudowy od trójfazowego prądu przewodzenia 1200 V $< U_{RRM} < 2000$ V.



Rys.75. Dioda D00-200, D00-250. Zależność temperatury obudowy od sześciofazowego prądu przewodzenia $U_{RRM} < 1200$ V.



Rys.76. Dioda D00-200, D00-250. Zależność temperatury obudowy od sześciofazowego prądu przewodzenia 1200 V $< U_{RRM} < 2000$ V.



Rys.77. Dioda D00-200. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia 2000 V $< U_{RRM} < 2800$ V.

DIODY

D20-300, D20-400

Dioda D20-300

Prąd graniczny

Powtarzalne napięcie wsteczne

Maksymalna temperatura diody

dla

$$U_{RRM} \leq 1200 \text{ V}$$

$$1200 \text{ V} < U_{RRM} \leq 2000 \text{ V}$$

$I_{F/\Delta V/\mu}$

300

A

U_{RRM}

100....2000

V

ϑ_o

140

°C

125

°C

Dioda D20-400

Prąd graniczny

Powtarzalne napięcie wsteczne

Maksymalna temperatura diody

dla

$$U_{RRM} \leq 1200 \text{ V}$$

$$1200 \text{ V} < U_{RRM} \leq 2000 \text{ V}$$

$I_{F/\Delta V/\mu}$

400

A

U_{RRM}

100....2000

V

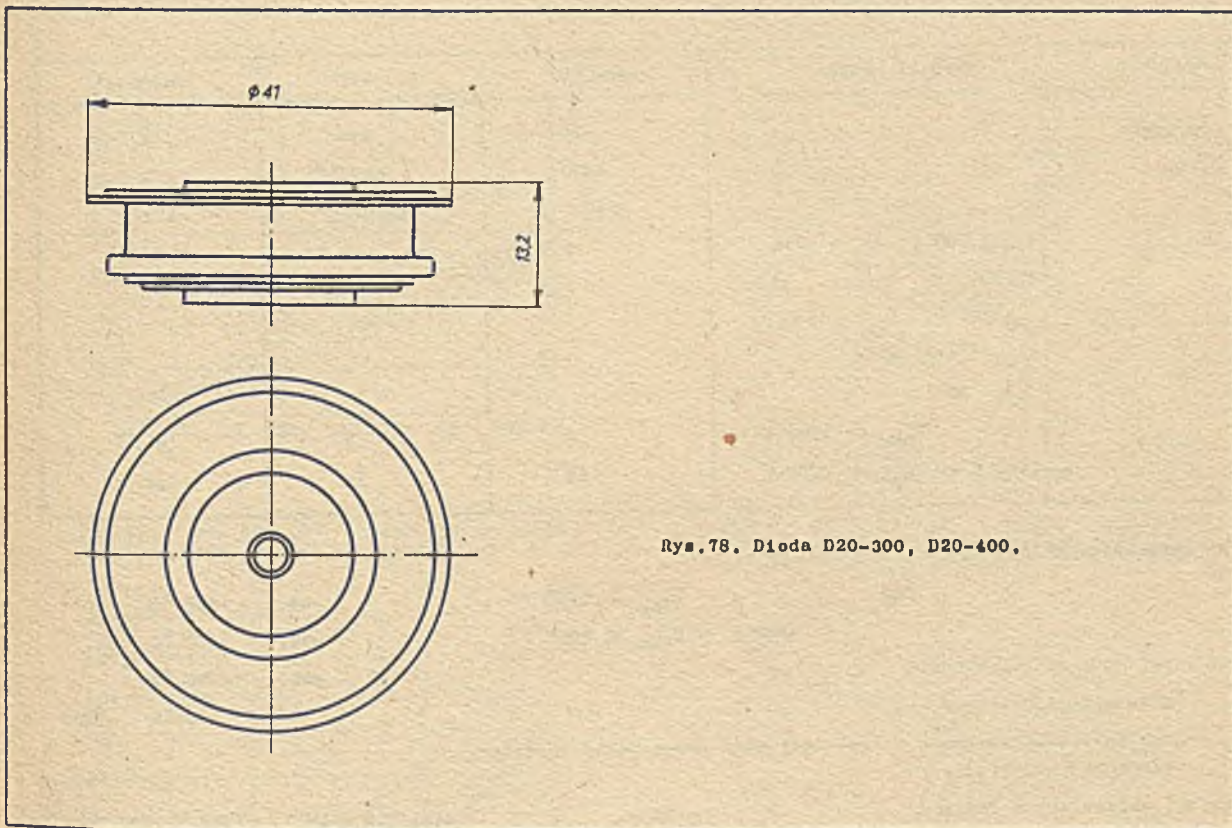
ϑ_o

125

°C

110

°C



Rys. 78. Dioda D20-300, D20-400.

Przykład oznaczenia:

D20-400-16 dioda o prądzie 400 A i napięciu powtarzalnym 1600 V.

Klasa	U_{RRM}	U_{RSM}	I_{RRM}
-	V	V	mA
01	100	200	50
02	200	300	
04	400	500	
06	600	700	
08	800	1000	
10	1000	1200	
12	1200	1400	
14	1400	1600	
16	1600	1800	
18	1800	2000	
20	2000	2200	

Parametr	Warunki pomiaru	D20-300	D20-400	Jednostka
$I_F/RMS/$		470	625	A
I_{FSM}		5000	5500	A
I^2t		125000	150000	A ² s
U_{FM}	$I_{FM} = 800 \text{ A}$ $\vartheta_j = 25^\circ\text{C}$	1,7	1,5	V
	$I_F = I_F/AV/M$ maks. ϑ_o	1,7	1,85	V
t_{rr}	$I_{FM} = 785 \text{ A}$ $t_{IFM} = 100 \mu\text{s}$ $di_R/dt = 25 \text{ A}/\mu\text{s}$ $\vartheta_o = 25^\circ\text{C}$			
	$U_{RRM} \leq 1200 \text{ V}$	9	9	μs
	$1200 \text{ V} < U_{RRM} \leq 2000 \text{ V}$	11	11	μs

Zakres temperatur pracy siłosa

dla $U_{RRM} \leq 1200 \text{ V}$ -65.... +190 °C $1200 \text{ V} < U_{RRM} \leq 2000 \text{ V}$ -65.... +175 °C

Zakres temperatur przechowywania

-65.... +190 °C

 R_{thjc} / ochłodzenie obustronne /

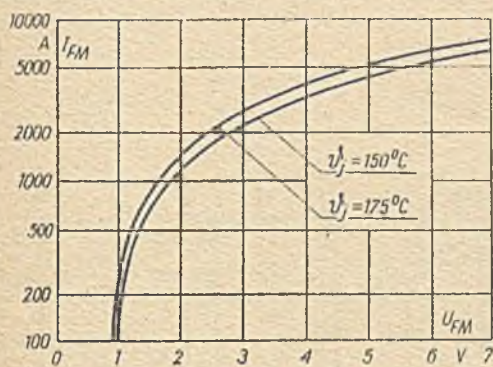
0,95 °C/W

 R_{thor} / przy zastosowaniu smaru i właściwej siły ściskającej radiator,
ochłodzenie dwustronne /

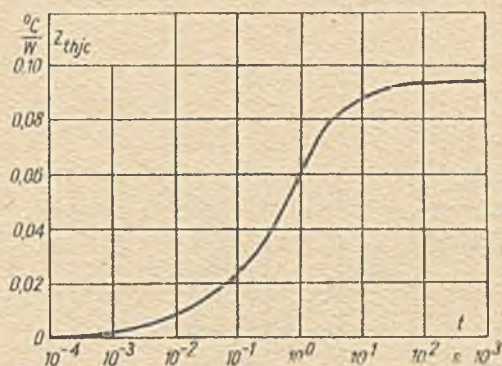
0,02 °C/W

Zakres sił ściskających radiator

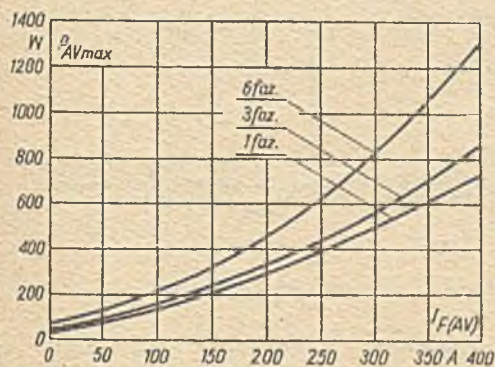
4,5....6,2 kN /454....630 kg/cm/



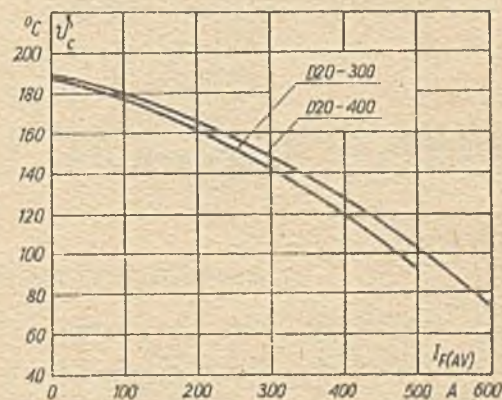
Rys.79. Dioda D20-300, D20-400. Charakterystyka przewodzenia.



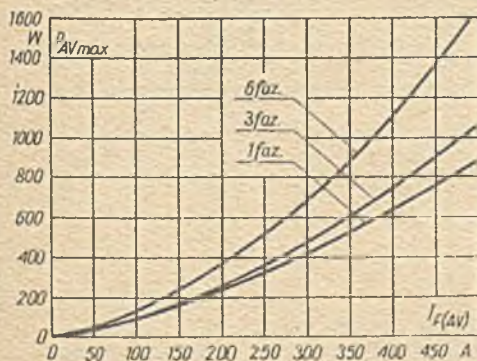
Rys.82. Dioda D20-300, D20-400. Zależność przejściowej impedancji termicznej od czasu.



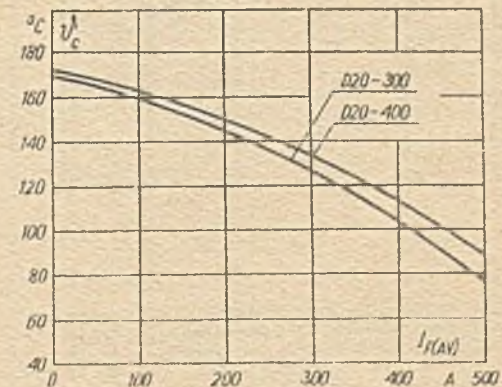
Rys.80. Dioda D20-300. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia.



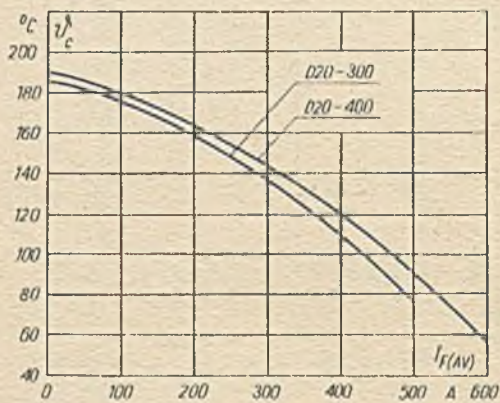
Rys.83. Dioda D20-300, D20-400. Zależność temperatury obudowy od jednofazowego prądu przewodzenia $U_{\text{RNM}} \leq 1200 \text{ V}$.



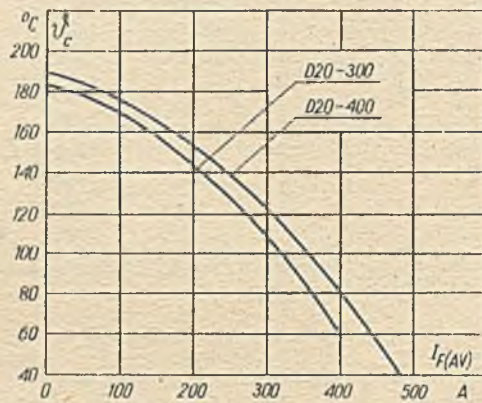
Rys.81. Dioda D20-400. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia.



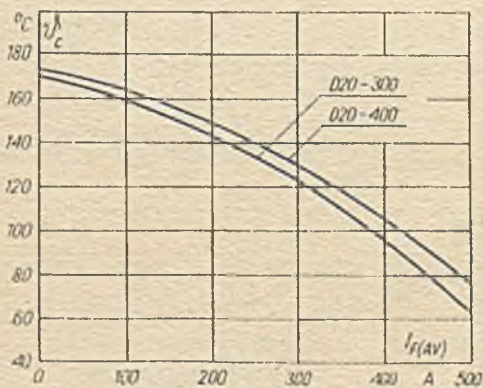
Rys.84. Dioda D20-300, D20-400. Zależność temperatury obudowy od jednofazowego prądu przewodzenia $1200 \text{ V} < U_{\text{RNM}} \leq 2000 \text{ V}$.



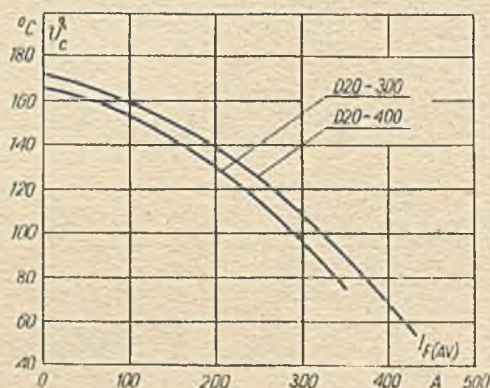
Rys.85. Dioda D20-300, D20-400. Zależność temperatury obudowy od trójfazowego prądu przewodzenia $U_{RRM} \leq 1200$ V.



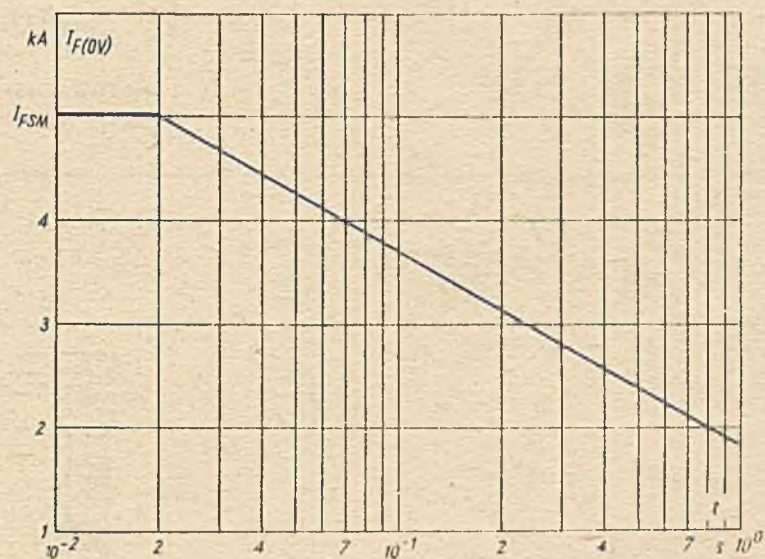
Rys.87. Dioda D20-300, D20-400. Zależność temperatury obudowy od sześciofazowego prądu przewodzenia $U_{RRM} \leq 1200$ V.



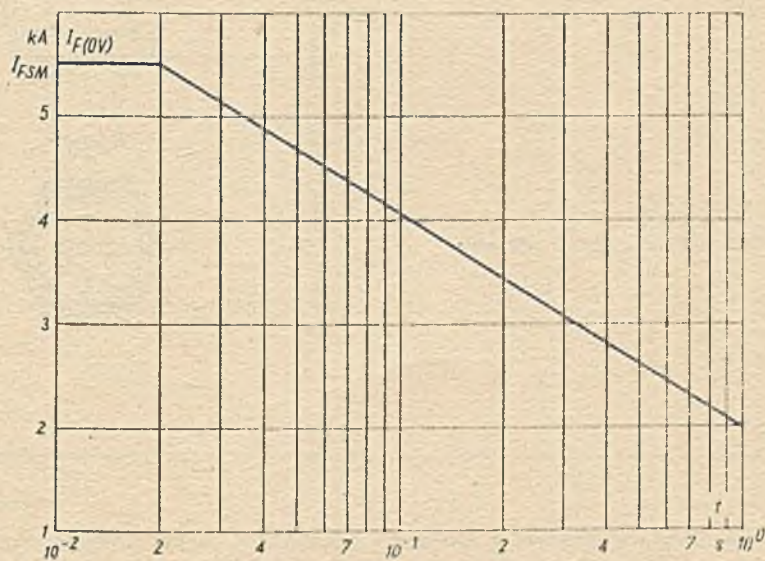
Rys.86. Dioda D20-300, D20-400. Zależność temperatury obudowy od trójfazowego prądu przewodzenia 1200 V $< U_{RRM} \leq 2000$ V.



Rys.88. Dioda D20-300, D20-400. Zależność temperatury obudowy od sześciofazowego prądu przewodzenia 1200 V $< U_{RRM} \leq 2000$ V.



Rys.89. Dioda D20-300, Charakterystyka przeciążalności granicznej.



Rys.90. Dioda D20-400, Charakterystyka przeciążalności granicznej.

DIODY

D00-300, D00-300R, D00-450, D00-450R

Dioda D00-300, D00-300R

Prąd graniczny

Powtarzalne napięcie wsteczne

Maksymalna temperatura diody

$I_{F/AV/M}$

U_{RRM}

ϑ_c

300

100...2000

80

A

V

°C

Dioda D00-450, D00-450R

Prąd graniczny

Powtarzalne napięcie wsteczne

Maksymalna temperatura diody

$I_{F/AV/M}$

U_{RRM}

ϑ_c

450

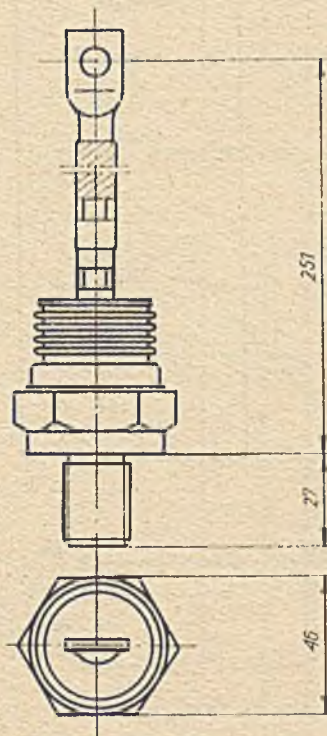
100...2000

110

A

V

°C



Rys. 91. Dioda D00-300, D00-450.

Przykład oznaczenia:

D00-450R-06 dioda o prądzie 450 A, polaryzacji odwrotnej i napięciu powtarzalnym 600 V.

D00-300
 D00-300R
 D00-450
 D00-450R

Klasa	I_{HRM} V	U_{RSM} V	I_{HRM} mA
-	V	V	mA
01	100	200	50
02	200	300	
04	400	500	
06	600	700	
08	800	1000	
10	1000	1200	
12	1200	1400	
14	1400	1600	
16	1600	1800	
18	1800	2000	
20	2000	2200	

Parametr	Warunki pomiaru	D00-300	D00-450	Jednostka
$I_{F/RMS}$		470	700	A
I_{FSM}		6300	7700	A
$I^2 t$		204000	266000	A ² s
U_{FM}	$I_{FM} = 1500 \text{ A}$ $\eta_j = 25^\circ\text{C}$	2,16	1,6	V
	$I_F = I_F / AV/M$ maks. η_c^k	2,1	1,45	V
t_{rr}	$I_{FM} = 785 \text{ A}$ $t_{IFM} = 100 \mu\text{s}$ $di_R/dt = 25 \text{ A/ns}$ $\eta_c^k = 25^\circ\text{C}$			
	$U_{HRM} \leq 1200 \text{ V}$	9	9	μs
	$1200 \text{ V} < U_{HRM} \leq 2000 \text{ V}$	11	11	μs

Zakres temperatur pracy łączy

dla

$U_{HRM} \leq 1200 \text{ V}$

-85.... +190 °C

$1200 \text{ V} < U_{HRM} \leq 2000 \text{ V}$

-85.... +175 °C

Zakres temperatur przechowywania

-85.... +190 °C

R_{thjc}

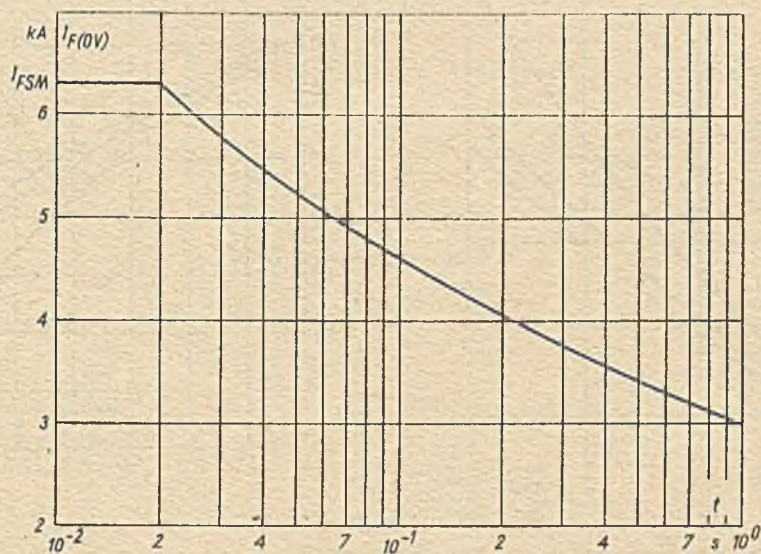
0,12 °C/W

R_{thcr} / przy założeniu smaru i właściwego momentu dokręcającego do radiatora /

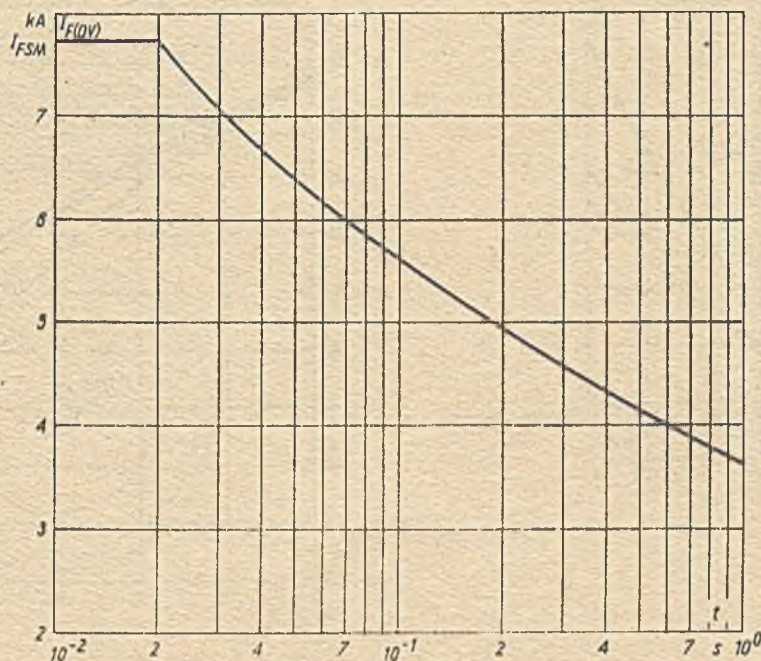
0,04 °C/W

Moment dokręcający do radiatora

40,6 Nm / 415 KGcm/

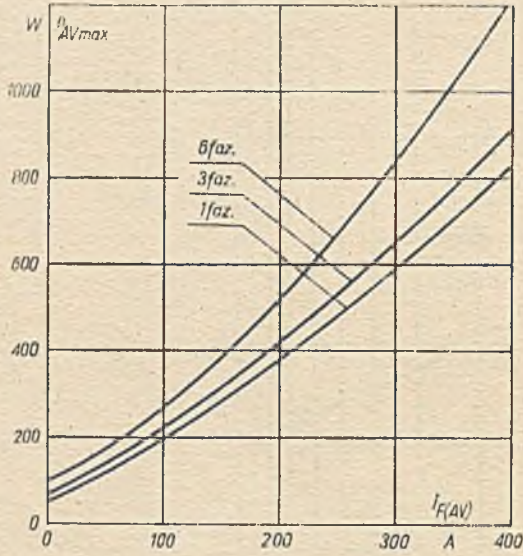


Rys. 92. Dioda D00-300. Charakterystyka przeciążalności granicznej.

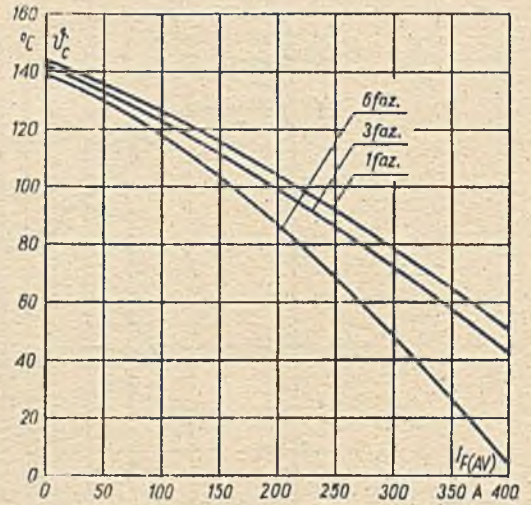


Rys. 93. Dioda D00-450. Charakterystyka przeciążalności granicznej.

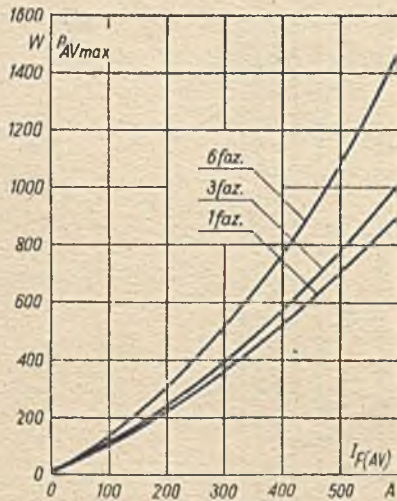
D00-300
 D00-300R
 D00-450
 D00-450R



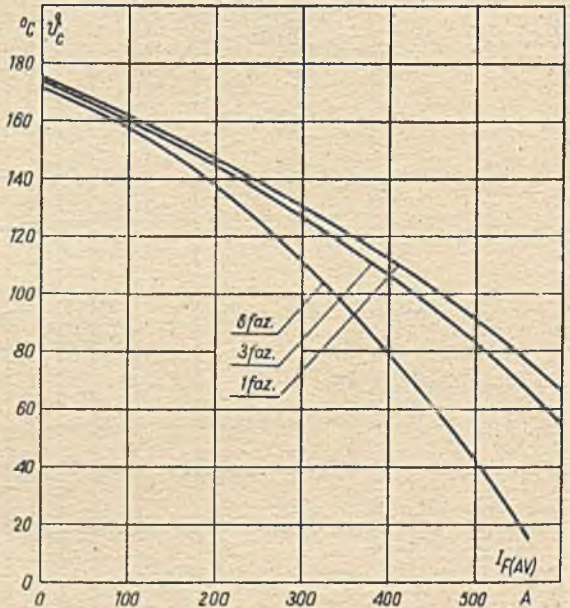
Rys.94. Dioda D00-300. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia.



Rys.96. Dioda D00-300. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia.



Rys.95. Dioda D00-450. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia.



Rys.97. Dioda D00-450. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia.

Dioda D20-500

Prąd graniczny

Powtarzalne napięcie wsteczne

Maksymalna temperatura diody

dla

$U_{RRM} \leq 1200 \text{ V}$
$1200 \text{ V} < U_{RRM} \leq 2000 \text{ V}$
$2000 \text{ V} < U_{RRM} \leq 3000 \text{ V}$

$I_F / \text{AV/M}$	500	A
U_{RRM}	100...3000	V
ϑ_c	150	°C
	125	°C
	100	°C

Dioda D20-800

Prąd graniczny

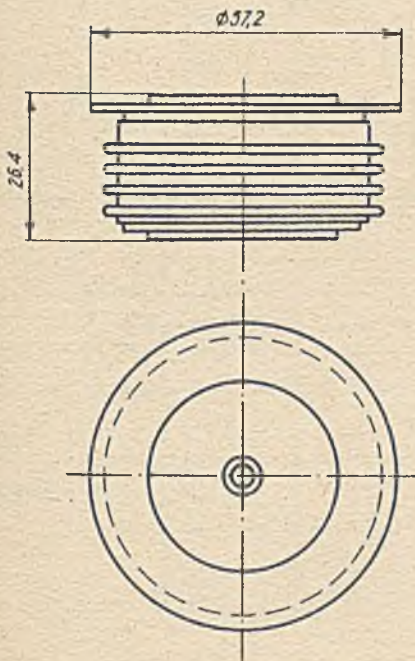
Powtarzalne napięcie wsteczne

Maksymalna temperatura diody

dla

$U_{RRM} \leq 1200 \text{ V}$
$1200 \text{ V} < U_{RRM} \leq 2000 \text{ V}$

$I_F / \text{AV/M}$	800	A
U_{RRM}	100...2000	V
ϑ_c	125	°C
	100	°C



Rys. 98. Dioda D20-500, D20-800.

Przykład oznaczenia:

D20-800-20 dioda o prądzie 800 A i napięciu powtarzalnym 2000 V.

Klasa	U_{RRM}	U_{RSM}	I_{RRM}
-	V	V	mA
01	100	200	100
02	200	300	
03	300	400	
04	400	500	
06	600	800	
08	800	1000	
10	1000	1200	
12	1200	1400	
14	1400	1800	
16	1800	1800	
18	1800	2000	
20	2000	2200	
22	2200	2400	
24	2400	2800	
26	2800	2800	
28	2800	3000	
30	3000	3200	

Parametr	Warunki pomiaru	D20-500	D20-800	Jednostka
$I_{P/RMS/}$		785	1250	A
I_{FSM}	$\vartheta_j = 150^\circ\text{C}$	6400	-	A
	$\vartheta_j = 175^\circ\text{C}$	-	7700	A
I^2t		204000	300000	A^2s
U_{FM}	$I_{FM} = 1500\text{ A}$ $\vartheta_o = 25^\circ\text{C}$	1,8	1,6	V

Zakres temperatur pracy siłosa

dla D20-500 -40.... +150 °C
D20-800 -40.... +175 °C

Zakres temperatur przechowywania

-40.... +190 °C

R_{thjc} / ochłodzenie obustronne/

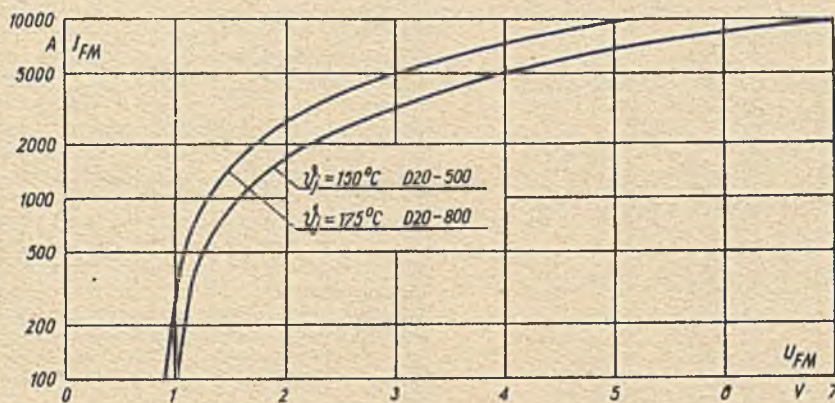
0,6 °C/W

R_{thor} / przy zastosowaniu smaru i właściwej sily ścisniającej radiator,
ochłodzenie obustronne /

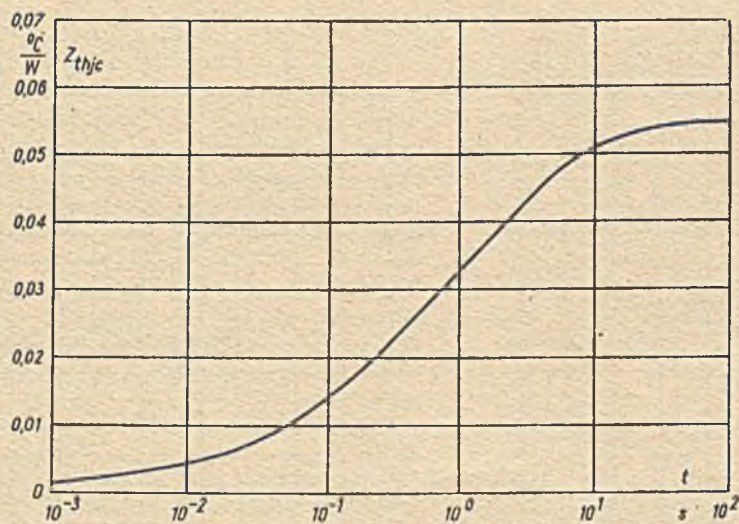
0,02 °C/W

Sila ścisniająca radiator

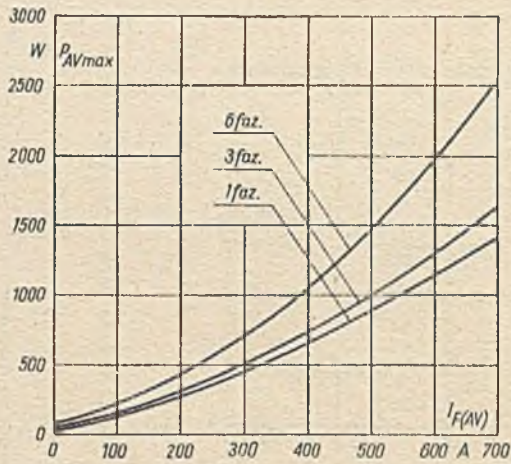
9 KN /900 KG/



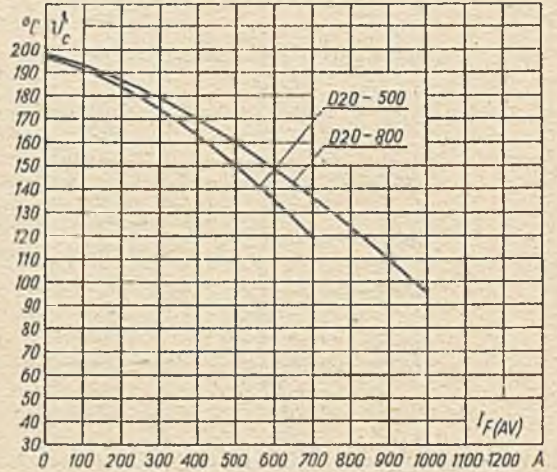
Rys.99. Dioda D20-500, D20-800. Charakterystyka przewodzenia.



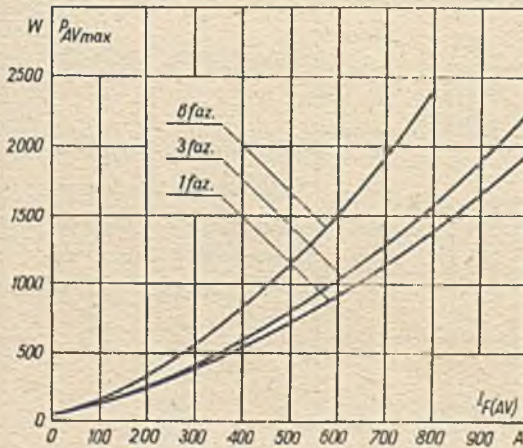
Rys.100. Dioda D20-500, D20-800. Zależność przejściowej impedancji termicznej od czasu.



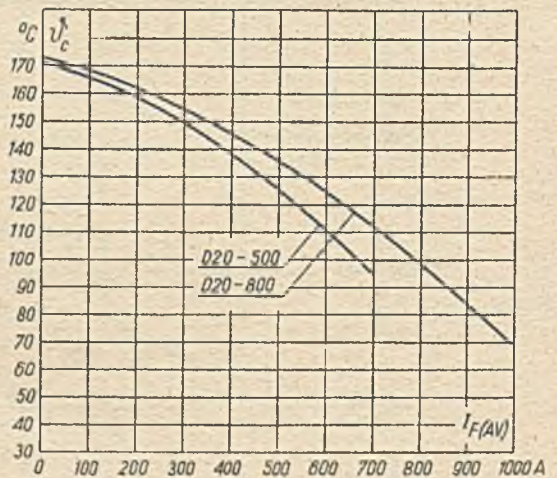
Rys.101. Dioda D20-500. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia.



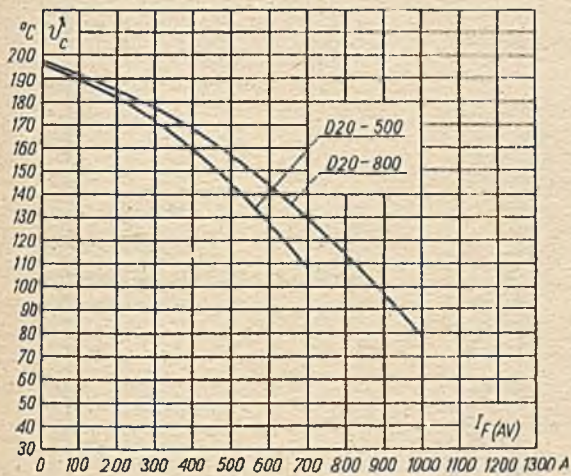
Rys.103. Dioda D20-500, D20-800. Zależność temperatury obudowy od jednofazowego prądu przewodzenia $U_{RRM} \leq 1200$ V.



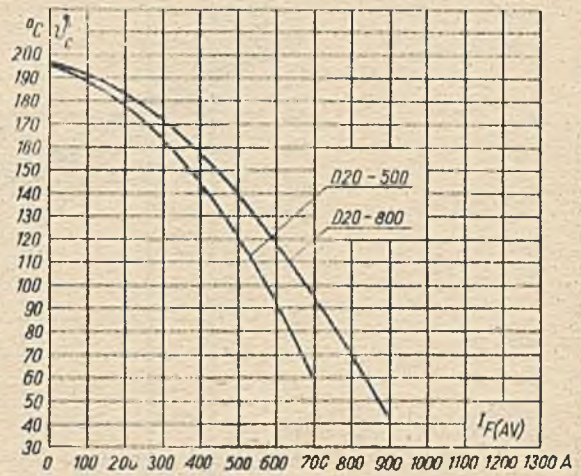
Rys.102. Dioda D20-800. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia.



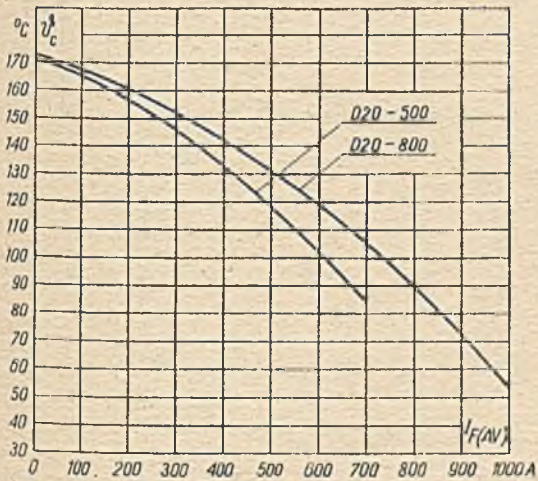
Rys.104. Dioda D20-500, D20-800. Zależność temperatury obudowy od jednofazowego prądu przewodzenia 1200 V $\leq U_{RRM} \leq 2000$ V.



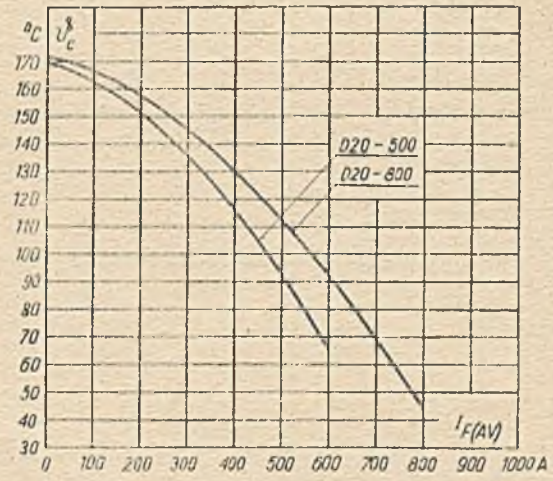
Rys.105. Dioda D20-500, D20-800. Zależność temperatury obudowy od trójfazowego prądu przewodzenia $U_{RRM} \leq 1200$ V.



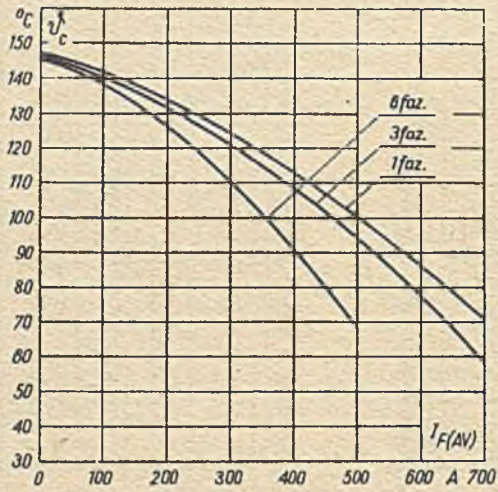
Rys.107. Dioda D20-500, D20-800. Zależność temperatury obudowy od sześciofazowego prądu przewodzenia $U_{RRM} \leq 1200$ V.



Rys.106. Dioda D20-500, D20-800. Zależność temperatury obudowy od trójfazowego prądu przewodzenia $1200 \text{ V} < U_{RRM} \leq 2000$ V.



Rys.108. Dioda D20-500, D20-800. Zależność temperatury obudowy od sześciofazowego prądu przewodzenia $1200 \text{ V} < U_{RRM} \leq 2000$ V.



Rys.109. Dioda D20-500. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia $2000\text{ V} < U_{RIM} \leq 3000\text{ V}$.

DIODY

D20-1100, D20-1600

Dioda D20-1100

Prąd graniczny

Powtarzalne napięcie wsteczne

Maksymalna temperatura diody

dla

$$U_{RRM} \leq 1200 \text{ V}$$

$$1200 \text{ V} < U_{RRM} \leq 2000 \text{ V}$$

$I_{F/AV/M}$

1100

A

U_{RRM}

100...2000

V

ϑ_c

140

$^{\circ}\text{C}$

130

$^{\circ}\text{C}$

Dioda D20-1600

Prąd graniczny

Powtarzalne napięcie wsteczne

Maksymalna temperatura diody

dla

$$U_{RRM} \leq 1200 \text{ V}$$

$$1200 \text{ V} < U_{RRM} \leq 1600 \text{ V}$$

$I_{F/AV/M}$

1600

A

U_{RRM}

100...1600

V

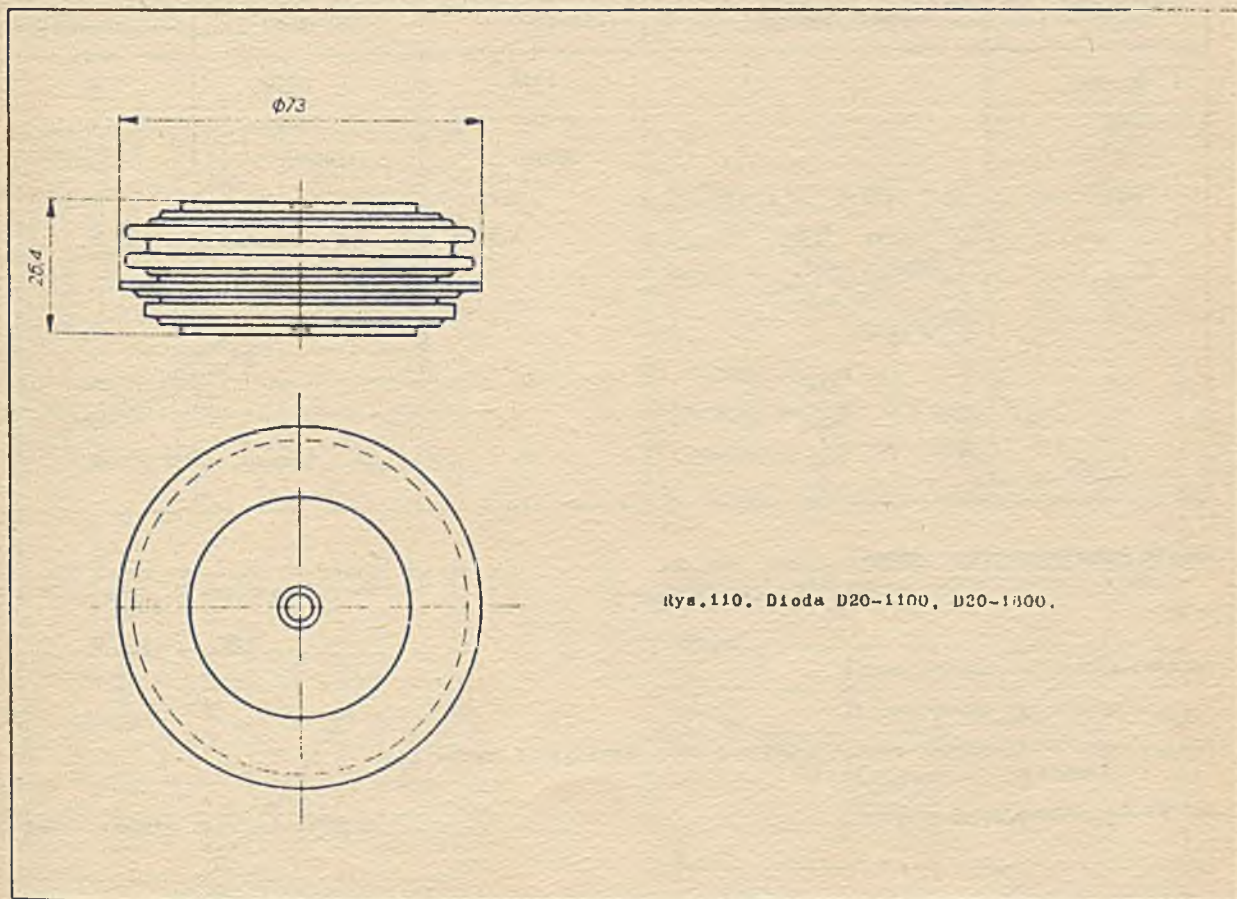
ϑ_c

125

$^{\circ}\text{C}$

110

$^{\circ}\text{C}$



Rys. 110. Dioda D20-1100, D20-1600.

Przykład oznaczenia:

D20-1100-01 dioda o prądzie 1100 A i napięciu powtarzalnym 100 V.

Klasa	U_{RRM}	U_{RSM}	I_{RRM}
-	V	V	mA
01	100	200	100
02	200	300	100
04	400	500	100
06	600	700	100
08	800	1000	100
10	1000	1200	100
12	1200	1400	100
14	1400	1600	75
16	1600	1800	75
18	1800	2000	75
20	2000	2200	75

Parametr	Warunki pomiaru	D20-1100	D20-1600	Jednostka
$I_F/RMS/$		1725	2500	A
I_{FSM}		10900	14500	A
I^2t		600000	1070000	A^2s
U_{FM}	$I_{FM} = 1500 A \quad \vartheta_j = 25^\circ C$	1,45	1,2	V
	$I_F = I_F/AV/M \text{ maks. } \vartheta_0$	1,55	1,5	V
t_{rr}	$I_{FM} = 1500 A \quad t_{I_{FM}} = 190 \mu s$ $di_R/dt = 25 A/\mu s$ $\vartheta_0 = 25^\circ C$			
	$U_{RRM} \leq 1200 V$	15	15	μs
	$1200 V < U_{RRM} \leq 1600 V$	-	20	μs
	$1200 V < U_{RRM} \leq 2000 V$	20	-	μs

Zakres temperatur pracy siłosa

dla $U_{RRM} \leq 1200 V$ -65....+190 °C
 $U_{RRM} > 1200 V$ -65....+175 °C

Zakres temperatur przechowywania

-65....+190 °C

 R_{thjo} / ochłodzenie obustronne /

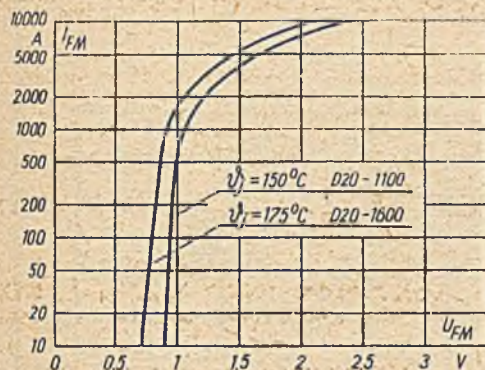
0,03 °C/W

 R_{thor} / przy zastosowaniu smaru i właściwej sily skręcającej radiator, ochłodzenie obustronne /

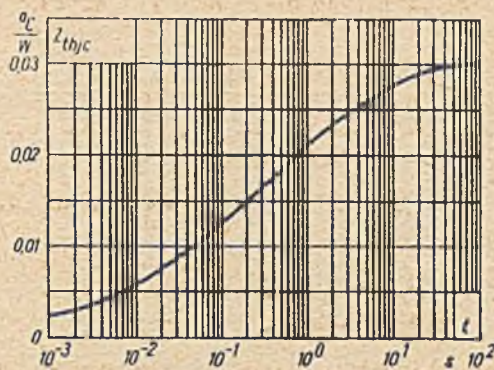
0,01 °C/W

Zakres sił ściskających radiator

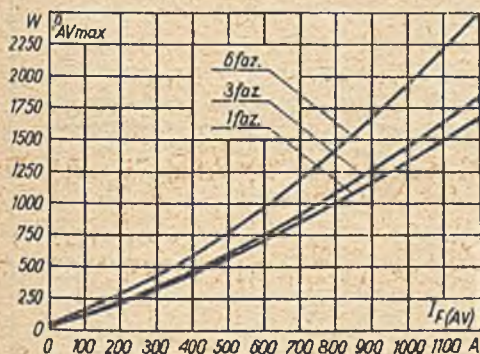
22,5....24,7 kN /2270....2500 kG/



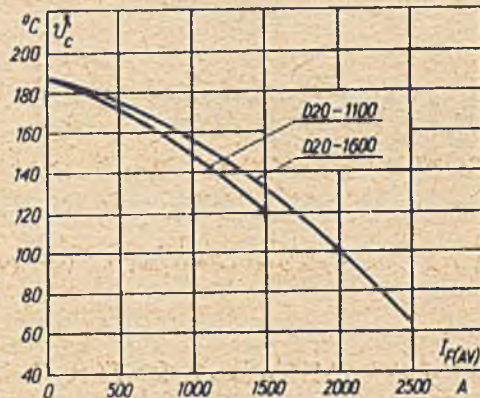
Rys.111. Dioda D20-1100, D20-1600. Charakterystyka przewodzenia.



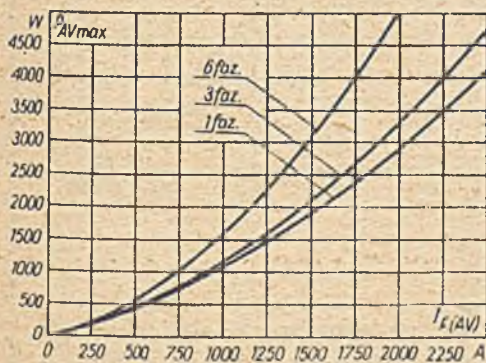
Rys.114. Dioda D20-1100, D20-1600. Zależność przejściowej impedancji termicznej od czasu.



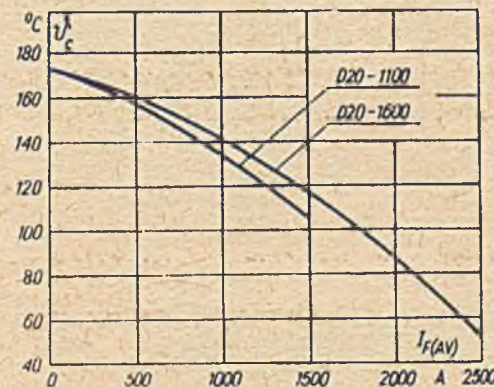
Rys.112. Dioda D20-1100. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia.



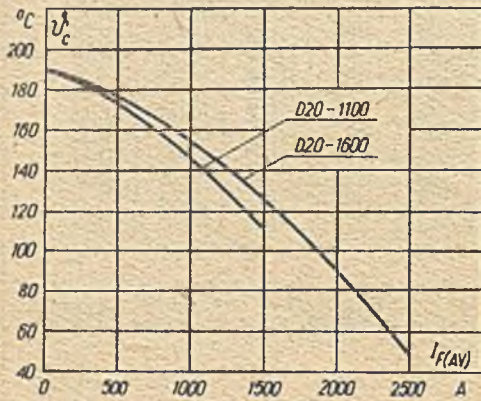
Rys.115. Dioda D20-1100, D20-1600. Zależność temperatury obudowy od jednofazowego prądu przewodzenia $U_{RRM} = 1200 \text{ V}$.



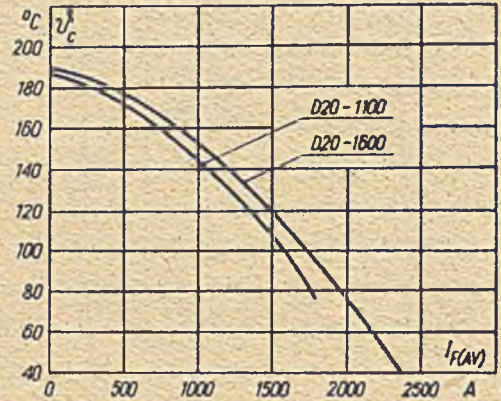
Rys.113. Dioda D20-1800. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia.



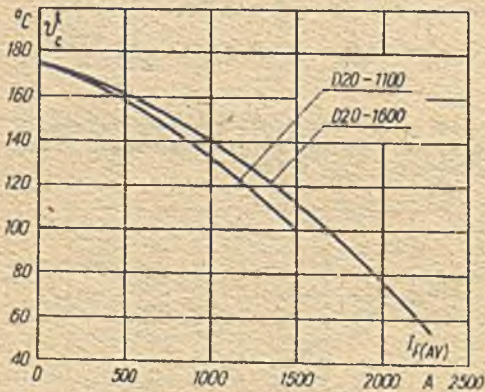
Rys.116. Dioda D20-1100, D20-1600. Zależność temperatury obudowy od jednofazowego prądu przewodzenia $1200 \text{ V} < U_{RRM} \leq 2000 \text{ V}$.



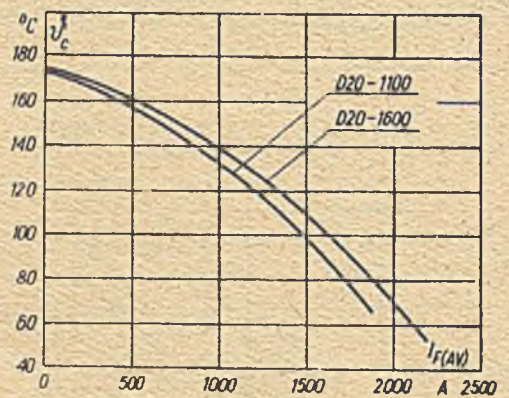
Rys.117. Dioda D20-1100, D20-1600. Zależność temperatury obudowy od trójfazowego prądu przewodzenia $U_{RRM} \leq 1200$ V.



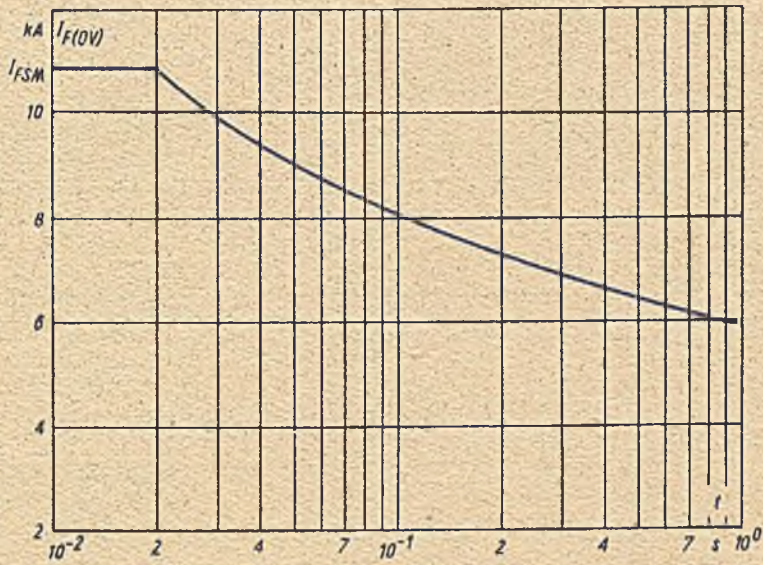
Rys.119. Dioda D20-1100, D20-1600. Zależność temperatury obudowy od sześciofazowego prądu przewodzenia $U_{RRM} \leq 1200$ V.



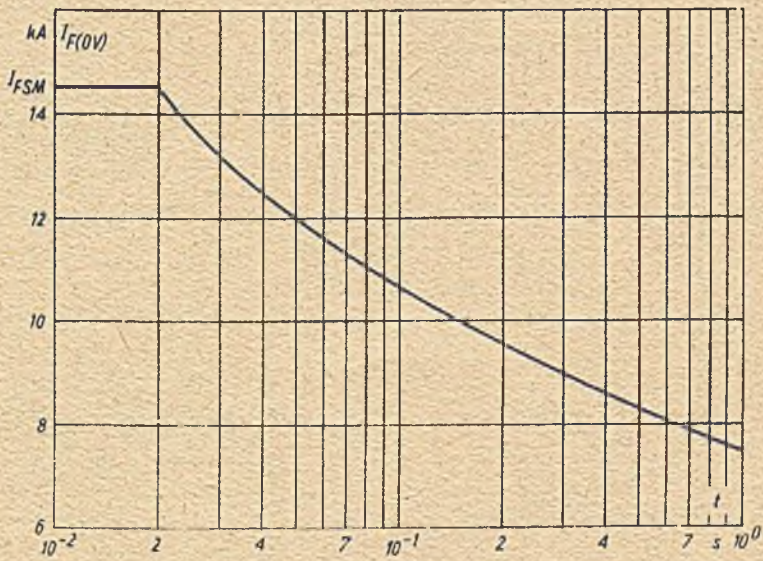
Rys.118. Dioda D20-1100, D20-1600. Zależność temperatury obudowy od trójfazowego prądu przewodzenia 1200 V $< U_{RRM} \leq 2000$ V.



Rys.120. Dioda D20-1100, D20-1600. Zależność temperatury obudowy od sześciofazowego prądu przewodzenia 1200 V $< U_{RRM} \leq 2000$ V.



Rys.121. Dioda D20-1100. Charakterystyka przeciążalności granicznej.



Rys.122. Dioda D20-1600. Charakterystyka przeciążalności granicznej.

TYRYSTORY

BTP 2, BTP 3 (TOP-2, TOP-3) BTP 7, BTP 10 (TOP-7, TOP-10)

Tyrystor BTP 2

Prąd graniczny
Powtarzalne napięcie blokowania
Powtarzalne napięcie wsteczne
Znamionowe warunki termiczne

$I_{T/AV/M}$	2	A
U_{DRM}	25...700	V
U_{RRM}	25...700	V
	plytka Al	90x90x2

Tyrystor BTP 3

Prąd graniczny
Powtarzalne napięcie blokowania
Powtarzalne napięcie wsteczne
Znamionowe warunki termiczne

$I_{T/AV/M}$	3	A
U_{DRM}	25...700	V
U_{RRM}	25...700	V
	plytka Al	90x90x2

Tyrystor BTP 7

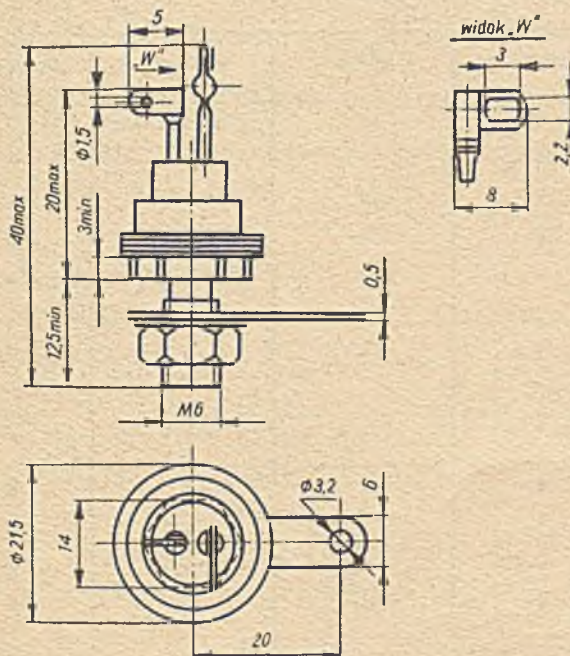
Prąd graniczny
Powtarzalne napięcie blokowania
Powtarzalne napięcie wsteczne
Znamionowe warunki termiczne

$I_{T/AV/M}$	7	A
U_{DRM}	25...800	V
U_{RRM}	25...800	V
	plytka Cu	150x150x4

Tyrystor BTP 10

Prąd graniczny
Powtarzalne napięcie blokowania
Powtarzalne napięcie wsteczne
Znamionowe warunki termiczne

$I_{T/AV/M}$	10	A
U_{DRM}	25...800	V
U_{RRM}	25...800	V
	plytka Cu ozerniona	150x150x4



Rys.123. Tyrystor BTP 2, BTP 3, BTP 7, BTP 10.

BTP 2
 BTP 3
 BTP 7
 BTP 100

Przykład oznaczenia:

BTP 7/400^{x/} /TOP-7-04^{xx/} / tyrystor o prądzie 7 A i napięciu powtarzalnym 400 V o nieoznaczonych parametrach dynamicznych.

Klasa		U_{DRM} U_{RRM}	U_{DSM} U_{RSM}	I_{DRM}	I_{RRM}
1975 r.	xx/	V	V	mA	mA
25	A2	25	30	7 xxx/	7 xxx/
50	A5	50	60		
100	01	100	120		
200	02	200	240		
300	03	300	360		
400	04	400	480		
500	05	500	600		
600	06	600	720		
700	07	700	840		
800	08	800	960		

x/ Oznaczenie w 1975 r.

xx/ Oznaczenie po wprowadzeniu jednolitego kodu.

xxx/ Dla tyrystorów BTP 2, BTP 3 odpowiednio wartości wynoszą 3 mA.

Parametr	Warunki pomiaru	BTP 2	BTP 3	BTP 7	BTP 10	Jednostka
$I_{T/RMS/}$		3,1	4,7	11	15,5	A
I_{TSM}	$\vartheta_j = 20^\circ C$	35	35	-	-	A
I_{TSM}	$\vartheta_j = 100^\circ C$	-	-	150	150	A
$I^2 t$	$\vartheta_j = 20^\circ C$	8	8	-	-	$A^2 s$
$I^2 t$	$\vartheta_j = 100^\circ C$	-	-	110	110	$A^2 s$
$U_{T/DC/}$	$I_{T/DC/} = 2 A$ $\vartheta_j = 20^\circ C$	2	1,3	-	-	V
$U_{T/DC/}$	$I_{T/DC/} = 10 A$ $\vartheta_j = 20^\circ C$	-	-	1,4	1,1	V
P_T	$I_{T/AV/} = I_{T/AV/M}$	4	4	20	20	W
P_{GM}		1	1	1,5	1,5	W
$P_{G/AV/}$		0,1	0,1	0,1	0,1	W
I_{RG}		5	5	5	5	mA

Tyrystor BTP 2, BTP 3

Parametr	Warunki pomiaru	Wartość			Jednostka
		min.	typowa	maks.	
I_{GT}	$U_D = 10 \text{ V}$ $R_{KG} = 51\Omega$ $\vartheta = 25^\circ\text{C}$	10	20.....25	50	mA
I_{GT}	$U_D = 10 \text{ V}$ $R_{KG} = 51\Omega$ $\vartheta = -55^\circ\text{C}$	-	-	80	mA
I_{GT}	$U_D = 10 \text{ V}$ $R_{KG} = \infty$ $\vartheta = 25^\circ\text{C}$	1	1.....2	30	mA
U_{GT}	$U_D = 10 \text{ V}$ $\vartheta = 25^\circ\text{C}$	0,5	0,6.....0,8	1,4	V
U_{GT}	$U_D = 10 \text{ V}$ $\vartheta = -55^\circ\text{C}$	-	-	2	V
I_H	$\vartheta = -55^\circ\text{C}$ $R_{KG} = 51\Omega$	5	7.....10	30	mA
t_{gt}	$I_{TM} = 6,3 \text{ A}$ $I_{GM} = 50 \text{ mA}$ $t_{TG} = 50 \mu\text{s}$ $di_G/dt = 1,5 \text{ A}/\mu\text{s}$	1	1.....3	5	μs
t_q	$U_D = U_{DRM}$ $U_R = 100 \text{ V}$ $du_D/dt = 20 \text{ V}/\mu\text{s}$ $I_{TM} = 6,3 \text{ A}$ $\vartheta_J = 25^\circ\text{C}$	20	30.....40	70	μs
t_q	$U_D = U_{DRM}$ $U_R = 100 \text{ V}$ $du_D/dt = 20 \text{ V}/\mu\text{s}$ $I_{TM} = 6,3 \text{ A}$ $\vartheta_J = 100^\circ\text{C}$	30	40.....50	100	μs
du_D/dt	$U_D = 0,87 U_{DRM}$ $R_{KG} = 51\Omega$ $\vartheta_J = 25^\circ\text{C}$	20	100.....200	300	V/ μs
du_D/dt	$U_D = 0,87 U_{DRM}$ $R_{KG} = 51\Omega$ $\vartheta_J = 100^\circ\text{C}$	10	20.....100	200	V/ μs
du_D/dt	$U_D = 0,87 U_{DRM}$ $R_{KG} = \infty$ $\vartheta_J = 25^\circ\text{C}$	5	10.....20	100	V/ μs
du_D/dt	$U_D = 0,87 U_{DRM}$ $R_{KG} = \infty$ $\vartheta_J = 100^\circ\text{C}$	1	5	90	V/ μs
di_T/dt	$\vartheta_J = 25^\circ\text{C}$	20	-	-	A/ μs

Zakres temperatur pracy struktury pnpn -55.....+100 °C
 Zakres temperatur przechowywania -55.....+100 °C
 Zakres momentu dokręcającego do płytki chłodzącej 1,5.....2 Nm / 15.....20 KGcm /

Tyrystor BTP 7, BTP 10

Parametr	Warunki pomiaru	Wartość			Jednostka
		min.	typowa	maks.	
I_{GT}	$U_D = 10 \text{ V}$ $R_{KG} = 51\Omega$ $\vartheta = 25^\circ\text{C}$	15	30.....40	70	mA
I_{GT}	$U_D = 10 \text{ V}$ $R_{KG} = \infty$ $\vartheta = 25^\circ\text{C}$	1	2.....6	40	mA
U_{GT}	$U_D = 10 \text{ V}$ $\vartheta = 25^\circ\text{C}$	0,5	0,7.....1,2	2	V
I_H	$\vartheta = -55^\circ\text{C}$ $R_{KG} = 51\Omega$	5	7.....15	40	mA

BTP 2
 BTP 3
 BTP 7
 BTP 10

Parametr	Warunki pomiaru	Wartość			Jednostka
		min.	typowa	maks.	
t_{gt}	$I_{TM} = 30 \text{ A}$ $I_{GM} = 50 \text{ mA}$ $t_{IG} = 50 \text{ } \mu\text{s}$ $di_G/dt = 1,5 \text{ A}/\mu\text{s}$	1	1.....2	5	μs
t_q	$U_D = U_{DRM}$ $U_R = 100 \text{ V}$ $du_D/dt = 20 \text{ V}/\mu\text{s}$ $I_{TM} = 30 \text{ A}$ $\vartheta_j = 25^\circ\text{C}$	12	20.....25	100	μs
t_q	$U_D = U_{DRM}$ $U_R = 100 \text{ V}$ $du_D/dt = 20 \text{ V}/\mu\text{s}$ $I_{TM} = 30 \text{ A}$ $\vartheta_j = 100^\circ\text{C}$	20	30.....40	120	μs
du_D/dt	$U_D = 0,67U_{DRM}$ $R_{KG} = 51\Omega$ $\vartheta_j = 25^\circ\text{C}$	20	150....200	500	$\text{V}/\mu\text{s}$
du_D/dt	$U_D = 0,67U_{DRM}$ $R_{KG} = 51\Omega$ $\vartheta_j = 100^\circ\text{C}$	10	100....150	400	$\text{V}/\mu\text{s}$
du_D/dt	$U_D = 0,67U_{DRM}$ $R_{KG} = \infty$ $\vartheta_j = 25^\circ\text{C}$	10	20.....60	100	$\text{V}/\mu\text{s}$
du_D/dt	$U_D = 0,67U_{DRM}$ $R_{KG} = \infty$ $\vartheta_j = 100^\circ\text{C}$	3	10.....20	60	$\text{V}/\mu\text{s}$
di_T/dt	$\vartheta_j = 25^\circ\text{C}$	20	-	-	$\text{A}/\mu\text{s}$

Zakres temperatur pracy struktury pnnp

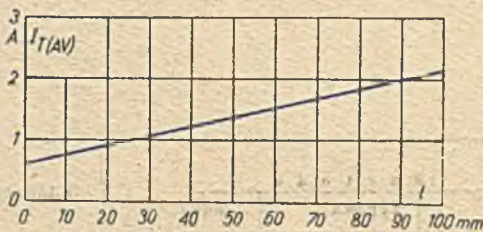
-55....+100 °C

Zakres temperatur przechowywania

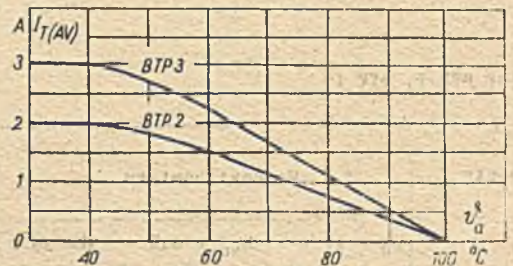
-55....+100 °C

Zakres momentu dokręcającego do płytki chłodzącej

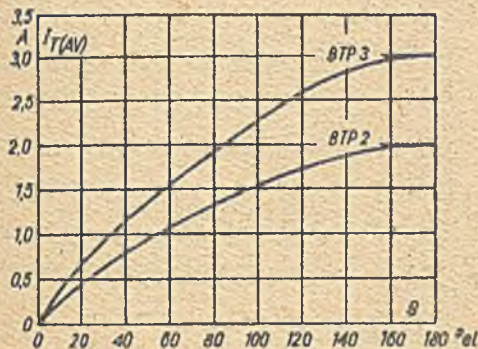
1,5.....2 Nm / 15.....20 KGcm/



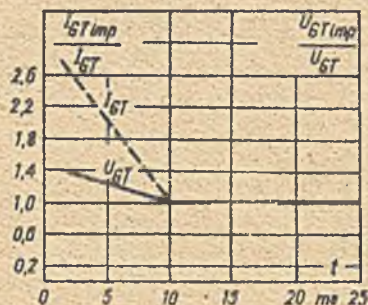
Rys.124. Tyrysttor BTP 2. Zależność dopuszczalnego prądu przewodzenia od długości 1 boku kwadratu płytki chłodzącej Al.



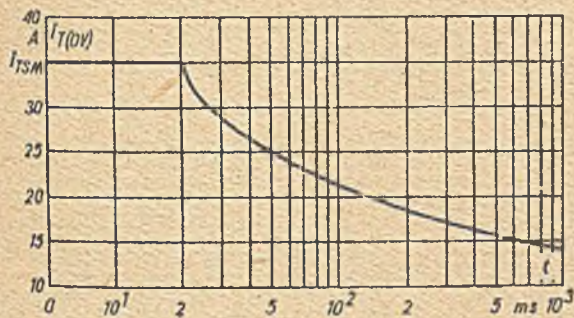
Rys.125. Tyrysttor BTP 2, BTP 3. Zależność dopuszczalnego prądu przewodzenia od temperatury otoczenia. Płytki chłodząca Al 90x90x2.



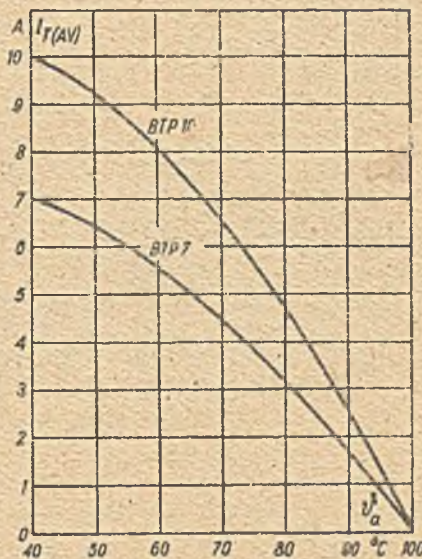
Rys.126. Tyrystor BTP 2, BTP 3. Zależność dopuszczalnego prądu przewodzenia od kąta przewodzenia. Płytką chłodząca Al 90x90x2.



Rys.128. Tyrystor BTP 2, BTP 3. Zależność impulsu prądu i impulsu napięcia bramki od czasu.

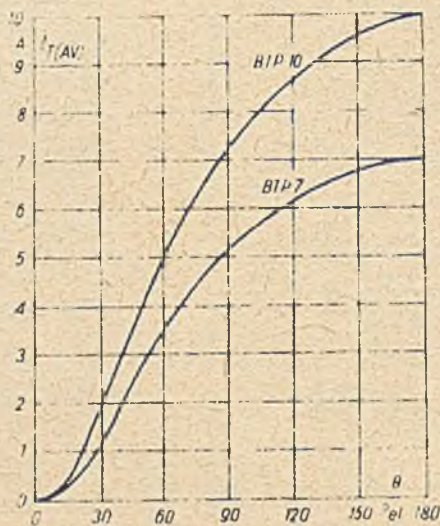


Rys.127. Tyrystor BTP 2, BTP 3. Charakterystyka przeciętalności granicznej.

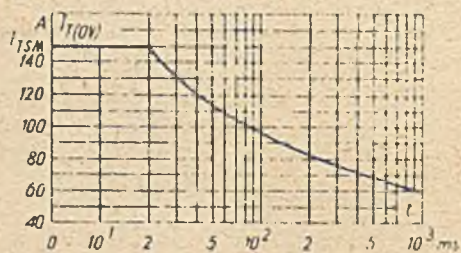


Rys.129. Tyrystor BTP 7, BTP 10. Zależność dopuszczalnego prądu przewodzenia od temperatury otoczenia. Znamionowe warunki termiczne.

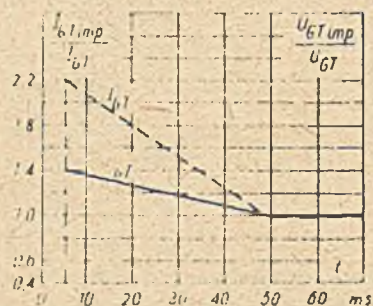
BTP 2
 BTP 3
 BTP 7
 BTP 10



Rys.130. Tyrysttor BTP 7, BTP 10. Zależność dopuszczalnego prądu przewodzenia od kąta przewodzenia. Znamionowe warunki termiczne.



Rys.131. Tyrysttor BTP 7, BTP 10. Charakterystyka przeciążalności granicznej.



Rys.132. Tyrysttor BTP 7, BTP 10. Zależność impulsu prądu i impulsu napięcia bramki od czasu.

TYRYSTORY

T00-40, T01-40, T00-80, T01-80

Tyrystor T00-40, T01-40

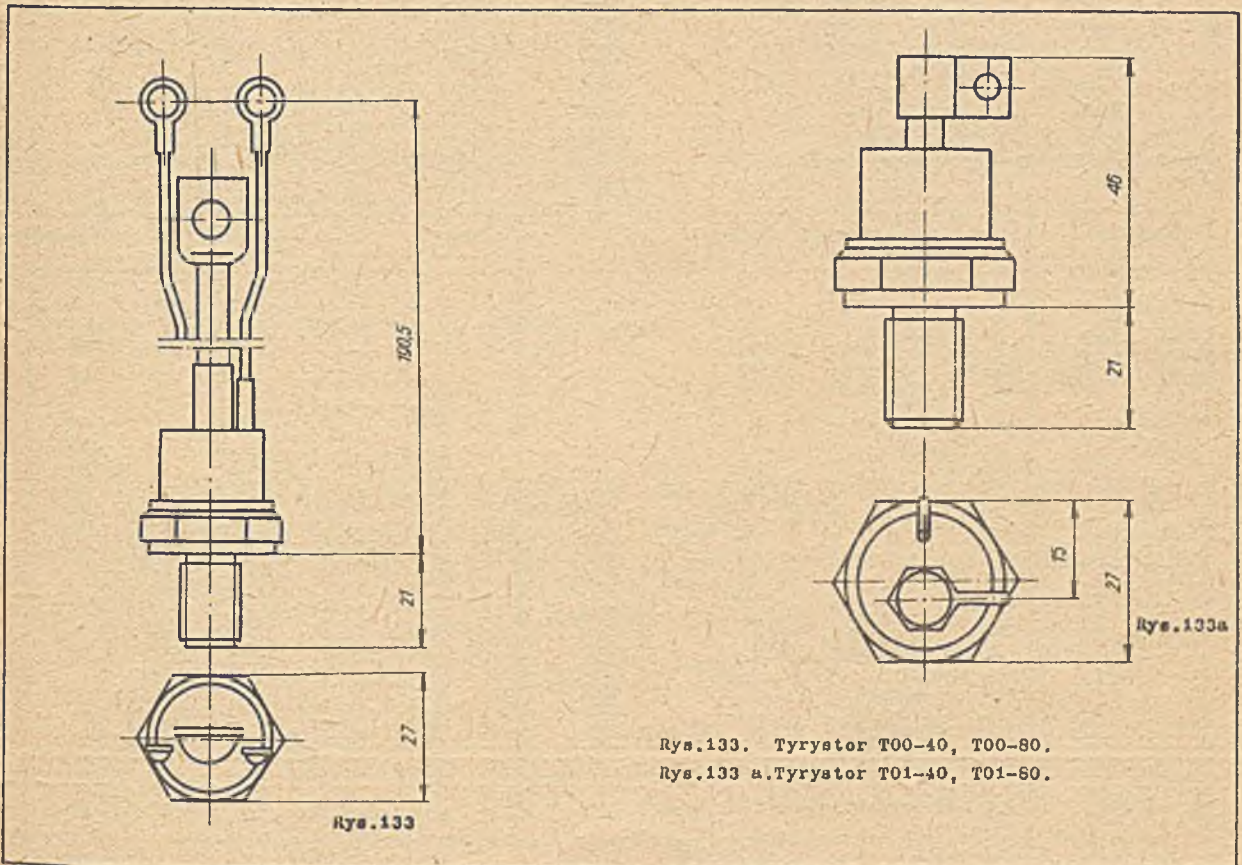
Prąd graniczny
 Powtarzalne napięcie blokowania
 Powtarzalne napięcie wsteczne
 Maksymalna temperatura tyrystora

$I_T/AV/M$	40	A
U_{DRM}	100...1500	V
U_{RRM}	100...1500	V
T_c	100	°C

Tyrystor T00-80, T01-80

Prąd graniczny
 Powtarzalne napięcie blokowania
 Powtarzalne napięcie wsteczne
 Maksymalna temperatura tyrystora

$I_T/AV/M$	80	A
U_{DRM}	100...1500	V
U_{RRM}	100...1500	V
T_c	75	°C



Rys.133. Tyrystor T00-40, T00-80.

Rys.133 a. Tyrystor T01-40, T01-80.

Przykład oznaczenia:

T00-80-15-532 tyrystor o prądzie 80 A, napięciu powtarzalnym 1500 V parametrach dynamicznych :
 $du_D/dt = 300 \text{ V}/\mu\text{s}$, $t_q = 100 \mu\text{s}$, $di_T/dt = 50 \text{ A}/\mu\text{s}$.

T00-40

T01-40

T00-80

T01-80

Klasa	U_{DRM} U_{RRM}	U_{RSM}	I_{DRM}	I_{RRM}
-	V	V	mA	mA
01	100	200		
02	200	300		
03	300	400		
04	400	500		
05	500	600		
06	600	700		
07	700	800		
08	800	900	10	10
09	900	1100		
10	1000	1200		
11	1100	1300		
12	1200	1450		
13	1300	1550		
14	1400	1700		
15	1500	1800		

Parametr	Warunki pomiaru	T00-40	T00-80	Jednostka
$I_T/RMS/$		63	125	A
I_L	$\psi_j = 25^\circ C$	80	80	mA
I_H	$\psi_j = 25^\circ C$	40	40	mA
I_{TSM}	$\psi_j = 125^\circ C$	1080	1450	A
$I^2 t$	$\psi_j = 125^\circ C$	6000	10700	$A^2 s$
U_{TM}	$I_{TM} = 50 A$ $\psi_j = 25^\circ C$	1,7	1,3	V
U_{TM}	$I_{TM} = 500 A$ $\psi_j = 25^\circ C$	3,7	2,2	V
t_q	$I_T = 50 A$ $\psi_j = 125^\circ C$ $di_R/dt = 5 A/\mu s$ $du_D/dt = 20 V/\mu s$ /na- rastanie liniowe do $0,8 U_{DRM}$ / wartość typowa		100	μs
t_{gl}	$I_T = 100 A$ $U_D = 100 V$ $\psi_j = 25^\circ C$		4	μs
du_D/dt	$\psi_j = 125^\circ C$ narastanie wykładnicze do U_{DRM}		300	$V/\mu s$
di_T/dt	wartość niepowtarzalna $\psi_j = 25^\circ C$		50	$A/\mu s$
I_{GT}	$U_D = 12 V$ $\psi_j = 25^\circ C$		100	mA
U_{GT}	$U_D = 12 V$ $\psi_j = 25^\circ C$		3	V
U_{GDM}	$U_D = U_{DRM}$ $\psi_j = 125^\circ C$		0,15	V
I_{FGM}	$\psi_j = 25^\circ C$		4	A
U_{ROM}	$\psi_j = 25^\circ C$		5	V
P_{GM}			16	W
$P_{G/AV/}$			3	W

Zakres temperatur pracy struktury pn-pn

-40....+125 °C

Zakres temperatur przechowywania

-40....+125 °C

 R_{thjc}

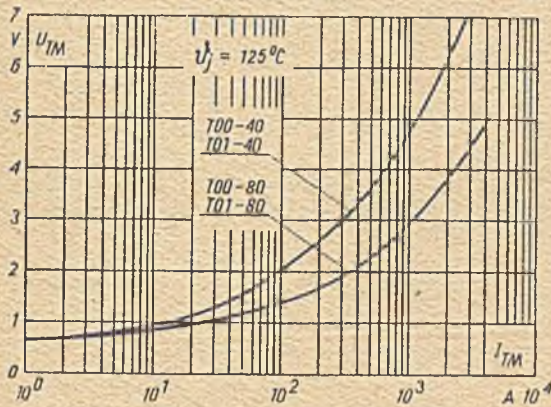
0,28 °C/W

 R_{thor} /przy zastosowaniu smaru i właściwego momentu dokręcającego do radiatora/

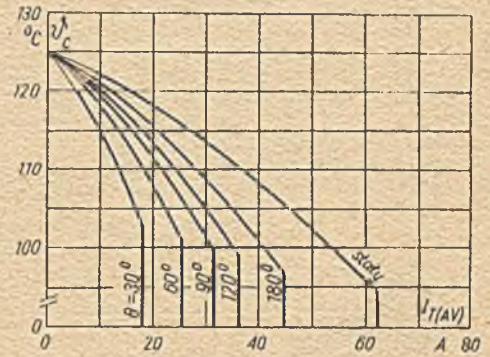
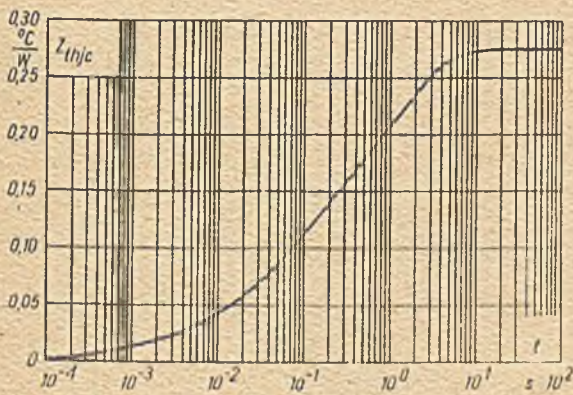
0,12 °C/W

Moment dokręcający do radiatora

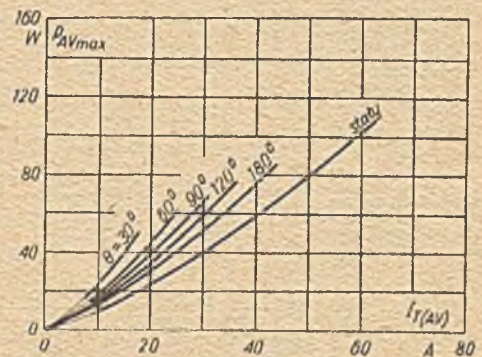
14,7 Nm /150 °C/

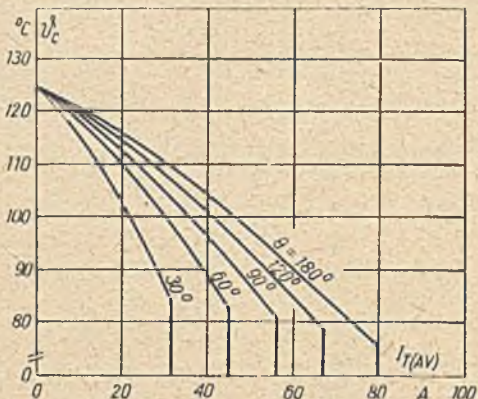


Rys.134. Tyrystator T00-40, T00-80. Charakterystyka przewodzenia.

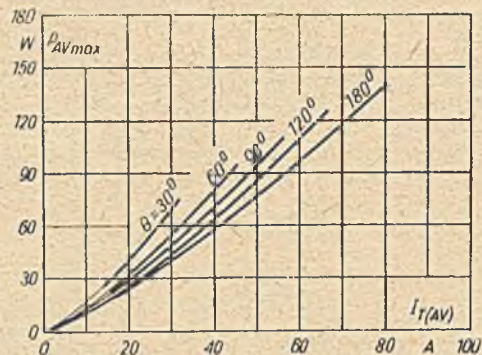
Rys.136. Tyrystator T00-40. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia dla różnych kątów przewodzenia θ przy przebiegu sinusoidalnym.

Rys.135. Tyrystator T00-10, T00-80. Zależność przejściowej impedancji termicznej od czasu.

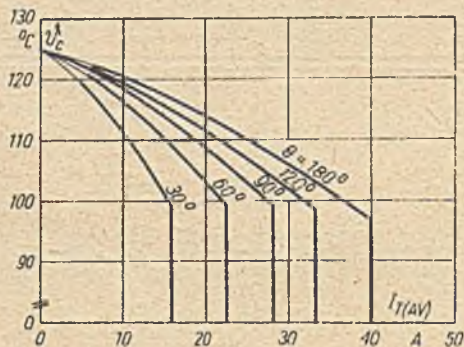
Rys.137. Tyrystator T00-40. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



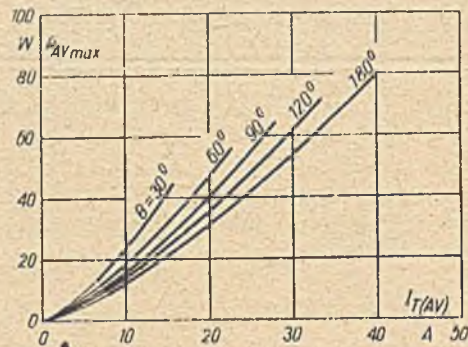
Rys.138. Tyrystor T00-80. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia dla różnych kątów przewodzenia θ przy przebiegu sinusoidalnym.



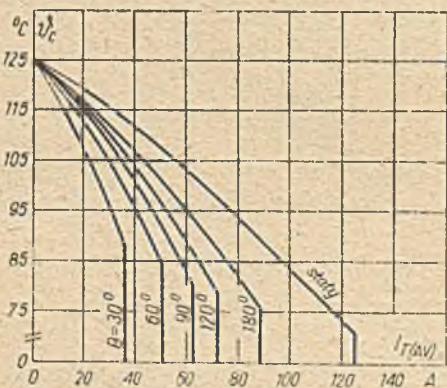
Rys.139. Tyrystor T00-80. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



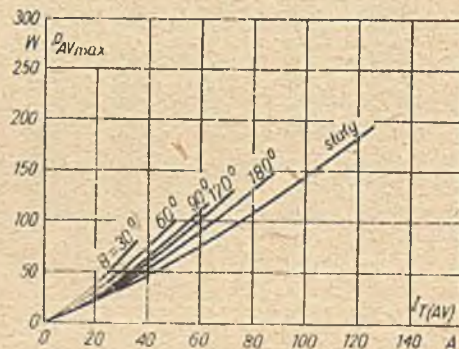
Rys.140. Tyrystor T00-40. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia dla różnych kątów przewodzenia θ przy przebiegu prostokątnym.



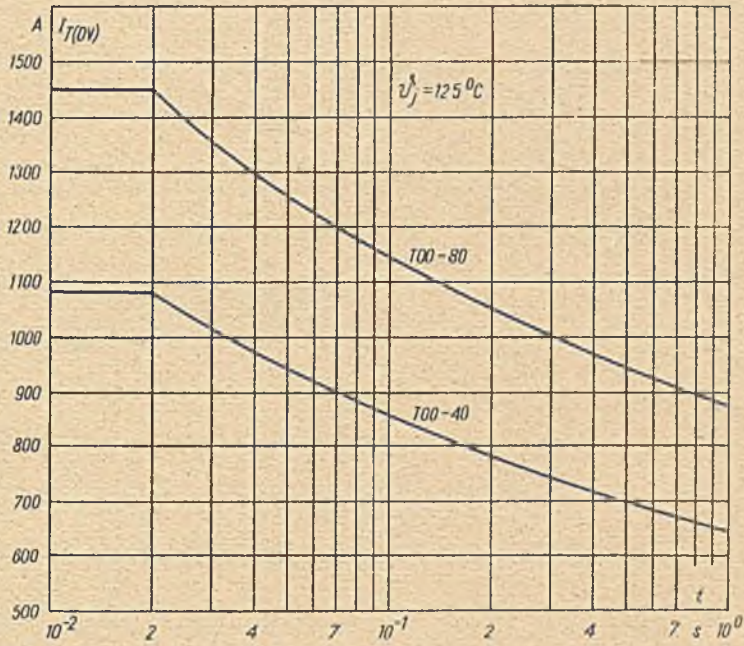
Rys.141. Tyrystor T00-40. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



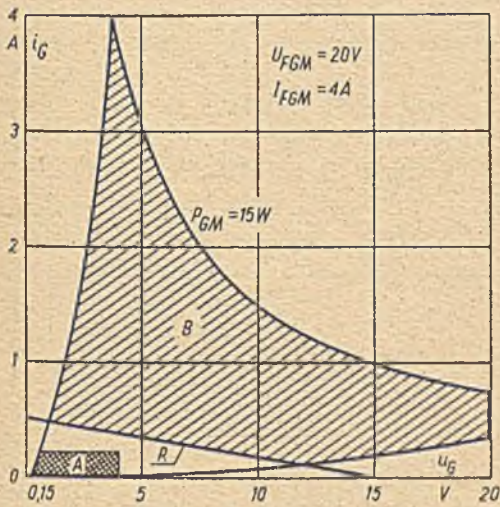
Rys.142. Tyrystor T00-80. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia dla różnych kątów przewodzenia θ przy przebiegu prostokątnym.



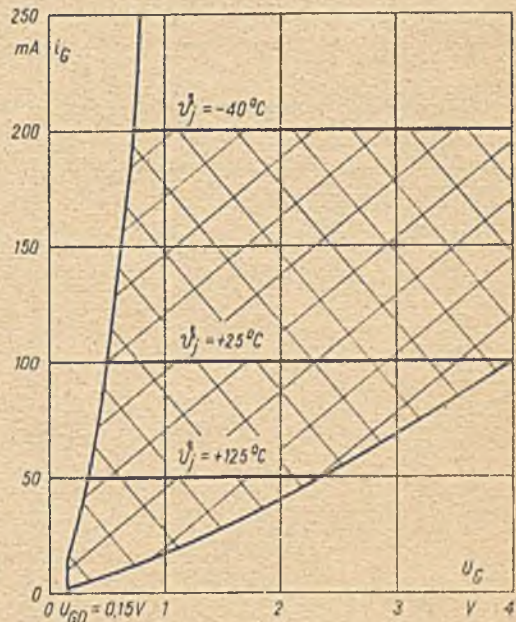
Rys.143. Tyrystor T00-80. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



Rys.144. Tyrystor T00-40, T00-80. Charakterystyka przeciążalności granicznej.



Rys.145. Tyrystor T00-40, T00-80. Charakterystyki bramki: A - obszar minimalnych bramkowych parametrów przełączających /patrz rys.146/, B - obszar dopuszczalnego forsowania impulsu bramkowego ; R - zalecana prosta obciążenia obwodu bramkowego



Rys.146. Tyrystor T00-40, T00-80. Charakterystyki. Obszar możliwych przełączeń tyrystoru.

Tyrysttor T20-125

Prąd graniczny

$I_{T(AV/M)}$

125

A

Powtarzalne napięcie blokowania

U_{DRM}

100...1500

V

Powtarzalne napięcie wsteczne

U_{RRM}

100...1500

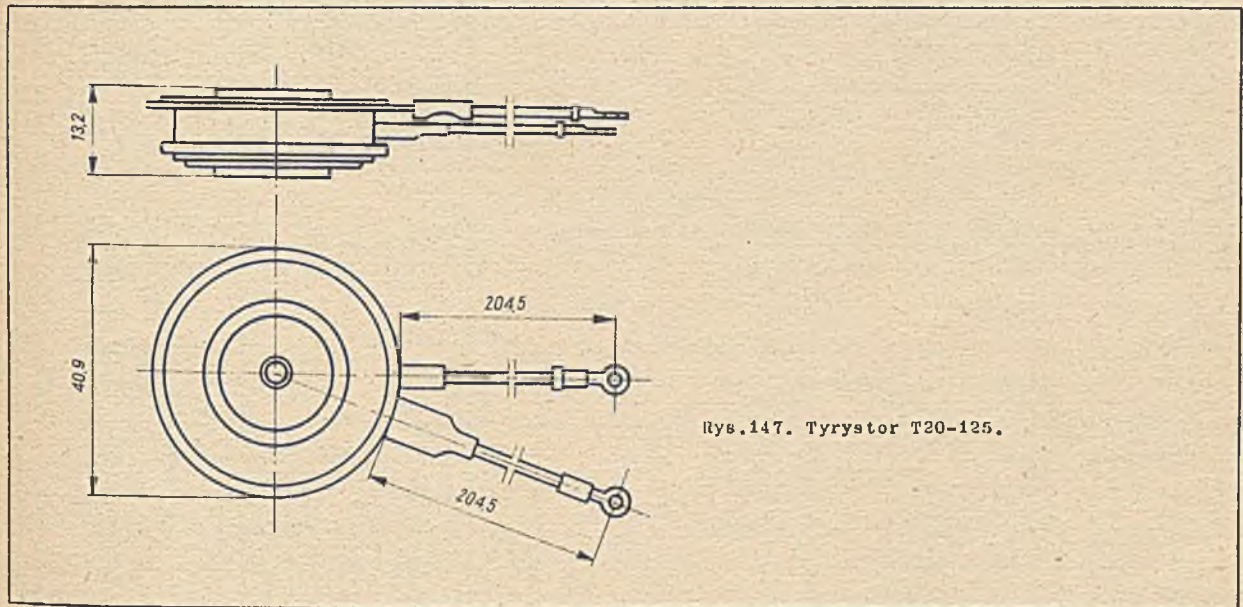
V

Maksymalna temperatura tyrystora

ϑ_c

87

$^{\circ}C$



Przykład oznaczenia:

T20-125-03-442 tyrysttor o prądzie 125 A, napięciu powtarzalnym 300 V o parametrach dynamicznych :
 $du_D/dt = 200 \text{ V}/\mu\text{s}$, $t_q = 70 \mu\text{s}$, $di_T/dt = 40 \text{ A}/\mu\text{s}$.

Klasa	U_{DRM} U_{RRM}	U_{RSM}	I_{DRM}	I_{RRM}
-	V	V	mA	mA
01	100	200	10	10
02	200	300		
03	300	400		
04	400	500		
05	500	600		
06	600	700		
07	700	850		
08	900	950		
09	900	1100		
10	1000	1200		
11	1100	1300		
12	1200	1450		
13	1300	1550		
14	1400	1700		
15	1500	1800		

Parametr	Warunki pomiaru	Wartość	Jednostka
$I_{T/RMS/}$		200	A
I_L	$\psi_j = 25^\circ\text{C}$	80	mA
I_H	$\psi_j = 25^\circ\text{C}$	40	mA
I_{TSM}	$\psi_j = 125^\circ\text{C}$	1450	A
I^2t	$\psi_j = 125^\circ\text{C}$	10700	A^2s
U_{TM}	$I_{TM} = 50 \text{ A}$ $\psi_j = 25^\circ\text{C}$	1,3	V
U_{TM}	$I_{TM} = 500 \text{ A}$ $\psi_j = 25^\circ\text{C}$	2,2	V
t_q	$I_T = 50 \text{ A}$ $\psi_j = 125^\circ\text{C}$ $di_R/dt = 5 \text{ A}/\mu\text{s}$ $du_D/dt = 20 \text{ V}/\mu\text{s}$ /narastanie liniowe do 0,8 U_{DRM} / wartość typowa	100	μs
t_{gt}	$I_T = 100 \text{ A}$ $U_D = 100 \text{ V}$ $\psi_j = 25^\circ\text{C}$	4	μs
du_D/dt	$\psi_j = 125^\circ\text{C}$ narastanie wykładnicze do U_{DRM}	300	$\text{V}/\mu\text{s}$
di_T/dt	wartość niepowtarzalna $\psi_j = 25^\circ\text{C}$	50	$\text{A}/\mu\text{s}$
I_{GT}	$U_D = 12 \text{ V}$ $\psi_j = 25^\circ\text{C}$	100	mA
U_{GT}	$U_D = 12 \text{ V}$ $\psi_j = 25^\circ\text{C}$	3	V
U_{GDM}	$U_D = U_{DRM}$ $\psi_j = 125^\circ\text{C}$	0,15	V
I_{FGM}	$\psi_j = 25^\circ\text{C}$	4	A
U_{RGM}	$\psi_j = 25^\circ\text{C}$	5	V
P_{GM}		16	W
$P_{G/AV/}$		3	W

Zakres temperatur pracy struktury pnnp

-40....+125 °C

Zakres temperatur przechowywania

-40....+150 °C

 R_{thjo} /chłodzenie dwustronne/

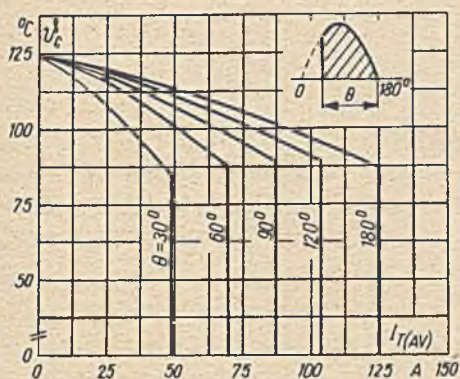
0,12 °C/W

 R_{thor} /chłodzenie dwustronne, przy zastosowaniu smaru i właściwej siły ściskającej radiator /

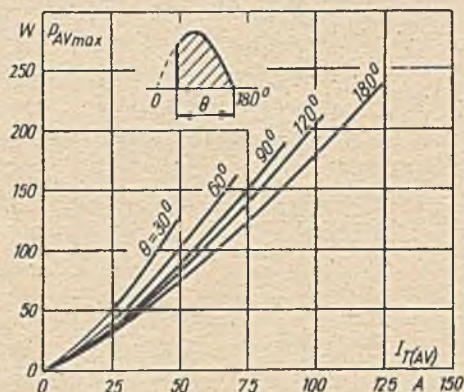
0,02 °C/W

Zakres siły ściskającej radiator

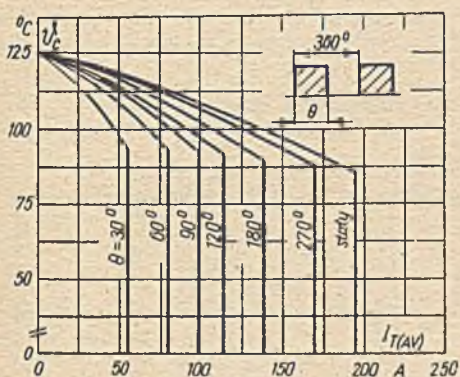
3,53....4,41 kN /360....450 KG/



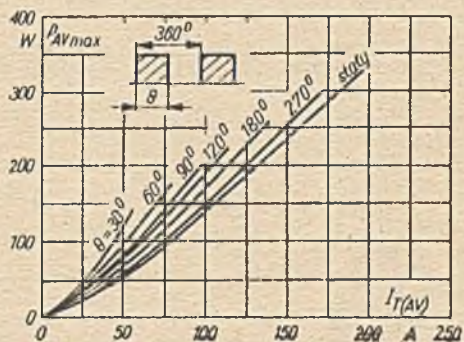
Rys.148. Tyrystator T20-125. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia dla różnych kątów przewodzenia θ przy przebiegu sinusoidalnym.



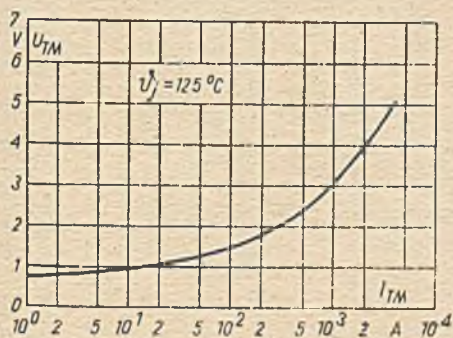
Rys.149. Tyrystator T20-125. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



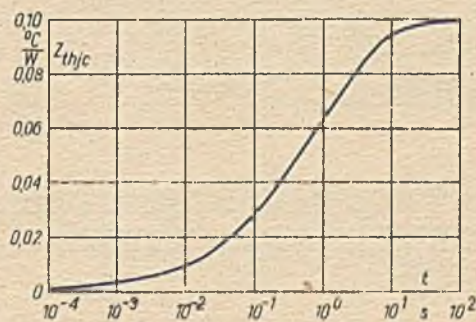
Rys.150. Tyrystator T20-125. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia dla różnych kątów przewodzenia θ przy przebiegu prostokątnym.



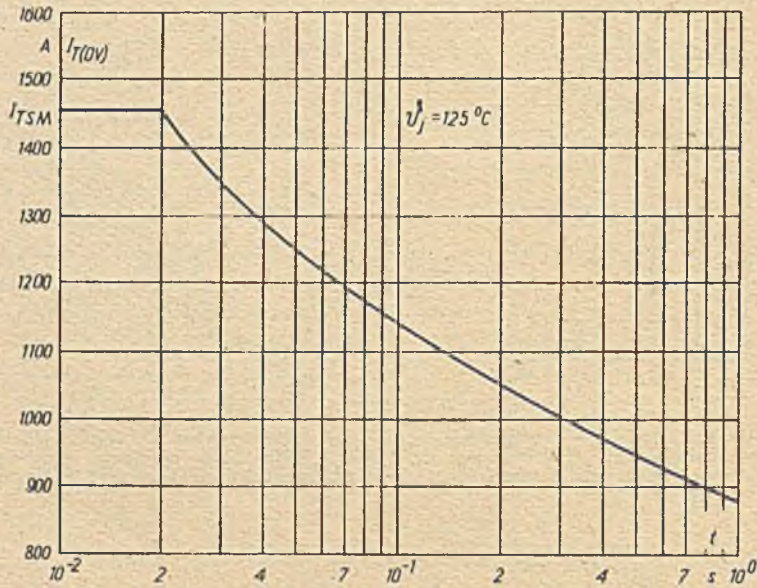
Rys.151. Tyrystator T20-125. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



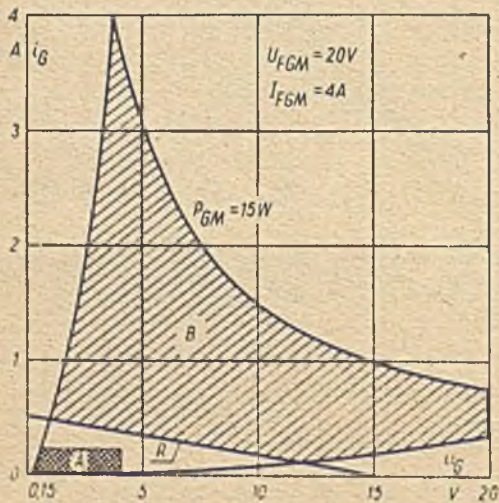
Rys.152. Tyrystator T20-125. Charakterystyka przewodzenia.



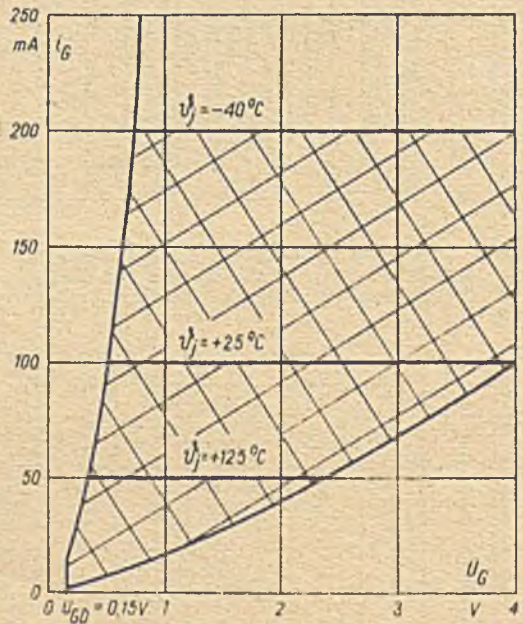
Rys.153. Tyrystator T20-125. Zależność przejściowej impedancji termicznej od czasu. Chłodzenie dwustronne.



Rys.154. Tyrystosr T20-125. Charakterystyka przełączalności granicznej.



Rys.155. Tyrystosr T20-125. Charakterystyki bramki: A - obszar minimalnych bramkowych parametrów przełączających, B - obszar dopuszczalnego formowania impulsu bramkowego, R - zalecena prosta obciążenia obwodu bramkowego.



Rys.156. Tyrystosr T20-125. Charakterystyki bramki. Obszar możliwych przełączeń tyrystosrów.

TYRYSTORY

T00-125, T00-150, T00-175

Tyrystor T00-125

Prąd graniczny
 Powtarzalne napięcie blokowania
 Powtarzalne napięcie wsteczne
 Maksymalna temperatura tyrystora

$I_{T/AV/M}$	125	A
U_{DRM}	100...1500	V
U_{RRM}	100...1500	V
θ_c	90	$^{\circ}C$

Tyrystor T00-150

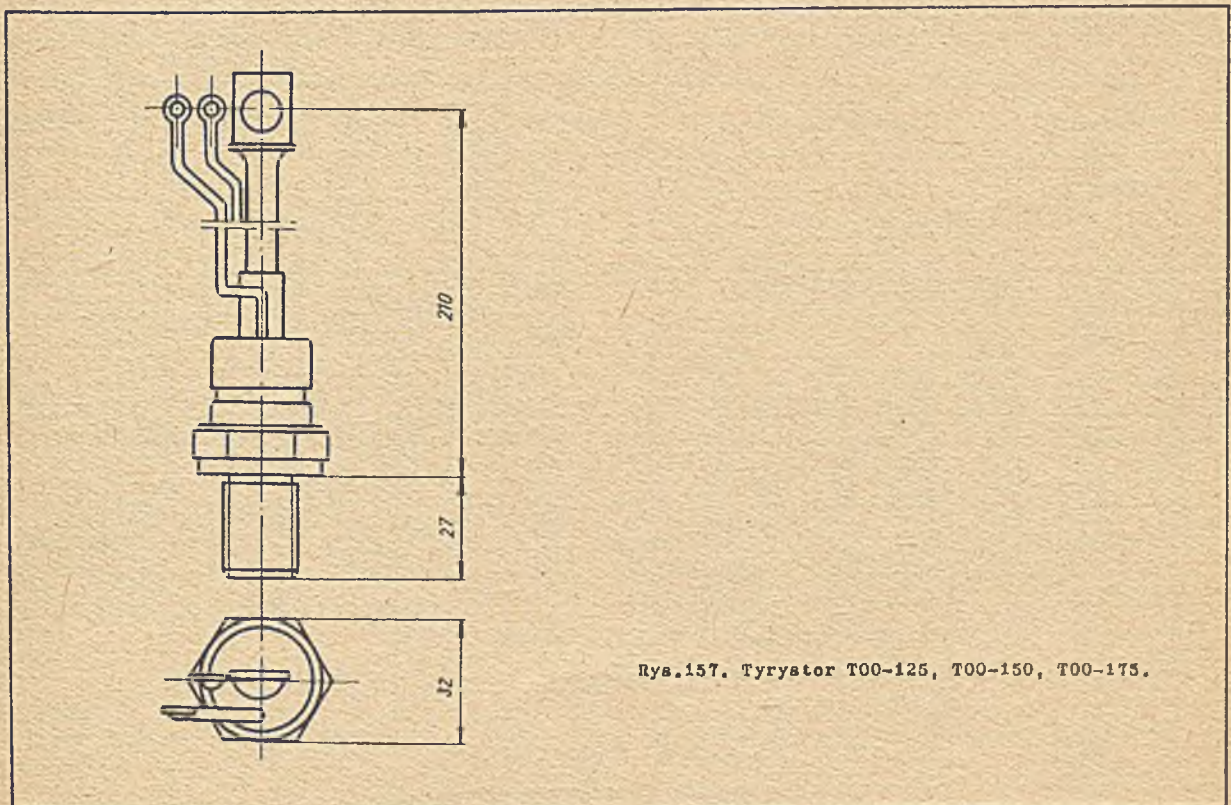
Prąd graniczny
 Powtarzalne napięcie blokowania
 Powtarzalne napięcie wsteczne
 Maksymalna temperatura tyrystora

$I_{T/AV/M}$	150	A
U_{DRM}	100...1500	V
U_{RRM}	100...1500	V
θ_c	90	$^{\circ}C$

Tyrystor T00-175

Prąd graniczny
 Powtarzalne napięcie blokowania
 Powtarzalne napięcie wsteczne
 Maksymalna temperatura tyrystora

$I_{T/AV/M}$	175	A
U_{DRM}	100...1500	V
U_{RRM}	100...1500	V
θ_c	90	$^{\circ}C$



Rys.157. Tyrystor T00-125, T00-150, T00-175.

Przykład oznaczenia:

T00-150-09-000 tyrystor o prądzie 150 A i napięciu powtarzalnym 900 V o nie określonych parametrach dynamicznych.

T00-125
T00-150
T00-175

Klasa	U_{DRM} U_{RRM}	U_{BSM}	I_{DRM}	I_{RRM}
-	V	V	mA	mA
01	100	200	15	15
02	200	300		
03	300	400		
04	400	500		
05	500	600		
06	600	700		
07	700	850		
08	800	950		
09	900	1100		
10	1000	1200		
11	1100	1300		
12	1200	1450		
13	1300	1550		
14	1400	1700		
15	1500	1800		

Parametr	Warunki pomiaru	T00-125	T00-150	T00-175	Jednostka
$I_{T/RMS/}$		200	315	470	A
I_L	$\psi_j = 25^\circ C$	120	120	120	mA
I_H	$\psi_j = 25^\circ C$	50	50	50	mA
I_{TSM}	$\psi_j = 125^\circ C$	3000	3600	5000	A
$I^2 t$	$\psi_j = 125^\circ C$	45000	64400	120000	A
U_{TM}	$I_{TM} = 100 A$ $\psi_j = 25^\circ C$	1,6	1,4	1,15	V
U_{TH}	$I_{TM} = 825 A$ $\psi_j = 25^\circ C$	2,0	2,05	1,55	V

Parametr	Warunki pomiaru	Wartość	Jednostka
t_q	$I_T = 150 A$ $\psi_j = 125^\circ C$ $di_H/dt = 12,5 A/\mu s$ / $du_D/dt = 20 V/\mu s$ /naraстанie liniowe do $0,8 U_{DRM}$ / wartość typowa	100	μs
t_{gt}	$I_T = 100 A$ $U_D = 100 V$ $\psi_j = 25^\circ C$	5	μs
du_D/dt	$\psi_j = 125^\circ C$ naraстанie wykładnicze do U_{DRM}	300	V/ μs
di_T/dt	wartość niepowtarzalna $\psi_j = 25^\circ C$	100	A/ μs

Parametr	Warunki pomiaru	Wartość	Jednostka
I_{GT}	$U_D = 12 \text{ V}$ $\psi_j = 25^\circ\text{C}$	150	mA
U_{GT}	$U_D = 12 \text{ V}$ $\psi_j = 25^\circ\text{C}$	3	V
U_{GDM}	$U_D = U_{DRM}$ $\psi_j = 125^\circ\text{C}$	0,15	V
I_{FGM}	$\psi_j = 25^\circ\text{C}$	4	A
U_{RGM}	$\psi_j = 25^\circ\text{C}$	5	V
P_{GM}		16	W
$P_{G/AV/}$		3	W

Zakres temperatur pracy struktury pnpn

-40...+125 °C

Zakres temperatur przechowywania

-40...+150 °C

R_{thjc}

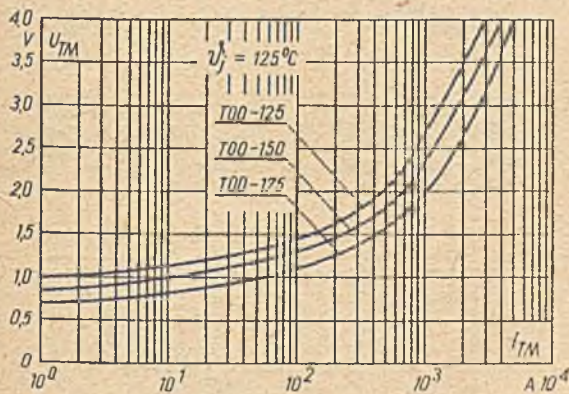
0,13 °C/W

R_{thcr} /przy zastosowaniu smaru i właściwego momentu dokręcającego do radiatora/

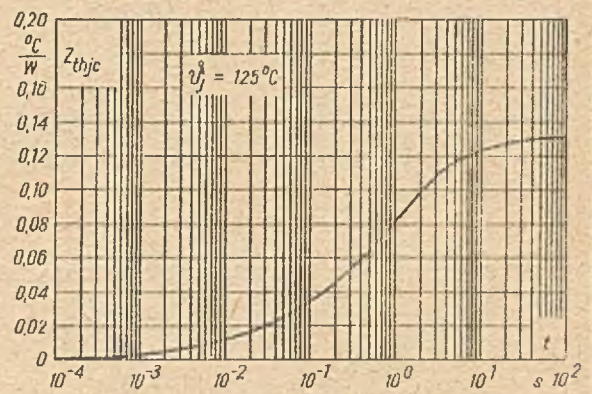
0,075 °C/W

Moment dokręcający do radiatora

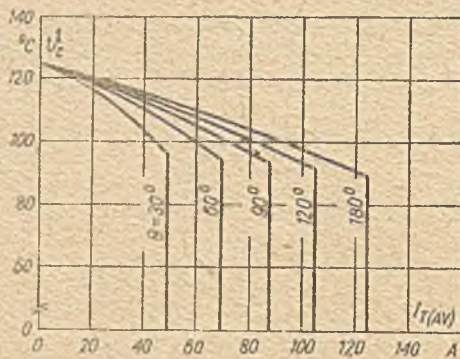
27,4 Nm /280 KGcm/



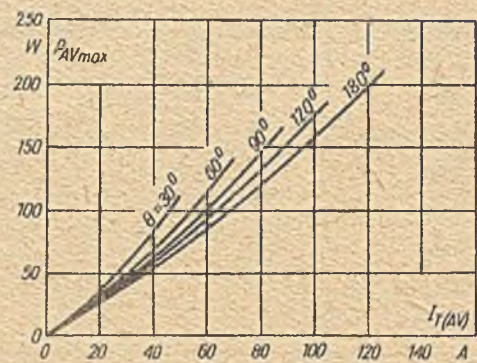
Rys.158. Tyrystator T00-125, T00-150, T00-175. Charakterystyka przewodzenia.



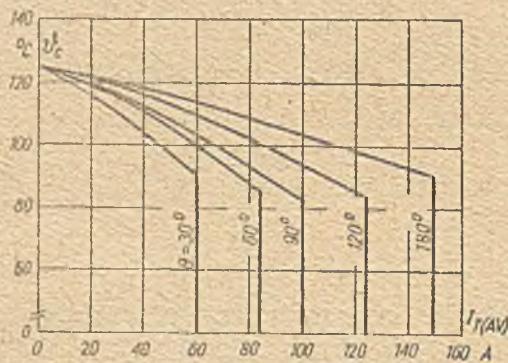
Rys.159. Tyrystator T00-125, T00-150, T00-175. Zależność przejściowej impedancji termicznej od czasu.



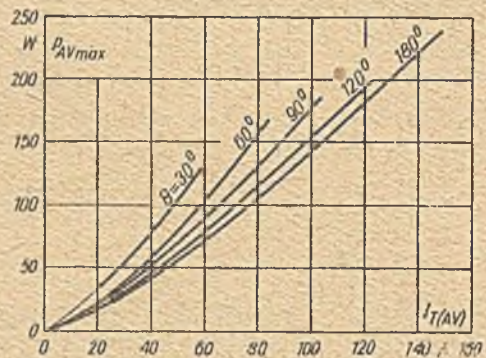
Rys.160. Tyrystor T00-125. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia dla różnych kątów przewodzenia θ przy przebiegu sinusoidalnym.



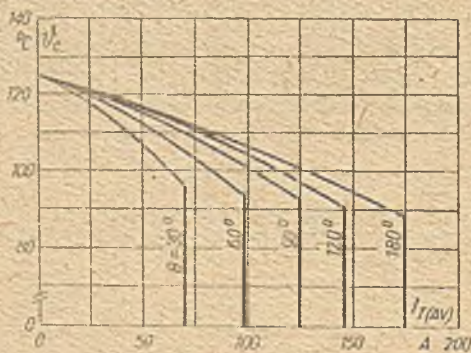
Rys.161. Tyrystor T00-125. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



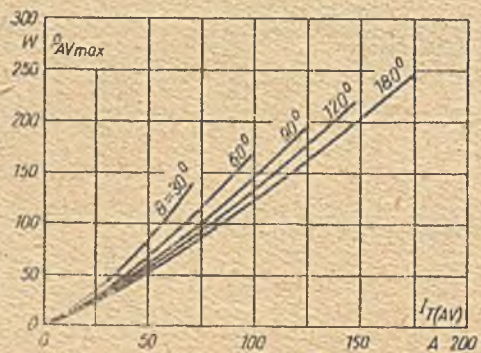
Rys.162. Tyrystor T00-150. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia dla różnych kątów przewodzenia θ przy przebiegu sinusoidalnym.



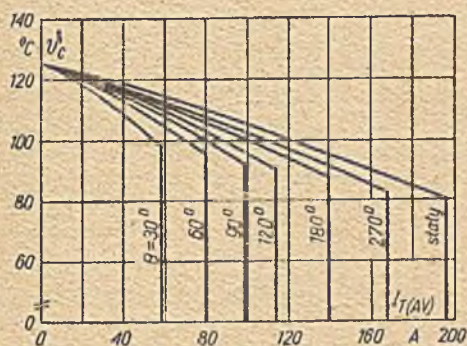
Rys.163. Tyrystor T00-150. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



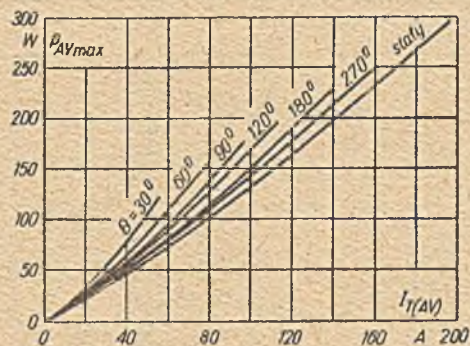
Rys.164. Tyrystor T00-175. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia dla różnych kątów przewodzenia θ przy przebiegu sinusoidalnym.



Rys.165. Tyrystor T00-175. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



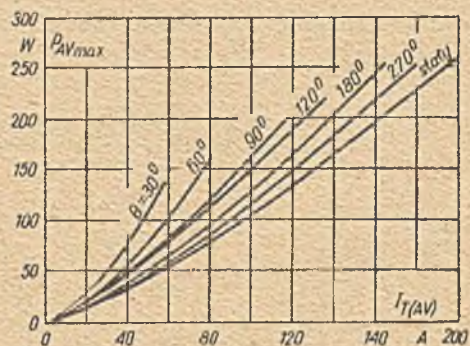
Rys.166. Tyrystor T00-125. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia dla różnych kątów przewodzenia θ przy przebiegu prostokątnym.



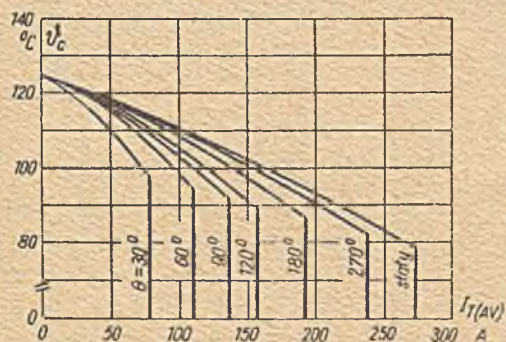
Rys.167. Tyrystor T00-125. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



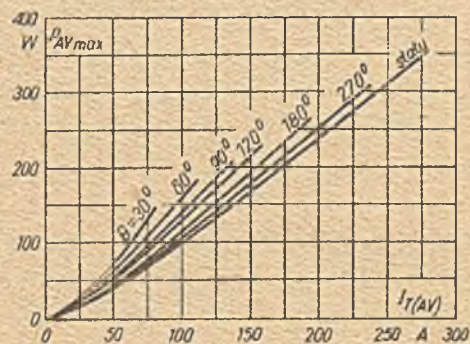
Rys.168. Tyrystor T00-150. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia dla różnych kątów przewodzenia θ przy przebiegu prostokątnym.



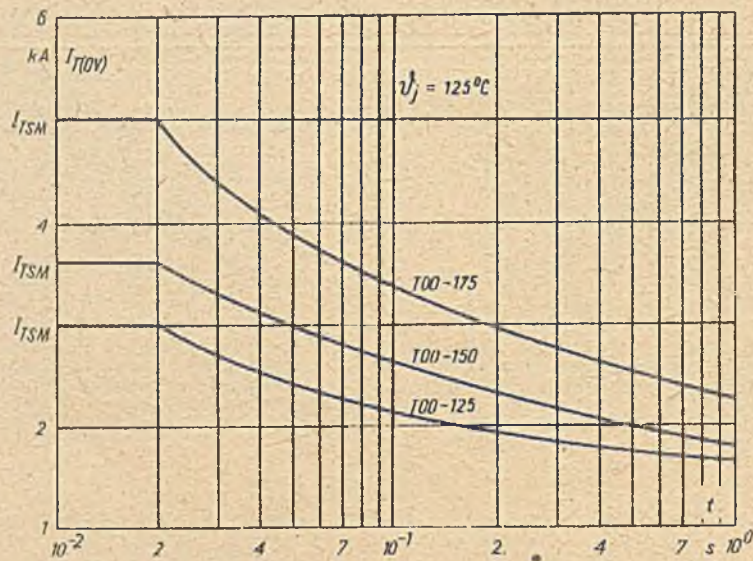
Rys.169. Tyrystor T00-150. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



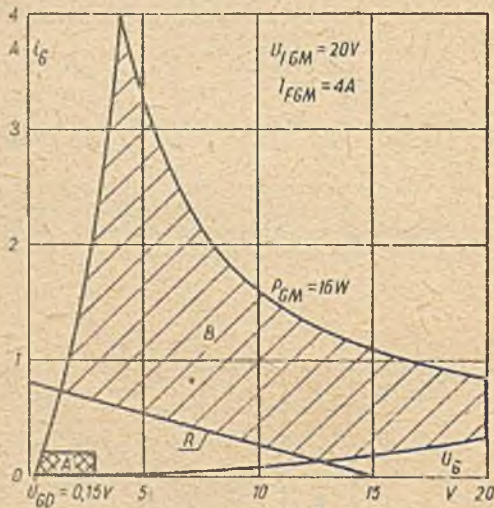
Rys.170. Tyrystor T00-175. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia dla różnych kątów przewodzenia θ przy przebiegu prostokątnym.



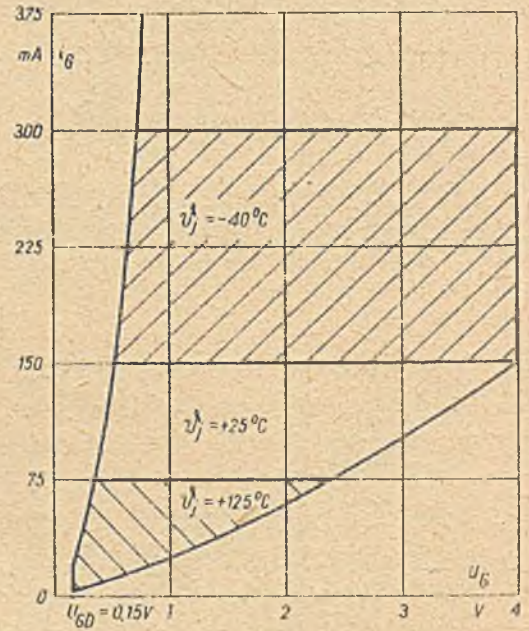
Rys.171. Tyrystor T00-175. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



Rys.172. Tyrystator T00-125, T00-150, T00-175. Charakterystyka przełączalności granicznej.



Rys.173. Tyrystator T00-125, T00-150, T00-175. Charakterystyki bramki: A - obszar minimalnych bramkowych parametrów przełączających, B - obszar dopuszczalnego forsowania impulsu bramkowego, R - zalecana prosta obciążenia obwodu bramkowego.



Rys.174. Tyrystator T00-125, T00-150, T00-175. Charakterystyki bramki. Obszar możliwych przełączeń tyrystora.

TYRYSTORY

T21-125, T20-200, T20-300

Tyrystor T21-125

Prąd graniczny
 Powtarzalne napięcie blokowania
 Powtarzalne napięcie wsteczne
 Maksymalna temperatura tyrystora

$I_{T/AV/M}$	125	A
U_{DRM}	100...1500	V
U_{RRM}	100...1500	V
ψ_o	87	°C

Tyrystor T20-200

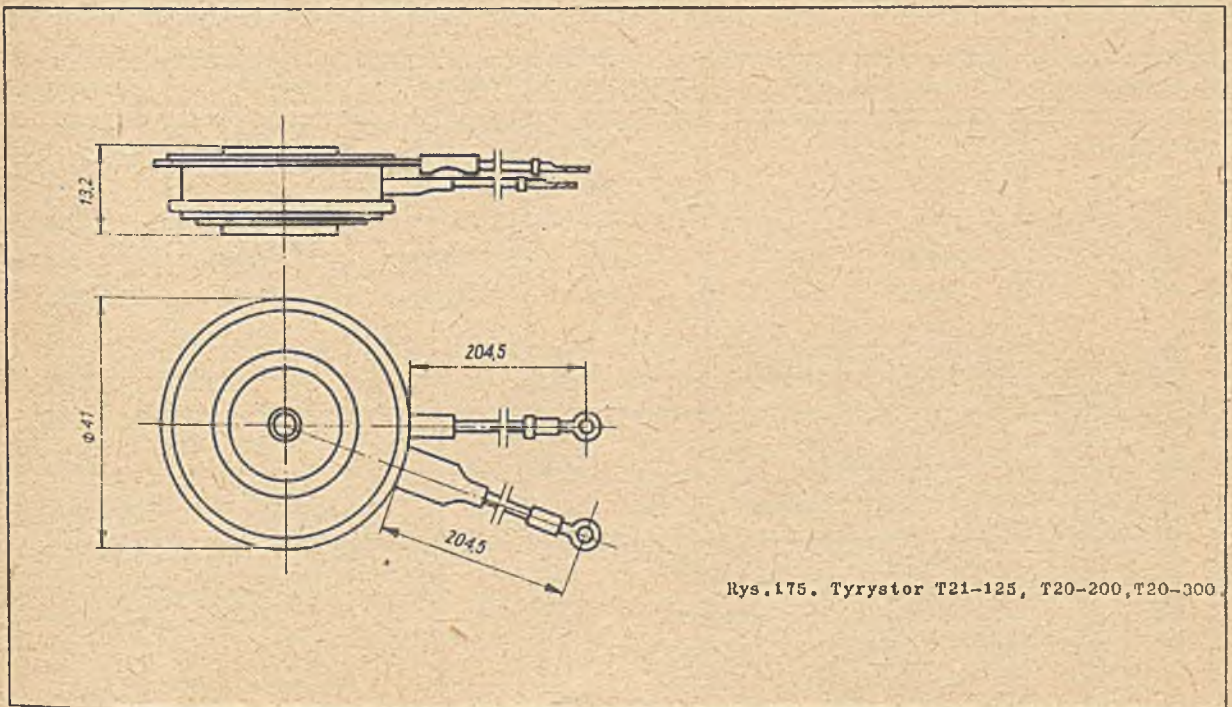
Prąd graniczny
 Powtarzalne napięcie blokowania
 Powtarzalne napięcie wsteczne
 Maksymalna temperatura tyrystora

$I_{T/AV/M}$	200	A
U_{DRM}	100...1500	V
U_{RRM}	100...1500	V
ψ_o	80	°C

Tyrystor T20-300

Prąd graniczny
 Powtarzalne napięcie blokowania
 Powtarzalne napięcie wsteczne
 Maksymalna temperatura tyrystora

$I_{T/AV/M}$	300	A
U_{DRM}	100...1500	V
U_{RRM}	100...1500	V
ψ_o	78	°C



Rys.175. Tyrystor T21-125, T20-200, T20-300

Przykład oznaczenia:

T20-300-05-534 tyrystor o prądzie 300 A i napięciu powtarzalnym 500 V, $du_D/dt = 300 \text{ V}/\mu\text{s}$, $t_q = 100 \mu\text{s}$
 $di_T/dt = 100 \text{ A}/\mu\text{s}$.

Klasa	U_{DRM} U_{RRM}	U_{RSM}	I_{DRM}	I_{RRM}
-	V	V	mA	mA
01	100	200		
02	200	300		
03	300	400		
04	400	500		
05	500	600		
06	600	700		
07	700	850	15	15
08	800	950		
09	900	1100		
10	1000	1200		
11	1100	1300		
12	1200	1450		
13	1300	1550		
14	1400	1700		
15	1500	1800		

Parametr	Warunki pomiaru	T21-125	T20-200	T20-300	Jednostka
$I_T/RMS/$		200	235	275	A
I_L	$\psi_j = 25^\circ C$	120	120	120	mA
I_H	$\psi_j = 25^\circ C$	50	50	50	mA
I_{TSM}	$\psi_j = 125^\circ C$	3000	3600	5000	A
$I^2 t$	$\psi_j = 125^\circ C$	45000	66000	120000	A ² s
U_{TM}	$I_{TM} = 100 A$ $\psi_j = 25^\circ C$	1,4	1,3	1,15	V
U_{TM}	$I_{TM} = 625 A$ $\psi_j = 25^\circ C$	2,05	1,8	1,55	V

Parametr	Warunki pomiaru	Wartość	Jednostka
t_q	$I_T = 150 A$ $\psi_j = 125^\circ C$ $di_R/dt = 12,5 A/\mu s$ $du_D/dt = 20 V/\mu s$ /narażanie liniowe do $0,8 U_{DRM}$ / wartość typowa	100	μs
t_{gt}	$I_T = 100 A$ $U_D = 100 V$ $\psi_j = 25^\circ C$	5	μs
du_D/dt	$\psi_j = 125^\circ C$ narażanie wykładnicze do U_{DRM}	300	V/ μs
di_T/dt	wartość niepowtarzalna $\psi_j = 25^\circ C$	100	A/ μs

Parametr	Warunki pomiaru		Wartość	Jednostka
I_{GT}	$U_D = 12\text{ V}$	$\psi_j = 25^\circ\text{C}$	150	mA
U_{GT}	$U_D = 12\text{ V}$	$\psi_j = 25^\circ\text{C}$	3	V
U_{GDM}	$U_D = U_{DRM}$	$\psi_j = 125^\circ\text{C}$	0,15	V
I_{FGM}		$\psi_j = 25^\circ\text{C}$	4	A
U_{RCM}		$\psi_j = 25^\circ\text{C}$	5	V
P_{GM}			16	W
$P_{C/AV/}$			3	W

Zakres temperatur pracy struktury pnpn

-40...+125 °C

Zakres temperatur przechowywania

-40...+150 °C

R_{thjc} /chłodzenie dwustronne/

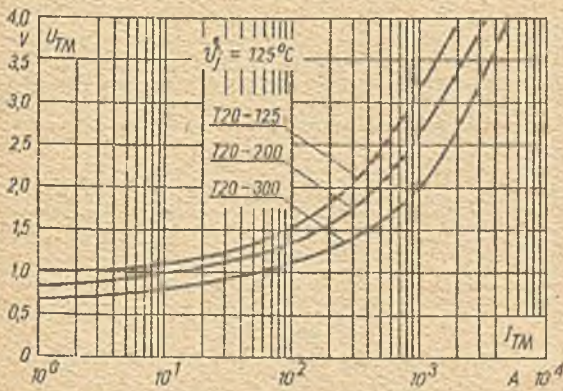
0,08 °C/W

R_{thar} /chłodzenie dwustronne przy zastosowaniu smaru i właściwej siły ściskającej radiator/

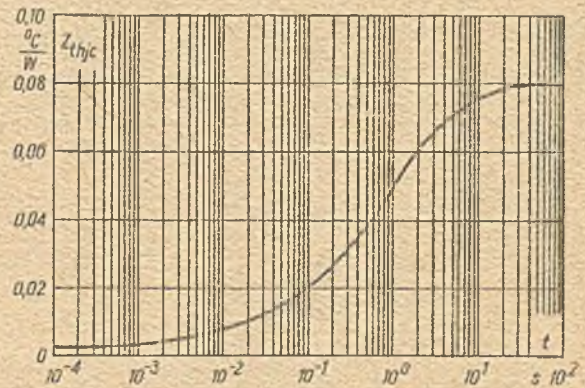
0,02 °C/W

Zakres siły ściskającej radiator

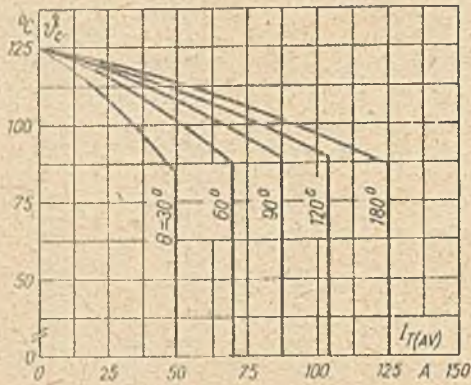
4,4...8,22 kN /450...635 kN/



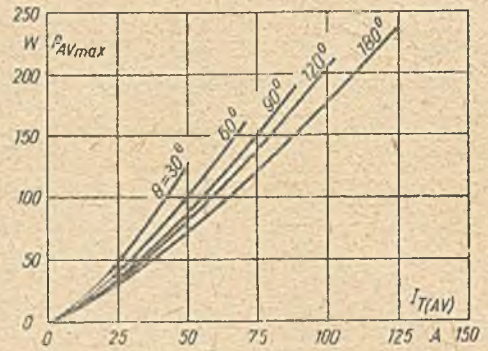
Rys.176. Tyrystor T21-125, T20-200, T20-300. Charakterystyka przewodzenia.



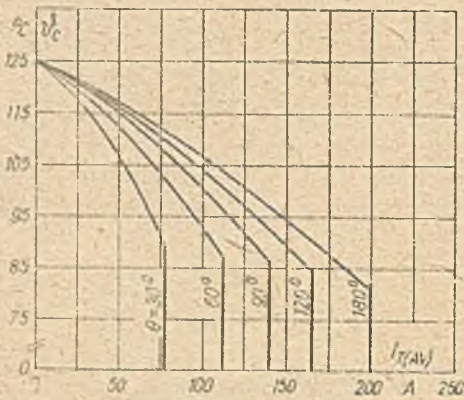
Rys.177. Tyrystor T21-125, T20-200, T20-300. Zależność przejściowej impedancji termicznej od czasu przy chłodzeniu dwustronnym.



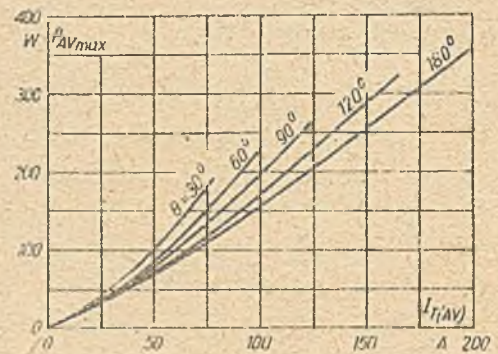
Rys.178. Tyrystator T21-125. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia dla różnych kątów przewodzenia θ przy przebiegu sinusoidalnym.



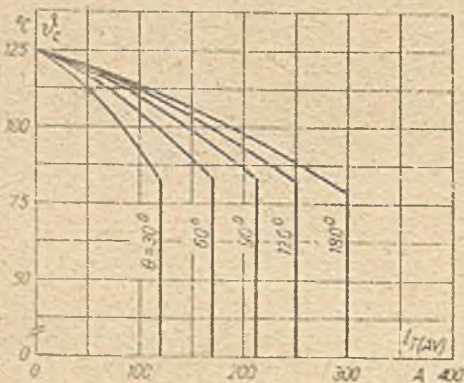
Rys.179. Tyrystator T21-125. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



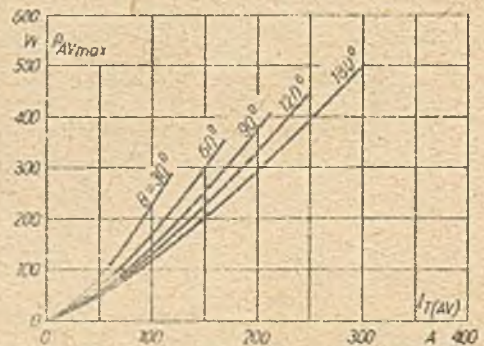
Rys.180. Tyrystator T20-200. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia dla różnych kątów przewodzenia θ przy przebiegu sinusoidalnym.



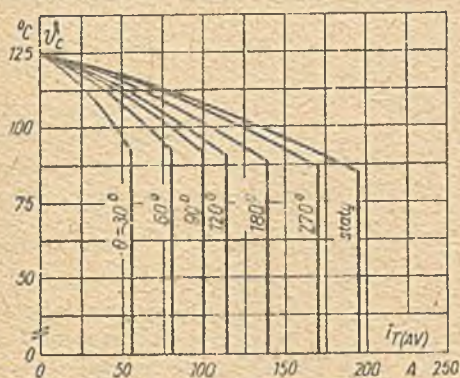
Rys.181. Tyrystator T20-200. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



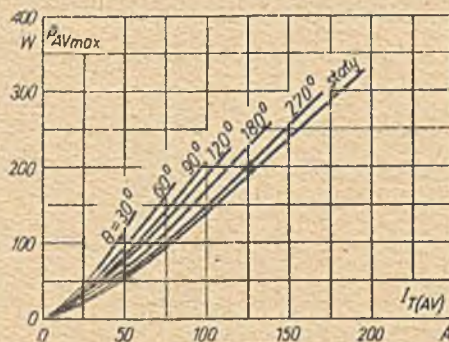
Rys.182. Tyrystator T20-300. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



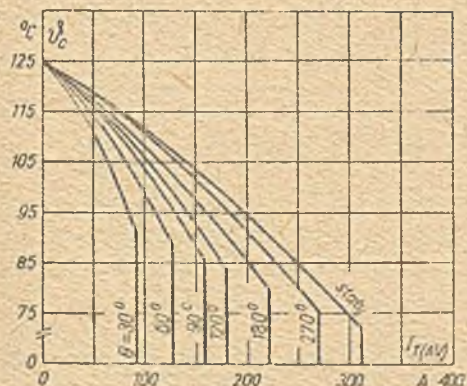
Rys.183. Tyrystator T20-300. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



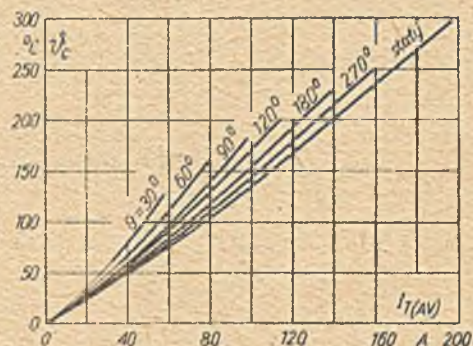
Rys.184. Tyrystor T21-125. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



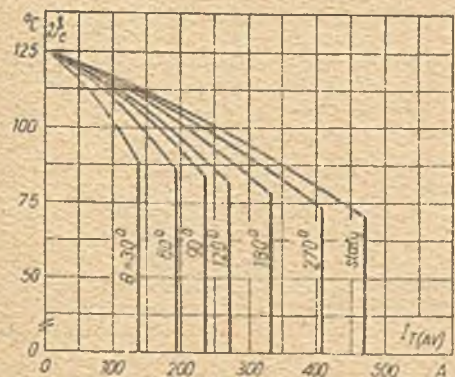
Rys.185. Tyrystor T21-125. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



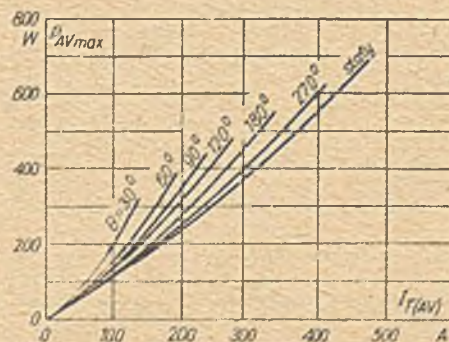
Rys.186. Tyrystor T20-200. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



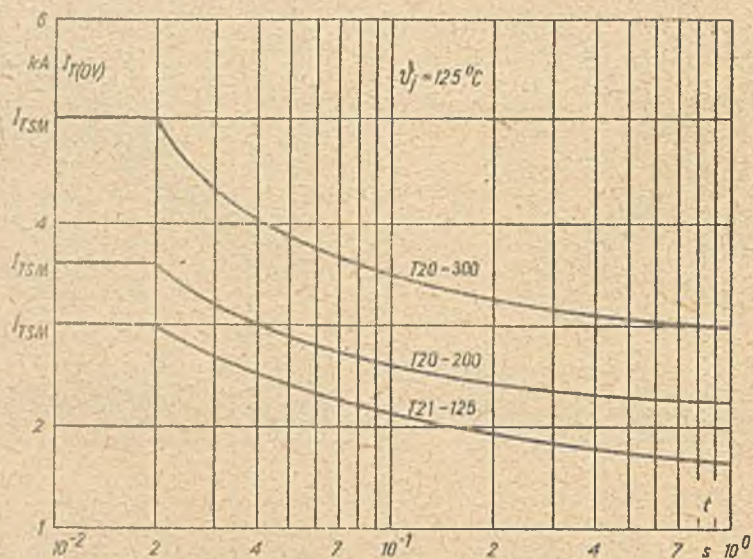
Rys.187. Tyrystor T20-200. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



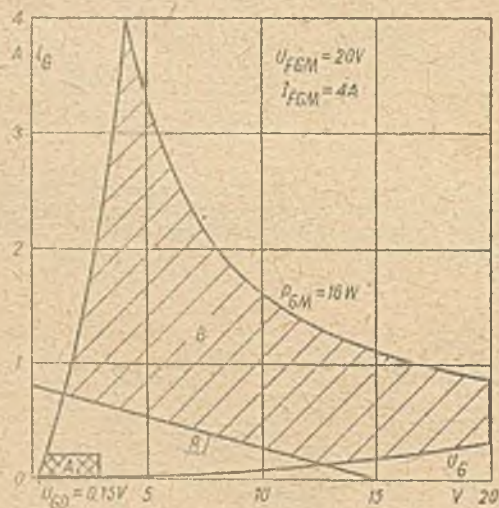
Rys.188. Tyrystor T20-300. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



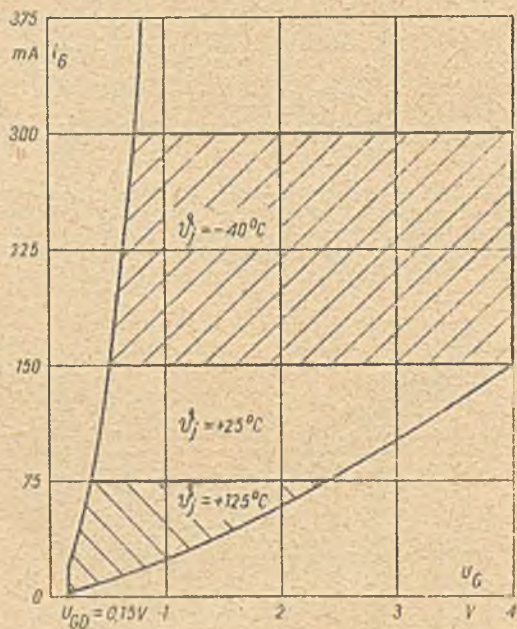
Rys.189. Tyrystor T20-300. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



Rys.190. Tyrystator T21-125, T20-200, T20-300. Charakterystyka przeciążalności granicznej.



Rys.191. Tyrystator T21-125, T20-200, T20-300. Charakterystyki bramki: A - obszar minimalnych bramkowych parametrów przełączających, B - obszar dopuszczalnego forsowania impulsu bramkowego, K - zalecana prosta obciążenia obwodu bramkowego.



Rys.192. Tyrystator T21-125, T20-200, T20-300. Charakterystyki bramki. Obszar możliwych przełączeń tyrystatora.

TYRYSTORY

T00-250, T00-300, T00-350

Tyrystor T00-250

Prąd graniczny
 Powtarzalne napięcie blokowania
 Powtarzalne napięcie wsteczne
 Maksymalna temperatura tyrystora

$I_{T/AV/M}$	250	A
U_{DRM}	100...2200	V
U_{RRM}	100...2200	V
t_{0c}	75	$^{\circ}C$

Tyrystor T00-300

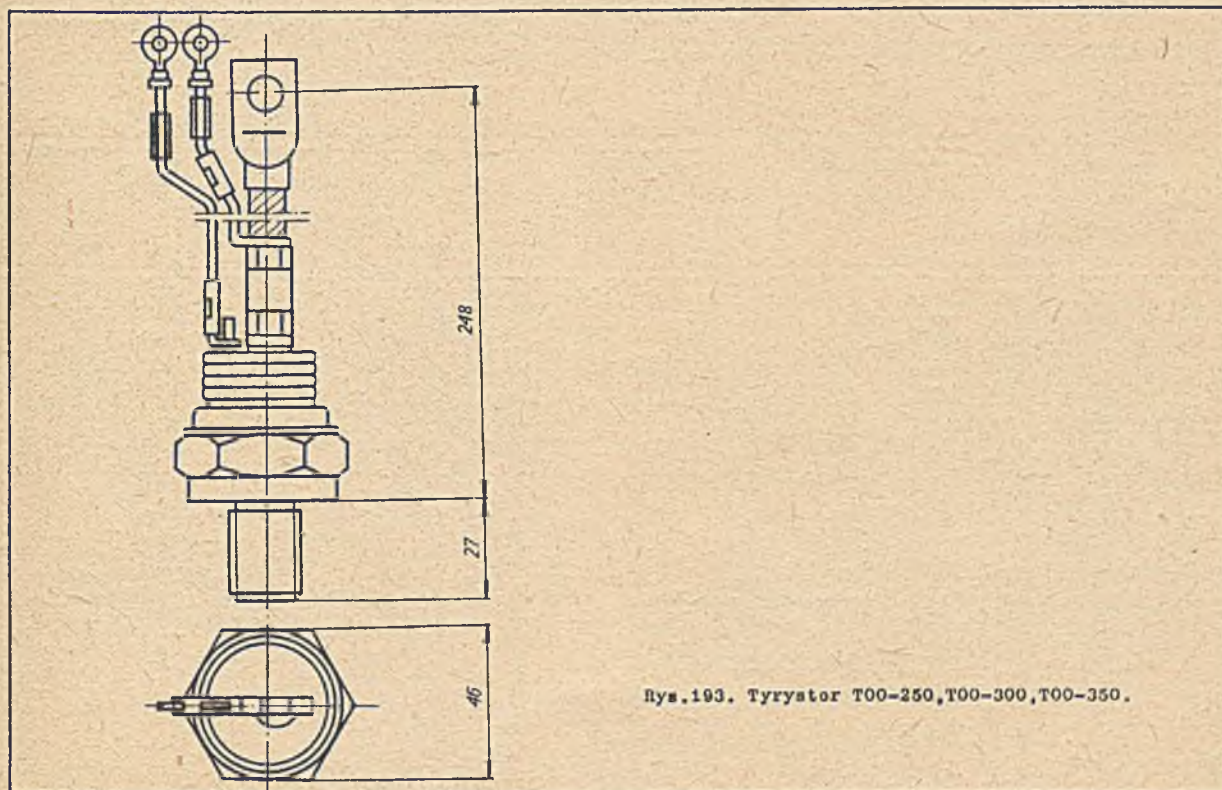
Prąd graniczny
 Powtarzalne napięcie blokowania
 Powtarzalne napięcie wsteczne
 Maksymalna temperatura tyrystora

$I_{T/AV/M}$	300	A
U_{DRM}	100...2200	V
U_{RRM}	100...2200	V
t_{0c}	85	$^{\circ}C$

Tyrystor T00-350

Prąd graniczny
 Powtarzalne napięcie blokowania
 Powtarzalne napięcie wsteczne
 Maksymalna temperatura tyrystora

$I_{T/AV/M}$	350	A
U_{DRM}	100...1600	V
U_{RRM}	100...1600	V
t_{0c}	75	$^{\circ}C$



Rys.193. Tyrystor T00-250, T00-300, T00-350.

Przykład oznaczenia:

T00-300-22-220 tyrystor o prądzie 300 A i napięciu powtarzalnym 2200 V o parametrach dynamicznych :
 $du_p/dt = 50 \text{ V}/\mu\text{s}$, $t_q = 150 \text{ ns}$ i nieokreślonym di_T/dt .

T00-250
T00-300
T00-350

Klasa	U_{DRM} U_{RRM}	U_{RSM}	I_{DRM}	I_{RRM}
-	V	V	mA	mA
01	100	200	25	25
02	200	300		
04	400	500		
06	600	700		
08	800	950		
10	1000	1200		
12	1200	1450		
13	1300	1550		
14	1400	1700		
15	1500	1800		
16	1600	1900		
17	1700	2050		
18	1800	2150		
20	2000	2400		
22	2200	2600		

Parametr	Warunki pomiaru	T00-250	T00-300	T00-350	Jednostka
$I_{T/RMS/}$		400	470	550	A
I_L	$v_j = 25^\circ C$	200	200	200	mA
I_H	$v_j = 25^\circ C$	100	100	100	mA
I_{TSM}	$v_j = 125^\circ C$	6300	7600	9100	A
$I^2 t$	$v_j = 125^\circ C$	$205 \cdot 10^3$	$206 \cdot 10^3$	$416 \cdot 10^3$	$A^2 s$
U_{TM}	$I_{TM} = 625 A$ $v_j = 25^\circ C$	1,8	1,6	1,4	V
U_{TM}	$I_{TM} = 1500 A$ $v_j = 25^\circ C$	2,6	2,2	1,8	V

Parametr	Warunki pomiaru	Wartość	Jednostka
t_q	$I_T = 250 A$ $v_j = 125^\circ C$ $di_R/dt = 25 A/\mu s$ $du_D/dt = 20 V/\mu s$ /narastanie liniowe do $0,8 U_{DRM}$ / wartość typowa	150	μs
t_{gt}	$I_T = 100 A$ $U_D = 100 V$ $v_j = 25^\circ C$	7	μs
du_D/dt	$v_j = 125^\circ C$ narastanie wykładnicze do U_{DRM}	300	$V/\mu s$
di_T/dt	wartość niepowtarzalna $v_j = 25^\circ C$	100	$A/\mu s$

Parametr	Warunki pomiaru	Wartość	Jednostka
I_{GT}	$U_D = 12 \text{ V}$ $\vartheta_J = 25^\circ\text{C}$	150	mA
U_{GT}	$U_D = 12 \text{ V}$ $\vartheta_J = 25^\circ\text{C}$	3	V
U_{ODM}	$U_D = U_{DRM}$ $\vartheta_J = 125^\circ\text{C}$	0,15	V
I_{FCM}	$\vartheta_J = 25^\circ\text{C}$	4	A
U_{RGM}	$\vartheta_J = 25^\circ\text{C}$	5	V
P_{GM}		16	W
$P_{G/AV/}$		3	W

Zakres temperatur pracy struktury pnnp

-40....+125 °C

Zakres temperatur przechowywania

-40....+150 °C

 R_{thjo}

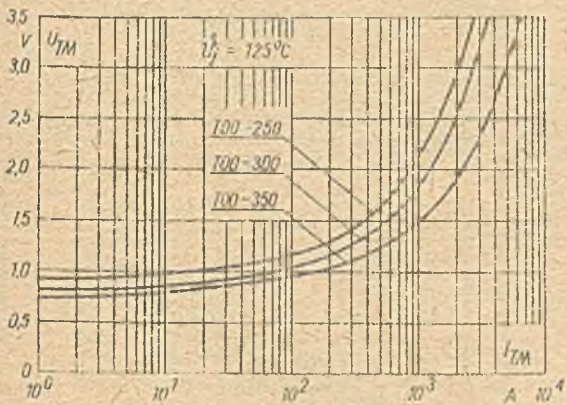
0,1 °C/W

 R_{ther} /przy zastosowaniu smaru i właściwego momentu dokręcającego do radiatora/

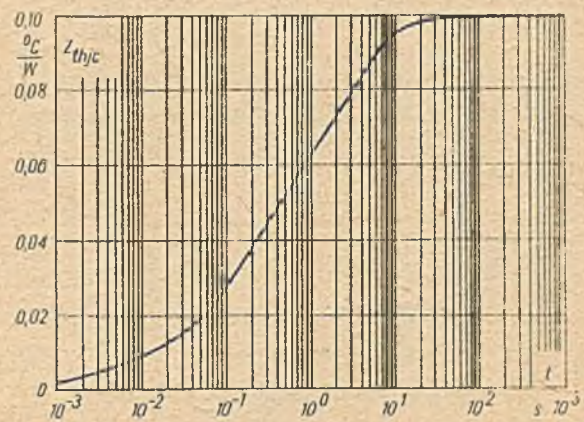
0,05 °C/W

Moment dokręcający do radiatora

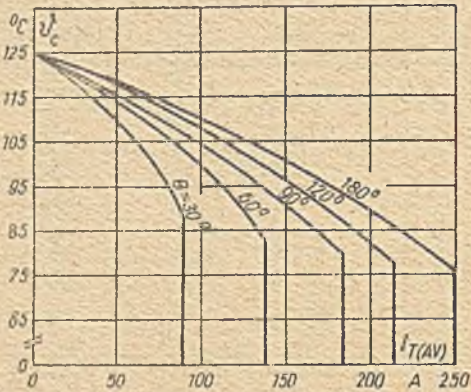
34,3 Nm /350 KGcm/



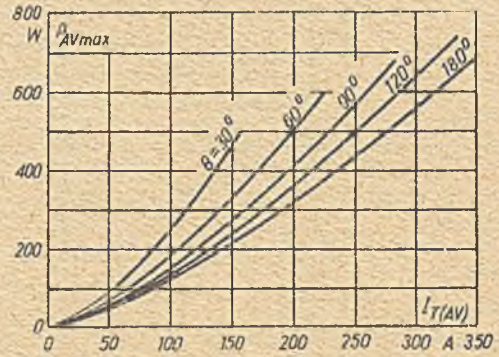
Rys.194. Tyrystor T00-250, T00-300, T00-350. Charakterystyka przewodzenia.



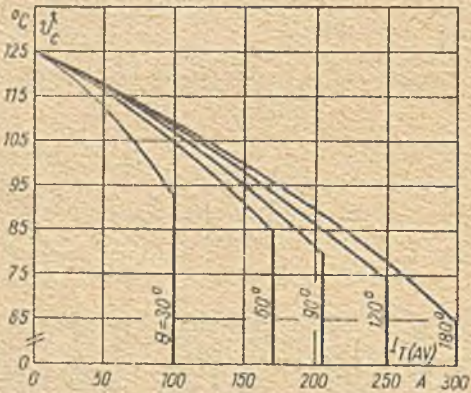
Rys.195. Tyrystor T00-250, T00-300, T00-350. Zależność przejściowej impedancji termicznej od czasu.



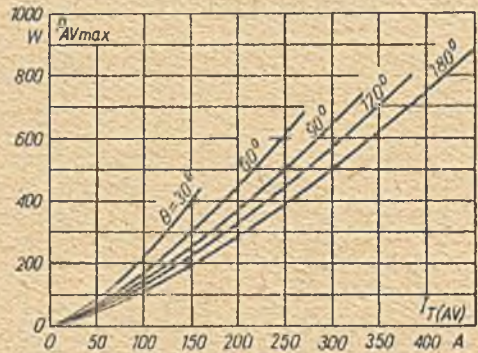
Rys.193. Tyrystor T00-250. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



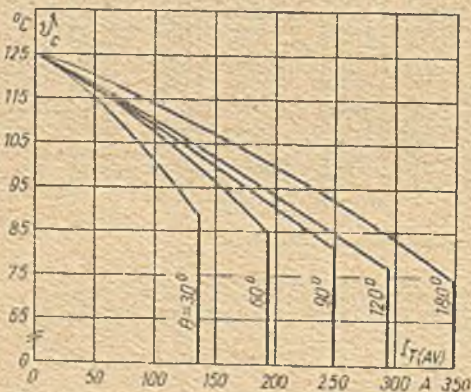
Rys.197. Tyrystor T00-250. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



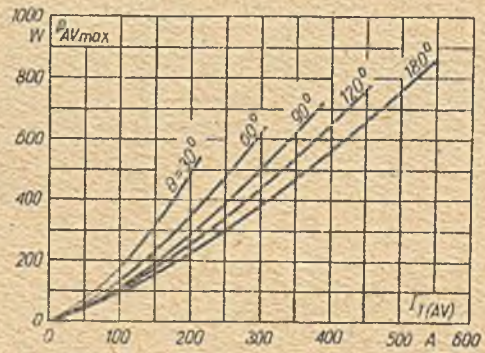
Rys.198. Tyrystor T00-300. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



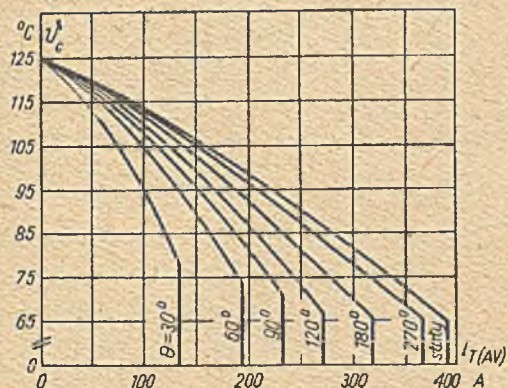
Rys.199. Tyrystor T00-300. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



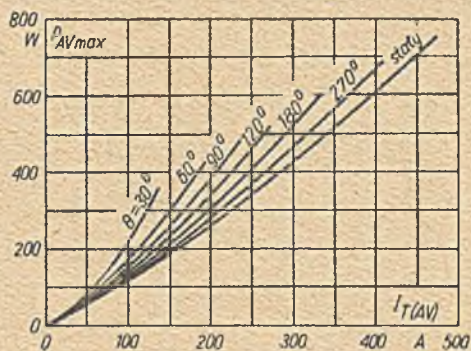
Rys.200. Tyrystor T00-350. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



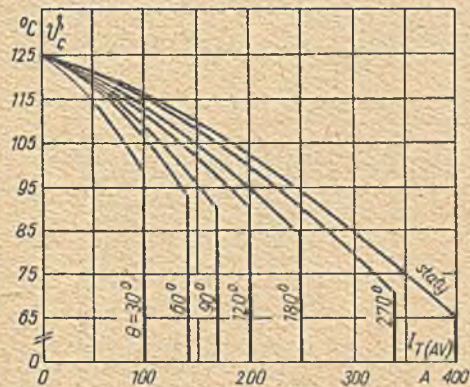
Rys.201. Tyrystor T00-350. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



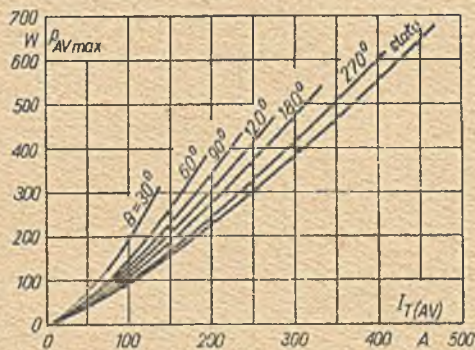
Rys.202. Tyrystor T00-250. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



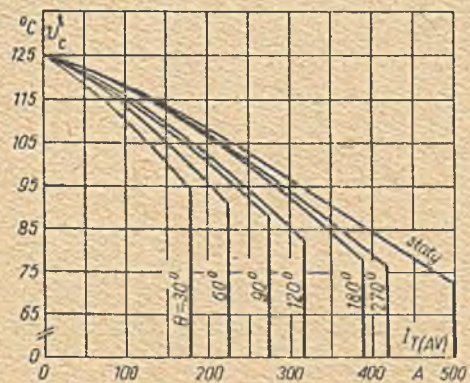
Rys.203. Tyrystor T00-250. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



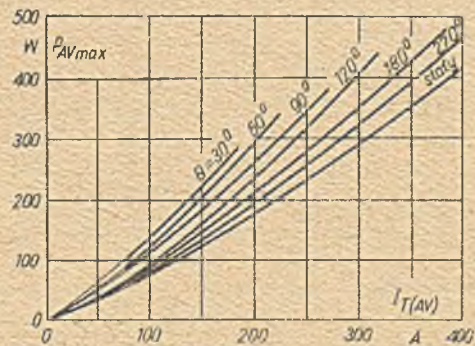
Rys.204. Tyrystor T00-300. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



Rys.205. Tyrystor T00-300. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .

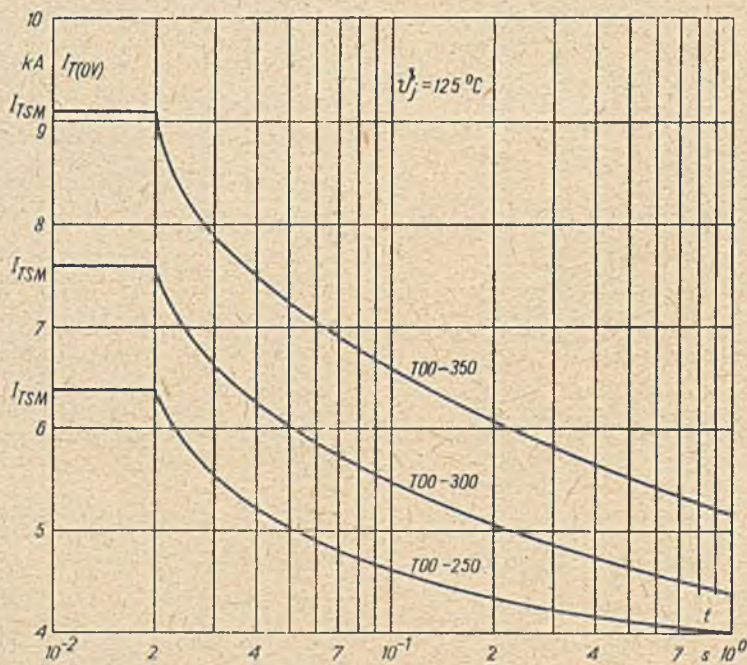


Rys.206. Tyrystor T00-350. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .

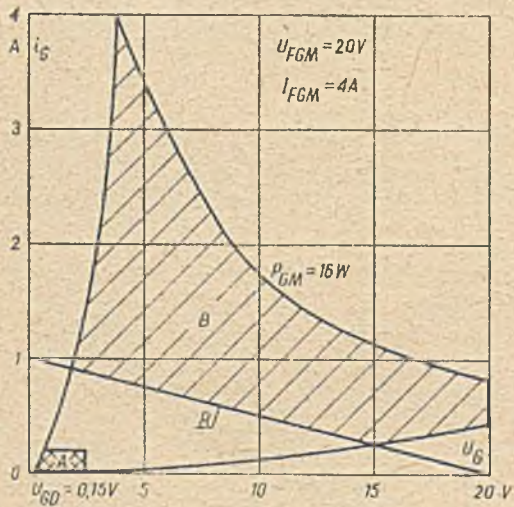


Rys.207. Tyrystor T00-350. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .

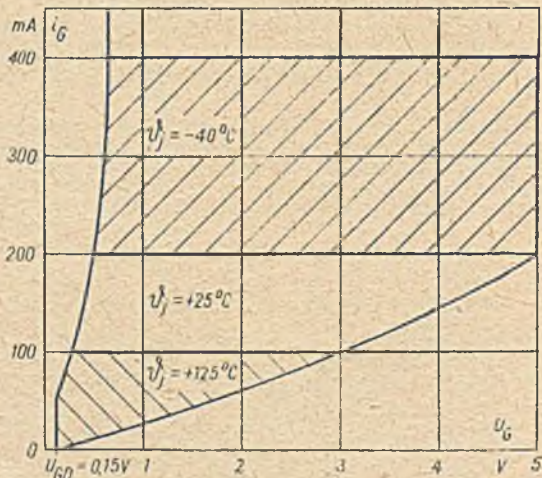
T00-250
T00-300
T00-350



Rys.208. Tyrystator T00-250, T00-300, T00-350. Charakterystyka przeciążalności granicznej.



Rys.209. Tyrystator T00-250, T00-300, T-350. Charakterystyki bramki: A - obszar minimalnych brankowych parametrów przełączających, B - obszar dopuszczalnego forsowania impulsu brankowego, R - zalecana prosta obciążenia obwodu brankowego.



Rys.210. Tyrystator T00-250, T00-300, T00-350. Charakterystyki bramki. Obszar możliwych przełączeń tyrystora.

TYRYSTORY

T20-350, T20-450, T20-550

Tyrystor T20-350

Prąd graniczny
 Powtarzalne napięcie blokowania
 Powtarzalne napięcie wsteczne
 Maksymalna temperatura tyrystora

$I_{T/AV/M}$	350	A
U_{DRM}	100...2200	V
U_{RRM}	100...2200	V
ϑ_c	78	$^{\circ}C$

Tyrystor T20-450

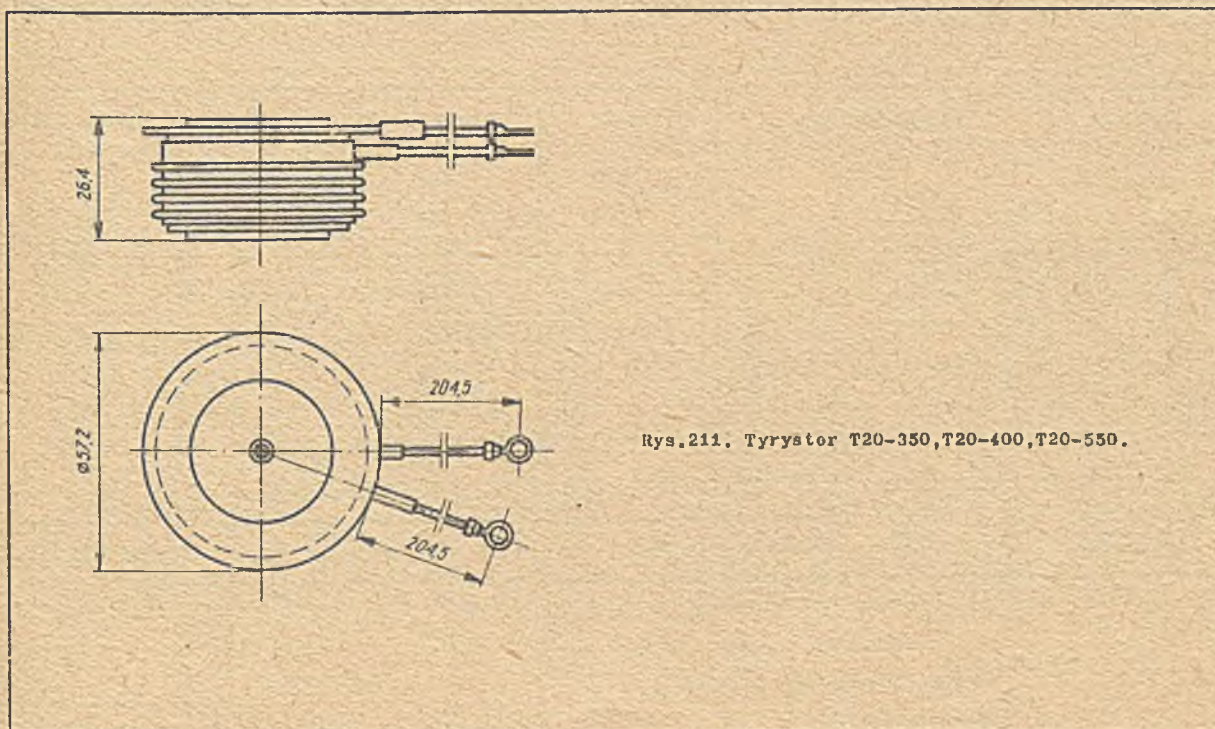
Prąd graniczny
 Powtarzalne napięcie blokowania
 Powtarzalne napięcie wsteczne
 Maksymalna temperatura tyrystora

$I_{T/AV/M}$	450	A
U_{DRM}	100...2200	V
U_{RRM}	100...2200	V
ϑ_c	65	$^{\circ}C$

Tyrystor T20-550

Prąd graniczny
 Powtarzalne napięcie blokowania
 Powtarzalne napięcie wsteczne
 Maksymalna temperatura tyrystora

$I_{T/AV/M}$	550	A
U_{DRM}	100...1600	V
U_{RRM}	100...1600	V
ϑ_c	65	$^{\circ}C$



Rys. 211. Tyrystor T20-350, T20-400, T20-550.

Przykład oznaczenia:

T20-550-14-524 tyrystor o prądzie 550 A i napięciu powtarzalnym 1400 V o parametrach dynamicznych :
 $du_D/dt = 300 \text{ V}/\mu\text{s}$, $t_q = 150 \mu\text{s}$ i $di_T/dt = 100 \text{ A}/\mu\text{s}$.

T20-350

T20-450

T20-550

Klasa	U_{DRM}	U_{RSM}	I_{DRM}	I_{RRM}
	U_{RRM}			
-	V	V	mA	mA
01	100	200	25	25
02	200	300		
04	400	500		
06	600	700		
08	800	950		
10	1000	1200		
12	1200	1450		
13	1300	1550		
14	1400	1700		
15	1500	1800		
16	1600	1900		
17	1700	2050		
18	1800	2150		
20	2000	2400		
22	2200	2800		

Parametr	Warunki pomiaru	T20-350	T20-400	T20-550	Jednostka
$I_{T/RMS/}$		550	700	850	A
I_L	$\dot{V}_j = 25^\circ C$	200	200	200	mA
I_H	$\dot{V}_j = 25^\circ C$	100	100	100	mA
I_{TSM}	$\dot{V}_j = 125^\circ C$	6300	7600	9100	A
$I^2 t$	$\dot{V}_j = 125^\circ C$	$205 \cdot 10^3$	$295 \cdot 10^3$	$416 \cdot 10^3$	$A^2 s$
U_{TM}	$I_{TM} = 625 A \quad \dot{V}_j = 25^\circ C$	1,8	1,6	1,4	V
U_{TM}	$I_{TM} = 1500 A \quad \dot{V}_j = 25^\circ C$	2,8	2,2	1,8	V

Parametr	Warunki pomiaru	Wartość	Jednostka
t_q	$I_T = 250 A \quad \dot{V}_j = 125^\circ C$ $di_R/dt = 25 A/\mu s \quad du_D/dt = 20 V/\mu s$ /narastanie liniowe do $0,8 U_{DRM}$ / wartość typowa	150	μs
t_{gt}	$I_T = 100 A \quad U_D = 100 V \quad \dot{V}_j = 25^\circ C$	7	μs
du_D/dt	$\dot{V}_j = 125^\circ C$ narastanie wykładnicze do U_{DRM}	300	V/ μs
di_T/dt	wartość niepowtarzalna $\dot{V}_j = 25^\circ C$	100	A/ μs

Parametr	Warunki pomiaru	Wartość	Jednostka
I_{GT}	$U_D = 12\text{ V}$ $v_j = 25^\circ\text{C}$	150	mA
U_{GT}	$U_D = 12\text{ V}$ $v_j = 25^\circ\text{C}$	3	V
U_{GDM}	$U_D = U_{DRM}$ $v_j = 125^\circ\text{C}$	0,15	V
I_{FGM}	$v_j = 25^\circ\text{C}$	4	A
U_{RGM}	$v_j = 25^\circ\text{C}$	5	V
P_{GM}		16	W
$P_{G/AV/}$		3	W

Zakres temperatur pracy struktury pnpn

-40....+125 °C

Zakres temperatur przechowywania

-40....+150 °C

 R_{thjc} /chłodzenie dwustronne/

0,06 °C/W

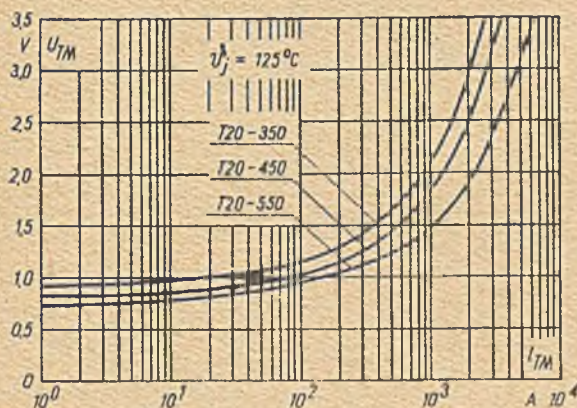
 R_{thor} /chłodzenie dwustronne przy zastosowaniu smaru i właściwej siły ściskającej

0,02 °C/W

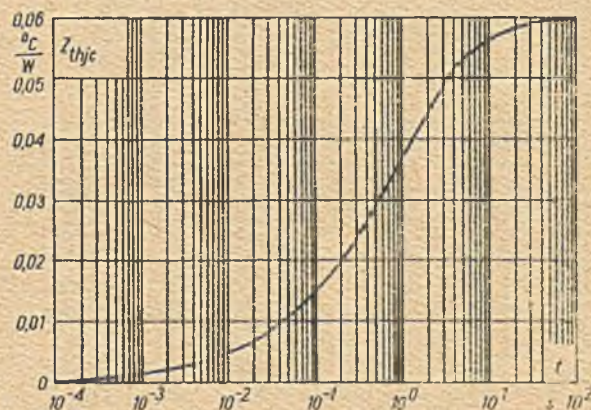
radiator /

Zakres siły ściskającej radiator

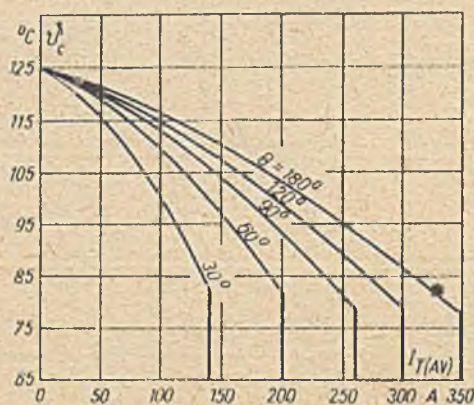
8,9....10,7 KN /905....1090 KG/



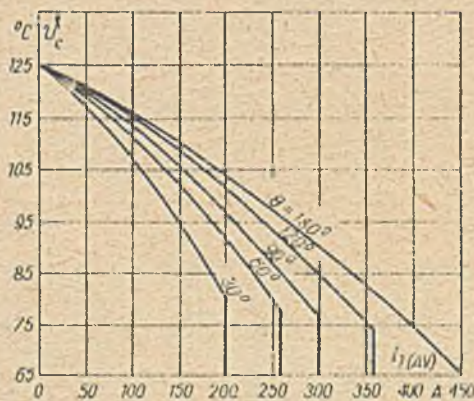
Rys.212. Tyrystor T20-350, T20-400, T20-550. Charakterystyka przewodzenia.



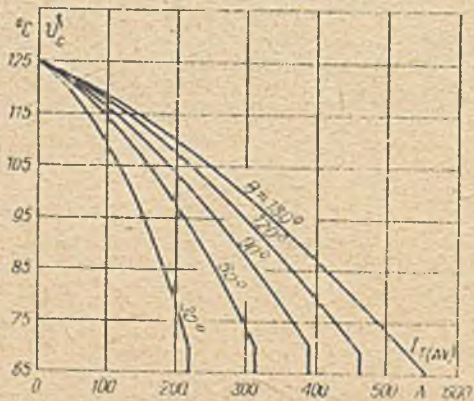
Rys.213. Tyrystor T20-350, T20-400, T20-550. Zależność przejściowej impedancji termicznej od czasu.



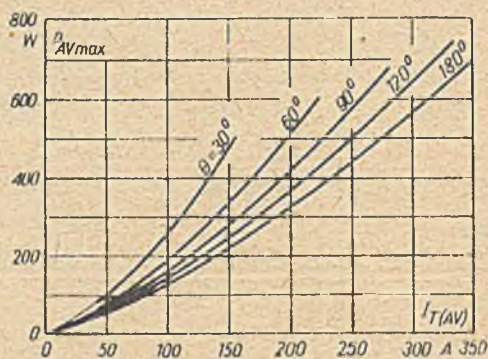
Rys.214. Tyrysttor T20-350. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



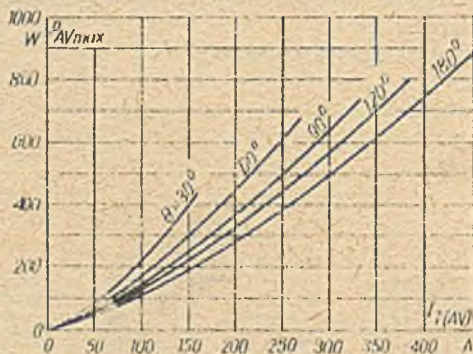
Rys.216. Tyrysttor T20-550. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



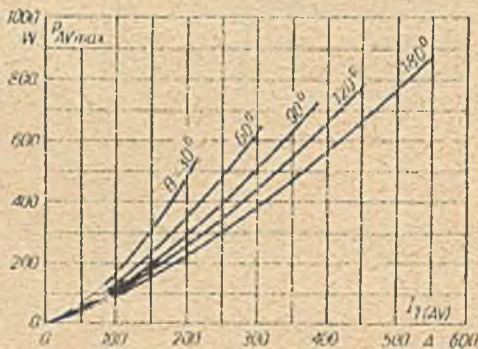
Rys.218. Tyrysttor T20-550. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



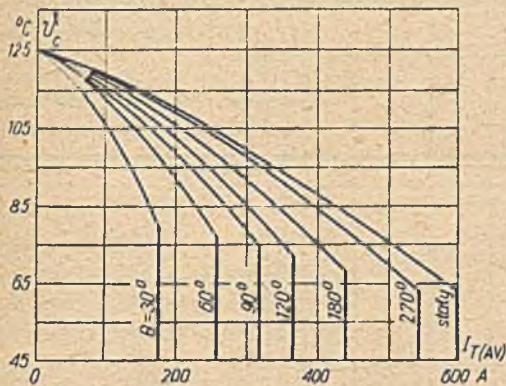
Rys.215. Tyrysttor T20-350. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



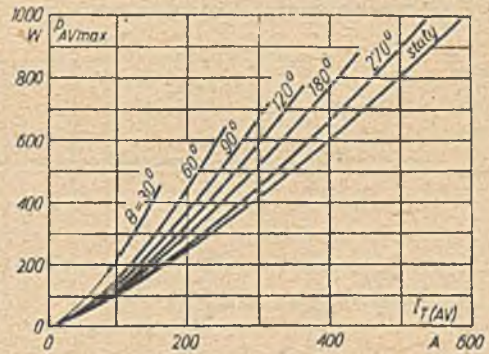
Rys.217. Tyrysttor T20-400. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



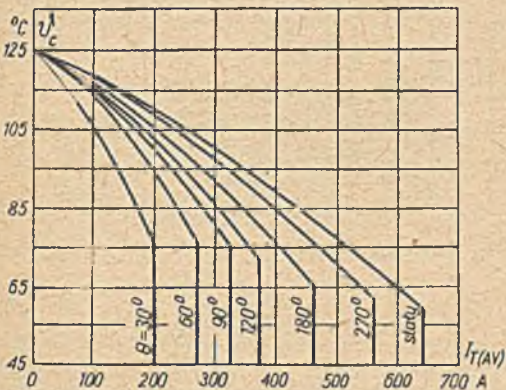
Rys.219. Tyrysttor T20-550. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



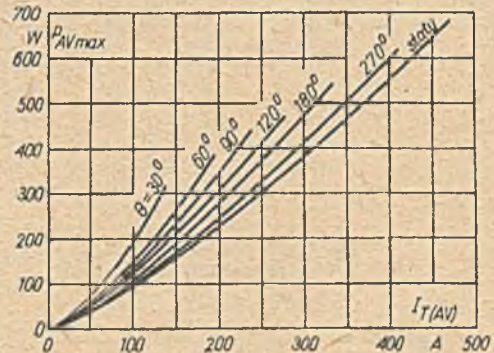
Rys.220. Tyrystor T20-350. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



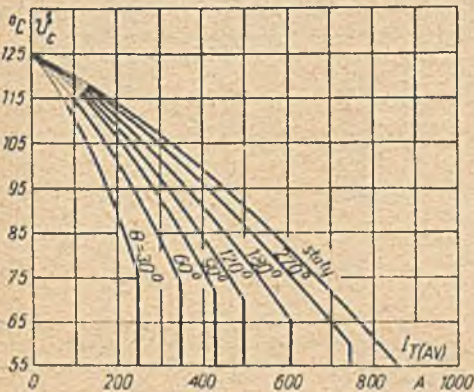
Rys.221. Tyrystor T20-350. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



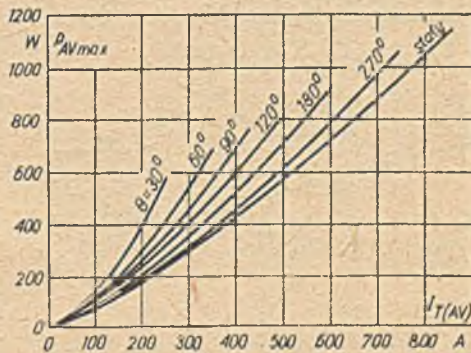
Rys.222. Tyrystor T20-400. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



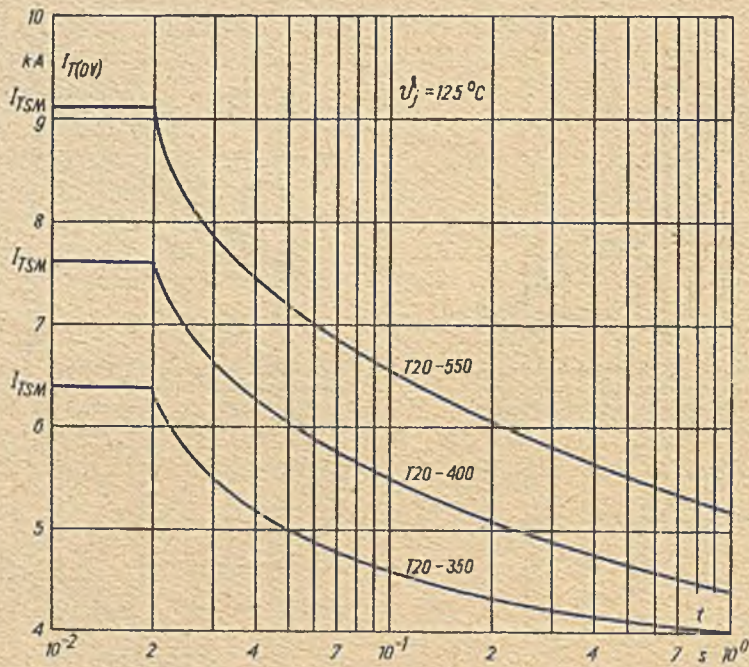
Rys.223. Tyrystor T20-400. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



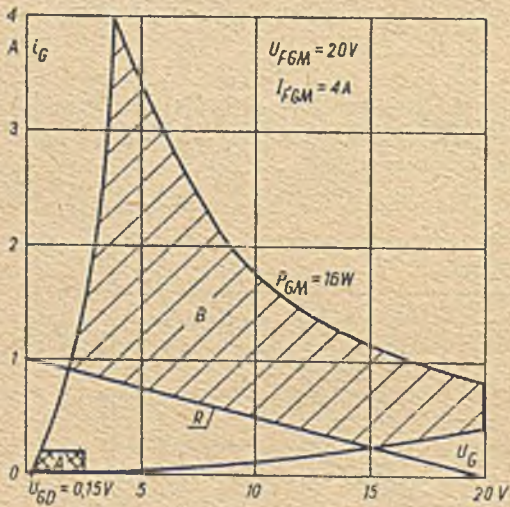
Rys.224. Tyrystor T20-550. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



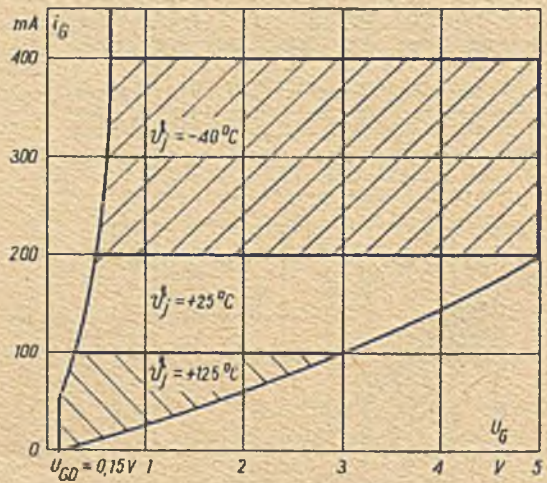
Rys.225. Tyrystor T20-550. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



Rys.226. Tyrystor T20-350, T20-400, T20-550. Charakterystyka przeciwciężności granicznej.



Rys.227. Tyrystor T20-350, T20-400, T20-550. Charakterystyki bramki: A - obszar minimalnych bramkowych parametrów przełączających, B - obszar dopuszczalnego forsowania impulsu bramkowego, II - zalecana prosta obciążenia obwodu bramkowego.



Rys.228. Tyrystor T20-350, T20-400, T20-550. Charakterystyki bramki. Obszar możliwych przełączeń tyrystora.

TYRYSTORY

T20-600, T20-800, T20-1000

Tyrystor T20-600

Prąd graniczny
 Powtarzalne napięcie blokowania
 Powtarzalne napięcie wsteczne
 Maksymalna temperatura tyrystora

$I_{T/AV/M}$	600	A
U_{DRM}	100...2000	V
U_{RRM}	100...2000	V
ϑ_c	72	$^{\circ}C$

Tyrystor T20-800

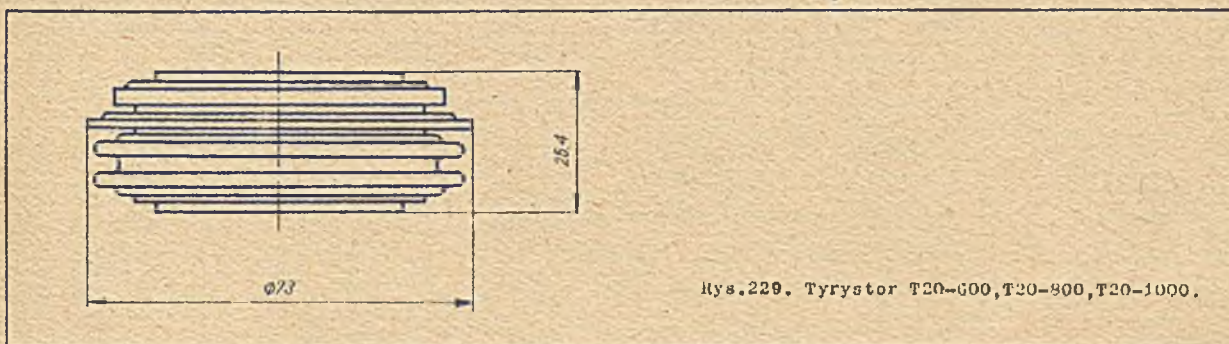
Prąd graniczny
 Powtarzalne napięcie blokowania
 Powtarzalne napięcie wsteczne
 Maksymalna temperatura tyrystora

$I_{T/AV/M}$	800	A
U_{DRM}	100...2000	V
U_{RRM}	100...2000	V
ϑ_c	68	$^{\circ}C$

Tyrystor T20-1000

Prąd graniczny
 Powtarzalne napięcie blokowania
 Powtarzalne napięcie wsteczne
 Maksymalna temperatura tyrystora

$I_{T/AV/M}$	1000	A
U_{DRM}	100...1200	V
U_{RRM}	100...1200	V
ϑ_c	70	$^{\circ}C$



Przykład oznaczenia:

T20-1000-09-424 tyrystor o prądzie 1000 A i napięciu powtarzalnym 900 V o parametrach dynamicznych $du_D/dt = 200 V/\mu s$, $t_q = 150 \mu s$ i $di_T/dt = 100 A/\mu s$.

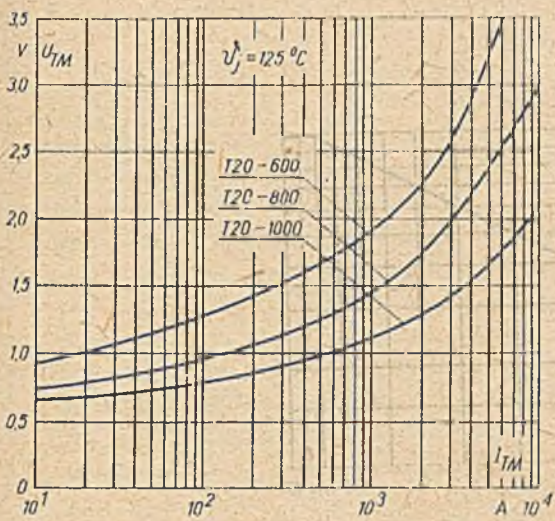
Klasa	U_{DRM} U_{RRM}	U_{RSM}	I_{DRM}	I_{RRM}
-	V	V	mA	mA
01	100	200		
02	200	300		
03	300	400		
04	400	500		
05	500	600		
06	600	700		
07	700	800	30	30
08	800	900		
09	900	1000		
10	1000	1100		
11	1100	1200		
12	1200	1300		
14	1400	1500		
16	1600	1700		
18	1800	1900		
20	2000	2100		

T20-600
T20-800
T20-1000

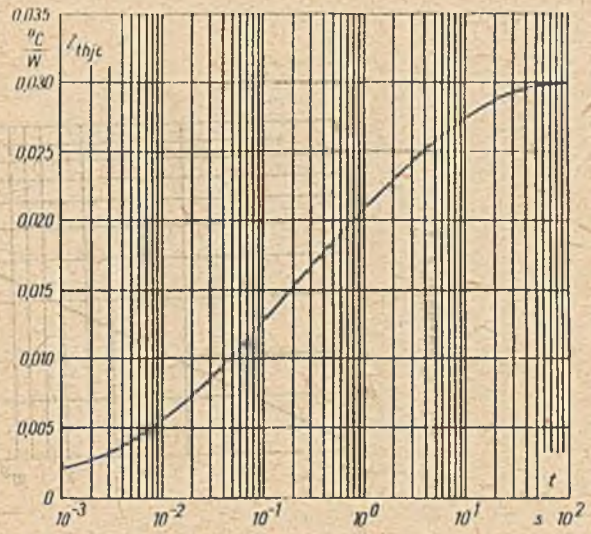
Parametr	Warunki pomiaru	T20-600	T20-800	T20-1000	Jednostka
$I_{T/RMS}/$		940	1225	1570	A
I_L	$\psi_j = 25^\circ C$	500	500	500	mA
I_H	$\psi_j = 25^\circ C$	200	200	200	mA
I_{TSM}	$\psi_j = 125^\circ C$	9100	10900	14500	A
$I^2 t$	$\psi_j = 125^\circ C$	$415 \cdot 10^3$	$600 \cdot 10^3$	$1070 \cdot 10^3$	$A^2 s$
U_{TM}	$I_{TM} = 625 A \quad \psi_j = 25^\circ C$	1,7	1,25	1,05	V
U_{TM}	$I_{TM} = 1500 A \quad \psi_j = 25^\circ C$	2,25	1,80	1,35	V

Parametr	Warunki pomiaru	Wartość	Jednostka
t_q	$I_T = 250 A \quad \psi_j = 125^\circ C$ $di_R/dt = 50 A/\mu s$ $du_D/dt = 20 V/\mu s$ /narastanie liniowe do $0,8 U_{DRM}$ / wartość typowa	150	μs
t_{gt}	$I_T = 100 A \quad U_D = 100 V$	5	μs
du_D/dt	$\psi_j = 125^\circ C$ narastanie wykładnicze do U_{DRM}	200	$V/\mu s$
di_T/dt	wartość niepowtarzalna $\psi_j = 25^\circ C$	100	$A/\mu s$
I_{GT}	$U_D = 12 V \quad \psi_j = 25^\circ C$	200	mA
U_{GT}	$U_D = 12 V \quad \psi_j = 25^\circ C$	3	V
U_{ODM}	$\psi_j = 125^\circ C \quad U_D = U_{DRM}$	0,15	V
I_{FGM}	$\psi_j = 25^\circ C$	4	A
U_{RGM}	$\psi_j = 25^\circ C$	5	V
P_{GM}		16	W
$P_{G/AV/}$		3	W

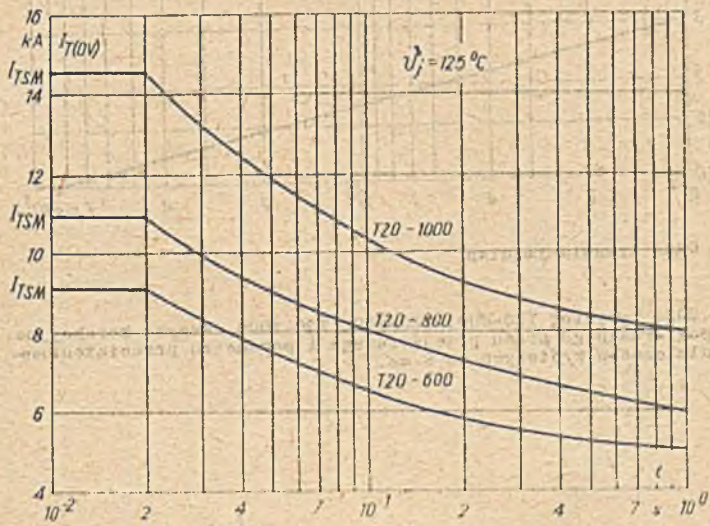
Zakres temperatur pracy struktury pnpn -40.....+125 °C
 Zakres temperatur przechowywania -40.....+150 °C
 R_{thjo} /ochłodzenie dwustronne / 0,03 °C/W
 R_{thor} /ochłodzenie dwustronne, przy zastosowaniu smaru i właściwej siły ściskającej radiator / 0,01 °C/W
 Zakres siły ściskającej radiator 22,2.....24,5 kN /2270....2500 kg /



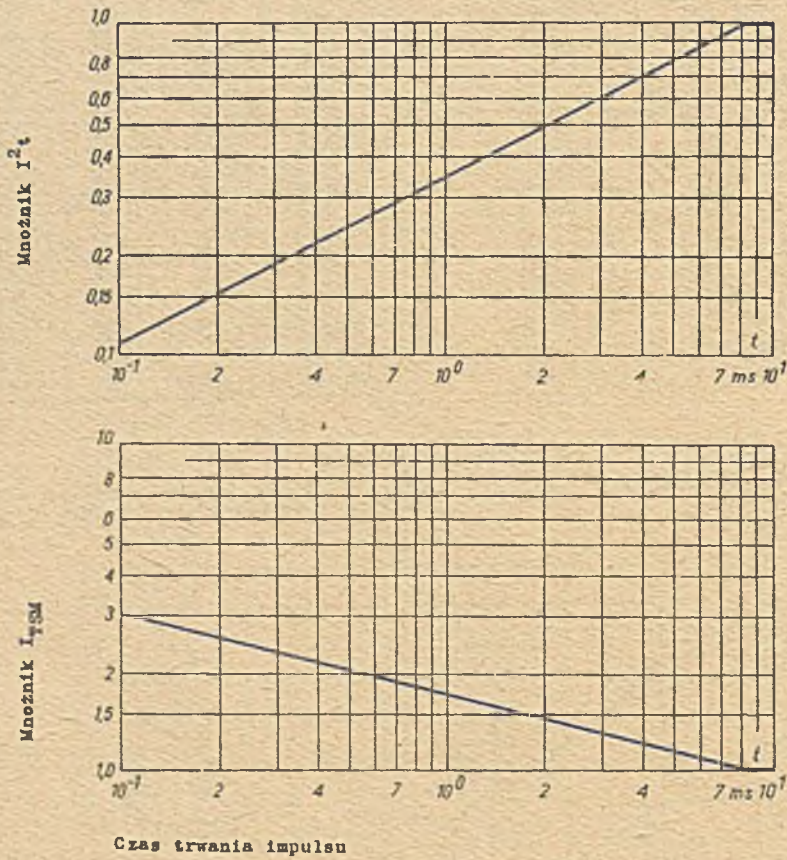
Rys.230. Tyrystor T20-600, T20-800, T20-1000. Charakterystyka przewodzenia.



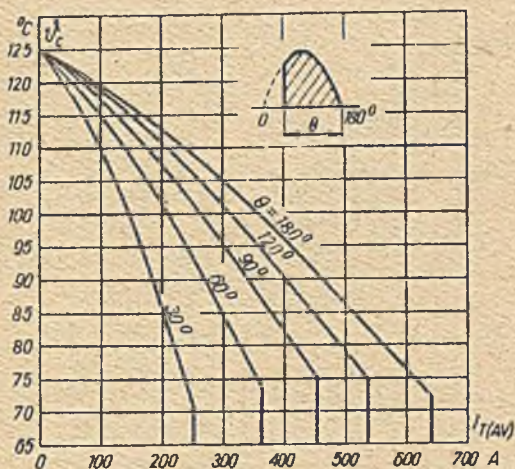
Rys.231. Tyrystor T20-600, T20-800, T20-1000. Zależność przejściowej impedancji termicznej od czasu.



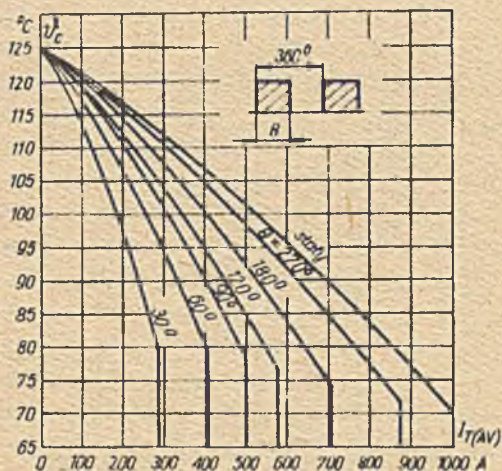
Rys.232. Tyrystor T20-600, T20-800, T20-1000. Charakterystyka przeciążalności granicznej.



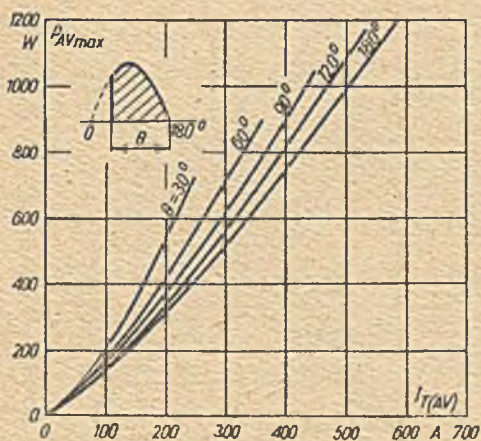
Rys.233. Tyrystor T20-300, T20-800, T20-1000. Krzywa korekcyjne niepowtarzalnego prądu przejściowego i parametru przeciążeniowego dla czasów krótszych od 8 ms.



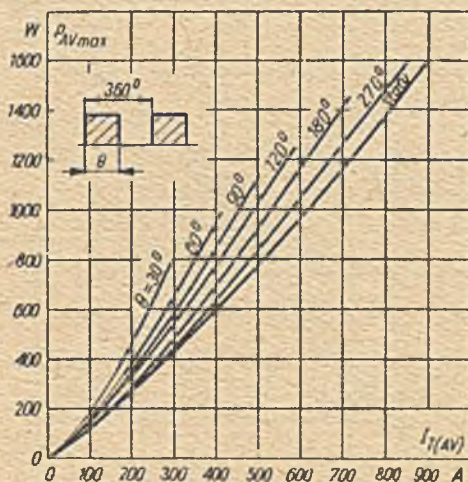
Rys.234. Tyrystor T20-600. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



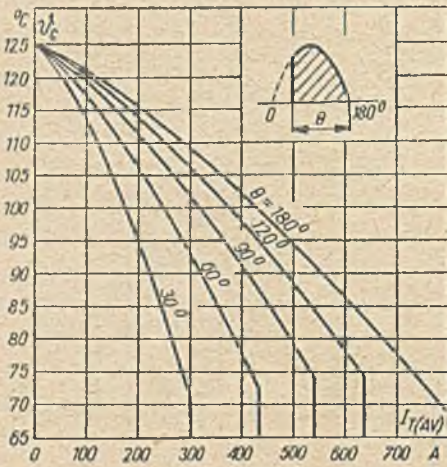
Rys.236. Tyrystor T20-600. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



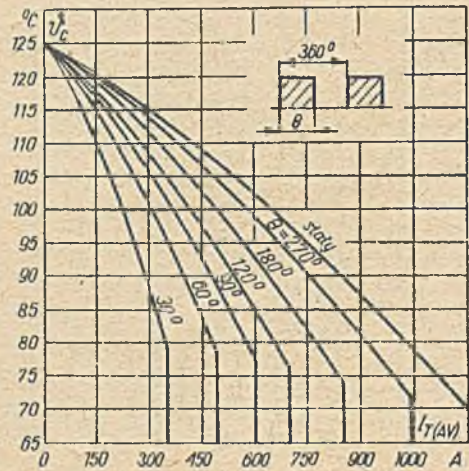
Rys.235. Tyrystor T20-600. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



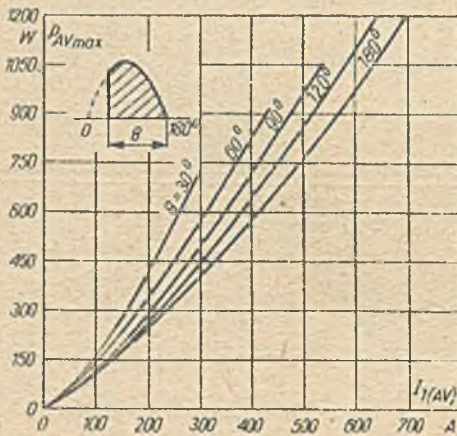
Rys.237. Tyrystor T20-600. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



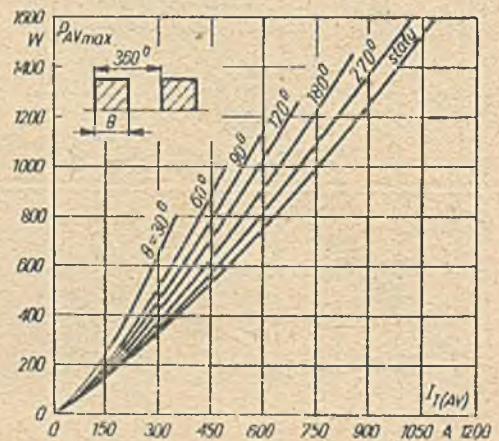
Rys.238. Tyrystor T20-800. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



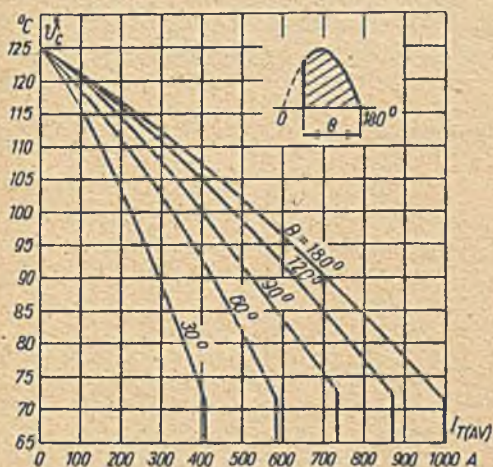
Rys.240. Tyrystor T20-800. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



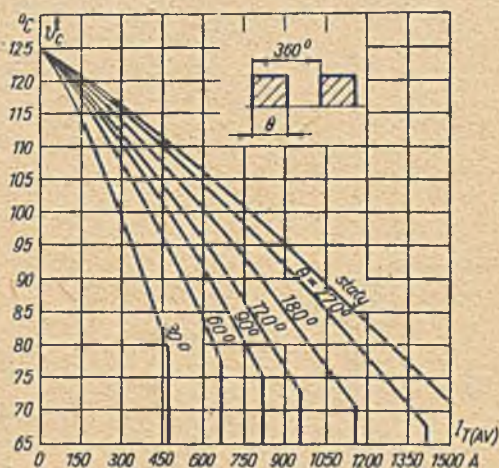
Rys.239. Tyrystor T20-800. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



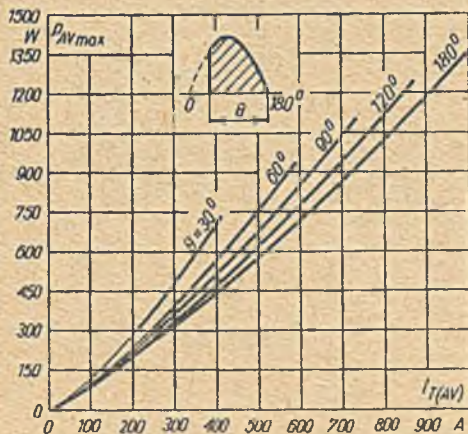
Rys.241. Tyrystor T20-800. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



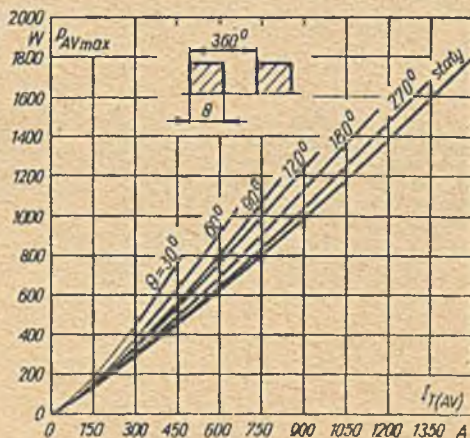
Rys.242. Tyrystor T20-1000. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



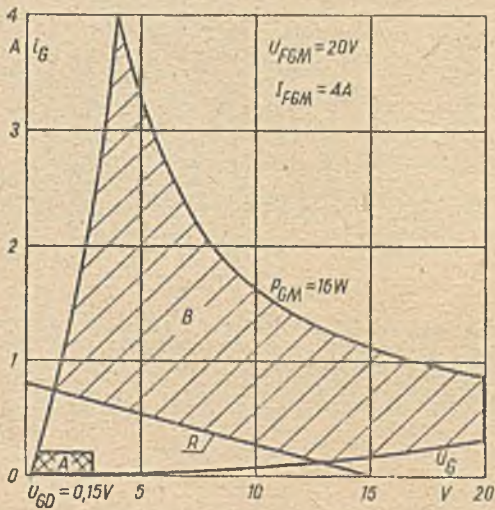
Rys.244. Tyrystor T20-1000. Zależność temperatury obudowy od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



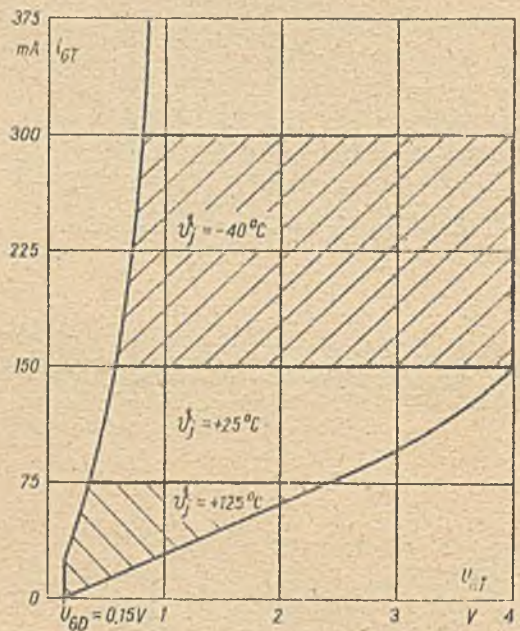
Rys.243. Tyrystor T20-1000. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu sinusoidalnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



Rys.245. Tyrystor T20-1000. Zależność maksymalnej mocy strat od prądu przewodzenia przy przebiegu prostokątnym dla różnych kątów przewodzenia θ .



Rys.246. Tyrysttor T20-600, T20-800, T20-1000. Charakterystyki bramki: A - obszar minimalnych bramkowych parametrów przełączających, B - obszar dopuszczalnego forsowania impulsu bramkowego, R - zalecana prosta obciążenia obwodu bramkowego.



Rys.247. Tyrysttor T20-600, T20-800, T20-1000. Charakterystyki bramki. Obszar możliwych przełączeń tyrystora.

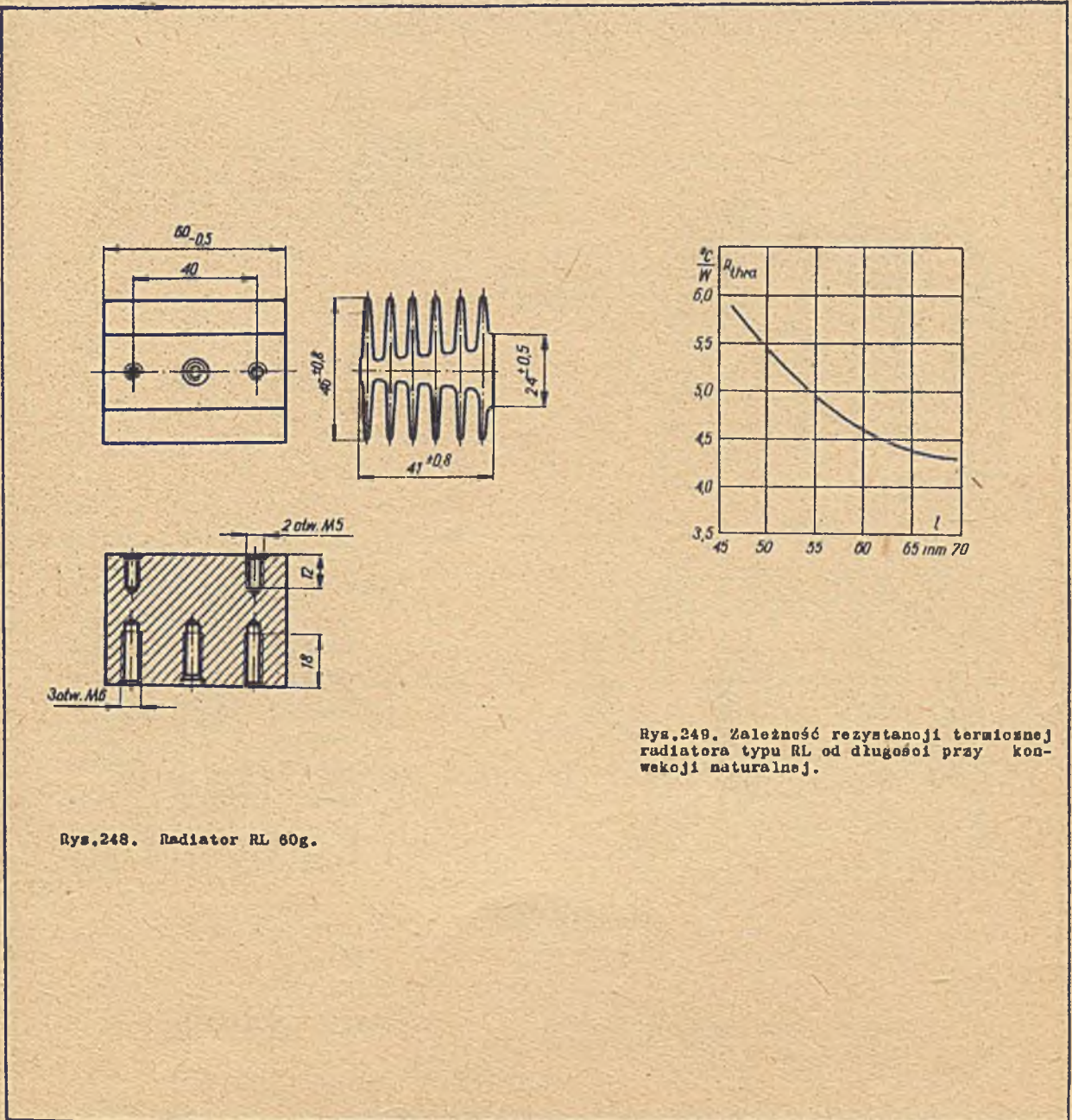
RADIATOR

RL

Na kształcie tym oparty jest radiator RL 60g przystosowany do współpracy z diodą typu D00-10 i D01-10. Radiatory tego typu wykonywane są przez Zakłady Maszyn i Urządzeń Technologicznych Zakład Techniki Próżniowej UNITRA-UNIMA, 75-216 Koszalin, ul.Przemysłowa 3 oraz przez Zakłady Automatyzoji

i Modernizacji Przemysłu Metali Nieżelaznych "ZAM" 32-650 Kęty, ul.Kościuszki 115. Szyna wykonywana jest przez Zakłady Metali Lekkich "KĘTY" 32-650 Kęty, ul.Kościuszki 111.

R_{thra}	dla RL 60g	4,55	$^{\circ}C/W$
Masa	RL 60g	0,15	kg



Rys.249. Zależność rezystancji termicznej radiatora typu RL od długości przy konwekcyj naturalnej.

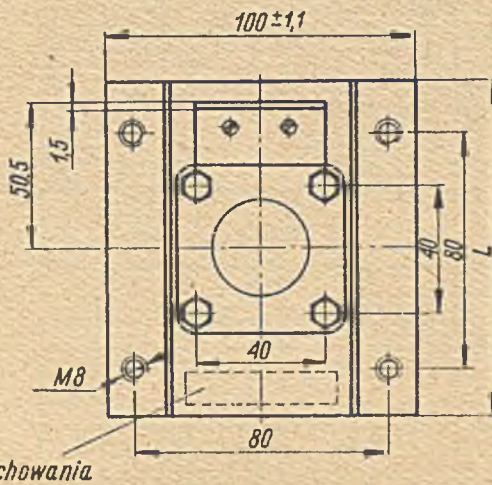
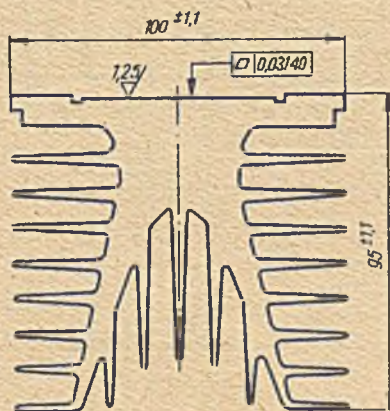
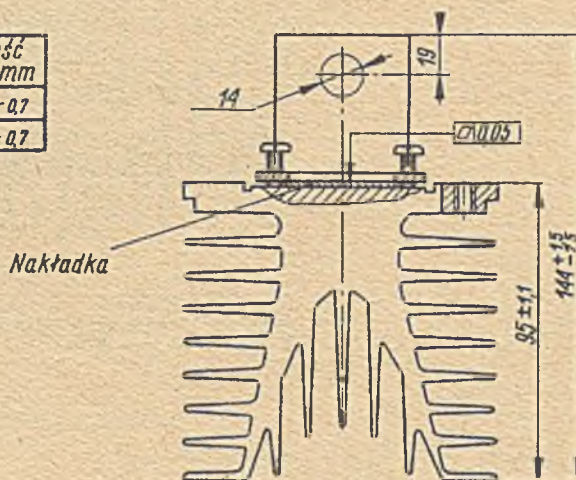
Rys.248. Radiator RL 60g.

Na kształcie tym oparty jest radiator RM 100 i RM 160 przystosowany do współpracy z diodami typu D10-100 i D10-200. Radiatory tego typu wykonywane są przez Zakłady Maszyn i Urzędów Technologicznych Zakład Techniki Próżniowej UNITRA - UNIMA 75-216 Koszalin, ul. Przemysłowa 3 oraz przez Zakłady

Automatyzacji i Modernizacji Przemysłu Metali Nieżelaznych "ZAM" 38-650 Kęty, ul. Kościuszki 115. Szyna wykonywana jest przez Zakłady Metali Lekkich "KĘTY" 32-650 Kęty, ul. Kościuszki 111.

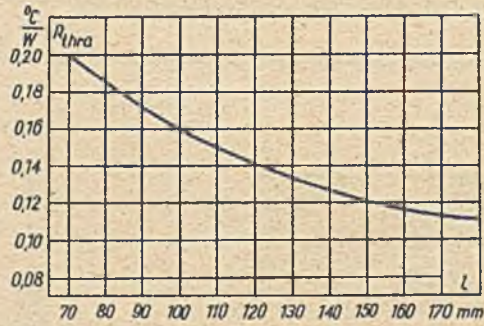
Masa radiatora RM 100 0,96 kg
Masa radiatora RM 160 1,56 kg

Typ radiatora	Długość L mm
RM 100	100-0,7
RM 160	160-0,7

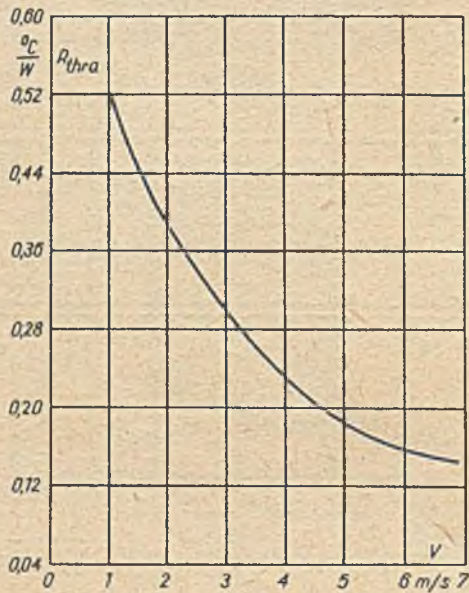


Rys. 250. Kształt radiatora typu M.

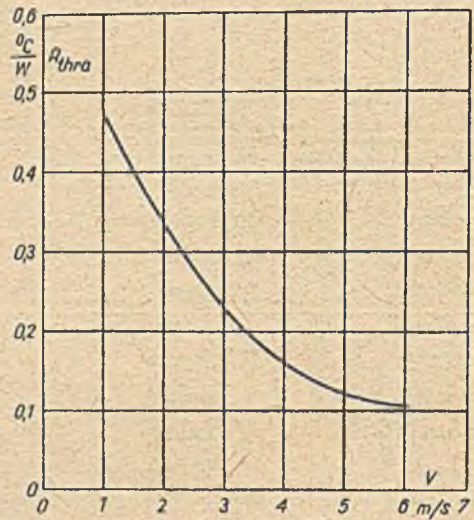
Rys. 251. Radiator RM 100, RM 160.



Rys.252. Zależność rezystancji termicznej radiatora RM od długości przy chłodzeniu powietrzem o prędkości = 6 m/s.



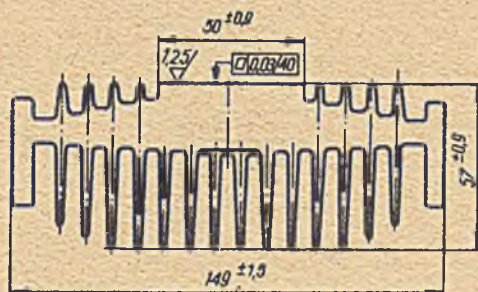
Rys.253. Zależność rezystancji termicznej radiatora RM 100 od prędkości chłodzącego powietrza.



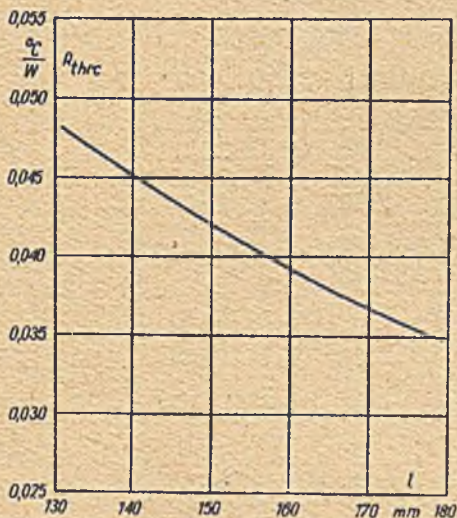
Rys.254. Zależność rezystancji termicznej radiatora RM 160 od prędkości chłodzącego powietrza.

Radiator może pracować z diodami lub tyrystorami pastylkowymi typu D2 lub T2 albo z podstawą płaską typu D1.

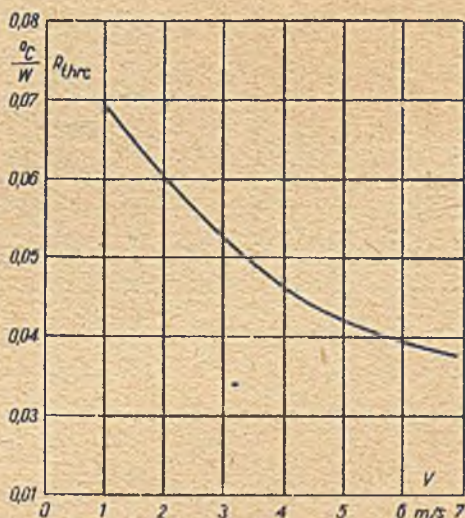
Szyny o kształcie RN wytwarzane są przez Zakłady Metali Lekkich "KĘTY" 32-650 Kęty, ul. Kościuszki 111.



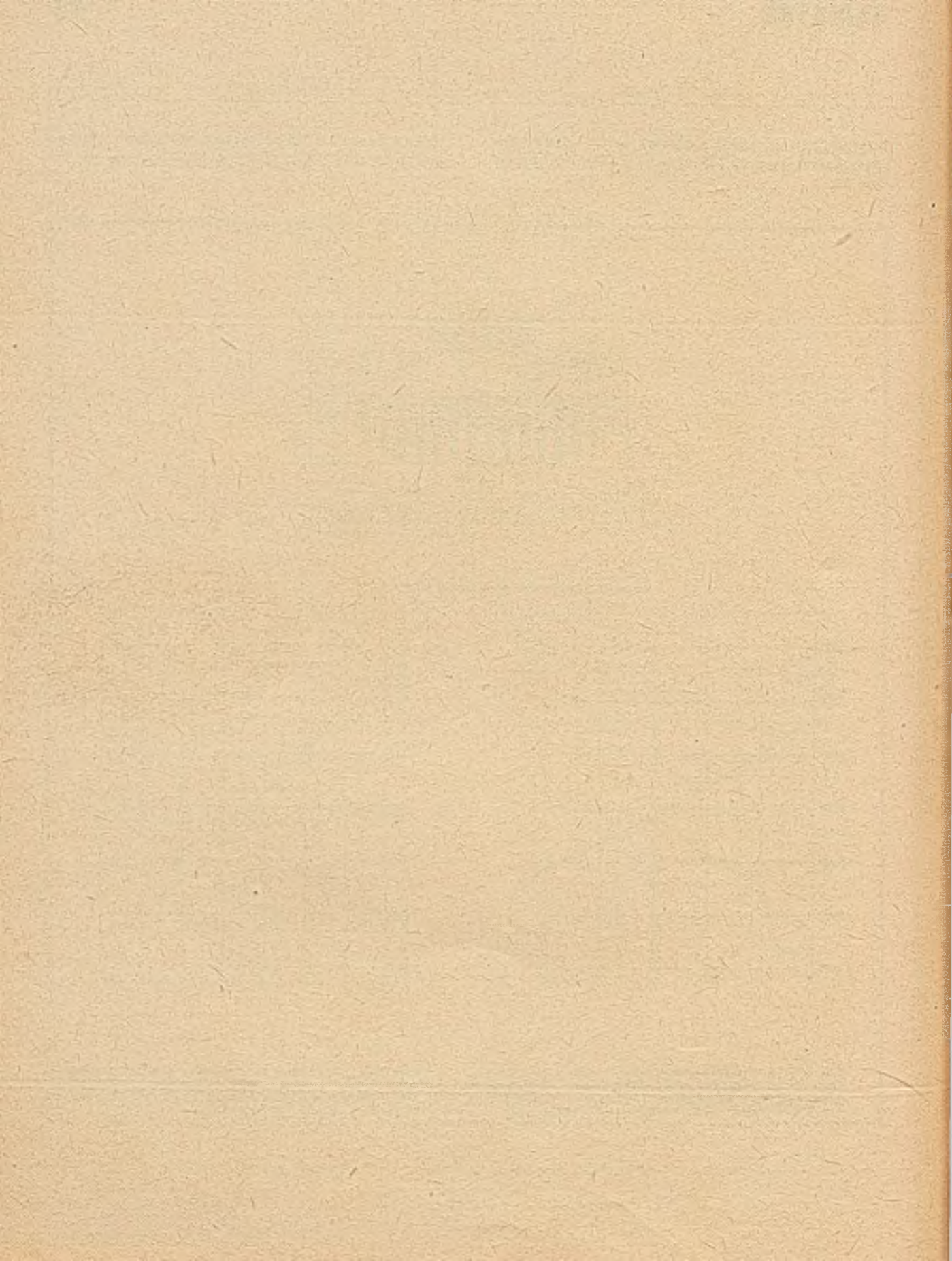
Rys.255. Kształt radiatora typu N.



Rys.256. Zależność rezystancji termicznej radiatora RN od długości przy chłodzeniu dwustronnym elementu pastylkowego powietrza o prędkości $V = 6$ m/s /obie połówki radiatora/.



Rys.257. Zależność rezystancji termicznej radiatora RN 180 od prędkości chłodzącego powietrza przy chłodzeniu dwustronnym elementu pastylkowego /obie połówki radiatora/.

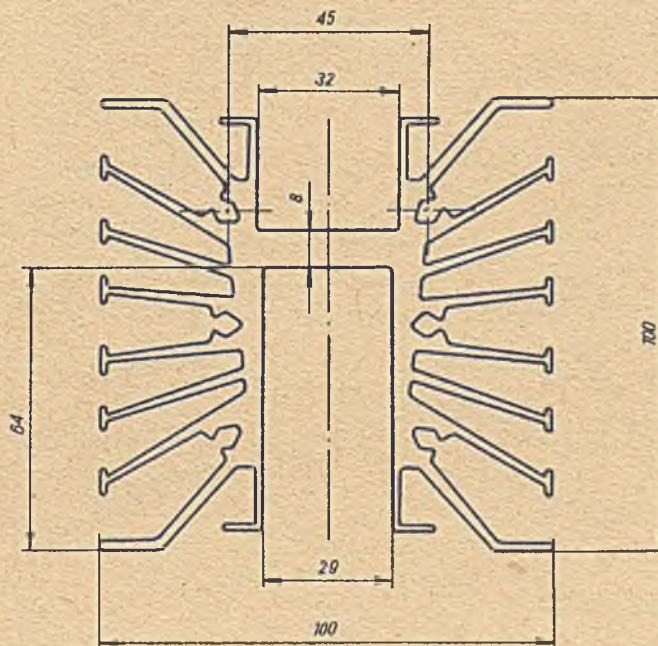


Na kształcie tym oparty jest radiator RP 127. Po wykonaniu otworu przelotowego nadaje się do współpracy z następującymi elementami półprzewodnikowymi w obudowie ze sworzniem gwintowanym:

Diody: D00-100, D00-100R
D00-150, D00-150R

Tyrystory: T00-40
T00-80

Przy obciążeniu granicznym zarówno obudowa diody i tyrystora, jak i linka stanowiąca jeden z nacisków głównych - powinny znajdować się w strumieniu powietrza ochładzającego.



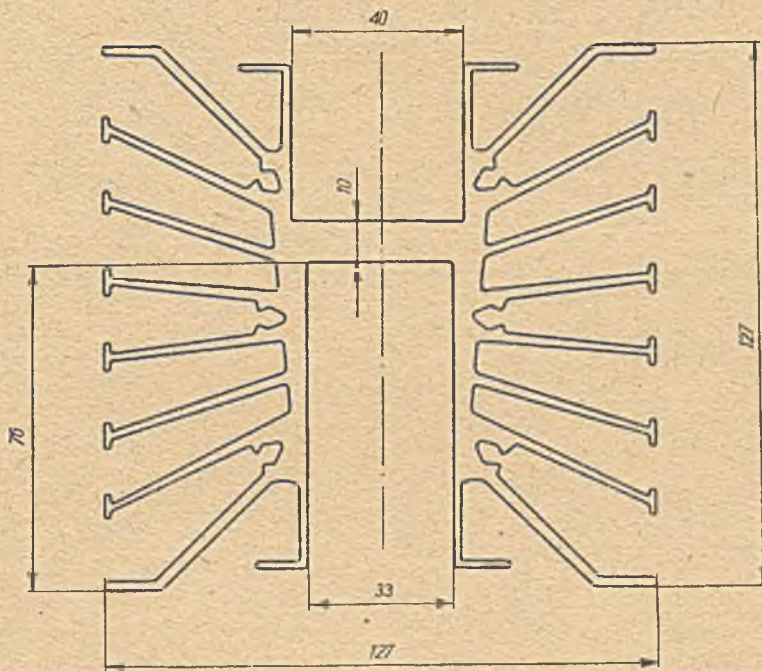
Rys.258. Kształt radiatoru typu RP.

Na kształcie tym oparty jest radiator RS 152. Po wykonaniu otworu przelotowego nadaje się do współpracy z następującymi elementami półprzewodnikowymi ze sworzniem gwintowanym:

Diody: D00-200, D00-200R
D00-250, D00-250R

Tyristory: T00-125
T00-150
T00-175

Przy obciążeniu granicznym zarówno obudowa diody i tyristora, jak i linka stanowiąca jeden z zacisków głównych - powinny znajdować się w strumieniu powietrza chłodzącego.



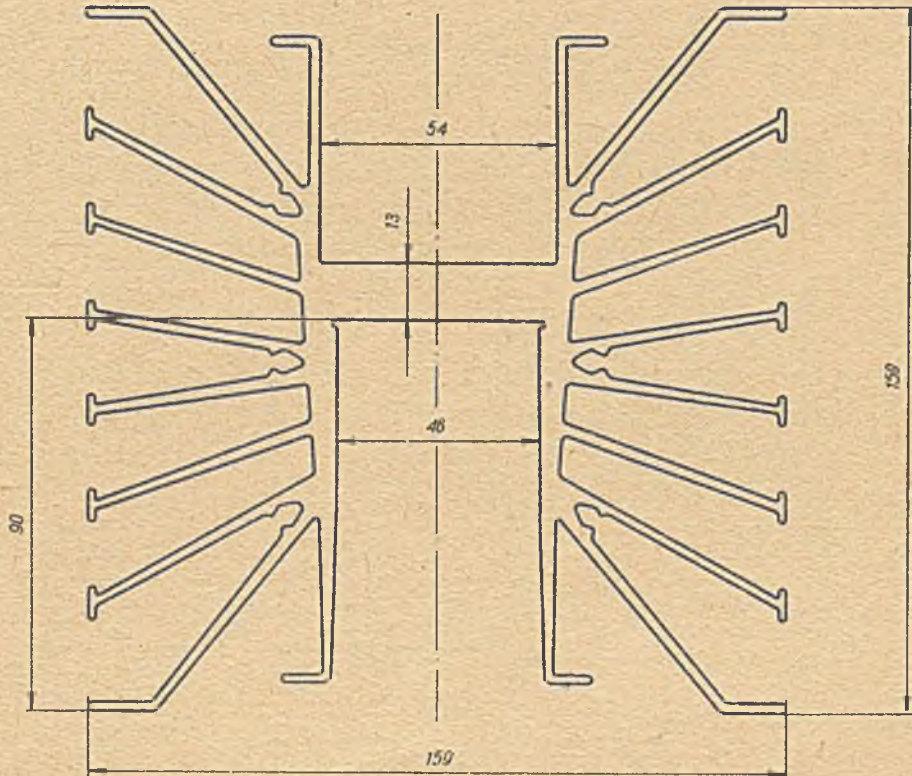
Rys. 259. Kształt radiatora typu RS.

Na kształcie tym oparty jest radiator RT 230. Po wykonaniu otworu przelotowego nadaje się do współpracy z następującymi elementami półprzewodnikowymi w obudowie ze sworzniem gwintowanym:

Diody: D00-300, D00-300R
D00-450, D00-450R

Tyrystory: T00-250
T00-300
T00-350

Przy obciążeniu granicznym zarówno obudowa diody lub tyrystora, jak i linka stanowiąca jeden z zacisków głównych - powinny znajdować się w strumieniu powietrza chłodzącego.



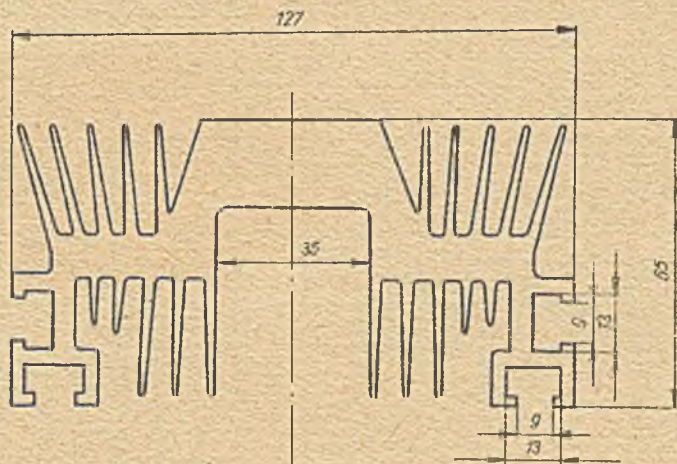
Rys.260. Kształt radiatora typu RT.

Radiator może pracować z diodami lub tyrystorami pastylkowymi typu D2 lub T2 albo z elementami o podstawie płaskiej typu D1. Po wykonaniu otworu przelotowego nadaje się do współpracy z diodami lub tyrystorami w obudowie ze sworzniem gwintowa-

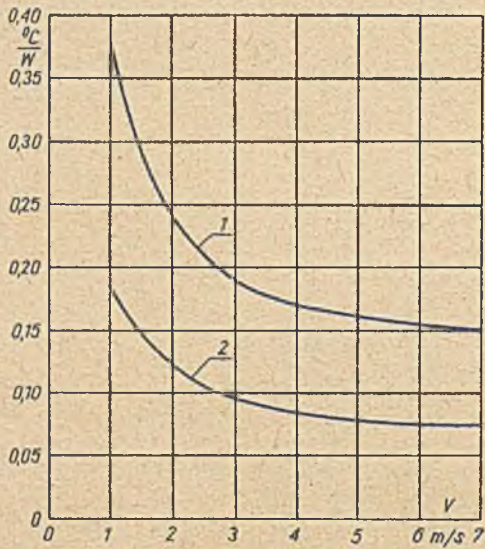
nym typu DO lub TO.

Rezystancja termiczna radiatora RU 155 w warunkach konwekcji naturalnej:

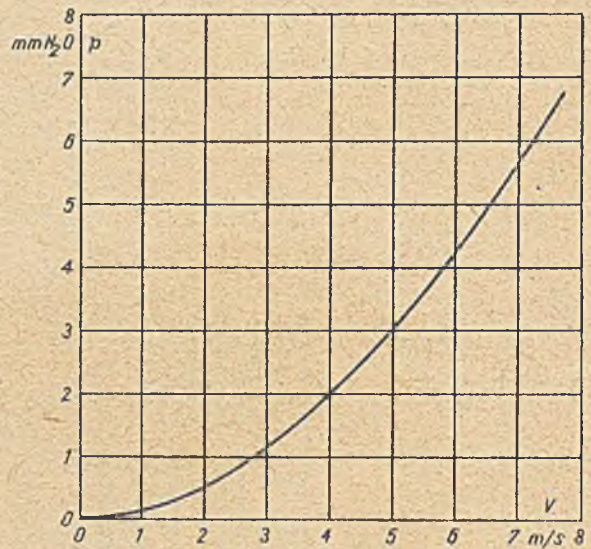
- chłodzenie jednostronne $R_{thra} = 0,98 \text{ } ^\circ\text{C/W}$
- chłodzenie dwustronne $R_{thra} = 0,49 \text{ } ^\circ\text{C/W}$



Rys.281. Kształt radiatora RU 155.



Rys. 262. Zależność rezystancji termicznej radiatora RU 155 od prędkości chłodzącego powietrza. Krzywa 1 - ochłodzenie jednostronne, krzywa - 2 - ochłodzenie dwustronne.



Rys. 263. Zależność spadku ciśnienia od prędkości powietrza chłodzącego w radiatorze RU 155.

Radiator może pracować z diodami lub tyrystorami pastylkowymi typu D2 lub T2 albo z elementami o podstawie płaskiej typu D1. Po wykonaniu otworu przelotowego nadaje się do współpracy z diodami lub tyrystorami w obudowie ze sworzniem gwintowa-

nym typu DO lub TO.

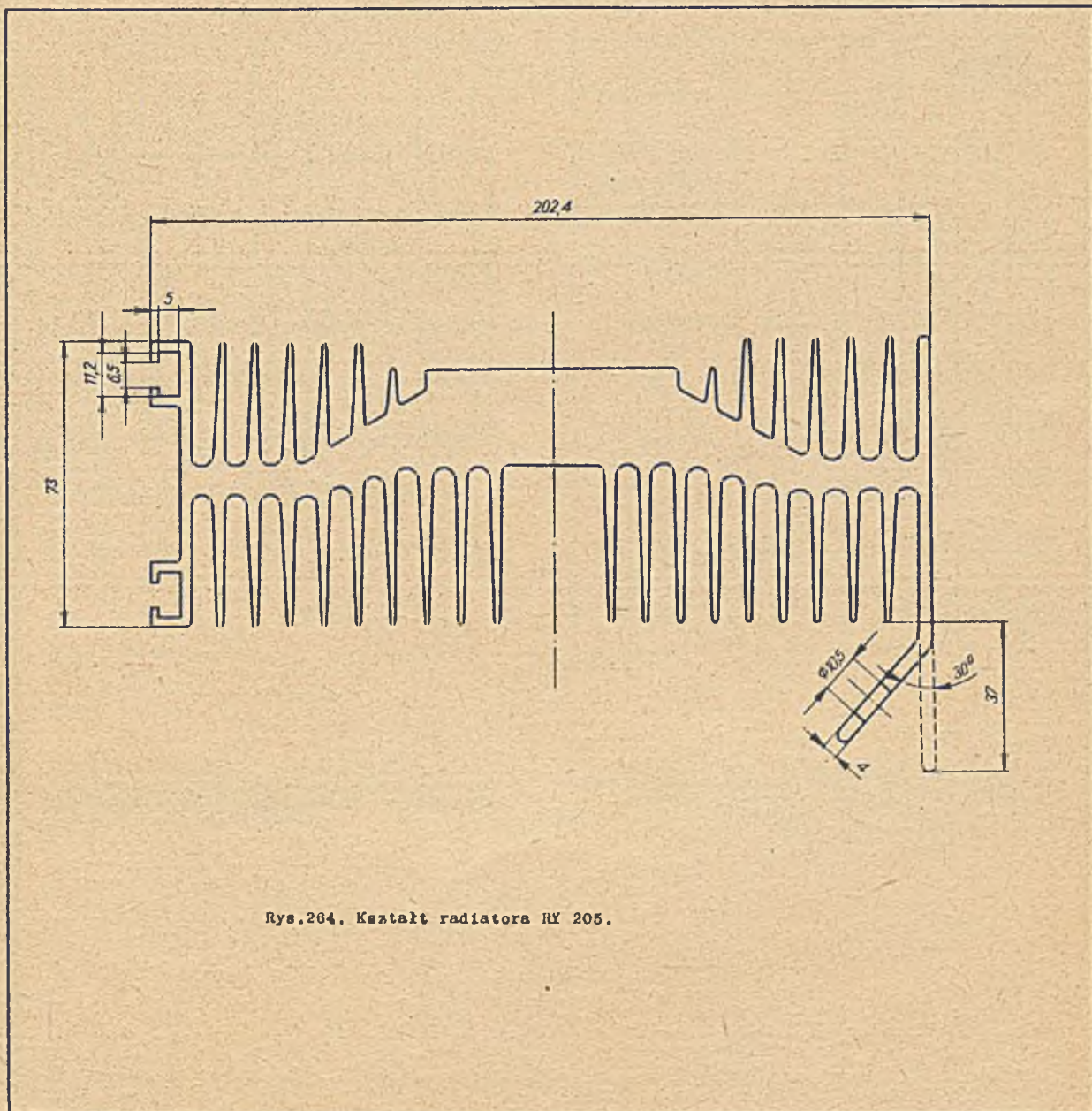
Rezystancja termiczna radiatora RY 205 w warunkach konwekcji naturalnej:

- ochłodzenie jednostronne

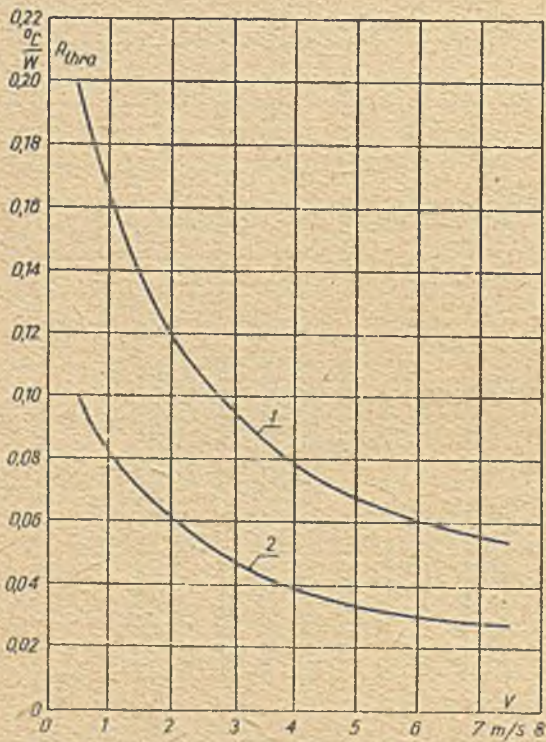
$$R_{thra} = 0,44 \quad ^\circ\text{C/W}$$

- ochłodzenie dwustronne

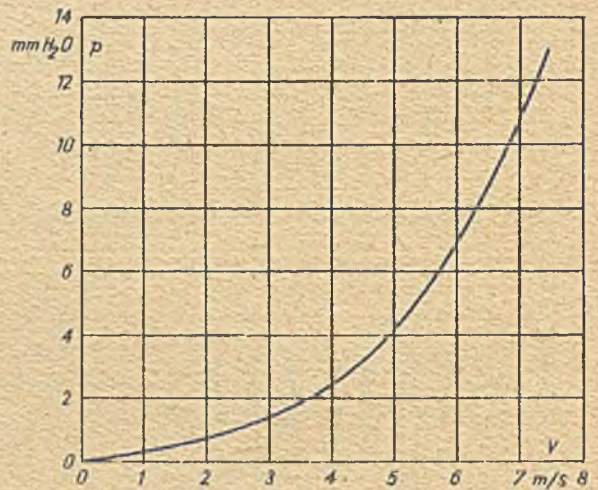
$$R_{thra} = 0,22 \quad ^\circ\text{C/W}$$



Rys.264. Kształt radiatora RY 205.



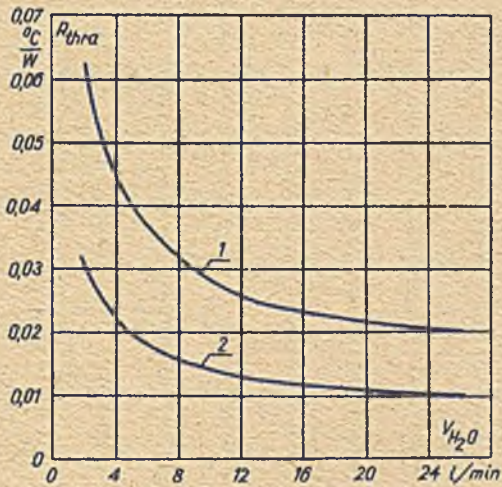
Rys.265. Zależność rezystancji termicznej radiatora 205 od prędkości chłodzącego powietrza. Krzywa 1 - chłodzenie jednostronne, krzywa 2 - chłodzenie dwustronne.



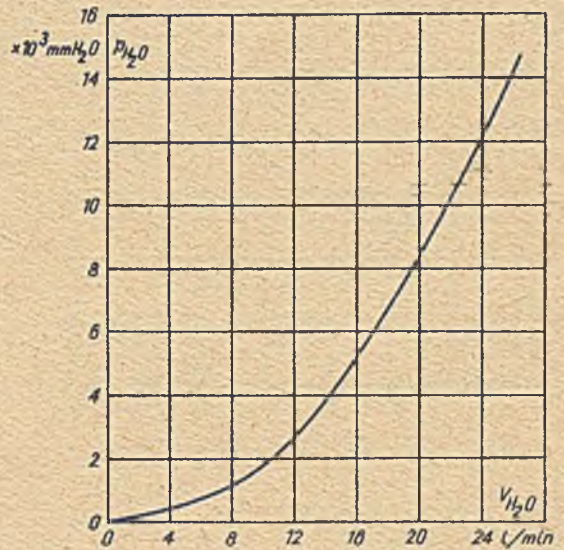
Rys.266. Zależność spadku ciśnienia od prędkości powietrza chłodzącego w radiatorze RY 205.

Radiator służy do współpracy z diodami lub tyrystorami pastylkowymi typu D2 lub T2 przy ochłodzeniu jedno lub dwustronnym.

Średnica powierzchni kontaktu cieplnego z elektrodą elementu półprzewodnikowego wynosi 20 mm.



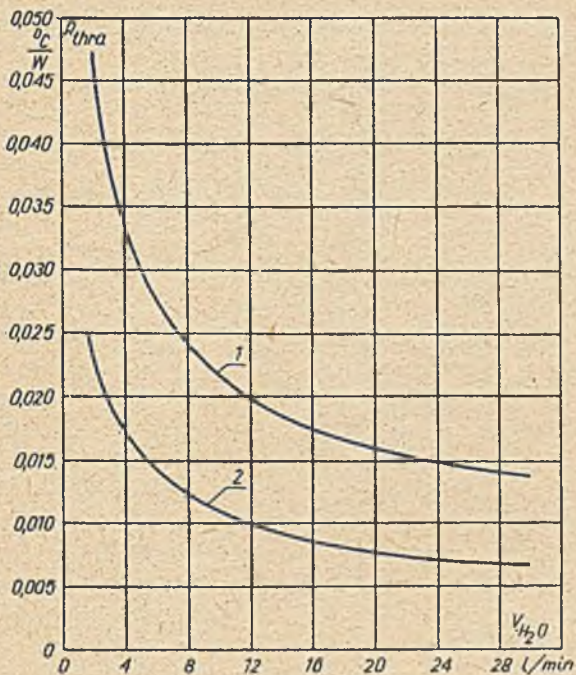
Rys. 267. Zależność rezystancji termicznej radiatora W 20 od prędkości przepływu wody. Krzywa 1 - ochłodzenie jednostronne, krzywa 2 - ochłodzenie dwustronne.



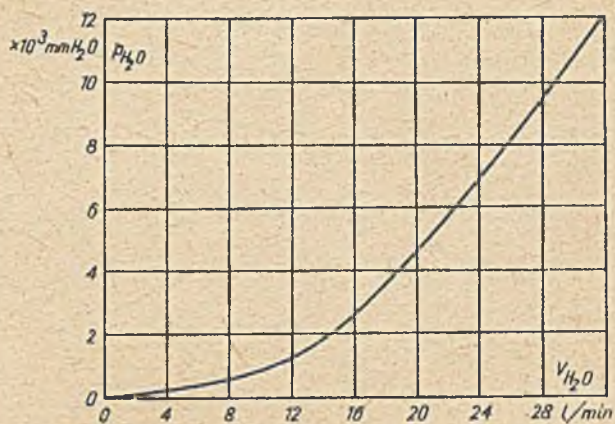
Rys. 268. Zależność spadku ciśnienia wody od prędkości przepływu w radiatorze W 20.

Radiator służy do współpracy z diodami lub tyrystorami pastylkowymi typu D2 lub T2 przy chłodzeniu jedno lub dwustronnym.

Średnica powierzchni kontaktu cieplnego z elektrodą elementu półprzewodnikowego wynosi 45 mm.



Rys. 269. Zależność rezystancji termicznej radiatora W 45 od prędkości przepływu wody. Krzywa 1 - chłodzenie jednostronne, krzywa 2 - chłodzenie dwustronne.



Rys. 270. Zależność spadku ciśnienia wody od prędkości przepływu w radiatorze W 45.

U w a g a :

Informacje na temat radiatorów ze str. 131 + 143 oparte są o dane amerykańskie. Wobec przewidywanych pewnych różnic dotyczących kształtu i wykonania w warunkach polskich, kształt ich i charakterystyki cieplne należy traktować jako orientacyjne. Dalsze wydania informatora będą zawierały bliższe dane na temat w/w radiatorów, tak w zakresie ich charakterystyki jak i szczegółowego opisu sposobu mocowania elementów pastylkowych.

SPIS LITERATURY

1. Banaszkiewicz A.: Tyristory. Warszawa 1966 WNT.
2. Dunster D.F.: Półprzewodniki dla inżynierów. Warszawa 1972 PWN.
3. Gentry F.E. i inni: Tyristory - półprzewodnikowe prostowniki sterowane. Warszawa 1969 WNT.
4. Januszewski S., Świątek H., Zymmer K.: Badania ładunku przejściowego w krzemowych diodach i tyristorach, Elektronika 1973 Nr 10.
5. Januszewski S.: Zjawiska łączeniowe w tyristorach. Prace Inst. Elektrotechniki 1973 zeszyt 78.
6. Januszewski S.: Zjawiska strącości napięciowej i prądowej w tyristorach. Prace Inst. Elektrotechniki 1973 zeszyt 79.
7. Luciniński J.: Układy tyristorowe. 1972 WNT.
8. Pawełski W.: Sterowanie tyristorów. Warszawa 1974 WNT.
9. Zastosowania tyristorów typów BTP - informator techniczny. UNIFRA-LAMINA 1974.

WPM "HEMA", Warszawa 1975, Kyd. I, Nakł. 6000+60 egz. Format A4, Ark. wyd. 17, 25. Ark. druk. 18, 25.
Druk ukończono w czerwcu 1975r. Zam. 101/75-3-3/E

Druk: WPM "HEMA" Zakład Poligraficzny w Białymstoku

Zam. 75/B-173/75

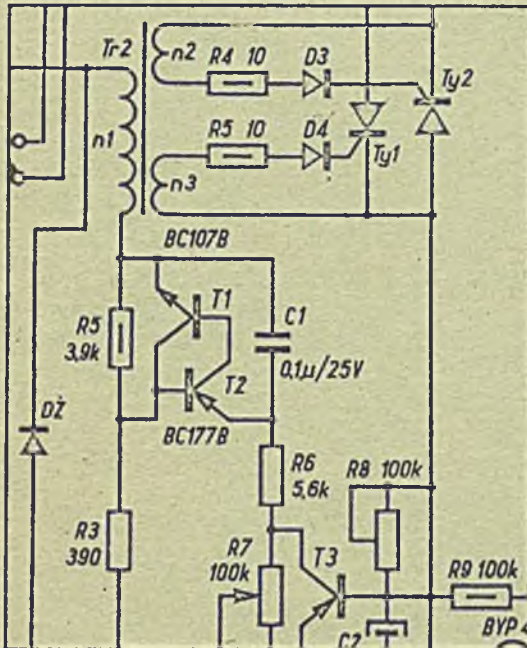
ZASTOSOWANIA TYRYSTORÓW
TYPÓW BTP

UNITRA
LAMINA

INFORMATOR TECHNICZNY 1974

Rozpowszechnianie:

ZOINTE Z.E. "UNITRA-LAMINA"



Punkty sprzedaży detalicznej tyrystorów typów BTP:

- Sklep ARGEDU, ul. Kasprzowicza 56, 01-049 Warszawa, tel. 34-03-56
- Centralna Składnica Harcerska, ul. Marszałkowska 82/84, 00-517 Warszawa, tel. 28-51-54
- WSS "Elektronik", ul. Dworcowa 47, 44-100 Gliwice, tel. 91-17-30
- DHI "Elektronik", ul. Czerwonego Zagięcia 20, 41-200 Sosnowiec
- Centralna Składnica Harcerska, Oddział Lublin, Sklep nr 2, ul. Królewska 15, 20-109 Lublin

ma