

mgr inż. Rutkowska
mgr inż. J. Lewkowicz

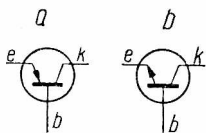
Tranzystory produkcji krajowej

C z ę ś ć I

PARAMETRY I CHARAKTERYSTYKI

Zgodnie z zapowiedzią rozpoczynamy cykl artykułów, omawiających dane techniczne, charakterystyki i przykłady zastosowania tranzystorów, produkowanych w kraju przez fabrykę „TEWA”. Dane te posłużą naszym czytelnikom nie tylko dla zapoznania się z krajową produkcją tranzystorów, ale również pomogą w opracowaniu własnych konstrukcji. Cykl artykułów podzielony jest na kilka części. Pierwsza część omawia parametry i charakterystyki tranzystorów.

JAK wiadomo tranzystor trójelektrodowy (rys. 1) posiada następujące elektrody: *e* — emiter, *k* — kolektor, *b* — baza.



Rys. 1. Tranzystor trójelektrodowy

a — symbol tranzystora typu P—N—P,
b — symbol tranzystora typu N—P—N

Ponieważ tranzystory zostały wynalezione przez Amerykanów, w literaturze zagranicznej i katalogach spotyka się zwykle skróty oznaczające elektrody według oznaczeń języka angielskiego, a więc *E* — emitter, *C* — collector, *B* — base. Ze względu na łatwość porównania z danymi zagranicznymi tranzystorów proponujemy przy oznaczeniach stosować symbolikę międzynarodową oraz spotykaną w naszej literaturze (cykl — „Układy tranzystorowe”) i tak np. *UCB* — oznacza napięcie pomiędzy kolektorem a bazą itp.

Objaśnienia stosowanych oznaczeń znajdzie Czytelnik w nr 1/61 naszego pisma.

Wszystkie tranzystory produkowane obecnie przez Fabrykę Tranzystorów „TEWA” są tranzystorami germanowymi warstwowymi PNP typu stopowego, wykonane w hermetycznej obudowie metalowej. Jeżeli nie zaznaczono inaczej, wartości wszystkich parametrów podano dla $t_a = 25^\circ\text{C}$.

TRANZYSTORY MAŁEJ MOCY, MAŁEJ CZĘSTOTLIWOŚCI TG1÷TG6

Dane typowe tej grupy tranzystorów podane są w nr 1 rocznika 1960 i nr 1/1961 RADIOAMATORA. W numerze 1/61 podano dokładne charakterystyki tranzystorów TG5 i TG6. W tym numerze uzupełnimy charakterystykami tranzystory TG2 i TG4.

Ogólnie biorąc tranzystory tej grupy przeznaczone są do pracy w układach:

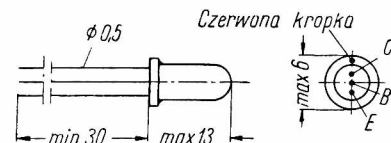
- wzmacniających m. częstotliwości (TG2, TG3, TG4)

- generacyjnych (TG1, TG2)
- przełączających (multiwibrator) (TG1).

TRANZYSTOR TG2

Wymiary zewnętrzne podano na rys. 2. Maksymalny ciężar wynosi 0,9 g.

Układ połączeń przedstawiony jest na rys. 2.



Rys. 2. Wymiary tranzystorów TG1÷TG6

Charakterystyki podane są w kolejnych rysunkach 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

Dane maksymalne (wartości graniczne)

- $U_{CBmax} = 15\text{ V}$
- $U_{CBMmax} = 15\text{ V}$
- U_{CEmax} — patrz rys. 7.
- U_{CEMmax} — patrz rys. 7.

$-U_{EB0max} = 10 \text{ V}$
 $-I_{Cmax} = 10 \text{ mA}$
 $-I_{CMmax} = 50 \text{ mA}$
 $-I_{Emax} = 11 \text{ mA}$
 $-I_{EMmax} = 55 \text{ mA}$
 $-I_{BMmax} = 5 \text{ mA}$
 P_{max} — patrz rys. 8 i 9
 $t_{jmax} = 65^\circ\text{C}$
 $t_a = -40^\circ \div +60^\circ\text{C}$

Dane statyczne

($t_a = 25^\circ\text{C}$)

$-I_{CBO} \leq 15 \mu\text{A}$ przy $-U_{CB} = 5 \text{ V}$
 $-I_{CEO} \leq 400 \mu\text{A}$ przy $-U_{CE} = 5 \text{ V}$
 $-I_{EBO} \leq 20 \mu\text{A}$ przy $-U_{EBO} = 5 \text{ V}$

Dane dynamiczne

($t_a = 25^\circ\text{C}$, $f = 1 \text{ kHz}$)

Układ OE ($-U_{CE} = 5 \text{ V}$, $-I_C = 1 \text{ mA}$)

$h_{11e} = 700 \div 2800 \Omega$

$h_{12e} \leq 25 \cdot 10^{-4}$

$h_{21e} = 20 \div 80$

$h_{22e} \leq 100 \mu\text{S}$

Układ OE ($-U_{CE} = 1 \text{ V}$, $-I_C = 0,5 \text{ mA}$, $R_g = 600 \Omega$)

$F \leq 30 \text{ dB}$

Układ OB ($-U_{CB} = 5 \text{ V}$, $-I_C = 1 \text{ mA}$)

$f_a = 300 \text{ kHz}$

TRANZYSTOR TG4

Wymiary zewnętrzne jak na rys. 2, ciężar ok. 0,9 g.

Jest to tranzystor małej mocy, do układów małej częstotliwości, charakteryzujący się małym współczynnikiem szumów. Może on być stosowany w układach wzmacniających, w których wymagany jest mały poziom szumów, np. w aparatach dla słabosłyszących.

Charakterystyki przedstawiono na rys. 10 ÷ 20.

Dane maksymalne

(wartości graniczne)

$-U_{CBmax} = 15 \text{ V}$
 $-U_{CBMmax} = 15 \text{ V}$
 $-U_{CEmax}$ — patrz rys. 18.
 $-U_{CEMmax}$ — patrz rys. 18.
 $-U_{EB0max} = 10 \text{ V}$
 $-I_{Cmax} = 10 \text{ mA}$
 $-I_{CMmax} = 50 \text{ mA}$
 $I_{Emax} = 11 \text{ mA}$
 $I_{EMmax} = 55 \text{ mA}$
 $-I_{BMmax} = 5 \text{ mA}$
 P_{max} — patrz rys. 19 i 20.
 $t_{jmax} = 65^\circ\text{C}$
 $t_a = -40^\circ\text{C} \div +60^\circ\text{C}$

Dane statyczne

($t_a = 25^\circ\text{C}$)

$-I_{CBO} \leq 10 \mu\text{A}$ przy $-U_{CB} = 5 \text{ V}$
 $-I_{CEO} \leq 250 \mu\text{A}$ przy $-U_{CE} = 5 \text{ V}$
 $-I_{EBO} \leq 20 \mu\text{A}$ przy $-U_{EBO} = 5 \text{ V}$

Dane dynamiczne

($t_a = 25^\circ\text{C}$, $f = 1 \text{ kHz}$)

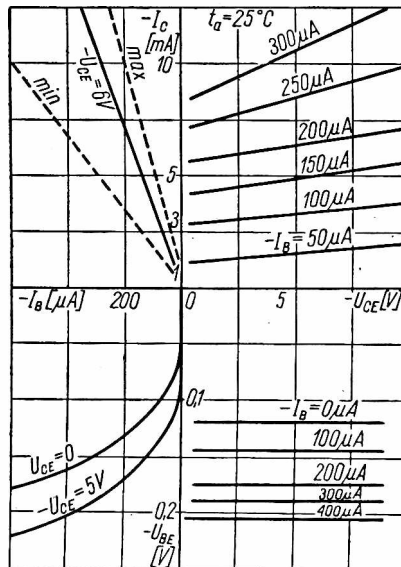
Układ OE ($-U_{CE} = 2 \text{ V}$,
 $-I_C = 0,5 \text{ mA}$)

$h_{11e} = 700 \div 3500 \Omega$

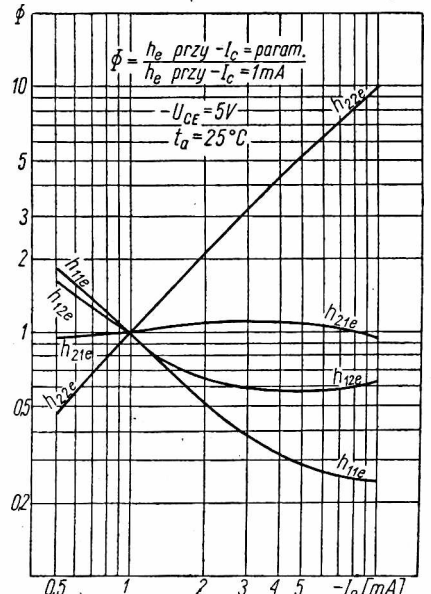
$h_{12e} \leq 30 \cdot 10^{-4}$

$h_{21e} = 20 \div 50$

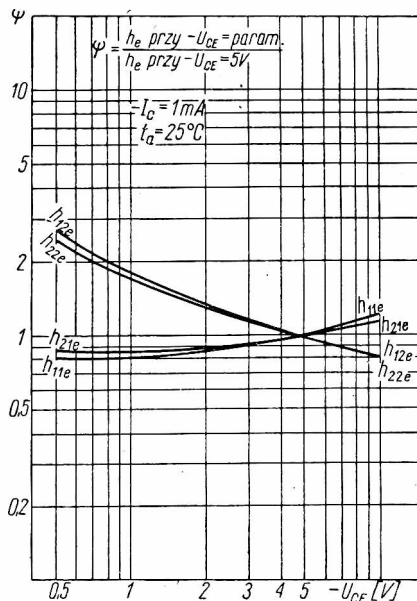
$h_{22e} \leq 60 \mu\text{S}$



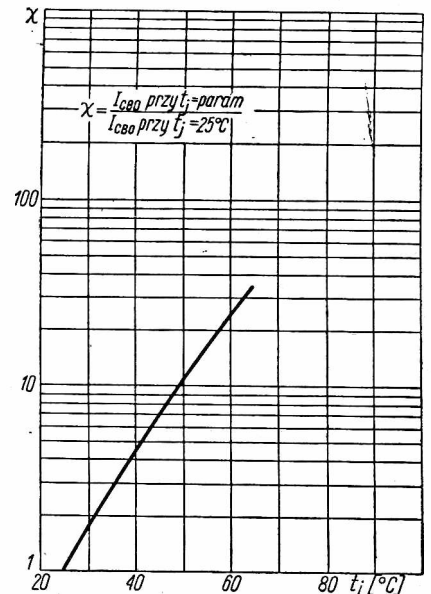
Rys. 3. Charakterystyki statyczne TG2



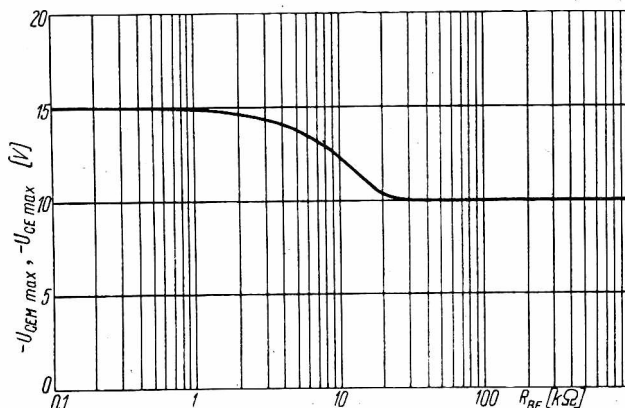
Rys. 5. Zależność parametrów h_e od prądu kolektora



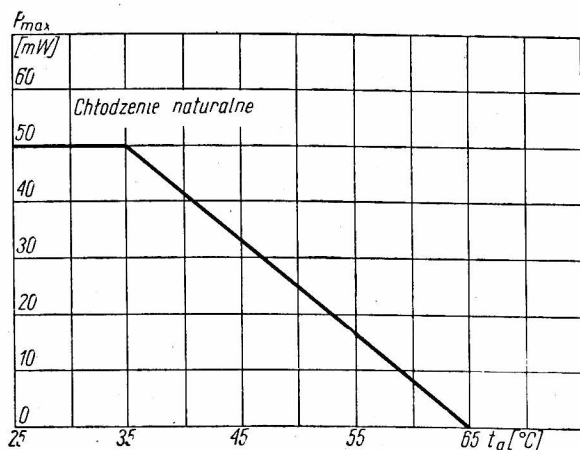
Rys. 4. Zależność parametrów h_e od napięcia kolektora



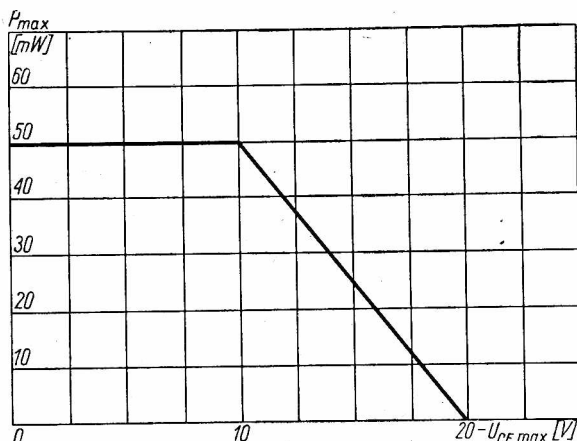
Rys. 6. Zależność prądu zerowego kolektora od temperatury złącza



Rys. 7. Zależność maksymalnych napięć kolektora od oporności zewnętrznej między emiterem a bazą



Rys. 8. Zależność maksymalnej mocy strat od temperatury otoczenia



Rys. 9. Zależność maksymalnej mocy strat od maksymalnego napięcia kolektora

Układ OE ($-U_{CE} = 1 \text{ V}$,
 $-I_C = 0,5 \text{ mA}$, $R_g = 600 \Omega$)
 $F \leq 10 \text{ dB}$

Układ OB ($-U_{CB} = 2 \text{ V}$,
 $-I_C = 0,5 \text{ mA}$, $f_a = 300 \text{ kHz}$)

TRANZYSTORY MAŁEJ MOCY, ŚREDNIEJ CZĘSTOTLIWOŚCI TG10, TG20

Tranzystory TG10 o mniejszej częstotliwości granicznej są przeznaczone zasadniczo do pracy w układach wzmacniaczy pośredniej częstotliwości, a tranzystory TG20 — do układów mieszających i generacyjnych (heterodyna). Ciężar tych tranzystorów nie przekracza 0,9 grama. Główne ich wymiary podane są na rys. 21. Dopuszczalne wartości graniczne dla obu typów są identyczne.

Dane maksymalne (wartości graniczne)

- $-U_{CBMmax} = 15 \text{ V}$
- $-U_{CBmax} = 15 \text{ V}$
- $-U_{CEMmax}$ — patrz wykresy na rys. 25 i 26
- $-U_{CEmax}$ — patrz wykresy na rys. 25 i 26

- $-U_{EBMmax} = 6 \text{ V}$
- $-I_{CMmax} = 10 \text{ mA}$
- $-I_{Cmax} = 5 \text{ mA}$
- $I_{EMmax} = 10 \text{ mA}$
- $I_{Emax} = 5 \text{ mA}$

P_{max} — patrz wykresy na rys. 26 i 27
 $t_{jmax} = 65^\circ\text{C}$
 $R_t = 0,6^\circ\text{C/mW}$
 $t_a = -40^\circ\text{C} \div +65^\circ\text{C}$

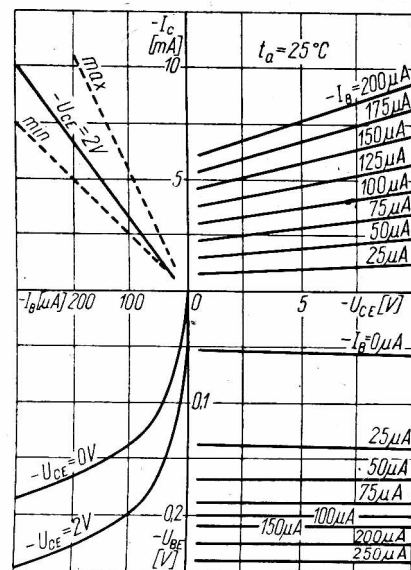
Wartości pozostałych parametrów charakteryzujących tranzystory TG10, TG20 są na ogół różne. Zestawiono je w tablicy 1.

Przeciętne charakterystyki dla tranzystorów obu typów — przedstawiają rysunki 22÷38.

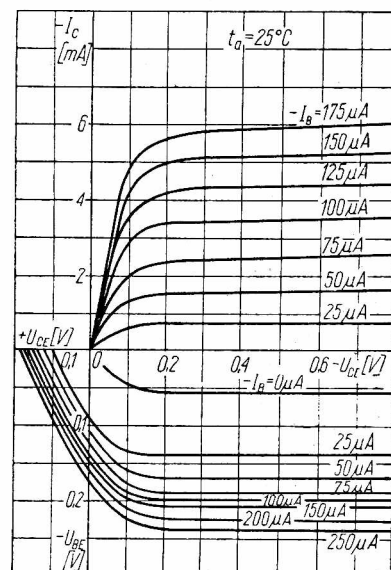
TRANZYSTORY ŚREDNIEJ MOCY, MAŁEJ CZĘSTOTLIWOŚCI TG50÷TG53

Do tej grupy tranzystorów zalicza się trzy typy: TG50, TG52 i TG53. Tranzystory TG50 i TG53 są zasadniczo przeznaczone do pracy w układach wzmacniających średniej

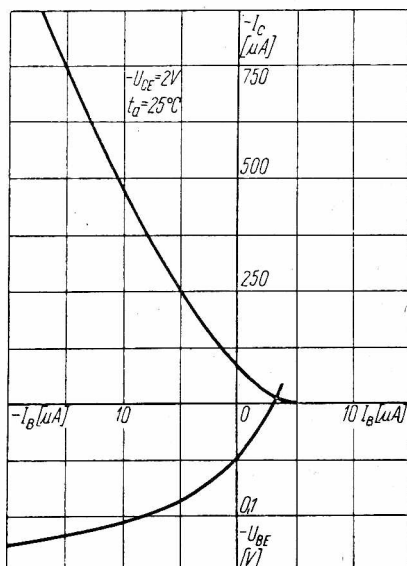
Rys. 12. Charakterystyki $I_C = f(I_B)$
 $U_{BE} = f(I_B)$ przy $U_{CE} = \text{const}$ — dla małych wartości I_B .

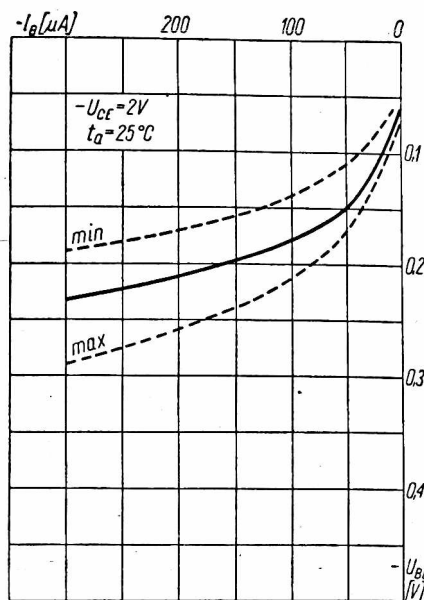
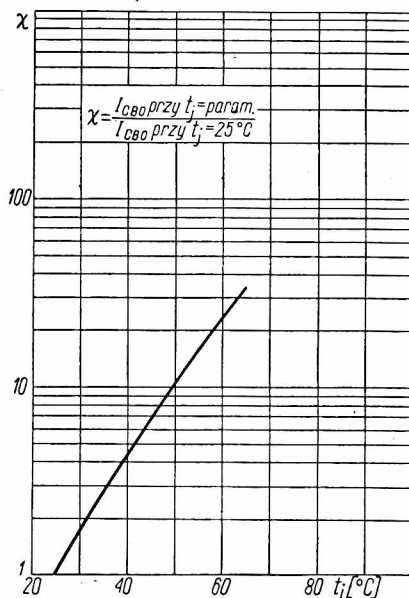


Rys. 10. Charakterystyki statyczne TG4

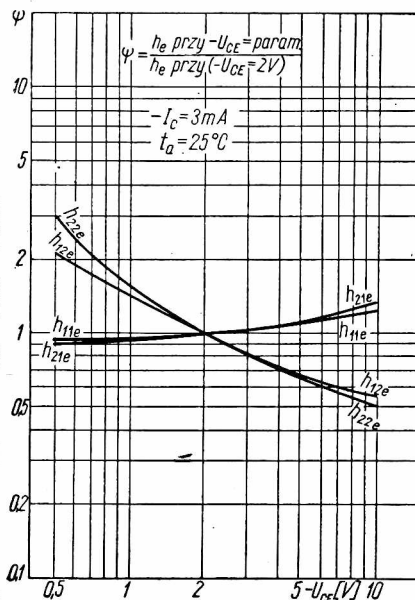


Rys. 11. Charakterystyki: $I_C = f(U_{CE})$
 $U_{BE} = f(U_{CE})$ przy $I_B = \text{const}$ — dla małych wartości U_{CE}



Rys. 13. Rozrzut charakterystyki $U_{BE} = f(I_B)$ przy $U_{CE} = \text{const}$ 

Rys. 14. Zależność prądu zerowego kolektora od temperatury złącza



Parametr	Jedn.	Wartość		Warunki pomiaru
		TG10	TG20	
$-I_{CBO}$	μA	≤ 15	≤ 15	$-U_{CB} = 6 V$
$-I_{CEO}$	μA	≤ 600	≤ 800	$-U_{CE} = 6 V$
$-I_{EBO}$	μA	≤ 30	≤ 30	$-U_{EB} = 6 V$
f_α	MHz	≥ 3	≥ 7	$f = 1 \text{ kHz}$ } $-U_C = 6 V$
h_{21e}	—	≥ 20	≥ 20	$-I_C = 0,5 \text{ mA}$
$r_{bb'}$	Ω	≤ 200	≤ 250	$-U_{CB} = 6 V, -I_C = 1 \text{ mA}$
(ψ_{21e})	mA/V	≥ 13	≥ 11	$f = 0,5 \text{ MHz}$
$1/g_{11e}$	k Ω	0,5–3,5	$\geq 0,3$	
$1/g_{12e}$	k Ω	≥ 75	≥ 15	
$1/g_{22e}$	k Ω	≥ 25	≥ 5	
C_{11e}	pF	≤ 1000	≤ 400	$-U_{CE} = 6 V, I_C = 0,5 \text{ mA}$
C_{12e}	pF	≤ 15	≤ 15	$f = 0,5 \text{ MHz}$ dla TG10
C_{22e}	pF	≤ 40	≤ 40	$f = 2 \text{ MHz}$ dla TG20
t_{jmax}	$^{\circ}C$	65	65	
R_t	$^{\circ}C/mW$	0,6	0,6	

TABLICA 2

Parametr	Jedn.	Wartość			Warunki pomiaru
		TG50	TG52	TG53	
$-U_{CEMmax}$	V	patrz wykresy na rys. 45 i 46			
$-U_{CEmax}$	V	patrz wykresy na rys. 45 i 46			
$-U_{EBmax}$	V	10	10	10	
$-I_{CMmax}$	mA	250	250	250	
$-I_{Cmax}$	mA	125	125	150	
P_{max}	mW	patrz wykresy na rys. 46 i 47			
t_{jmax}	$^{\circ}C$	75	75	75	
R_t	$^{\circ}C/mW$	0,3	0,3	0,33	
I_{CBO}	μA	≤ 20	≤ 20	≤ 20	$-U_{CB} = 12 V$
I_{CEO}	μA	≤ 400	≤ 600	≤ 400	$-U_{CE} = 6 V$
β_1	—	30–120	—	—	$-U_{CE} = 6 V, -I_C = 10 \text{ mA}$
β_2	—	≥ 20	—	—	$-U_{CE} = 1 V, -I_C = 125 \text{ mA}$
β_3	—	—	≥ 15	≥ 15	$-U_{CE} = 0,7 V, -I_C = 250 \text{ mA}$
f_α	kHz	300	300	300	$-U_{CB} = 6 V, I_C = 10 \text{ mA}$
U_{CE3}	V	$\leq 0,4$	$\leq 0,4$	$\leq 0,4$	$-I_C = 125 \text{ mA}$

$$t_a = -40^{\circ}C \div +50^{\circ}C$$

mocy (wzmacniacze m. cz., stopnie końcowe). Tranzystory te są dobie-rane parami, aby je można było stosować w układach przeciwsob-nych. Tranzystory TG52 są prze-znaczone do pracy w układach prze-lączających i przetwornicach. Ciężar wszystkich wymienionych wyżej tranzystorów nie przekracza 1,8 g, a ich obudowa jest jednakowa, przy czym jedna z elektrod — baza jest galwanicznie połączona z obudową.

Główne wymiary tranzystorów TG50 — TG53 są podane na rys. 39. Dane typowe tych tranzystorów ze-stawiono w tabelicy 2.

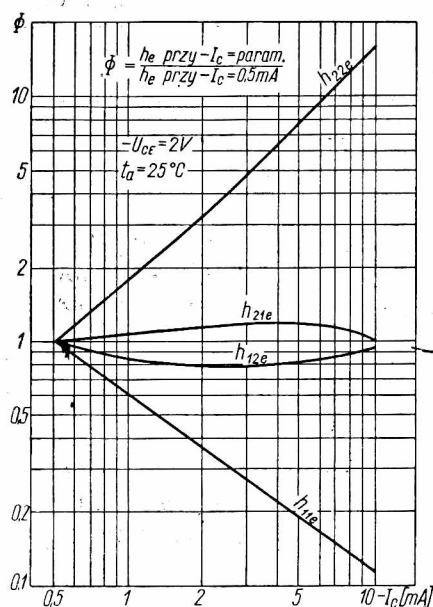
Przeciętne charakterystyki dla tranzystorów TG50, TG52 i TG53 są przedstawione na rys. 40÷47.

Radioamatorom poleca się stosowanie do wzmacniaczy tranzystorów TG53, dla których dopuszczalna moc strat jest większa, niż w przypadku tranzystorów TG50, TG52, a cena znacznie niższa.

TRANZYSTORY DUŻEJ MOCY, MAŁEJ CZĘSTOTLIWOŚCI TG70

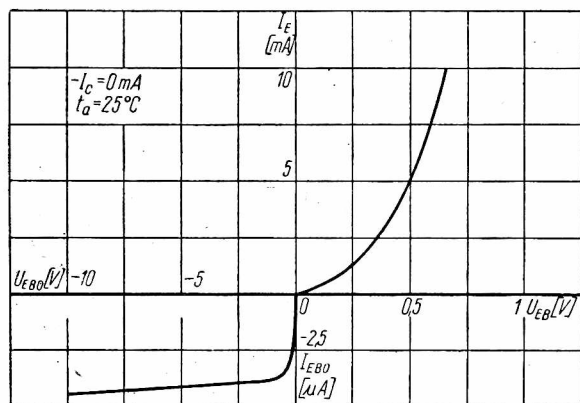
Tranzystory TG70 są przeznaczone do pracy we wzmacniaczach mocy (stopnie końcowe w odbiornikach samo-chodowych) oraz w przetworni-

Rys. 15. Zależność parametrów h_e od napięcia kolektora

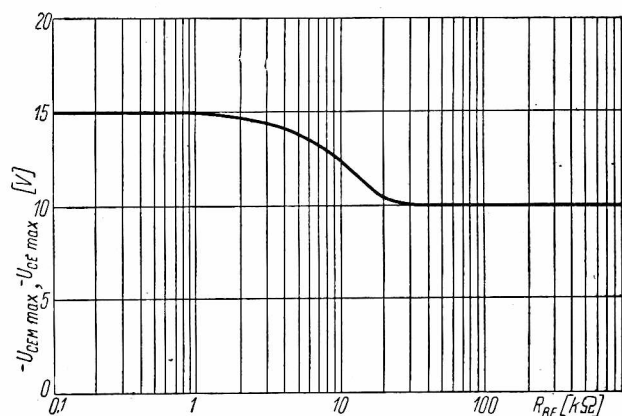
Rys. 16: Zależność parametrów h_a od prądu kolektora

Parametr	Jedn.	Wartość	Warunki pomiaru
$-U_{CEMmax}$	V	patrz wykresy na rys. 51 i 52	
$-U_{CEmax}$	V		
$-U_{EBmax}$	V		
$-I_{CMmax}$	A		
$-I_{Cmax}$	A		
I_{EMmax}	A	3,3	patrz wykresy na rys. 52 i 53
I_{Emax}	A	1,6	
$-I_{BMmax}$	A	0,5	
P_{max}	W		
t_{jmax}	°C	75	
$-I_{CBO}$	μA	≤ 100	$-U_{CB} = 14 \text{ V}$
$-I_{CEO}$	mA	≤ 2,5	$-U_{CE} = 14 \text{ V}$
$-I_{EBO}$	μA	≤ 50	$-U_{EB} = 7 \text{ V}$
$-U_{CEO}$	V	≤ 0,8	$-I_C = 3 \text{ A}$
$\bar{\beta}_1$	—	16—90	$-U_{CE} = 7 \text{ V}, -I_C = 0,3 \text{ A}$
$\bar{\beta}_2$	—	≥ 6,5	$-U_{CE} = 1 \text{ V}, -I_C = 3 \text{ A}$
f_α	kHz	100	$-U_{CB} = 7 \text{ V}, -I_C = 0,3 \text{ A}$

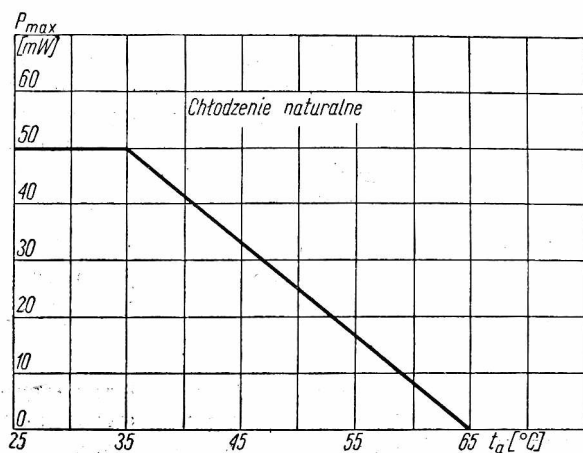
$t_a = -40^\circ\text{C} \div +75^\circ\text{C}$

 $t_a = -40^\circ C \div +75^\circ C$ 

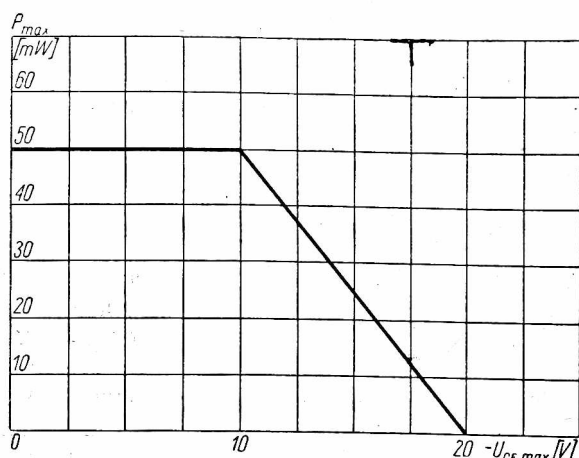
Rys. 17: Charakterystyka diody emiterowej



Rys. 18: Zależność maksymalnych napięć kolektora od oporności zewnętrznej między emiterem a bazą



Rys. 19: Zależność maksymalnej mocy strat od temperatury otoczenia



Rys. 20: Zależność maksymalnej mocy strat od maksymalnego napięcia kolektora

cach. Są one dobierane parami do układów przeciwsobnych. Ciężar tych tranzystorów wynosi max 20 g. Kolektor tranzystorów TG70 jest połączony z obudową. Główne wymiary są podane na rys. 48.

Dane typowe tych tranzystorów zestawiono w tabelicy 3, a przeciętne charakterystyki przedstawiono na rys. 49 ÷ 53.

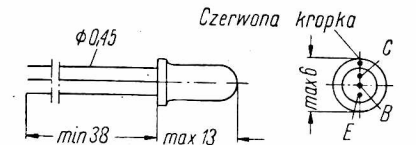
**NAJBARDZIEJ ZBLIŻONE
ODPOWIEDNIKI TRANZYSTORÓW
FIRM ZAGRANICZNYCH**

Są one zestawione w tabelicy 4.

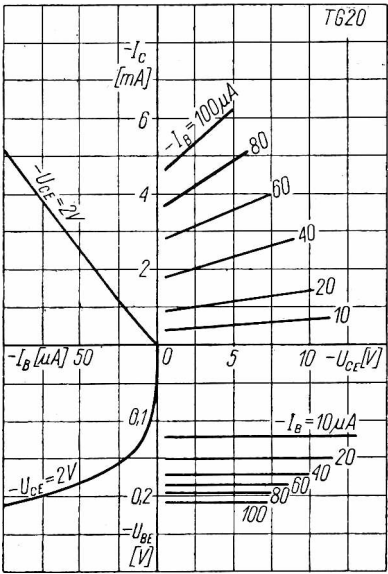
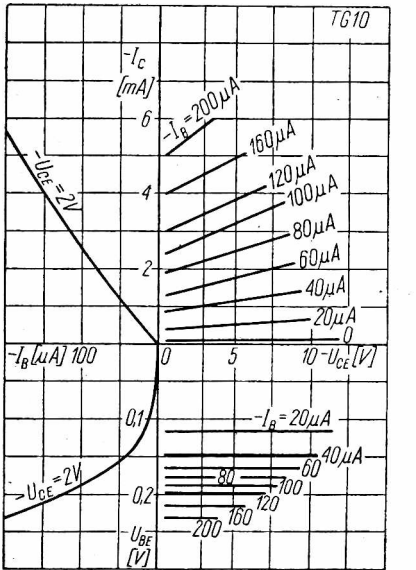
TABLICA 4

Typ tranzystora f-my „Tewa”	Najbliższy odpowiednik zagraniczny	
	f-my Philips	f-my Telefunken
TG 2, TG 4	OC 70	OC 602
TG 5, TG 6	OC 71	OC 603
TG 10	OC 45	OC 612
TG 20	OC 44	OC 613
TG 50	OC 72	—
TG 52	OC 76	—
TG 53	—	—
TG 55 *)	OC 74	OD 602 spec.
TG 60 *)	OC 30	—
TG 70	OC 16	OD 603

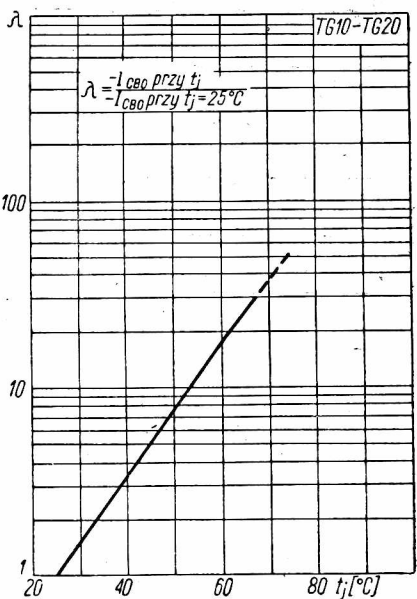
*) Tranzystory w opracowaniu. W opracowaniu znajduje się fotodioda FG2, której najbliższym odpowiednikiem zagranicznym jest fotodioda OAP12 firmy Philips.



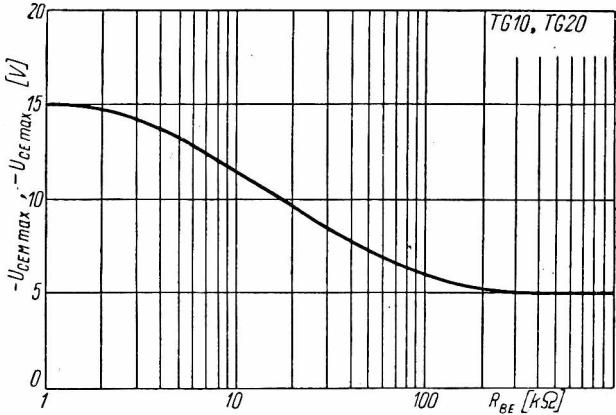
Rys. 21. Główne wymiary tranzystorów TG10 i TG20



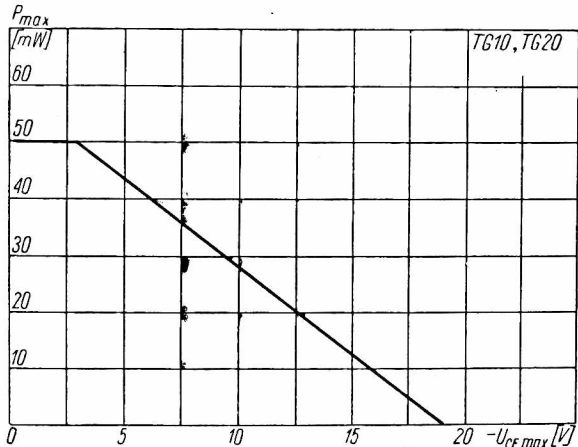
Rys. 23. Charakterystyki statyczne tranzystora TG20



Rys. 24. Zależność prądu zerowego kolektora tranzystorów TG10 i TG20 od temperatury złącza

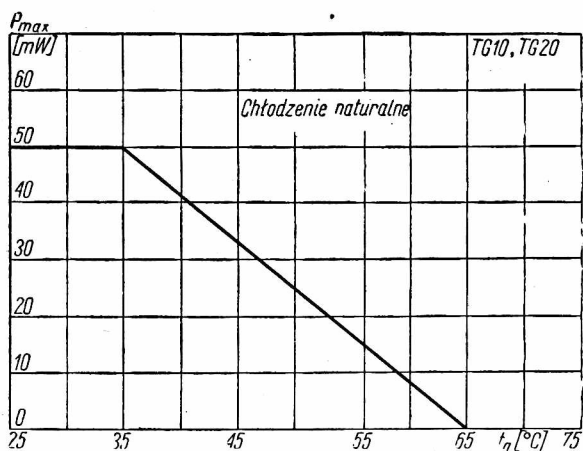


Rys. 25. Zależność maksymalnego napięcia kolektora tranzystorów TG10 i TG20 od oporności między bazą a emiterem

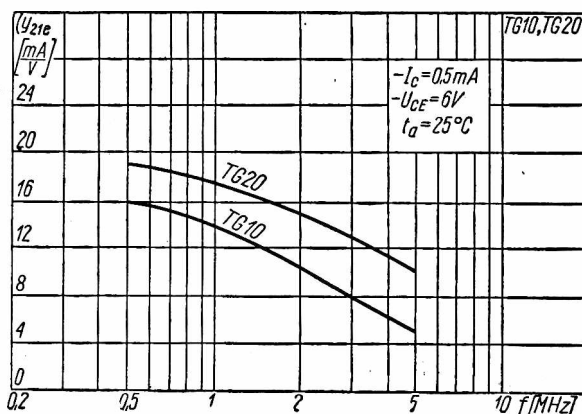


Rys. 26. Zależność maksymalnego napięcia kolektora tranzystorów TG10 i TG20 od mocy strat

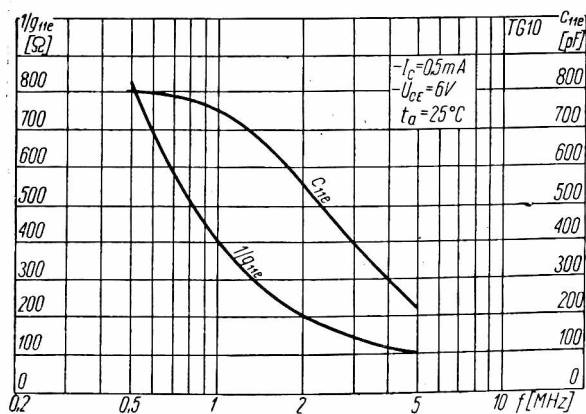
Rys. 22. Charakterystyki statyczne tranzystora TG10



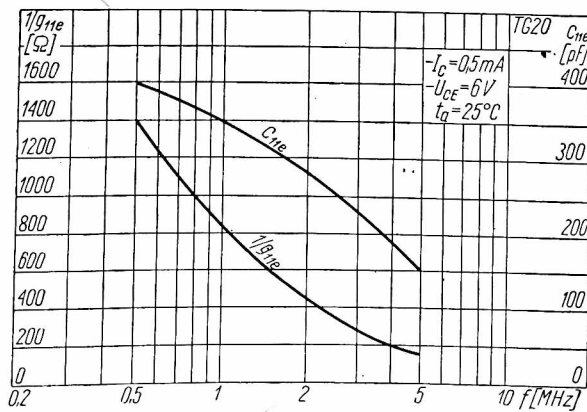
Rys. 27. Zależność maksymalnej mocy strat tranzystorów TG10 i TG20 od temperatury otoczenia



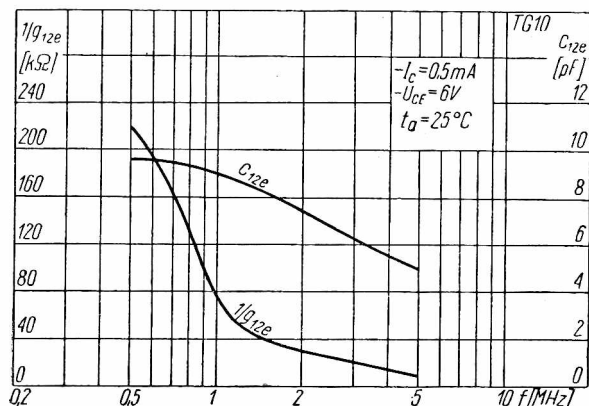
Rys. 28. Zależność parametru y_{21e} tranzystorów TG10 i TG20 od częstotliwości



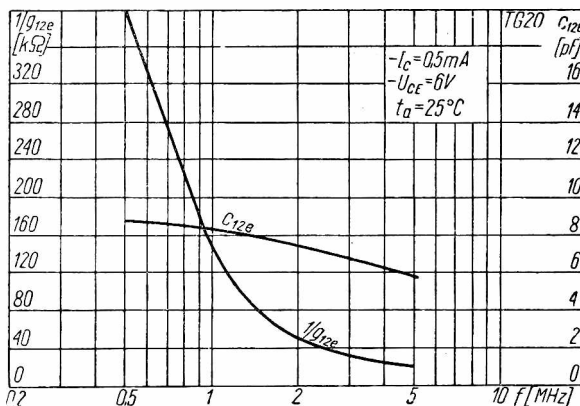
Rys. 29. Zależność parametru $1/g_{11e}$ tranzystora TG10 od częstotliwości



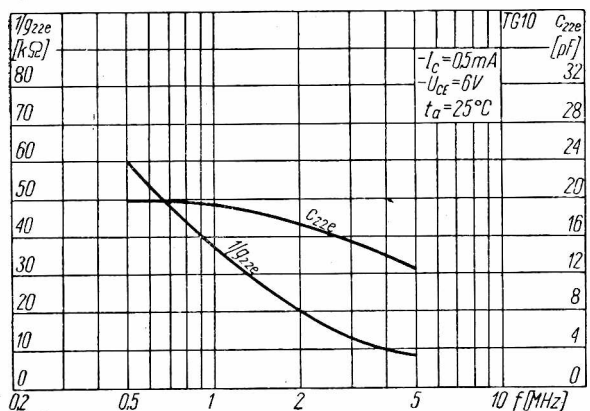
Rys. 30. Zależność parametru $1/g_{11e}$ tranzystora TG20 od częstotliwości



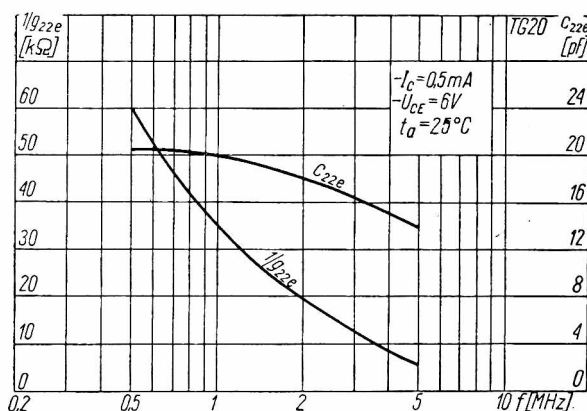
Rys. 31. Zależność parametru $1/g_{12e}$ tranzystora TG10 od częstotliwości



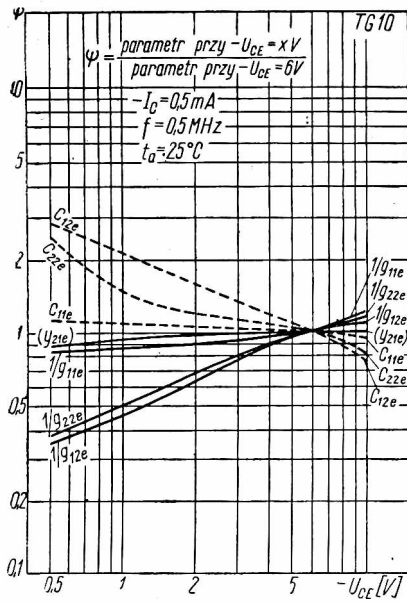
Rys. 32. Zależność parametru $1/g_{12e}$ tranzystora TG20 od częstotliwości



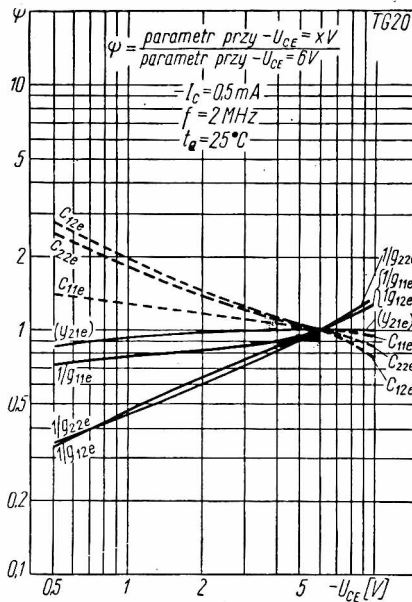
Rys. 33. Zależność parametru $1/g_{22e}$ tranzystora TG10 od częstotliwości



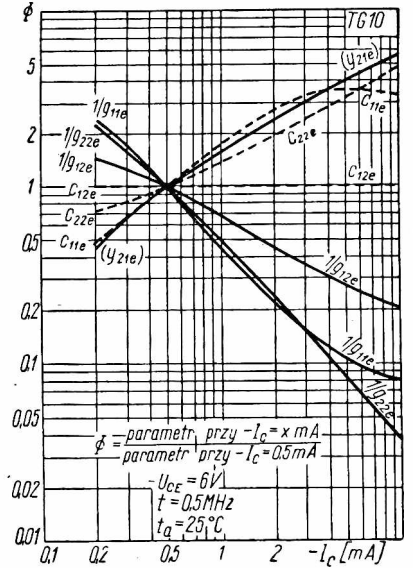
Rys. 34. Zależność parametru $1/g_{22e}$ tranzystora TG20 od częstotliwości



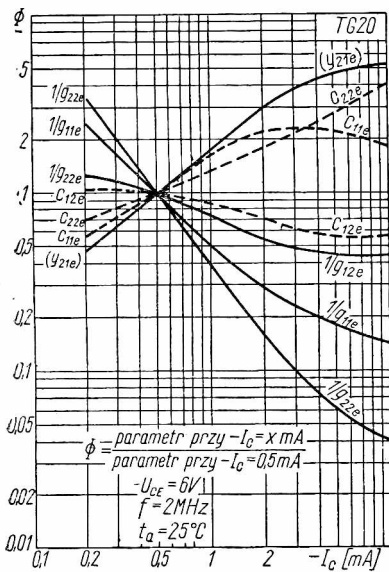
Rys. 35. Zależność parametrów charakterystycznych tranzystora TG10 od napięcia kolektora



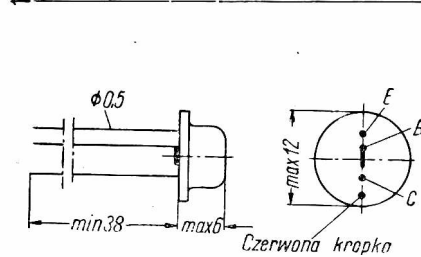
Rys. 36. Zależność parametrów charakterystycznych tranzystora TG20 od napięcia kolektora



Rys. 37. Zależność parametrów charakterystycznych tranzystora TG10 od prądu kolektora

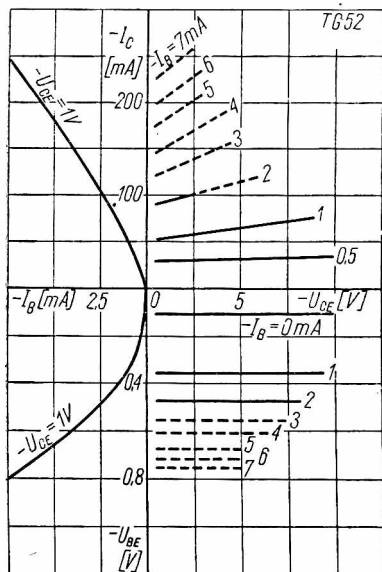
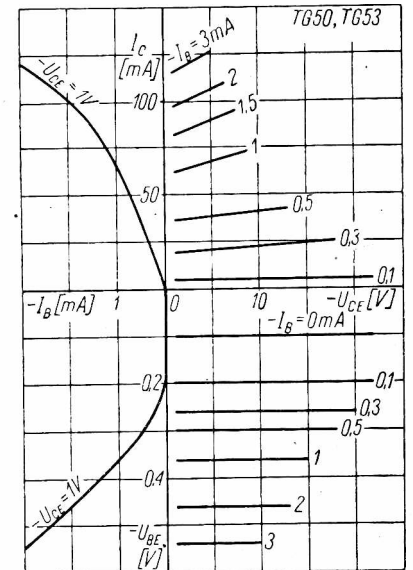


Rys. 38. Zależność parametrów charakterystycznych tranzystora TG20 od prądu kolektora

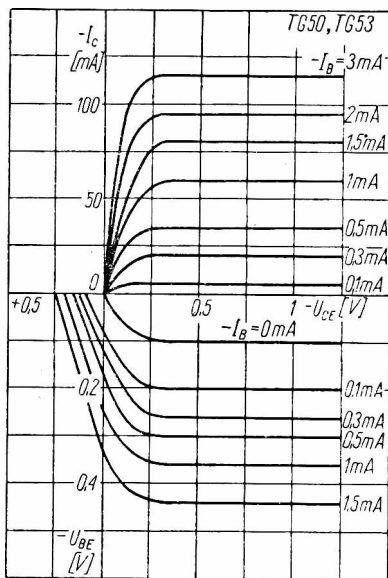


Rys. 39. Główne wymiary tranzystorów TG50-TG53

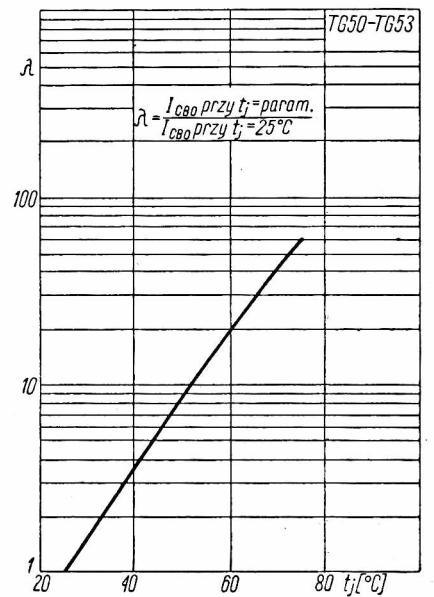
Rys. 40. Charakterystyki statyczne tranzystorów TG50, TG53



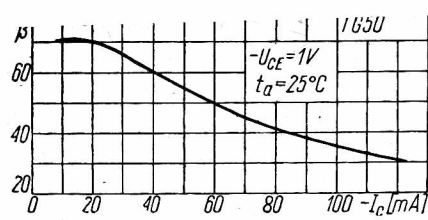
Rys. 41. Charakterystyki statyczne tranzystora TG52



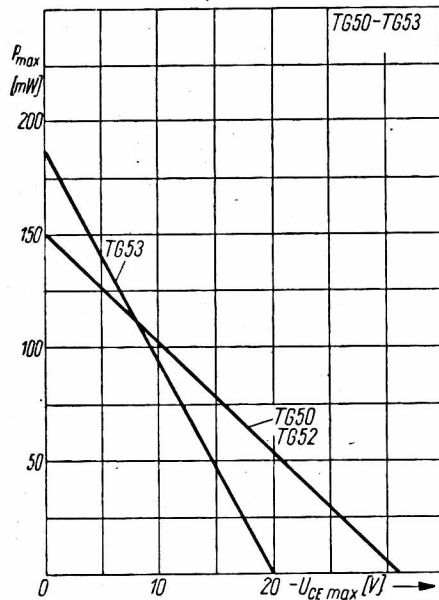
Rys. 42. Charakterystyki statyczne tranzystorów TG50, TG53 dla małych napięć kolektora



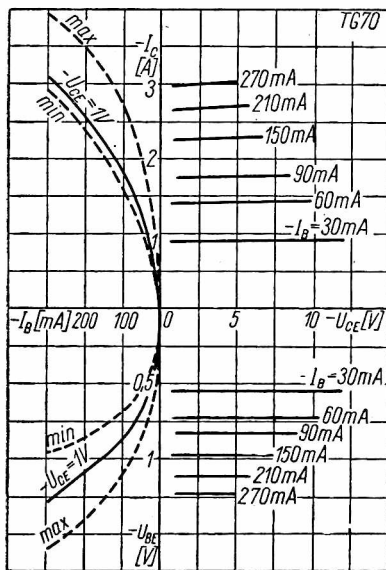
Rys. 43. Zależność prądu zerowego kolektora tranzystorów TG50-TG53 od temperatury złącza



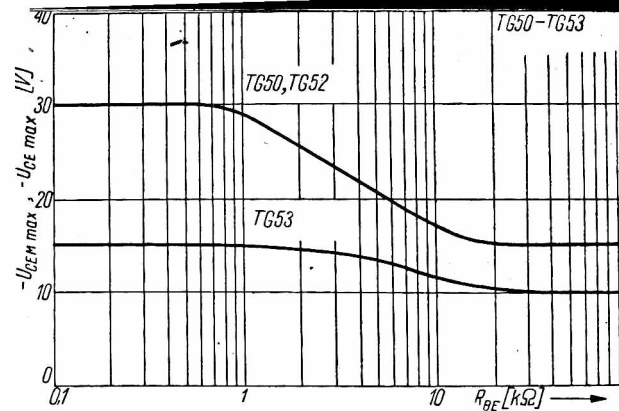
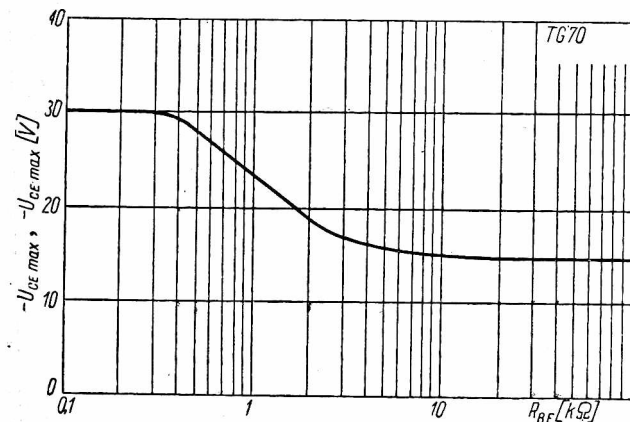
Rys. 44. Zależność współczynnika wzmocnienia prądowego tranzystora TG50 od prądu kolektora



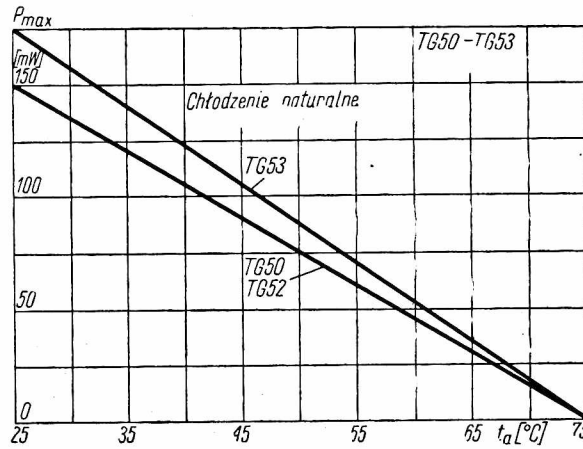
Rys. 46. Zależność maksymalnego napięcia kolektora tranzystorów TG50÷TG53 od mocy strat



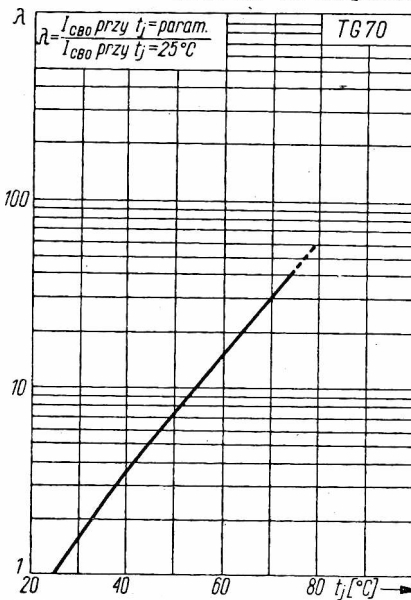
Rys. 49. Charakterystyki statyczne tranzystora TG70



Rys. 45. Zależność maksymalnego napięcia kolektora tranzystorów TG50÷TG53 od oporności między bazą a emiterem



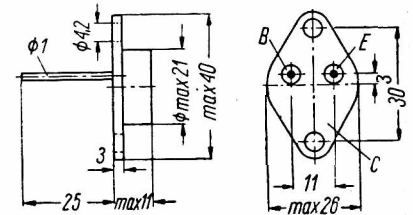
Rys. 47. Zależność maksymalnej mocy strat tranzystorów TG50÷TG53 od temperatury otoczenia



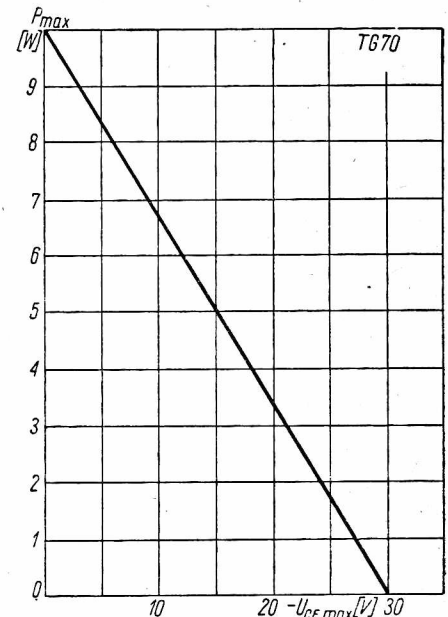
Rys. 50. Zależność prądu zerowego kolektora tranzystora TG70 od temperatury złącza

Rys. 51. Zależność maksymalnego napięcia kolektora tranzystora TG70 od oporności między bazą a emiterem

Rys. 53. Zależność maksymalnej mocy strat tranzystora TG70 od temperatury otoczenia



Rys. 48. Główne wymiary tranzystora TG70



Rys. 52. Zależność maksymalnego napięcia kolektora tranzystora TG70 od mocy strat

