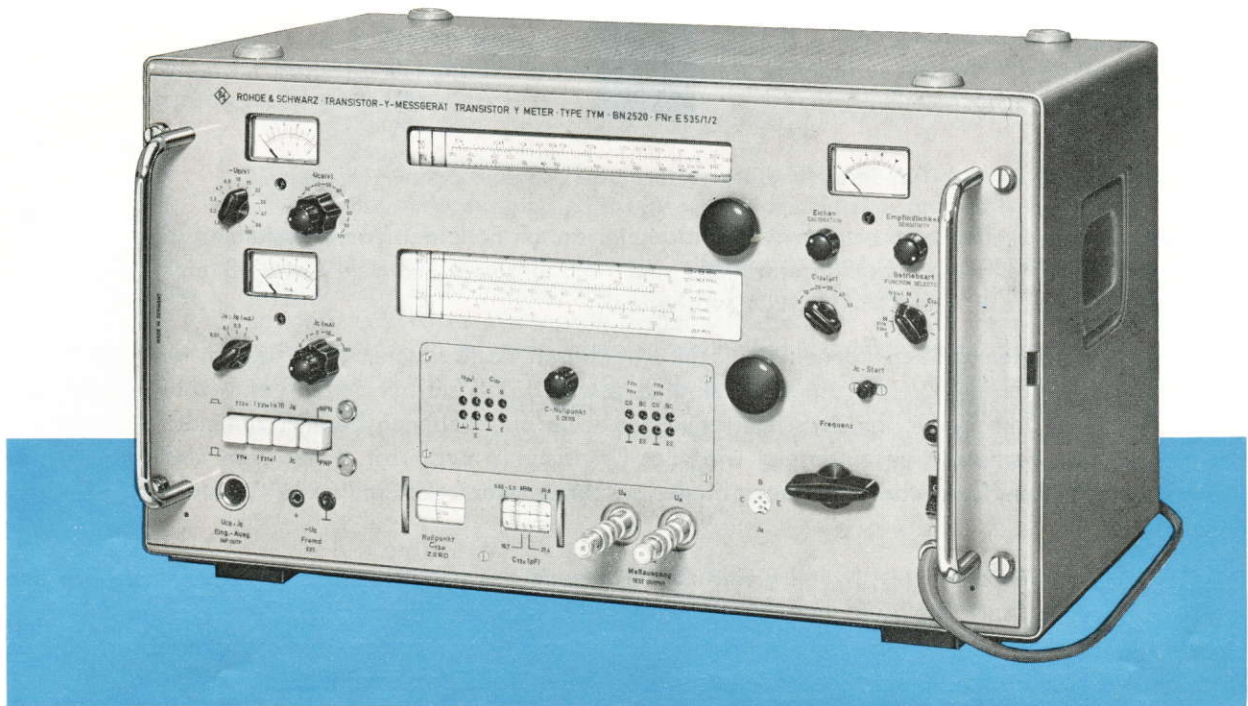




TRANSISTOR-Y-MESSGERÄT

Meßfrequenzen 20 kHz . . . 37 MHz



Kenngößen-Meßgerät
für PNP/NPN-Transistoren, Feldeffekt-Transistoren und Halbleiterdioden

Hochfrequenz-Messung dynamischer Kenngößen

Transistor-y-Parameter in Emitter- und in Basisschaltung
Kenngößen von Kapazitätsdioden

$$\begin{pmatrix} Y_{11} & C_{12e} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{pmatrix}$$
$$C_p \quad r_p$$

Einstellung und Messung statischer Kenngößen

Transistor-Kenngößen
Transistor-Restströme
Dioden-Kenngößen

$$U_{CB} \quad I_C \quad I_B$$
$$I_{CBO} \quad I_{EBO} \quad \text{u. a.}$$
$$-U_D \quad -I_D$$

Verwendbar auch zur Impedanzmessung an anderen Bauelementen innerhalb der vorgegebenen Meßbereiche

Eigenschaften und Anwendung

Das Transistor-Y-Meßgerät TYM dient zur hochfrequenten Messung der Vierpol-y-Parameter von **PNP- und NPN-Transistoren** in Emitterschaltung. Mit einem besonders zu bestellenden Programmier-Zusatz mißt das TYM auch y-Parameter in Basisschaltung sowie Kenngrößen von **Feldeffekt-Transistoren**. Der Messung dieser komplexen Kenngrößen liegen die folgenden Definitionen zugrunde:

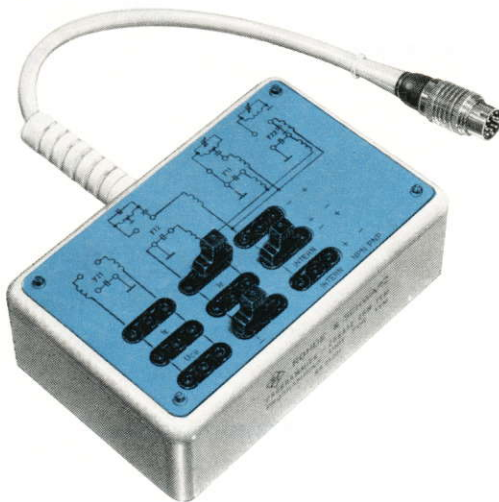
Kurzschluß-Eingangsleitwert	y_{11}	$= g_{11} + j\omega C_{11}$	$= y_i$
Kurzschluß-Ausgangsleitwert	y_{22}	$= g_{22} + j\omega C_{22}$	$= y_o$
Kurzschluß-Rückwärtssteilheit	y_{12}	$(y_{12} \approx j\omega C_{12})$	$= y_r$
Kurzschluß-Vorwärtssteilheit	y_{21}	$= y_{21} \cdot e^{j\varphi_{21}}$	$= y_f$

Das Meßgerät zeigt die Komponenten der y-Parameter an. Im Falle der Vorwärtssteilheit wird ihr Betrag gemessen; zum Bestimmen des Phasenwinkels sind Meßausgänge für den Anschluß eines geeigneten Phasenmeßplatzes, z. B. des R&S-Typs PDF, vorhanden.

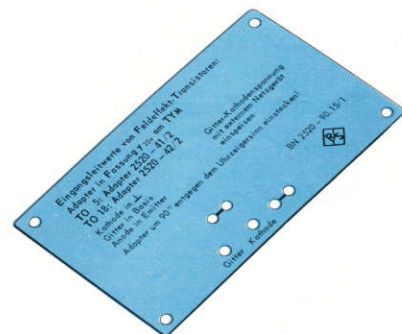
Die dynamischen Kenngrößen können bei acht schaltbaren Festfrequenzen im Bereich von 20 kHz bis 37 MHz ermittelt werden. Diese Frequenzen sind so gewählt, daß sie mit denen der wichtigsten Anwendungsfälle – z. B. mit normierten Zwischenfrequenzen – im angegebenen Bereich zumindest angenähert übereinstimmen. Vorzugsweise eingesetzt wird das Transistor-Y-Meßgerät daher zum **Untersuchen von Transistoren für Rundfunk- und Fernsehempfänger, selektive oder breitbandige HF-Verstärker und Kleinsender**.

Die Transistor-Kenngrößen U_{CB} , I_C und I_B sind zur Festlegung des Arbeitspunktes definiert einstellbar und meßbar. Somit ist auch die Aufnahme statischer Transistor-Kennlinien möglich. Zum Messen der Restströme I_{CBO} und I_{EBO} ist ein besonderer Anschluß (Meßfassung I_R) vorhanden. In dieser Betriebsart können auch andere Restströme bei entsprechender Anschaltung des Transistors ermittelt werden.

An Halbleiter-Dioden, insbesondere bei Kapazitätsdioden, lassen sich die dynamische Sperrschichtkapazität C_p und der parallele Dämpfungswiderstand r_p messen; den entsprechenden Serienwiderstand erhält man leicht durch Umrechnung. Für diese Messungen ist die Dioden-Sperrspannung $-U_D$ mit einem Eichteiler auf definierte Werte im Bereich von 1 V bis 100 V einstellbar, bei Fremdeinspeisung auch stetig von 0 bis 100 V. Des weiteren kann über die Meßfassung I_R der Dioden-Sperrstrom $-I_D$ in Abhängigkeit von $-U_D$ aufgenommen werden.



Programmierzusatz zum Transistor-Y-Meßgerät TYM. Dieser Zusatz ermöglicht Transistor-Messungen in Basisschaltung sowie die Aufnahme der Kenngrößen von Feldeffekt-Transistoren.



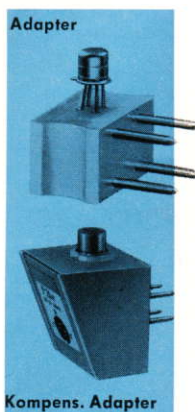
Programmkarte, nach deren vorgedrucktem Schema die Transistor-Versorgungsspannungen über Kurzschlußstecker geschaltet werden.

Arbeitsweise und Aufbau

Zur Bestimmung des Eingangs- und des Ausgangsleitwertes – Parameter y_{11} und y_{22} – liegt der Prüfling an einem auf die Meßfrequenz abgestimmten Resonanzkreis, der durch den komplexen (Transistor-)Leitwert sowohl bedämpft wie auch verstimmt wird. Dämpfung und Verstimmung sind durch entsprechende R- und C-Änderungen auszugleichen. Die zum Wiederherstellen der Resonanz erforderliche C-Vermindernung wie auch die notwendige Energieerhöhung auf den ursprünglichen HF-Pegel liefern ein Maß für die gesuchten Komponenten der Leitwertparameter. Den Resonanzpunkt zeigt ein eingebautes Instrument an.

Die Rückwirkungskapazität C_{12e} wird durch Brückenmessung ermittelt, wobei für den Minimumabgleich ein Anzeigeinstrument mit einstellbarer Empfindlichkeit dient. Der Betrag der Vorwärtssteilheit y_{21} ergibt sich aus einer Verstärkungsmessung, das Ergebnis ist an einer geeichten Skala direkt ablesbar.

Dynamische Kenngrößen von Kapazitätsdioden werden in Stellung $-U_D$ des Betriebsartenschalters gemessen und das Meßobjekt so in die Meßfassung y_{22e} gesteckt, daß es an den bei Transistor-Messungen benutzten Buchsen für Kollektor (C) und Basisanschluß (B) liegt. Dies gilt in gleicher Weise für Impedanzmessungen an anderen Bauelementen.

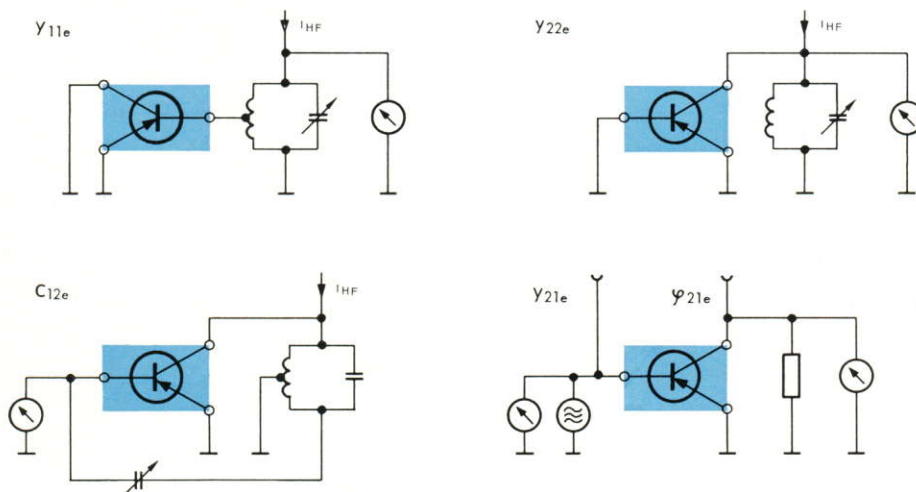


Wegen der verschiedenen Gehäuseformen der Halbleiterbauelemente sind die Meßobjekte über **Adapter** an die Bezugsfassung des Gerätes anzuschließen – siehe nebenstehende Abbildung. Damit ist leichte Bestückung der Meßfassungen, schonende Behandlung der Bauelemente und jederzeitige Anpassung an neue Gehäusetypen möglich. Lange Anschlußdrähte des Transistors können ganz durchgesteckt werden, so daß sich kurze Leitungsführungen ergeben. Im oberen Teil des Meßfrequenzbereiches dürfen je nach Transistorsteilheit die Induktivitäten auch von nur kurzen Zuleitungen nicht mehr vernachlässigt werden. Dies gilt beispielsweise für Messungen von y_{21} ab etwa 21,4 MHz oder für y_{11} und y_{22} ab 10,7 MHz, abhängig vom Kollektorstrom. Für diese Anwendungsfälle stehen **kompensierte Adapter** zur Verfügung – siehe Bild links und „Empfohlene Ergänzungen“ Seite 6 –, bei deren Verwendung die Bezugsebene für die Messung dicht am Transistor-Fußpunkt liegt.

Zum Schutze der Halbleiterbauelemente vor Zerstörung ist am Gerät eine Drucktaste vorhanden. Sie schließt die Emitter-Basis-Strecke kurz. Vor Beginn einer Messung muß diese Taste gedrückt werden. Ein Haltestromkreis sichert dann – solange sich das Meßobjekt in der Fassung befindet – die Gleichstromversorgung.

Programmier-Zusatz

Für die Messung der y -Parameter in **Basisschaltung** und der Kenngrößen von **Feldeffekt-Transistoren** ist ein Programmier-Zusatz zum TYM lieferbar. Über diesen Zusatz werden entsprechend den aufzunehmenden Parametern die Versorgungsspannungen durch Kurzschlußstecker umgeschaltet oder bei Feldeffekt-Transistoren über eine zweiadrigte Zuleitung aus einem beliebigen externen Netzgerät eingespeist. Das Beschalten des Programmier-Zusatzes erfolgt mit Hilfe von Programmkarten, deren Schema die nötigen Steckverbindungen zeigt und nur diese frei gibt. Programmkarten, Kurzschlußstecker und Versorgungskabel für Feldeffekt-Transistoren gehören zum Lieferumfang des Zusatzgerätes. Seite 7 zeigt die Anschaltung an das TYM.



Prinzipielle Meßschaltungen für y -Parameter (mit PNP-Transistoren).

Technische Daten

Einstellung und Messung statischer Kenngrößen

Einstellbare bzw. meßbare Kenngrößen

Transistoren	U_{CB}, I_C, I_B Restströme $I_{CBO}, I_{EBO}, (I_{CEO}, I_{CES}, I_{CER}, I_{CEV})$
Dioden	Sperrkenngrößen $-U_D; -I_D$
Wahl der Kenngrößen	mit Dreh- und Drucktastenschalter (Betriebsart)
Anzeige der Kennwerte	an eingebauten Instrumenten (je eins für Ströme und Spannungen), zweiteilige Skalen 0...3/0...10
Anzeigefehler	max. $\pm 3\%$ v.E.
Kollektor-Basis-Spannung U_{CB}	stetig und in Stufen einstellbar, Anzeige am Spannungsmesser
Einstellbereich	0...100 V, unterteilt in 0...3/3...10/10...20/20...30/30...40/40...50/ 50...60/60...70/70...80/80...90/90...100 V
Meßbereiche	3/10/30/100 V Vollausschlag, Umschaltung erfolgt automatisch mit Spannungseinstellung
Ausgang U_{CB}	belastbar max. 100 mA (direkt verwendbar für Eingang $-U_D$ fremd)
Kollektorstrom I_C	stetig und in Stufen einstellbar, Anzeige am Strommesser
Einstellbereich	0,1...100 mA, unterteilt in 0,1...1/1...3/3...10/10...30/30...100 mA
Meßbereiche	1/3/10/30/100 mA Vollausschlag, Umschaltung erfolgt automatisch mit Stromeinstellung
Basisstrom I_B	Anzeige am Strommesser
Meßbereiche	0,03/0,1/0,3/1/3 mA Vollausschlag, umschaltbar von Hand
Restströme I_R	Anzeige am Strommesser
Meßbereiche	0,03/0,1/0,3/1/3 mA Vollausschlag, umschaltbar von Hand
Sperrspannung $-U_D$	100 V, teilbar bzw. in Stufen einstellbar
Teilerstellungen*)	1/1,5/2,2/3,3/4,7/6,8/10/15/22/33/47/68/100 V
Fehler	max. $\pm 1\%$ v. Einstellwert
Eingang $-U_D$ fremd	max. 100 V, teilbar (an Ausgang U_{CB} anschließbar)

*) Dieser Teiler ist mit gleichen Werten in Prozent bei Fremdspannungszuführung verwendbar; Teilereihe nach der E6-Reihe (internationale Reihe).

Hochfrequenz-Messung dynamischer Kenngrößen

Meßbare Kenngrößen

Transistoren y-Parameter in Emitterschaltung,
mit Programmier-Zusatz in Basisschaltung;
angezeigt werden: $1/g_{11}$ C_{11}
 $1/g_{22}$ C_{22}
 $|y_{21}|$ C_{12e}

Dioden Sperrschichtkapazität C_p
paralleler Dämpfungswiderstand r_p

Wahl der Kenngrößen mit Dreh- und Drucktastenschalter (Betriebsart)

Anzeige der Kennwerte an geeichten Skalen

Meßfrequenzen ¹⁾, Meßbereiche der Kenngrößen und Einstellfehler:

(die Meßfrequenzen sind von Hand umschaltbar, Frequenzfehler max. $\pm 5\%$)

a) zu messende Kenngröße b) Ableseskala	Meßfrequenz in MHz							
	0,02	0,1	0,5	1,65	5,5	10,7	21,4	36,6
a) $\frac{1}{g_{22}}$ b) R-Skala, bis 3 M Ω Betrag in k Ω Einstellfehler	15 ... 3000	15 ... 2000	10 ... 2000	2 ... 500	0,25 ... 50	0,3 ... 50	0,2 ... 50	0,15 ... 50
für alle Meßfrequenzen: $\pm 10\%$ vom Einstellwert ²⁾								
a) $\frac{1}{g_{11}}$ b) R-Skala, bis 50 k Ω Betrag in k Ω Einstellfehler	0,25 ... 50	0,25 ... 50	0,15 ... 50	0,05 ... 10	0,01 ... 10	0,01 ... 5	0,01 ... 2	0,01 ... 2
für alle Meßfrequenzen: $\pm 10\%$ vom Einstellwert ²⁾								
a) C_{11} b) C-Skala, groß Betrag in pF Einstellfehler		0 ... 3000	0 ... 3000	0 ... 3000	0 ... 1000	0 ... 300	0 ... 250	0 ... 100
$100/R^* \pm 25$ $20/R^* \pm 25$ $6/R^* \pm 25$ $2/R^* \pm 10$ $1/R^* \pm 3$ $0,5/R^* \pm 3$ $0,3/R^* \pm 2$								
a) C_{22} b) C-Skala, klein Betrag in pF Einstellfehler		0 ... 60	0 ... 60	0 ... 60	0 ... 60	0 ... 10	0 ... 10	0 ... 10
$100/R^* \pm 0,5$ $20/R^* \pm 0,5$ $6/R^* \pm 0,5$ $2/R^* \pm 0,5$ $1/R^* \pm 0,1$ $0,5/R^* \pm 0,1$ $0,3/R^* \pm 0,1$								
a) C_{12e} b) C-Skala für C_{12e} Betrag in pF Einstellfehler	0 ... 50	0 ... 50	0 ... 50	0 ... 50	0 ... 50	0 ... 10	0 ... 10	0 ... 10
für alle Meßfrequenzen: $\pm 10\%$ $\pm 0,1$ pF								
a) $ y_{21} $ b) Leitwertskala Betrag in mS Einstellfehler	0 ... 2500	0 ... 2500	0 ... 2500	0 ... 2500	0 ... 2500	0 ... 1000	0 ... 1000	0 ... 1000
für alle Meßfrequenzen: $\pm 10\%$ vom Einstellwert								

Meßausgänge φ_{21} (für Anschluß eines Phasenmeßplatzes)

Meßspannungen Buchse U_e : 0,5 ... 2 mV
Buchse U_a : 0,5 mV, abhängig von $|y_{21}|$

Quellwiderstände ca. 50 Ω

Eigenphasenfehler $< 3^\circ$ (durch Kurzschluß-Kontrolle eliminierbar)

¹⁾ Die Grenzfrequenzen ergeben sich näherungsweise aus nebenstehendem Zusammenhang (gilt nur unter der Voraussetzung, daß die Leistungsverstärkung bzw. Stromverstärkung bei der Meßfrequenz mit -6 dB/Oktave abfällt).

$$f_{\max} = \frac{|Y_{21e}|}{2\sqrt{g_{11e} \cdot g_{22e}}} \cdot f \quad f_i = \frac{|Y_{21e}|}{|Y_{11e}|} \cdot f$$

²⁾ Der Einstellfehler für $1/g_{22}$ bzw. $1/g_{11}$ steigt am rechten Rand der Skala, beginnend etwa 2 cm vor rechtem Anschlag, infolge verminderter Auflösung an und kann am rechten Ende max. 20% betragen.

* R ist der jeweils zu C parallel liegende Dämpfungswiderstand in k Ω .

Dioden-Kenngrößen	meßbar in Betriebsart $-U_D$ (y_{22e}) Anschluß zwischen den Buchsen C und B
Meßbereiche	wie $1/g_{22e}$ (r_p) bzw. C_{22e} (C_p)
Anschlüsse	
Meßfassungen y	über Buchsenfeld mit 4×4 Meßbuchsen, steckbare Meßadapter
Meßfassung I_R	Transistor-Meßfassung
Meßausgänge φ_{21e}	2 BNC-Buchsen
Programmier-Eingang	Tuchelbuchse, 12polig; Beschaltung des Programmier- Zusatzes mit Kurzschlußbrücken
Eingang $-U_D$ fremd	1 Telefon-Schaltbuchse 1 Telefonbuchse
Netzanschluß	115/125/220/235 V $\pm 10\%$, 47 . . . 63 Hz (80 VA)
Bestückung	31 Transistoren 3 Kleinlampen
Beschriftung	zweisprachig: deutsch/englisch
Farbe	grau, RAL 7001
Abmessungen (B×H×T)	540 × 267 × 378 mm (R&S-Normkasten Größe 57)
Gewicht	ca. 30 kg
Bestellbezeichnung	► Transistor-Y-Meßgerät Typ TYM BN 2520

Mitgeliefertes Zubehör (im Preis eingeschlossen)

- 1 Meßadapter für Transistoren TO-5 (Sockelschaltung EBCM), BN 2520-41
- 1 Meßadapter für Transistoren TO-18 (Sockelschaltung EBCM), BN 2520-42
- 1 Meßadapter für Dioden, BN 2520-44
- 1 Kurzschlußstecker, BN 2520-45
- 2 Abschlußwiderstände 50Ω (BNC-Stecker), R&S-Sachnummer 2520-28
- 1 Lampenzieher, R&S-Sachnummer RLT 02000

Empfohlene Ergänzungen

Kompensierte Meßadapter (siehe nachstehende Tabelle)

Bestellbezeichnung	Bestellnummern der kompensierten Adapter zur Messung von			
	y_{11} (nur bei f 21,4 . . . 36 MHz)	y_{22} (nur bei f 5,5 . . . 36 MHz)	y_{21} (nur bei f 21,4 MHz)	y_{21} (nur bei f 36,6 MHz)
Kompensierter Meßadapter für Transistoren TO-5/TO-18, Sockelschaltung EBCM	BN 2520-46/2	BN 2520-46/3	BN 2520-46/5	BN 2520-46/4
Kompensierter Meßadapter für Transistoren TO-5/TO-18, Sockelschaltung BECM	BN 2520-47/2	BN 2520-47/3	BN 2520-47/5	BN 2520-47/4

Leeradapter für Transistoren TO-5/TO-18, BN 2520-46
 Meßadapter für Transistoren TO-5 (**Socket BECM**)*, BN 2520-41/2
 TO-18 (**Socket BECM**), BN 2520-42/2
 TO-7 (**Socket EBMC**), BN 2520-43

Programmier-Zusatz zum TYM, BN 25201

für Phasenmessung φ_{21} : Phasen- und Dämpfungsmeßplatz PDF, BN 19450

* Anschlußreihenfolge: Basis (B), Emitter (E), Kollektor (C), Masse (M) – vergleiche hierzu Abbildungen auf Seite 7 mit Anschlußreihenfolge EBCM.

Erläuterungen zu den Vierpol-Parametern und deren Anwendung bei Transistoren

Verwendete Symbole und ihre Benennung

Bezeichnung	Europa	USA
Stromverstärkung [k]	h_{21} (e) (b)	h_f (e) (b)
Spannungsrückwirkung [o]	h_{12} (e) (b)	h_r (e) (b)
Ausgangs-Leitwert [o]	h_{22} (e) (b)	h_o (e) (b)
Eingangs-Widerstand [k]	h_{11} (e) (b)	h_i (e) (b)
Steilheit [k]	y_{21} (e) (b)	y_f (e) (b)
Rückwärts-Steilheit [k]	y_{12} (e) (b)	y_r (e) (b)
Ausgangs-Leitwert [k]	y_{22} (e) (b)	y_o (e) (b)
Eingangs-Leitwert [k]	y_{11} (e) (b)	y_i (e) (b)

[k] = Kurzschlußmessung, d. h. bei Messung am Eingang ist der Ausgang des Vierpoles kurzgeschlossen
 [o] = Messung bei Leerlauf, d. h. die andere Vierpoleseite ist offen

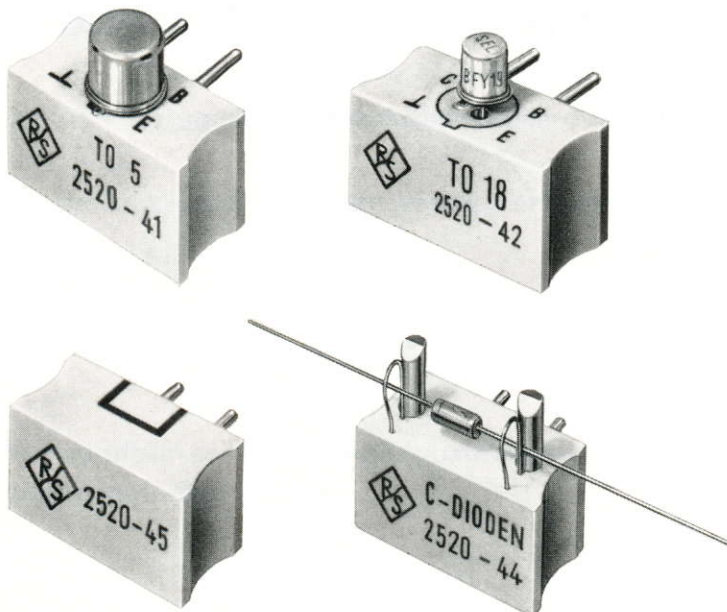
(e) = Emitterschaltung
 (b) = Basisschaltung

Zusammenhang zwischen den h- und y-Parametern. Für die Umrechnung der h- in die y-Parameter und umgekehrt gelten folgende Beziehungen:

$$\begin{aligned}
 h_{11} &= \frac{1}{y_{11}} & y_{11} &= \frac{1}{h_{11}} \\
 h_{12} &= -\frac{y_{12}}{y_{11}} & y_{12} &= -\frac{h_{12}}{h_{11}} \\
 h_{21} &= \frac{y_{21}}{y_{11}} & y_{21} &= \frac{h_{21}}{h_{11}} \\
 h_{22} &= \frac{\Delta y}{y_{11}} & y_{22} &= \frac{\Delta h}{h_{11}} \\
 \Delta h &= \frac{y_{22}}{y_{11}} & \Delta y &= \frac{h_{22}}{h_{11}}
 \end{aligned}$$

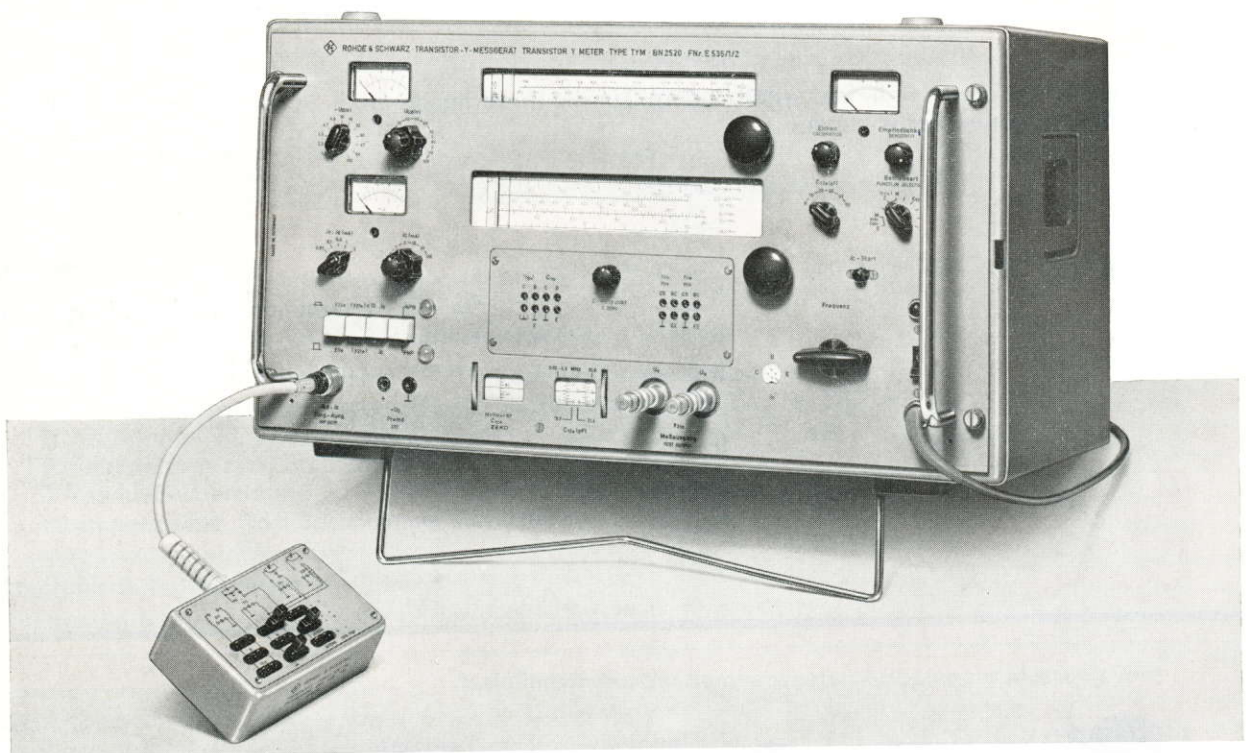
Für die Determinanten Δh und Δy gilt:

$$\begin{aligned}
 \Delta h &= h_{11} \cdot h_{22} - h_{12} \cdot h_{21} \\
 \Delta y &= y_{11} \cdot y_{22} - y_{12} \cdot y_{21}
 \end{aligned}$$



Adapter für die Transistorgehäuse TO-5 und TO-18 (Sockelschaltung EBCM), für Dioden sowie 1 Kurzschlußstecker gehören zum Lieferumfang.

TRANSISTOR-Y-MESSGERÄT TYM



Transistor-Y-Meßgerät TYM mit angeschlossenem Programmier-Zusatz für Transistor-Messungen in Basisschaltung und zum Ermitteln der Kenngrößen von Feldeffekt-Transistoren.

ROHDE & SCHWARZ · 8000 MÜNCHEN 8 · MÜHLDORFSTR. 15 · TEL. (0811) 401981 · TELEX 0523703