

Elektronisches Voltmeter mit automatischer Meßbereich-Umschaltung

DK 621.317.725.088.7:621.385

Die Vielzahl neuer Digital-Meßgeräte verleitet dazu, die herkömmlichen Analog-Meßgeräte als veraltet anzusehen. Was hat aber die Entwicklung von Digital-Meßgeräten begünstigt? Zweifellos ihre bequeme Handhabung und Ablesung unter Fortfall der lästigen manuellen Meßbereich-Umschaltung! Die Bequemlichkeiten werden jedoch mit einem hohen Aufwand und Preis erkauft.

Automatisiert man nun aber beim Analog-Meßgerät die Meßbereich-Umschaltung, so kommt man ohne die hohen Kosten der Digital-Meßgeräte zu derselben Bequemlichkeit in der Handhabung; für ungeschultes Personal ist das von größtem Wert. Dazu ergibt sich der zusätzliche Vorteil, daß die stetige Zeigerinstrument-Anzeige dem Physiker und Labor-Ingenieur doch oft klarer erscheint als die Ziffernanzeige. Wenn es beispielsweise darum geht, Maxima oder Minima aufzufinden oder Abgleichvorgänge visuell zu verfolgen, ist das Steigen, Umkehren und Fallen eines Zeigers sehr viel sinnfälliger als das Springen der Ziffern einer Digitalanzeige.

In diesem Sinne wurde das automatische Röhrevoltmeter PM 2405 von PHILIPS entwickelt. Bei diesem Analog-Meßgerät sorgt eine Automatik dafür, daß stets der zweckmäßigste Meßbereich eingeschaltet ist. Die Möglichkeiten falscher Polung des Gerätes oder der Wahl eines falschen Meßbereichs sind hierbei ausgeschlossen. Durch einfaches Betätigen entsprechender Drucktasten (siehe *Bild 1*) wird das Gerät auf die Messung von

Gleichspannungen zwischen 50 mV und 500 V,

Wechselspannungen zwischen 50 mV und 300 V

und Widerständen zwischen 1 Ω und 100 M Ω

vorbereitet. Die Wahl des Meßbereichs erfolgt automatisch.



Bild 1. Automatisches Röhrevoltmeter Philips PM 2405

Dabei wird die zugehörige Skalenteilung noch durch ein Lämpchen markiert. Bei Gleichspannungsmessungen wird außerdem die Polarität ebenfalls durch ein Lämpchen angezeigt.

1 Die Schaltung

Ein Blockschema des Gerätes ist in *Bild 2* wiedergegeben. Dieses enthält folgende Teile: Röhrevoltmeter, Servomechanismus, Polaritätsschaltung, Eichspannungsteil, Netzteil sowie Meßköpfe.

Im eigentlichen *Röhrevoltmeter* liegt das Anzeigeelement ME 1 in einer Brückenschaltung, bestehend aus der

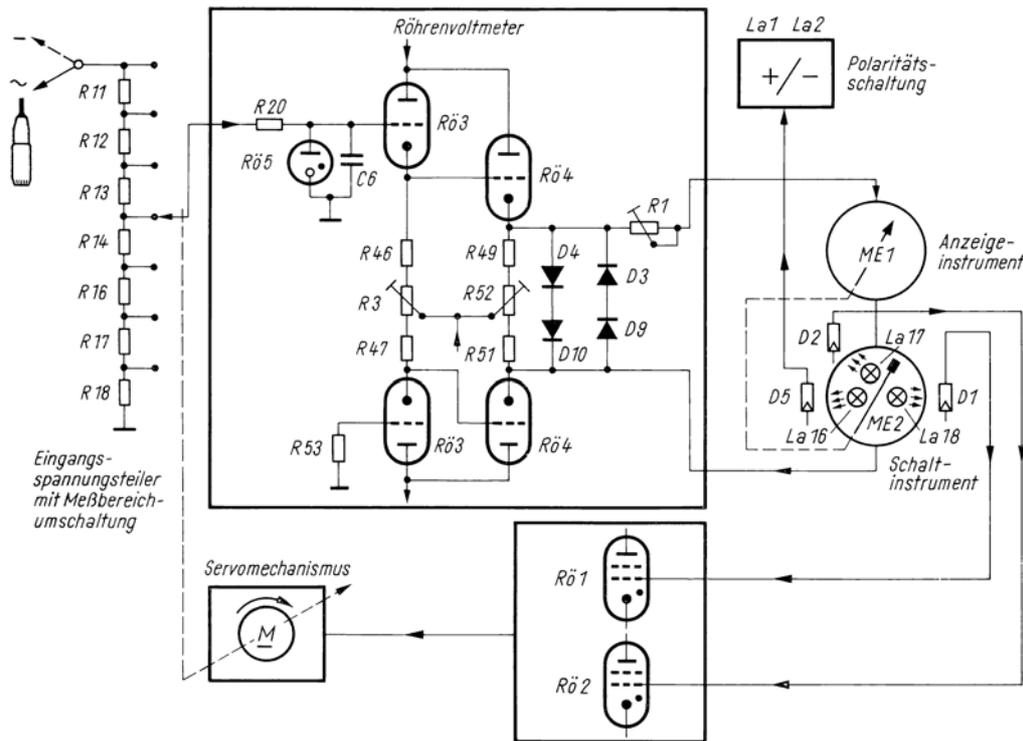


Bild 2.
Blockschema des
automatischen
Röhrenvoltmeters

Doppeltriode R0 4/R0 4' (PCC 85) und den Widerständen R 49, R 51 und R 52. Das gleichfalls in dieser Brücke enthaltene Schaltinstrument ME 2 wird später besprochen. Der Gleichgewichtszustand wird bei spannungslosem Eingang mit Hilfe der Potentiometer R 52 (grob) und R 3 (fein) hergestellt. In diesem Zustand sind beide Instrumente stromlos.

Die zu messende Spannung wird über einen hochohmigen Spannungsteiler aus den Widerständen R 11 bis R 18 dem Gitter des Katodenfolgers mit der Röhre R0 3 zugeführt. Ist diese Spannung positiv, so steigen das Katodenpotential dieser Röhre und damit das Gitterpotential des Triodensystems R0 4. Somit nimmt der Innenwiderstand dieser Triode ab. Dadurch wird das Brückengleichgewicht gestört. Nunmehr fließt ein der Meßspannung proportionaler Strom durch die beiden Instrumente ME 1 und ME 2.

Durch die beiden Katodenfolger R0 3/R0 3' ist die Anwendung einer vom Instrumentenwiderstand und von der niedrigen Ausgangsimpedanz der Röhre R0 4 unbeeinflussten Gleichstromgegenkopplung über den Widerstand R 46 möglich. Ferner kann nunmehr die Steilheit der Röhre R0 4 groß sein, wodurch die Ausgangsimpedanz dieser Stufe äußerst niedrig wird. Hierdurch wird die Empfindlichkeit des Röhrenvoltmeters erheblich gesteigert sowie zur Verbesserung der Linearität beigetragen. Der Empfindlichkeitsabgleich der Instrumente erfolgt mit dem Potentiometer R 1. Die Dioden D 3, D 4, D 9 und D 10 dienen zum Schutz der Instrumente.

Die Glimmstrecke R0 5 schützt die Schaltung vor zu hohen Spannungen, indem sie bei deren Auftreten zündet. Somit kann am Gitter der Röhre R0 3 keine höhere Spannung als die Brennspannung der Glimmstrecke stehen, wenn man von der kurzzeitig wirksamen Zündspannung absieht. Der Strom durch die Glimmstrecke wird durch den Widerstand R 20 begrenzt; plötzliche Spannungssprünge werden durch den Kondensator C 6 gemildert.

Bild 3* zeigt die Gesamtschaltung des Gerätes. Gleichspannungsmessungen erfolgen über die Buchse Bu 2, Wech-

selspannungsmessungen über den Diodenmeßkopf mit der Röhre R0 8 (EA 52). Die maximal zulässige Sperrspannung dieser Röhre bestimmt zugleich die höchste meßbare Wechselspannung. Wegen der bei niedrigen Spannungen stark unlinearen Diodencharakteristik wurde die Anode der Diode über den Widerstand R 35 an eine mit Hilfe des Widerstandes R 2 einstellbare positive Spannung gelegt. Das bedingt zwar eine Nullpunktverschiebung um etwa 150 mV, trägt aber wesentlich zur Linearisierung des Skalenverlaufs bei.

Widerstandswerte werden mit Hilfe einer stabilisierten Gleichspannung gemessen. Der zu messende Widerstand R_x wird an die Buchsen Bu 3 und Bu 5 angeschlossen. Entsprechend dem eingeschalteten Meßbereich liegt der unbekannte Widerstand R_x in Serie mit einem der Widerstände R 19, R 21 bis R 24 bzw. R 26. Die Spannung über R_x dient als Maß für dessen Widerstandswert und wird dem Röhrenvoltmeter zugeführt. Die Widerstandsmeßbereiche werden durch Einstellen des Potentiometers R 4 abgeglichen, und zwar unter Zuhilfenahme von Präzisionswiderständen.

2 Die Meßbereich-Automatik

Die Funktion des *Servomechanismus* ist folgende. In dem in Serie mit dem Anzeigeelement ME 1 angeordneten Schaltinstrument ME 2 befinden sich drei Fotodioden D 1, D 2 und D 5. Sie werden jede von einem Lämpchen beleuchtet. Die Diode D 1 ist am rechten Anschlag, D 2 bei einem Viertel der Skalenteilung und D 5 am linken Anschlag des Instrumentes ME 1 angeordnet. Die Funktion der Diode D 5 wird später im Zusammenhang mit der Polaritätsschaltung behandelt. Der Ausschlag des Instrumentes ME 1 ist mit dem von ME 2 identisch. Der Zeiger von ME 2 trägt eine Fahne. Gelangt sie beim Ausschlagen zwischen eine Fotodiode und das zugehörige Lämpchen, dann unterbricht sie den Lichtstrahl. In Ruhestellung leiten die Fotodioden, so daß die Gitter der Thyratrons R0 1 und R0 2, an die sie angeschlossen sind, an einer negativen Spannung von 100 V liegen; diese sind somit gesperrt.

*) Bild 3 siehe Schaltplan beim Modell

Im Ausgangszustand ist stets der niedrigste Meßbereich eingeschaltet. Wird nun eine Spannung an das Röhrenvoltmeter gelegt, die oberhalb des eingeschalteten Bereichs liegt, dann schlägt der Instrumentenzeiger voll aus, und der auf die Fotodiode D 1 treffende Lichtstrahl wird unterbrochen. Die Folge davon ist, daß das Thyatron R_ö 1 zündet, das Relais Rel A erregt wird und der Motor M zu drehen beginnt. Letzterer betätigt den Meßbereichschalter SK 1.

Liegt der Meßwert innerhalb des nunmehr eingeschalteten, nächsthöheren Bereichs, so geht der Zeigerausschlag zurück. Das Thyatron R_ö 1 wird jedoch erst durch einen negativen Spannungssprung von 170 V gesperrt, der über den Schalter SK 1a und den Kondensator C 24 zugeführt wird. Dann wird auch das Relais Rel A abfallen und der Motor M gestoppt. Seine Drehzahl wurde so gewählt, daß der Schalter SK 1 nicht über den zutreffenden Meßbereich hinausbewegt wird.

Der beschriebene Umschaltvorgang wiederholt sich naturgemäß, wenn die zu messende Spannung in einen noch höheren Meßbereich fällt. Ist die Eingangsspannung höher als 500 V, so wird nicht noch weiter geschaltet. In diesem Fall wird dem Gitter des Thyatrons R_ö 1 über den Schalter SK 1b eine Spannung von —100 V zugeführt und so eine erneute Zündung verhindert, was sonst bei jeder Bereichsumschaltung der Fall ist.

Bei einem Viertel der Skalenteilung ist die Fotodiode D 2 mit dem zugehörigen Lämpchen angeordnet. Sinkt der Zeigerausschlag auf diesen Punkt, so zündet das Thyatron R_ö 2. Der Motor M dreht den Schalter SK 1 weiter in der anfänglichen Richtung. Die weitere Abnahme des Zeigerausschlags hat auf diesen Ablauf keinen Einfluß. Erst beim Erreichen des empfindlichsten Meßbereichs wird das Thyatron R_ö 2 durch einen negativen Spannungssprung von 100 V über den Schalter SK 1a und den Kondensator C 4 gesperrt. Liegt noch eine Spannung am Geräteeingang, so beginnt automatisch die Wahl des nunmehr richtigen Meßbereichs in der bereits beschriebenen Weise. Liegt keine Spannung mehr am Eingang, dann wird auch stets der niedrigste Meßbereich aufgesucht.

Sollen nur Messungen innerhalb eines bestimmten Meßbereichs ausgeführt werden, so besteht die Möglichkeit, den Servomechanismus mit Hilfe des Schalters SK 3 abzuschalten. Dann wird u. a. über den Schalter SK 3a der Anodenstrom der beiden Thyatrons unterbrochen.

3 Die Polungs-Automatik

Die *Polaritätsschaltung* ist bei der Messung von Gleichspannungen wirksam. Bei einer Polaritätsänderung der Eingangsspannung werden die Instrumente ME 1 und ME 2 mit Hilfe der Multivibratoren mit den Röhrensystemen R_ö 6/R_ö 6' und R_ö 7/R_ö 7' umgepolt. Der erste Multivibrator ist astabil, der andere bistabil. Das Gitter der Triode R_ö 6 liegt über die Fotodiode D 5 an einer negativen Spannung von 100 V, so daß die Röhre gesperrt ist, wenn die Fotodiode infolge Lichteinfalls leitet. Schlagen die Instrumentenzeiger vom Skalennullpunkt aus nach links aus, so wird zwangsläufig der Lichtstrahl unterbrochen und die Fotodiode gesperrt.

Darauf beginnt der astabile Multivibrator zu schwingen. Die an der Anode der Röhre R_ö 6 entstehenden Impulse werden dem bistabilen Multivibrator zugeleitet. Das in Bild 3 wiedergegebene Schaltschema geht von folgender Grundstellung aus: Die Röhre R_ö 7' ist leitend, R_ö 7 gesperrt. Das Relais Rel B ist nicht erregt, und die

Instrumente sind für die Messung negativer Spannungen geschaltet. Der bistabile Multivibrator kann nur dann umgeschaltet werden, wenn ein negativer Impuls dem Steuergitter der jeweils leitenden Röhre zugeführt wird. Im angenommenen Fall muß mithin die Röhre R_ö 7 durch die negative Flanke der Impulsspannung gesperrt werden. Sodann wird die Röhre leitend und folglich das Relais Rel B erregt, das die Umschaltung vornimmt. Diese Schaltung ist bei Wechselspannungs- und Widerstandsmessungen außer Betrieb.

4 Eichung und Speisung

Die Eichspannung wird von der stabilisierten Speisepannung von 170 V abgeleitet. Sie ist ihrerseits mit dem Widerstand R 41 einstellbar und steht an der Buchse Bu 1 zur Verfügung. Schaltet man diese Spannung auf den Meßeingang, so kann die Empfindlichkeit des Röhrenvoltmeters mit Hilfe des Potentiometers R 1 abgeglichen werden.

Im *Netzteil* werden die von den übrigen Schaltungsteilen benötigten, z. T. stabilisierten Spannungen in gewohnter Weise erzeugt.

5 Meßköpfe

Das Gerät ist mit je einem *Meßkopf* für Gleich- bzw. Wechselspannungsmessungen ausgestattet. Hiermit sind Gleichspannungsmessungen bis zu 500 V und Wechselspannungsmessungen bis zu 300 V möglich. Bei Gleichspannungsmessungen ist eine Bereichserweiterung bis zu 30 kV durch einen zusätzlich lieferbaren *Hochspannungsmesskopf* GM 6070 gegeben. Für Wechselspannungsmessungen oberhalb 30 MHz ist ein *koaxiales T-Stück* Typ PM 9250 für den Bereich von 0,1 bis 1000 MHz zusätzlich lieferbar.

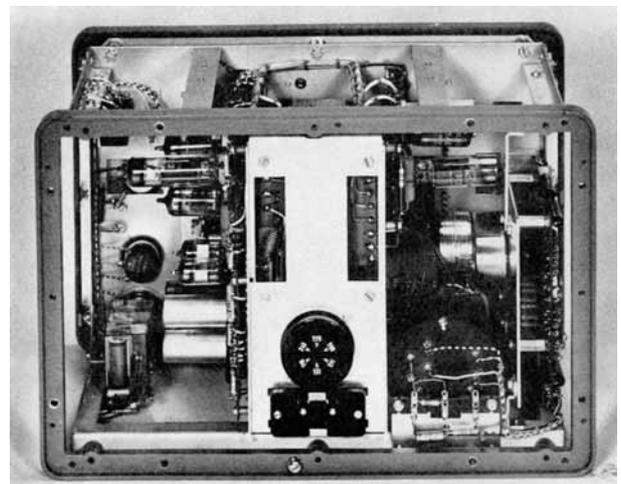


Bild 4. Blick in das Innere des automatischen Röhrenvoltmeters. Im rechten Teil des Bildes befinden sich das Schalinstrument und der Servomotor für die automatische Meßbereichwahl

Der klare und robuste Aufbau, wie ihn *Bild 4* zeigt, gibt diesem fortschrittlichen Instrument die für professionellen Dauereinsatz notwendige Betriebssicherheit.

Literatur

- [1] SCHULTZ, W.: Elektrische Spannungsmessung; Funk-Technik, Bd. 19 (1964), H. 11, S. 408...411.
- [2] BEERENS, A. C. J.: Meßgeräte und Meßmethoden in der Elektronik; Philips technische Bibliothek (in Vorbereitung).