

# *Automatische* Netzspannungskonstanthalter

von Dr. rer. nat. HANS GOLDSTEIN. (Mitteilung aus dem Laboratorium der Firma Rohde & Schwarz, München, in Zusammenarbeit mit der Firma Elektrotechnische Versuchswerkstätte G. m. b. H., München, Zweigwerk Schafflach.)

Während in Zeiten ausreichender Energieversorgung die durch Belastungsänderungen hervorgerufenen Netzspannungsschwankungen fast immer in den Kraftwerken oder den grösseren Umspannwerken ausgeregelt werden konnten, ist dies heute nicht mehr der Fall. Die Folgen hiervon sind, wenn nicht gar einzelne Verbrauchergruppen ganz abgeschaltet werden, Spannungs- und sogar Frequenzabsenkungen von oft beträchtlichem Ausmass. Schon für den privaten Abnehmer macht sich ein Nachlassen der Spannung durch schlechtes Licht oder mangelnde Leistung von Kochgeräten sehr unangenehm bemerkbar; vielen Verbrauchern wird dadurch aber die Arbeit stark beeinträchtigt oder ganz unmöglich gemacht. Hierzu gehören vor allem die Fernmeldeeinrichtungen der Post. Zwar machen sich in batteriegespeisten Anlagen die Spannungsschwankungen nicht direkt bemerkbar, doch ist es bei zu starker Unterspannung oft nicht mehr möglich, die Batterien in geladenem Zustand zu halten, was auf die Dauer zu schweren Schäden führen kann. Bei direkt netzgespeisten Anlagen wirken sich hingegen Unter- und Überspannungen in gleicher Weise schädlich aus. In den Röntgenabteilungen der Krankenhäuser können starke Netzspannungsschwankungen verhängnisvolle Folgen haben, da Intensität und Härte der Röntgenstrahlen in beträchtlichem Masse von der zu ihrer Erzeugung verwendeten Hochspannung abhängen. In Laboratorien stören bei Präzisionsmessungen meistens sogar die unter günstigsten Verhältnissen immer noch auftretenden Spannungsschwankungen von wenigen Prozenten, und empfindliche Geräte wie z. B. Prüfsender, Messverstärker, Röhrenvoltmeter, Hochspannungsgeräte für Zählrohre zum Nachweis von radioaktiven Strahlungen, werden von vornherein mit einer Stabilisierungseinrichtung ausgestattet, wenn sie vom Netz gespeist werden.

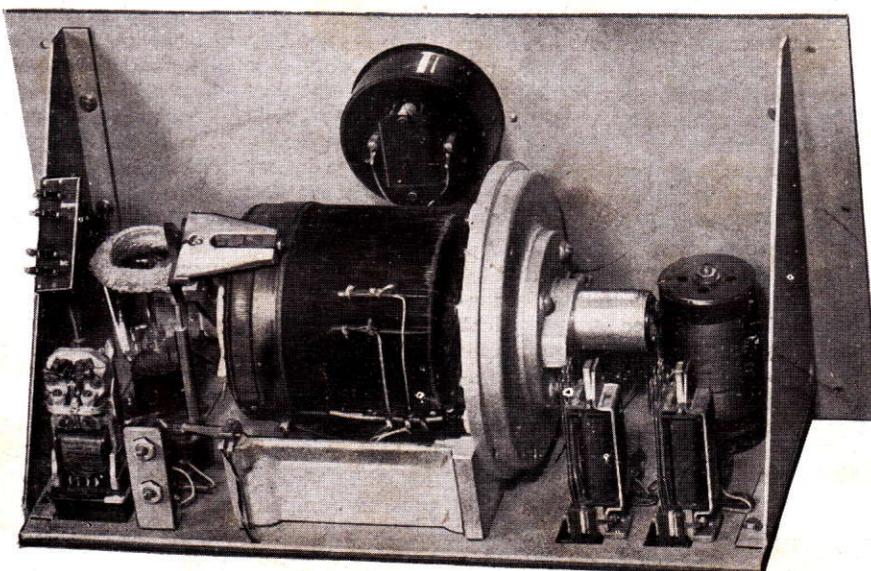
Damit kommen wir zu der Frage, welche Möglichkeiten für den Verbraucher bestehen, sich gegen Netzspannungsschwankungen zu schützen. Schon lange bekannt und in der Rundfunktechnik viel verwendet ist hier der Eisenwasserstoffwiderstand, der in Reihe mit dem Verbraucher, z. B. den Heizfäden von Verstärkerröhren, den Strom konstant hält und der Glühlampenstabilisator, der die von einem Netzgleichrichter abgegebene Gleichspannung ausregelt. Beide Verfahren sind wegen des schlechten Wirkungsgrades und der dadurch entstehenden Verlustwärme nur für kleine Leistungen zu verwenden, das erstere ausserdem nur bei gleichbleibender Belastung. Dasselbe gilt für den Kohledruckregler, bei dem der Widerstand einer aus



Aussenansicht des Netzspannungskonstanthalters für 1 kVA-Durchgangsleistung.

Kohleplatten bestehende Säule, die dem Verbraucher vorgeschaltet ist, durch Druck verändert werden kann, wenn er nicht, wie dies bei Regelung grosser Leistungen immer der Fall ist, den Erregerstrom eines Generators und damit die Höhe der von diesem abgegebenen Spannung steuert. Bis zu Leistungen von einigen Kilowatt werden magnetische Konstanthalter verwendet, die im Prinzip aus einer schwach gesättigten Längsdrossel und einer übersättigten Querdrossel bestehen. Ein grosser Vorteil dieser Geräte ist, dass sie keine bewegten Teile besitzen, ferner ihr guter Wirkungsgrad (z. B. 80 % bei Vollast). Nachteile sind die starke Frequenzabhängigkeit der abgegebenen Spannung, die für manche Zwecke sehr störende Verzerrung der Kurvenform, schliesslich der besonders bei Typen grösserer Leistung beträchtliche Materialaufwand.

Für die Spannungsregelung bei grossen und grössten Leistungen kommen, wenn man von der bereits erwähnten Möglichkeit absieht, den Feldstrom eines Generators zu verändern, nur Transformatoren in Frage. Die hierfür bestimmten Transformatoren der Elektrizitätswerke haben zur Änderung des Übersetzungsverhältnisses mehrere Anzapfungen; um bei Last ohne Unterbrechung schalten zu können, sind besondere Schalteinrichtungen erforderlich. Zur stufenlosen Regelung benutzt wird der Drehtransformator, der im Prinzip aus einem nicht laufenden Drehstrommotor besteht. Die im Läufer induzierte Spannung wird der Netzspannung zugesetzt und ergibt, je nach der durch Drehen des Läufers einstellbaren Phasenlage, eine verschiedene grosse Ausgangsspannung. In vielen Ausführungen verwendet ist auch die Methode, auf der blanken Wicklung eines Transformators durch Verschieben eines Kohlestromabnehmers verschieden grosse Spannungen abzugreifen. Im folgenden soll ein von G. H. Giesenhausen entwickelter automatischer Netzspannungskonstanthalter beschrieben werden, bei dem die Spannungsänderung nach diesem Prinzip vorgenommen wird.



Netzspannungskonstanthalter, Innenansicht.

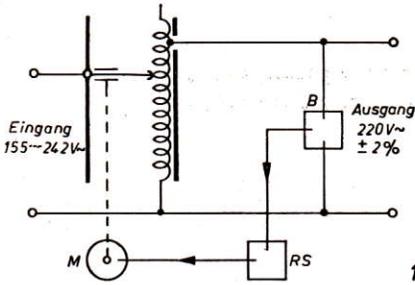


Abb. 1. Prinzipschaltung des Konstanthalters.

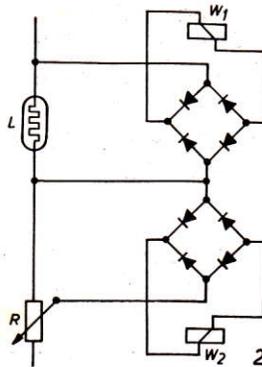


Abb. 2. Schaltung der Spannungsmessbrücke.

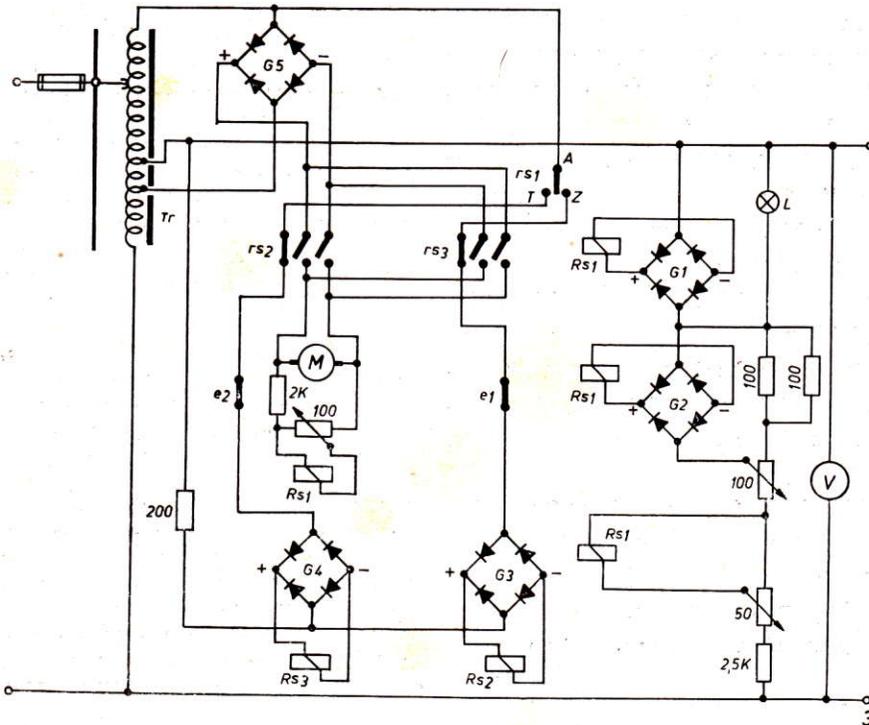


Abb. 3. Stromaufplan zum Spannungsgleichhalter 155...242/220 V  $\pm 2\%$ , 1 kVA.

Aus Abb. 1 ist die Wirkungsweise des Gerätes ersichtlich. Die Spannungsänderung wird durch einen Regeltransformator in Sparschaltung vorgenommen. Die Eingangsspannung liegt zwischen dem Anfang der Wicklung und dem Schleifkontakt, die Ausgangsspannung zwischen Wicklungsanfang und einer Anzapfung in der Nähe des Endes. Letztere wird über eine Brückenordnung B gemessen; bei Abweichungen vom Sollwert wird über eine Relais-Schaltung RS der Motor M betätigt, der den Schleifkontakt solange verschiebt, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist. (Bei den handelsüblichen Regeltransformatoren zur Herstellung einer von Null bis zum Endwert veränderlichen Spannung liegt die Eingangsspannung zwischen Wicklungsanfang und Anzapfung, die Ausgangsspannung zwischen Wicklungsanfang und Schleifkontakt. Die beschriebene Anordnung ist die Umgekehrte, da ja die Ausgangsspannung immer denselben Wert hat und so, bei gleichbleibender Spannung, der Transformator magnetisch immer voll ausgenutzt ist.)

Bei dem in den Aufnahmen gezeigten Gerät besteht der Regeltransformator aus einem Ringkern aus hochwertigem Eisen, auf dem in zwei Lagen die Wicklung angebracht ist. Bei dieser ist aussen längs eines schmalen Streifens auf einer Länge von etwa zwei Drittel des Umfanges die Isolation entfernt; auf dieser Bahn bewegt sich die Schleifkohle des Stromabnehmers, dessen Achse mit der geometrischen Achse des Ringkernes zusammenfällt. Der Antrieb erfolgt über ein Untersetzungsgetriebe durch einen Kleinstmotor von etwa 5 W.

Die Brückenordnung (Abb. 2) besteht aus der Reihenschaltung eines Ohmschen Widerstandes R und einer Wolfram-Argon-Lampe L; letztere hat eine ähnliche Stromspannungscharakteristik wie ein Eisenwasserstoffwiderstand, d. h. im Arbeitsbereich entspricht einer grossen Spannungsänderung nur eine kleine Stromänderung bzw. umgekehrt. Die an L und R auftretenden Teilspannungen werden abgegriffen und über Trockengleichrichter in Graetzschaltung zwei Wicklungen  $W_1$  und  $W_2$  eines polarisierten Relais zugeführt.

Die Schaltung ist dabei so getroffen, dass bei Sollspannung sich die Wirkungen der in beiden Windungen fließenden Ströme gerade aufheben.

Bei zunehmender Spannung steigt die Teilspannung an L stärker als an R, die Wirkung von  $W_1$  überwiegt, und über ein weiteres Relais wird der Motor in Betrieb gesetzt, um den Stromabnehmer nach dem Ende der Wicklung hin zu verschieben. Bei absinkender Spannung verläuft der Regelvorgang entsprechend umgekehrt. Durch Verschieben des Abgriffes an R kann die Höhe der Sollspannung eingestellt werden. Um ein durch die Massenträgheit verursachtes Überregeln und damit ein Pendeln der Anlage zu verhindern, ist eine Rückführung angebracht. Bei dem Konstanthalter für 1 kVA, dessen Gesamtschaltbild Abb. 3 zeigt, arbeitet diese folgendermassen:

Parallel zu dem Anker des Motors, der ein permanentes Feld besitzt, liegt über einen Widerstand von 2 k $\Omega$  und einen Spannungsteiler von 100  $\Omega$  eine getrennte Wicklung des Relais 1, das in der oben geschilderten Weise von der Spannungsmessbrücke gesteuert wird. Erhält der Motor über die Kontakte von Relais 2 oder 3 Spannung, dann wird auf diesem Wege auch das Relais zusätzlich magnetisiert, und zwar in dem Sinne, dass ihm schon vor Erreichen des Sollwertes der Gleichgewichtszustand vorgetäuscht wird. Der Motor wird dann abgeschaltet und legt das letzte Stück seines Weges mit Schwung zurück.

Das geschilderte Verfahren arbeitet grundsätzlich unabhängig von der Frequenz und bringt auch keine Verzerrung der Kurvenform mit sich; ebenso wird der Wert der Ausgangsspannung unabhängig von der Belastung eingestellt. Die Regelung erfolgt mit einer Genauigkeit von  $\pm 2\%$ , die für sehr viele technische Anwendungen völlig ausreicht. Die Regelgeschwindigkeit beträgt etwa 10 %/s Sekunde. Da an Verlasten nur der Eigenverbrauch der Steuerschaltung (ca. 20 W) und die durch die Sparschaltung besonders geringen Transformatorverluste auftreten, liegt der Wirkungsgrad je nach Typ zwischen 90 und 95 %.

Die beiden Fotos zeigen die technische Ausführung des kleinsten Typs für 1 kVA, und zwar einmal die Ansicht von hinten bei geöffneter Abdeckhaube und abgezogenen Relaiskappen, sowie von vorne in betriebsfertigem Zustand. Man erkennt links unten das Kabel für den Anschluss an das Netz, rechts die Steckdose für den Verbraucher und in der Mitte das Instrument, das die Ausgangsspannung anzeigt. Mit der unter dem Instrument befindlichen Schlitzschraube wird die Sollspannung eingestellt. Die Abmessungen betragen 470  $\times$  270  $\times$  270 mm, das Gewicht 15 kg.

Zur Zeit werden Aggregate bis zu 120 kVA Durchgangsleistung hergestellt, und zwar für Leistungen von 6 kVA an auch in dreiphasiger Ausführung.