

erforderlich sind. Die Wattmeteraufstellung muß so gewählt werden, daß eine Einwirkung durch fremde magnetische Felder auf das Instrument ausgeschlossen ist. Die einzelnen erforderlichen Anschlüsse zwischen Wattmeter, Widerständen und Hauptleitungen ergibt beifolgendes Schema (Fig. 90). Zwischen Wattmeter und demjenigen Hauptstromleiter, in welchem die Starkstromspule sich nicht befindet, muß ein Vorschaltwiderstand eingeschaltet werden; auf diese Weise wird eine zu hohe Spannungsdifferenz zwischen Starkstrom- und Spannungsspule vermieden und kann das Instrument nie zu Schaden kommen. Ein Pol des Nebenschlusses kann vor oder hinter der Hauptstromspule angelegt werden; im ersteren Falle zeigt das Wattmeter den Wattverbrauch der Hauptstromspule, im letzteren Falle den Wattverbrauch des Nebenschlußstromkreises mit an (s. auch S. 251 bis 253).

Die Hauptstromanschlußkabel sind auf eine Länge von etwa 2 m dicht nebeneinander in gerader Horizontalen zu führen, um Beeinflussungen auf die Angaben des Wattmeters zu vermeiden. Bei Hochspannungsmessungen müssen das Wattmeter und die zugehörigen Widerstände gut gegen Erde isoliert werden. Die Nullage des Zeigers muß vor jeder Messung kontrolliert und ev. mittels der Indexkorrektion eingestellt werden. Die mit „Indexkorrektion“ bezeichnete Schraube muß zu diesem Behufe in entsprechender Richtung gedreht werden bis der Zeiger wieder in der Nullage ist, hierbei ist der Apparat von allen Polen des zu messenden Stromkreises durch mehrpolige Ausschalter zu lösen. Die Umschaltung von einer Stromempfindlichkeit auf die andere darf nur im stromlosen Zustande geschehen. Für genaue Gleichstrommessungen sind zwei Beobachtungen hintereinander auszuführen; bei der zweiten Messung muß die Stromrichtung im Instrument entgegengesetzt derjenigen der ersten Beobachtung sein. Der Mittelwert gibt das richtige Resultat. Die umschaltbaren Stromwandler und die transportablen Spannungswandler — wie solche von Hartmann u. Braun und anderen Firmen hergestellt werden — sind bei Prüfungen in Wechsel- und Drehstromzentralen oft sehr wertvoll. Diese Typen sind transportable Präzisionsapparate in solider Ausstattung und den äußeren Einwirkungen durch Einbettung in sehr gut isolierende Masse enthoben. Das Übersetzungsverhältnis ist für einen maximalen Sekundärstrom von 5 Amp. abgeglichen und bis zu $\frac{1}{10}$ des Meßbereiches herab auf $\frac{1}{2}$ Proz. richtig, sobald die Klemmenspannung sämtlicher angeschlossenen Apparate inkl. Verbindungsleitungen bei 50 Perioden die den Typen entsprechenden Klemmenspannungen nicht überschreiten. Bei den Spannungswandlern wird das Übersetzungsverhältnis bei etwa 10 Voltamp. Leistungsentnahme auf im Minimum $\frac{1}{2}$ Proz. abgeglichen.

3. Effektenmessung bei Mehrphasenströmen.

Auf die Effektenmessung bei Mehrphasenströmen will ich im Anschluß an das auf S. 251 u. ff. Gesagte hier näher eingehen.

Es bezeichne in Fig. 91 (Sternschaltung) e_1, e_2, e_3 die Momentanwerte der Sternspannungen, i_1, i_2, i_3 diejenigen der Ströme in den Außenleitern a, b, c , so ist der momentane Wert der Leistung:

$$(17) \dots \dots \dots w = e_1 \cdot i_1 + e_2 \cdot i_2 + e_3 \cdot i_3.$$

Da

$$(18) \dots \dots \dots i_1 + i_2 + i_3 = 0,$$

so kann man, ohne etwas zu ändern, zur Gleichung für w den Wert

$$-e_1(i_1 + i_2 + i_3) = 0$$

addieren. Dieselbe nimmt dann die Gestalt an:

$$w = e_2 \cdot i_2 + e_3 \cdot i_3 - e_1 \cdot i_2 - e_1 \cdot i_3$$

oder:

$$w = i_3(e_3 - e_1) - i_2(e_1 - e_2).$$

Sind nun e_a, e_b und e_c die Momentanwerte der den Leitern a, b und c gegenüberliegenden Dreiecksspannungen, so ist

$$(19) \dots \dots e_a = e_2 - e_3; \quad e_b = e_3 - e_1; \quad e_c = e_1 - e_2.$$

Durch Einsetzung der Werte e_b und e_c geht die Gleichung für w über in

$$(20) \dots \dots \dots w = e_b \cdot i_3 - e_c \cdot i_2.$$

Die totale Drehstromleistung wird somit:

$$(21) \dots \dots \dots W = \frac{1}{T} \int_0^T i_3 \cdot e_b \cdot dt - \frac{1}{T} \int_0^T i_2 \cdot e_c \cdot dt,$$

worin T die Zeitdauer einer Periode bedeutet, oder

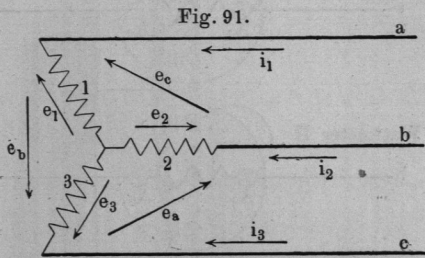
$$(22) \dots \dots W = W_1 - W_2 = J_3 \cdot E_b \cdot \cos \psi_3 - J_2 \cdot E_c \cdot \cos \psi_2;$$

hierin bedeuten die J die Effektivwerte der Außenleiterströme und die E die Effektivwerte der Spannungen zwischen denselben, ψ_3 und ψ_2 die Phasenwinkel zwischen J_3 und E_b bzw. J_2 und E_c .

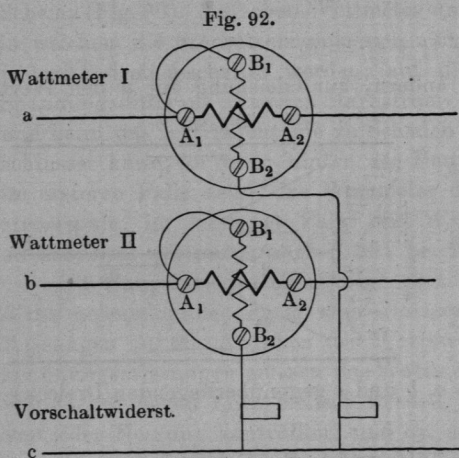
Dieselbe Schlußgleichung läßt sich durch eine analoge Rechnung für Drehstrom in Dreiecksschaltung ableiten und gelten mithin die untenstehenden Folgerungen für Drehstrom — mit drei Leitern — allgemein.

Es läßt sich nach obigem Resultate die Leistung einer Drehstromanlage mit nur drei Leitern immer durch zwei Effekte W_1 und W_2 ausdrücken. Dieselben sind einzeln mit dem Wattmeter zu bestimmen, indem man in zwei Hauptleiter je ein Wattmeter mit der Stromspule schaltet, die Nebenschlußspulen dagegen je zwischen den vom Hauptströme durchflossenen und den dritten Hauptleiter legt (Fig. 92).

Ob die Summe oder Differenz der beiden Einzeleffekte den totalen Effekt ergibt, hängt von Belastungsverhältnissen ab. Sind die beiden



Wattmeter analog geschaltet — die analoge Schaltung trifft auch zu, wenn nur ein Wattmeter benutzt wird und die beiden Messungen durch Umschalten der Stromspule von einem Leiter auf den anderen mittels des hierzu gebräuchlichen Umschalteapparates ausgeführt werden —,



Instrument negative Ausschläge ergibt (im Vergleich zum ersten), und man muß dann, um positive Ausschläge zu erhalten, die Spannungsspule umgekehrt anschließen; in diesem Falle ist die Differenz aus den Teileffekten W_1 und W_2 zu bilden¹⁾. Die oben erwähnte analoge Schaltung der beiden Wattmeter wird durch Fig. 92 veranschaulicht: Die Wattmeter I und II seien gleichgebaute Instrumente; A_1 und A_2 sind die Klemmen der Stromspule, B_1 und B_2 diejenigen der Spannungsspule; a , b und c stellen die drei Außenleiter dar.

4. Ermittlung von Isolationsfehlerstellen und indirekte Wechselstrommessung.

Ein empfehlenswerter Apparat zum Aufsuchen von Isolationsfehlerstellen und zu Prüfungen der Netzsicherungen nach erfolgtem Kurzschluß in Wechselstromleitungen ist der von A.-G. Hartmann u. Braun nach System Dietze²⁾ gebaute „Anleger“.

Der „Anleger“ besteht aus einem lamellierten, aufgeschnittenen Eisenkern, welcher mit Scharnieren und zwei Handhaben ausgerüstet

¹⁾ Hierüber, sowie über andere Methoden der Effektmessung siehe auch Uppenborn, Kalender für Elektrotechniker; Voit und Heinke; Rühlmann, Wechselstromtechnik; Görner, Elektrot. Zeitschr. 1902, S. 364; Möllinger, Elektrot. Zeitschr. 1900, S. 573; Friese, Elektrot. Zeitschr. 1898, S. 209 u. 227.

²⁾ Siehe Gebrauchsanweisung von Hartmann u. Braun und Elektrot. Zeitschr. 1911, Heft 2, S. 35 ff.

so sind im allgemeinen die in den Spannungsspulen fließenden Ströme mit Rücksicht auf die den Formeln zugrunde gelegte Positivrichtung der Spannungen ungleichsinnig; das zweite Glied W_2 hat infolgedessen gegenüber dem ersten Gliede einen negativen Wert, und die Summe der Einzelmessungen gibt den Gesamteffekt W an. Bei großen Phasenverschiebungen und Belastungsverschiedenheit der einzelnen Zweige kann der Fall eintreten, daß das zweite