bisher so sicher und einwandfrei mit dem Wattmeter, dem Voltmeter und dem Amperemeter zu messen gewöhnt waren. Wir lernten hier unterscheiden zwischen wirklichen und scheinbaren Wattleistungen (Wirk- und Scheinleistungen). Wir lernten die Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom, hervorgerufen durch induktive oder kapazitive Belastung des Netzes, den Phasenverschiebungswinkel ($\sphericalangle\varphi$) und den durch diesen bestimmten „cos φ" als Leistungsfaktor kennen.

In dem umstehenden Schema (Abb. 1) bedeuten:

G = Generator für Gleichstrom oder Wechselstrom,
W = Wattmeter (Leistungsmesser),
V = Voltmeter (Spannungsmesser),
A = Amperemeter (Strommesser),
L = Glühlampen (oder Heiz- bzw. Kochapparate),
B = Bogenlampen,
M = Elektromotor,
VD = Vorschalt-Widerstand od. Vorschalt-Drossel.

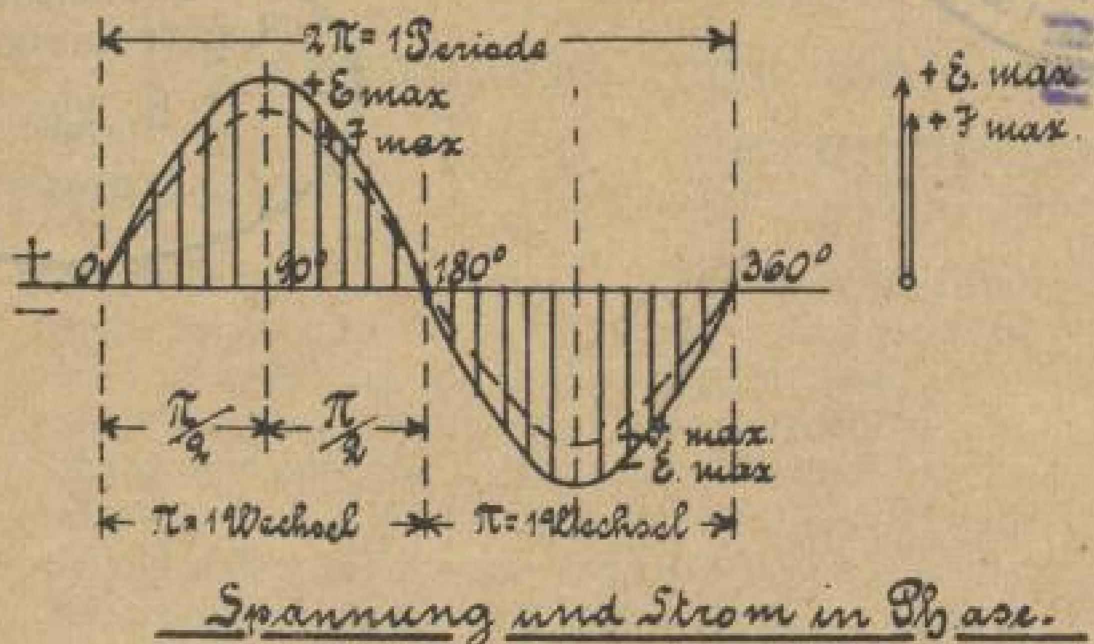

Abb. 2

In den Gleichstrom-Anlagen deckte sich N, die Angabe des Wattmeters „W" (Abb. 1) bei beliebiger Belastung des Leitungsnetzes durch Motoren, Bogenlampen, Glühlampen, Heiz- und Kochapparaten usw. mit dem Produkte aus der Spannung E, der Angabe des Voltmeters „V" und der Stromstärke J, der Angabe des Amperemeters „A". Es war immer:

$N = E \cdot J$, d. i. Leistung = Spannung $\times$ Stromstärke.

In den Wechselstrom-Anlagen decken sich diese von den Instrumenten abgelesenen Werte nach vorstehender Formel nur bei reiner Glühlampen-Belastung des Leitungsnetzes und bei Belastung mit induktionsfreien Heiz- und Kochapparaten u. dergl. Sobald Stromverbrauchsapparate mit gewickelten Spulen über Eisenkernen, die eine Magnetisierungsarbeit erfordern, an das Leitungsnetz angeschlossen werden, wie Elektromotoren, Bogenlampen, Drosselspulen, Transformatoren u. dergl., dann deckt sich die Angabe des Wattmeters „W" (Abb. 1) nicht mehr mit dem Produkte aus den Volt- und Amperemeter-Ablesungen. Dasselbe zeigt sich bei der Belastung des Leitungsnetzes mit Kapazitäten, wie Kondensatoren etc. Das Produkt aus den Volt- und Amperemeter-Ablesungen ist jetzt größer als der vom Wattmeter abgelesene Wert. Das Wattmeter zeigt hier jetzt die Wirkleistung an, während das Produkt aus den Volt- und Amperemeter-Ablesungen die Scheinleistung darstellt. Der Quotient aus beiden, d. h. das Verhältnis der Wirkleistung zur Scheinleistung ergibt den Leistungsfaktor „cosφ". Es ist also

$$\frac{N}{E \cdot J} = \cos\varphi$$

und $N = E \cdot J \cdot \cos\varphi$.

Diese gegen den Gleichstrom abweichende Erscheinung hat beim Wechselstrom und Drehstrom seine Ursache in der Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom um einen bestimmten Umlaufswinkel ($\sphericalangle\varphi$).

In den Abbildungen 2—4 sind diese Beziehungen graphisch dargestellt. In den Vektordiagrammen, rechts von den Kurven, bedeutet:

E = Spannung,
Jw = Wirkstrom,
Jb = Blindstrom,
Js = Scheinstrom,
$\sphericalangle\varphi$ = Phasenverschiebungswinkel.

Hieraus ergibt sich beim Einphasen-Wechselstrom:

Die Wirkleistung: $N_w = E \cdot J \cdot \cos\varphi$
Die Blindleistung: $N_b = E \cdot J \cdot \sin\varphi$
Die Scheinleistung: $N_s = E \cdot J$.

Bei reiner Glühlicht-Belastung ist aber auch in Wechselstromnetzen $N = E \cdot J$, genau wie beim Gleichstrom, oder mit anderen Worten: In solchem Falle ist dann der Leistungsfaktor $\cos\varphi = 1$, was sich auch aus der Instrumenten-Ablesung ergibt.

Wie durch Induktion, bei Belastung des Wechselstromnetzes durch Motoren, Transformatoren, Bogenlampen etc., eine induktive oder verzögerte Verschiebung der Stromphase gegen die Spannungsphase erzeugt wird (Abb. 3), so wird durch Kapazität, d. i. bei Belastung des Netzes mit Kondensatoren, langen Kabeln und sehr langen Hochspannungs-Freileitungen u. dergl. eine kapazitive oder voreilende Verschiebung der Stromphase gegen die Spannungsphase erzeugt (Abb. 4). Beim Drehstrom (dreiphasigen Wechselstrom) verhält es sich mit dem Leistungsfaktor genau so, wie beim Einphasen-Wechselstrom, nur daß hier durch die Verkettung der drei um 120° gegeneinander versetzten Spannungs- oder Stromphasen (Abb. 5) noch der Faktor $\sqrt{3}$ in die Formel eintritt. Beim Drehstrom ist somit:

Die Wirkleistung: $N_w = \sqrt{3} \cdot E \cdot J \cdot \cos\varphi$
Die Blindleistung: $N_b = \sqrt{3} \cdot E \cdot J \cdot \sin\varphi$
Die Scheinleistung $N_s = \sqrt{3} \cdot E \cdot J$.

Die Abbildung 5 veranschaulicht den Verlauf der drei Spannungs- oder Stromphasen des Drehstromes. Aus dem rechts daneben gezeichneten Vektordiagramm ist der Faktor $\sqrt{3}$ ohne weiteres nach der Dreieckslehre mathematisch abzuleiten.

Da nun aber in allen elektrischen Anlagen, so auch in den Wechsel- und Drehstrom-Anlagen nach der scheinbaren Leistung, insbesondere nach der mittels des Amperemeters de facto gemessenen Stromstärke, infolge der von dieser verursachten Wärmeentwicklung (Joulesche Wärme!) Maschinen und Leitungsnetz, ebenso wie die Schalt- und Regulierapparate, kurzum die ganze Stromerzeugungs- und Fortleitungsanlage dimensioniert werden muß, so ist leicht einzusehen, daß der cos φ unter ungünstigen Belastungs- und Betriebsverhältnissen