Tafel ❶ Übersicht der Messverfahren nach Drehstromnetz und Belastung

Netz	Belastung	Messverfahren: Wirkleistung			Blindleistung		
Vierleiter	symmetrisch	I	–	III	I mit R_V	–	III mit R_V
	unsymmetrisch	–	–		–	–	
Dreileiter	symmetrisch	I mit R_0	II	III mit R_0	I mit R_V	II mit R_0	
	unsymmetrisch	–			–		

Zur Wirkleistungsmessung

Die Spannungspfade werden in Energieflussrichtung gesehen an die Eingangsklemmen der Strompfade angeschlossen. Die Ausgänge der Spannungspfade beider Messgeräte führen zu dem durchgehenden Außenleiter, zum Beispiel im Bild ❽ an L2. Die Messgeräte zeigen die Beträge (P_A und P_B) zweier Wirkleistungen an.

Um die komplexe Berechnung mit den Spannungs- und Stromgrößen zu umgehen, betrachten wir im Folgenden die gesetzmäßigen Zusammenhänge anhand ihrer Augenblickswerte.
Beide Messwerke bilden die Leistungsgrößen als Produkte der entsprechenden Spannungen und Ströme:

$p_A = u_{12} \cdot i_1$ und $p_B = u_{32} \cdot i_3$.

Überträgt man die im Bild ❸ dargestellten Spannungsverhältnisse der Effektivwerte auf die Augenblickswerte, ist

$u_{12} = u_{10} - u_{20}$ und $u_{32} = u_{30} - u_{20}$.

Für die Drehstromleistung als Gesamtgröße gilt

$p_{3\sim} = p_1 + p_2 + p_3$ bzw.
$p_{3\sim} = u_{10} \cdot i_1 + u_{20} \cdot i_2 + u_{30} \cdot i_3$.

Im Dreileiternetz ist wegen des fehlenden Rückleiters

$i_1 + i_2 + i_3 = 0$, damit $i_2 = -i_1 - i_3$,

in die obere Gleichung eingesetzt

$p_{3\sim} = u_{10} \cdot i_1 - u_{20} \cdot i_1 - u_{20} \cdot i_3 + u_{30} \cdot i_3$
$p_{3\sim} = (u_{10} - u_{20}) \cdot i_1 + (u_{30} - u_{20}) \cdot i_3$
$p_{3\sim} = u_{12} \cdot i_1 + u_{32} \cdot i_3$
$p_{3\sim} = p_A + p_B$

Im Ergebnis der Umrechnung – Augenblickswerte in Effektivwerte – wird deutlich, dass die Summe der beiden angezeigten Wirkleistungswerte P_A und P_B die Drehstrom-Wirkleistung des Dreileiternetzes ist:

$P_{3\sim} = P_A + P_B$.

Beide Leistungswerte haben als einzelne Größen keinerlei physikalische Bedeutung. Bei einer Phasenverschiebung über 60° ($\cos\varphi < 0{,}5$) zeigt einer der Leistungsmesser einen negativen Ausschlag. Durch Vertauschen der Anschlüsse des Spannungspfades wird der Ausschlag wieder positiv und ist dann vom Anzeigewert des anderen Messinstrumentes zu subtrahieren.
Als Kriterium für den richtigen Anschluss zur Wirkleistungsmessung gilt bei annähernd symmetrischer Belastung und einem Leistungsfaktor über 0,5 der positive Anzeigewert beider Instrumente.
Messungen in Netzen mit intermittierenden Erdschlüssen sind sehr unsicher, da die Voraussetzung für das Messverfahren – Summe der Leiterströme = 0 – nicht erfüllt ist.
Interessant ist, dass bei symmetrischer Belastung mit den Anzeigewerten P_A und P_B der Leistungsfaktor

- mit Hilfe der Gleichung

$$\cos\varphi = \frac{P_A + P_B}{2 \cdot \sqrt{P_A^2 - P_A \cdot P_B + P_B^2}}$$

berechnet oder

- aus dem Diagramm (Bild ❾) abgelesen werden kann.

Die Vorzeichen der angezeigten Leistungsgrößen sind unbedingt zu beachten.

Zur Blindleistungsmessung

Zwei Leistungsmesser werden mit ihren Strompfaden in zwei Außenleiter geschaltet (Bild ❿). Die Spannungspfade und den durchgehenden Außenleiter schließt man über Nullpunktwiderstände R_0 zu einem künstlichen Nullpunkt zusammen.
Gegenüber der Aronschaltung zur Wirkleistungsmessung wird die Leiterspannung durch die um den Faktor $1/\sqrt{3}$ kleinere und um 90° phasenverschobene Strangspannung ersetzt. Auch hier ist die Gesamtleistung als Drehstrom-Blindleistung die Summe beider Anzeigewerte: $Q_{3\sim} = \sqrt{3} \cdot (Q_A + Q_B)$. Der Faktor $\sqrt{3}$ kann entweder bei der Widerstandsbemessung der Nullpunktwiderstände oder bei den Skalenwerten berücksichtigt werden.

Fazit. Tafel ❶ zeigt, in welchen Drehstromnetzen und bei welcher Belastungsart die entsprechenden Messverfahren eingesetzt werden können. Es bedeuten:

I Ein-Messgeräte-Verfahren
II Zwei-Messgeräte-Verfahren
III Drei-Messgeräte-Verfahren
R_V Vorwiderstand zur Reduzierung der Leiterspannung
R_0 Nullpunktwiderstand zum Bereitstellen der Strangspannung.

H. Spanneberg

Wiso-Test

Die Fragen zur Wirtschafts-, Sozial- und Gemeinschaftskunde wiederholen den Lehrstoff zum Bereich „Kaufvertrag“. Sie stammen aus dem Prüfungsbuch des Directa-Teams „Wirtschafts- und Betriebslehre“ (www.directa-verlag.de).
Die Lösungen finden Sie auf Seite 16.

1

Vorauszahlung

Sie wollen einen Werkstattwagen komplett kaufen. Der Verkäufer will zustimmen, wenn 80 % des Endpreises vorausgezahlt werden. Ist dies zulässig?

A Nein.
B Ja, solche Vereinbarungen sind frei aushandelbar.
C Nach HGB ja, nach BGB nein.
D Nein, es ist eine Bedingung gegen die guten Sitten.

2

Probekauf

Bei einem Kauf auf Probe hat der Käufer das Recht, die erhaltene Ware:

A Nur im Geschäft anzusehen.
B Nach beliebig langer Zeit zurückzugeben.
C Innerhalb einer vereinbarten Frist zurückzugeben.
D Nach 6 Monaten Probe zu verkaufen.

3

Bedingungen

In Zahlungsbedingungen wird festgelegt, ob Barzahlung erfolgt, Rabatt gewährt wird oder:

A Eine spätere Zielzahlung erfolgt.
B Nur Zahlungen erfolgen wenn keine Ware geliefert wird.
C Nur Dienstleistungen abgegolten werden.
D Zeugen den Vertrag bestätigen müssen.