

Technische Entwicklungen in der Elektrotechnik

Teil 3: Dreiphasige Systeme

In dieser Reihe wird der Frage nachgegangen, warum sich die Elektrotechnik gerade so entwickelt hat, wie wir sie heute kennen. In den beiden ersten Teilen wurden die Anfänge der Elektrotechnik mithilfe der Gleichstromtechnik, die Probleme der Elektrostatik sowie der Wahl geeigneter Frequenzen in der Energieübertragung aufgezeigt. Dieser Teil widmet sich schwerpunktmäßig den Eigenschaften dreiphasiger Systeme.

Probleme im gewählten Frequenzbereich

Im zweiten Teil der Beitragsserie wurde 50 bis 60 Hz als wirtschaftlichster Frequenzbereich herausgearbeitet. Nun muss aber noch über eine Kehrseite der Wahl der Frequenz im genannten Bereich berichtet werden. Im gewählten Frequenzbereich besteht etwa das maximale **Gefahrenpotential bei Berührung spannungsführender Teile**. Dieses ist weitaus stärker als z. B. bei Gleichspannung oder bei Spannung höherer Frequenzen. Grund dafür ist die Beeinflussung der Herzrhythmus. Es kommt öfter zu dem gefürchteten Herzkammerflimmern. Bei der Berührung von Gleichspannung treten dagegen insbesondere thermische Wirkungen auf. Es besteht also die besondere Notwendigkeit, Schutzmaßnahmen gegen das Berühren spannungsführender Teile zu treffen und einzuhalten.

Es zeigte sich noch eine andere Erscheinung, die aus den im Stromkreis allgegenwärtigen Induktivitäten resultiert und die als **Blindleistung** bezeichnet wird. Zwar gibt es auch in Gleichstromkreisen Induktivität, jedoch hat diese eher geringe Auswirkung. Insbesondere erschweren sie das Abschalten des Stromes, da die in den Induktivitäten gespeicherte magnetische Energie erst vernichtet werden muss, ehe der Strom verschwinden kann.

Das geschieht in den Schaltgeräten gewöhnlich durch einen Lichtbogen, der diese Energie in Wärme umwandelt, aber auch zum Materialabtrag an den Schaltstücken führt. Deshalb sind für das Abschalten von Gleichströmen, insbesondere auch im Kurzschlussfall, nur dafür geeignete Schaltgeräte zu verwenden. Da die Problematik im Wechselstromkreis komplizierter ist, widmen wir dem Problem Blindleistung ein besonderes Kapitel, um die physikalischen Hintergründe zu verstehen.

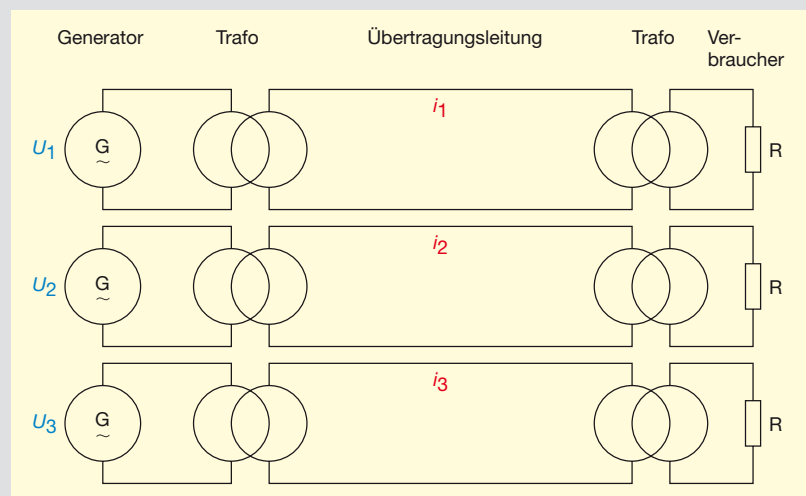


Dreiphasige Systeme

Die großen Kosten bei der Übertragung von Elektroenergie waren immer Veranlassung, nach Einsparungen bei den Übertragungsleitungen und von Verlusten zu suchen. Eine geniale Möglichkeit bot die Einführung der dreiphasigen Übertragung der Energie. Die erlangten Vorteile sollen besprochen werden.

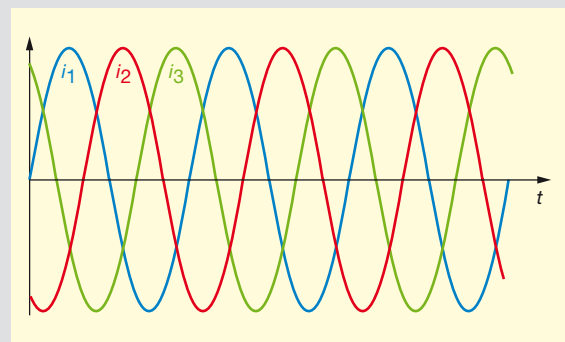
Wesen des Dreiphasensystems

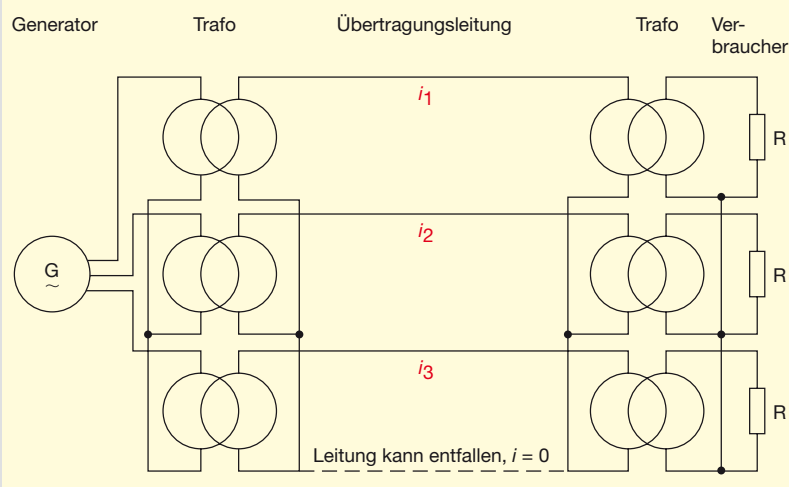
Würde Elektroenergie durch drei identische Wechselstromkreise übertragen, wobei jeder einen Verbraucher von gleicher Größe versorgt (Bild 1), ist damit kein Vorteil verbunden. Es wird dreimal eine bestimmte Leistung übertragen, es entsteht aber auch der dreifache Aufwand an Leitungen und Transformatoren. Wenn die Verbraucher R gleich groß sind und die drei Spannungen U_1 , U_2 und U_3 den gleichen Effektivwert haben, werden sich auch drei Ströme I_1 , I_2 , I_3 mit dem gleichen Effektivwert einstellen. Bei den Übertragungslei-



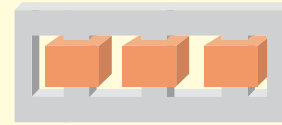
1 Drei Einphasensysteme

2 Dreiphasiger Strom

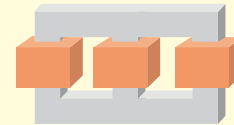




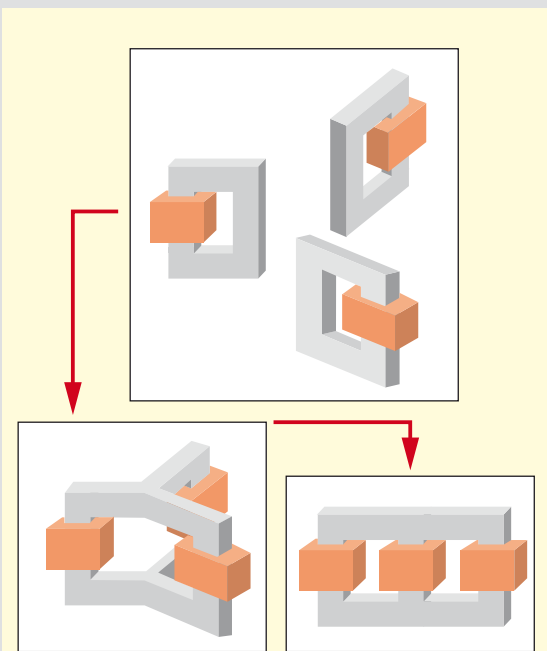
Drehstromtransformator in Mantelbauart



Drehstromtransformator in Kernbauart



⑤ Dreiphasen-Transformator, Bauarten



▲ ③ Dreiphasensystem

◀ ④ Dreiphasen-Transformator

tungen wurden jedoch Ströme i_1 , i_2 und i_3 angetragen. Damit sind die zeitabhängigen Augenblickswerte gemeint. Diese müssen zwar die gleiche Amplitude haben, aber die muss nicht zur gleichen Zeit auftreten. Die drei Ströme können untereinander phasenverschoben sein, wenn die drei Generatoren entsprechend phasenverschobene Spannungen erzeugen.

Eine solche Phasenverschiebung macht dann Sinn, wenn die Verschiebungswinkel von einem zum nächsten Strom immer gleich sind, d. h. jeder Strom (und jede Spannung) ist gegenüber einem anderen um eine dritte Periode verschoben (Bild ②). Dann ist die Summe der drei Ströme zu jedem Zeitpunkt gleich Null.

Wenn aber die Stromsumme gleich Null ist, dann heben sich die Ströme gegenseitig auf, wenn sie zusammengeführt

werden. Eine solche Zusammenführung läge vor, wenn die Rückleitungen des Systems nach Bild ① zu einer gemeinsamen Leitung vereinigt würden (Bild ③). Damit wird der wesentliche Vorteil des Dreiphasensystems klar. Da in der gemeinsamen Rückleitung kein Strom fließt, kann diese entfallen. Es wird also gegenüber einem einphasigen System die Hälfte des Leitungsmaterials eingespart. Für die Übertragung über weite Strecken sind nur noch die Hinleitungen, die Außenleiter, erforderlich.

Auf der Verbraucherseite, der Niederspannungsseite, sind allerdings noch Rückleitungen eingezeichnet. Dort sind sie allgemein auch notwendig, da nicht sicher gestellt werden kann, dass die Belastung in den drei Phasen tatsächlich gleich ist. Ist dies nicht der Fall, wird

in der gemeinsamen Rückleitung, dem Neutralleiter, ein Strom fließen, da sich die Ströme nun nicht mehr zu Null addieren. Unter Umständen kann aber der Leiterquerschnitt im Neutralleiter kleiner als in den Außenleitern gewählt werden, da der Strom fast immer kleiner ist als die Ströme in den Außenleitern.

■ Einsparungen beim Transformator

Die dreiphasige Energieübertragung führt auch bei den Transformatoren zu Einsparungen. In Bild ③ wurden noch jeweils drei einphasige Transformatoren eingetragen. Diese können durch einen dreiphasigen Transformator ersetzt werden (Bild ④). Die drei unbewickelten Schenkel im oberen Bildteil werden zu einem Schenkel vereinigt. Wie bei den Strömen addieren sich in diesem gemeinsamen Schenkel aber auch die Flüsse zu Null. Deshalb kann dieser Schenkel entfallen (unten links). Aus fertigungstechnischen Gründen werden die verbleibenden Schenkel nun in einer Ebene angeordnet.

Die sich ergebende Unsymmetrie bezüglich des mittleren Schenkels ist meist unbedeutend, sie kann durch eine kleine Erhöhung des Querschnittes der Äußerer Schenkel ausgeglichen werden. Durch die Wahl der Bauart (Bild ⑤) ergibt sich eine weitere Möglichkeit.

W. Mierke

Fortsetzung



LERNEN
& KÖNNEN

Blindleistung