

Anlassen und Regulieren der Drehzahl erfolgt durch Verschiebung der drei Bürsten auf dem Kollektor. Diese Motoren laufen mit Last an, gehen aber bei Leerlauf durch.

3. Umformer.

Umformer sind Maschinen, die zur Umwandlung einer Stromart in die andere dienen. Man unterscheidet *Motorgeneratoren* und *Einankerumformer*.

a) **Motorgeneratoren.** Unter Motorgeneratoren versteht man zwei direkt miteinander gekuppelte Maschinen, von denen die eine als Motor, die andere als Dynamo läuft. Beide Maschinen stehen meist auf gemeinsamer Grundplatte und sind durch eine starre Kuppelung verbunden. Man ist auf eine derartige Umformung angewiesen, wenn man Gleichstrom irgendeiner Spannung in Gleichstrom anderer Spannung umformen will. Häufig wird auch die Forderung erhoben, daß im Anschluß an Wechsel- oder Drehstromanlagen Gleichstrom erzeugt, oder daß Einphasenstrom in Drehstrom umgewandelt werden soll. In allen diesen Fällen werden Motorgeneratoren verwendet.

Fig. 385 veranschaulicht einen Motorgenerator, wobei die zur Erzeugung von Gleichstrom dienende Dynamo durch einen Drehstrom-Asynchronmotor angetrieben wird.

b) **Einankerumformer.** Der Einankerumformer ist eine Maschine, bei der die Umformung von Ein- und Mehrphasenstrom in Gleichstrom in einem gemeinsamen Anker stattfindet. Verbindet man die unaufgeschnittene Wicklung des Ankers einer normalen Gleichstrommaschine an z. B. drei um 120° versetzten Punkten mit je einem Schleifring, so kann man, beim Betrieb der Maschine als Stromerzeuger, am Kommutator wie gewöhnlich Gleichstrom und gleichzeitig an den Schleifringen Wechselstrom abnehmen. Man

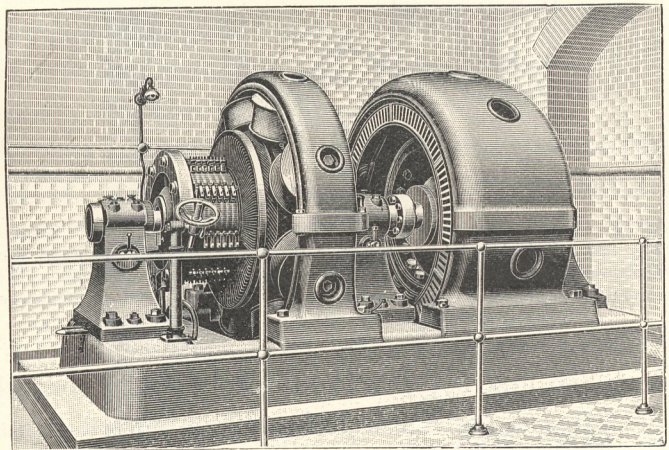


Fig. 385. Motorgenerator.

kann die Maschine aber auch als Motor betreiben, und zwar entweder durch Speisung mit Gleichstrom über den Kommutator als Gleichstrommotor oder durch Speisung mit Wechselstrom über die Schleifringe als Wechselstrom-Synchronmotor. Betreibt man sie als Gleichstrommotor, so kann man an den Schleifringen Wechselstrom entnehmen; betreibt man sie als Wechselstrommotor, so liefert der Kommutator Gleichstrom. Ein solcher Einankerumformer arbeitet sehr wirtschaftlich. Während bei den Motorgeneratoren erst elektrische Energie in mechanische und diese dann wieder in elektrische Energie der gewollten Stromart verwandelt wird, fällt beim Einankerumformer das mechanische Zwischenglied heraus, und die eine Stromart wird unmittelbar in die andere umgeformt.

Die Spannung des Gleichstromes steht dabei in einem bestimmten Verhältnis zur Wechselstromspannung, und zwar fällt die Wechselstromspannung kleiner aus als die zugehörige Gleichstromspannung; sie beträgt bei Drehstrom etwa das 0,6fache der letzteren. Meist ist das nicht erwünscht; im Gegenteil: der Wechselstrom wird in der Regel gerade deshalb benutzt, um mit hohen Spannungen im Fernleitungsnetz arbeiten zu können. An Ort und Stelle will man aber niedriggespannten Gleichstrom verwenden. In solchen Fällen muß man also dem Einankerumformer einen Transformator vorschalten, der den in der Zuleitung hochgespannten Wechselstrom erst auf die Spannung heruntertransformiert, die der gewünschten Gleichstromspannung entspricht. Trotz dieses Zusatzapparates, d. h. obwohl bei Verwendung von Einankerumformern in der Regel noch ein Transformator nötig wird, stellt sich die Anlage in Herstellung und Betrieb billiger als die Verwendung von Motorgeneratoren. Der Gesamtwirkungsgrad eines Transformators in Zusammenarbeit mit einem Einankerumformer (bei größeren Typen ca. 91 Proz.) ist wesentlich

höher als der Wirkungsgrad eines Hochspannungs-Wechselstrommotors in Zusammenarbeit mit einer Gleichstromdynamo (ca. 85 Proz.).

Das Verhältnis der Wechselstromspannung zur Gleichstromspannung ist, wie betont, eindeutig bestimmt. Eine Regulierung der Gleichstromspannung bei konstanter Wechselstromspannung ist daher am Umformer allein nicht möglich. Schaltet man jedoch zwischen Transformator und Schleifringen des Umformerankers *Drosselspulen* ein (vgl.

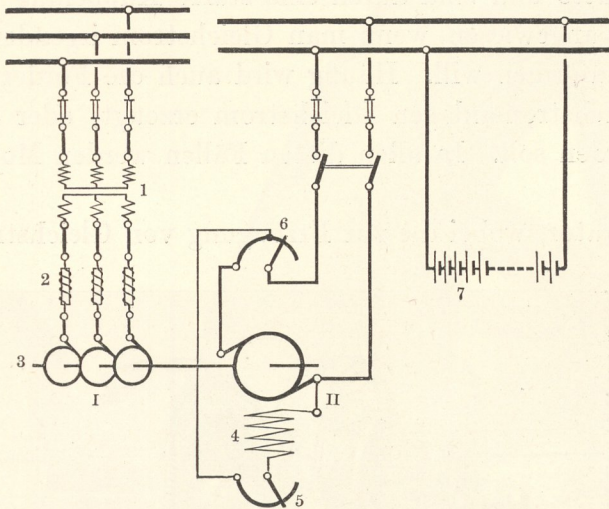


Fig. 386. Schaltplan einer Umformeranlage. Anlassen von der Gleichstromseite. (I Drehstromseite, II Gleichstromseite des Umformers; 1 Drehstromtransformator, 2 Drosselspulen, 3 Schleifringe, 4 Nebenschlußwicklung, 5 Nebenschlußregler, 6 Anlasser, 7 Akkumulatorenbatterie.)

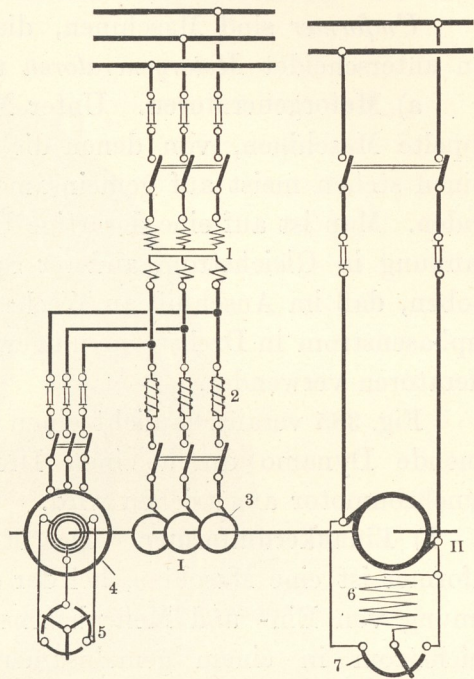


Fig. 387. Schaltplan einer Umformeranlage. Anlassen von der Drehstromseite. (I Drehstromseite, II Gleichstromseite des Umformers; 1 Drehstromtransformator, 2 Drosselspulen, 3 Schleifringe, 4 Anwurfmotor, 5 Anlasser, 6 Nebenschlußwicklung, 7 Nebenschlußregler.)

Fig. 386 und 387), so ist die Anordnung bedeutend regulierfähiger. In neuerer Zeit ersetzt man die Drosselspulen durch für diesen Zweck besonders hergestellte Transformatoren und vereinigt dadurch gewissermaßen Transformator und Drosselspule in einem Apparat.

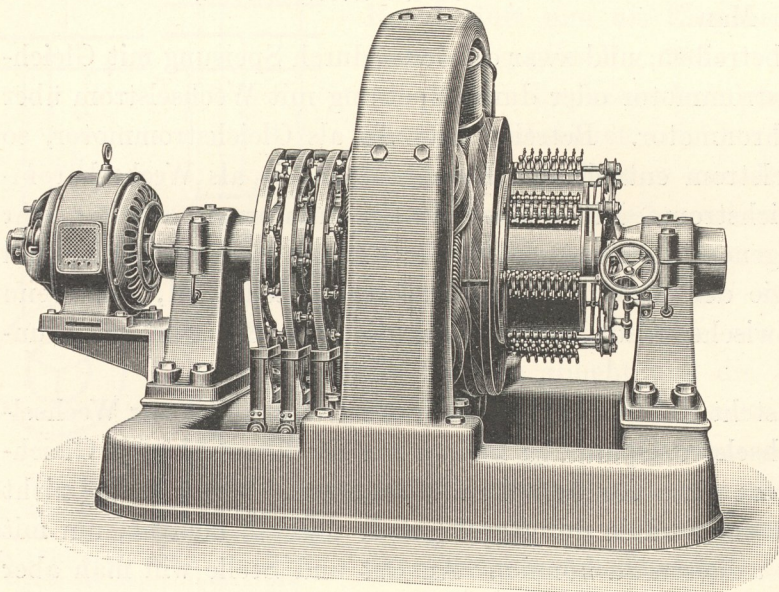


Fig. 388. Einankerumformer mit Anwurfmotor (A. E. G.).

mit Schleifringanker, der durch Widerstand im Rotorkreis auf die vom Einankerumformer verlangte Drehzahl gebracht wird.

Einankerumformer können sehr stark überlastet werden, ohne aus dem Tritt zu fallen. Sie werden meistens zur Umwandlung von Drehstrom in Gleichstrom benutzt. Was ihren mechanischen Aufbau betrifft, so werden sie mit Grundplatte und zwei Lagern ausgerüstet und weichen

Das Anlassen des Einankerumformers erfolgt bei Vorhandensein eines spannungführenden Gleichstromnetzes am besten von der Gleichstromseite aus in der üblichen Art des Anlassens eines Gleichstrommotors (Fig. 386). Ist ein spannungführendes Gleichstromnetz nicht vorhanden, so muß der Umformer von der Drehstromseite angelassen werden. Man kann hierzu entweder den Umformer als Synchronmotor anlaufen lassen, oder einen besonderen, mit dem Umformer gekoppelten Asynchronmotor als *Anwurfmotor* benutzen (Fig. 387). Dies ist meist ein Drehstrommotor

im übrigen nicht von der Bauart normaler Maschinen ab. Fig. 388 zeigt einen Einankerumformer der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, der durch einen besonderen, auf einem Sockel der Umformergrundplatte befestigten Asynchronmotor angeworfen wird. Charakteristisch ist die Anordnung der drei Schleifringe.

II. Transformatoren.

Im Gegensatz zu den vorstehend beschriebenen rotierenden Umformern sind *Transformatoren* ruhende Umformer, die ohne mechanische Bewegung eines ihrer Teile Wechsel- oder Drehstrom einer bestimmten Spannung in Wechsel- bzw. Drehstrom einer anderen Spannung umzuformen gestatten. Ihre Wirkungsweise beruht auf dem Prinzip der gegenseitigen Induktion.

Auf einem in sich geschlossenen Eisenkern seien zwei getrennte Wickelungen angebracht (Fig. 389). Davon habe die eine wenige Windungen starken, die andere viele Windungen schwachen Drahtes. Schickt man durch die erste Wickelung einen Wechselstrom bestimmter Spannung, so induziert das im Eisen entstehende Wechselfeld in der schwachen Wickelung eine bedeutend höhere, ebenfalls wechselnde elektromotorische Kraft, die bei geschlossenem Stromkreise auch einen Strom entstehen läßt. Den hineingeschickten Strom nennt man den *primären*, den aus dem Transformator entnommenen den *sekundären Strom*. Ebenso unterscheidet man primäre und sekundäre Spannung. Die primäre und sekundäre Leistung ist, wenn man von den Energieverlusten absieht, gleichgroß. Da die Leistung das Produkt aus Strom und Spannung darstellt, muß, wenn die Sekundärspannung höher ist als die primäre, der sekundäre Strom kleiner werden als der primäre, denn es ist: $E \cdot J_{\text{primär}} = E \cdot J_{\text{sekundär}}$.

Die primäre Spannung verhält sich zur sekundären genau, wie sich die Windungszahlen der primären zu denen der sekundären Wickelung verhalten. Will man z. B. einen Wechselstrom von 100 Volt Spannung in einen solchen von 1000 Volt verwandeln, so muß die Sekundärwicklung zehnmal so viel Windungen haben wie die primäre. Das Verhältnis der primären zur sekundären Wickelung nennt man das *Übersetzungsverhältnis* des Transformators. Wird einem Transformator, obwohl ihm Primärspannung zugeführt ist, kein Strom entnommen, so spricht man von *Leerlauf* des Transformators.

Je nachdem die Spulen um den Eisenkern gewickelt sind oder das Eisengestell die Spulen umgibt, unterscheidet man *Kern-* und *Manteltransformatoren*. Zur Vermeidung von Wirbelströmen bestehen die Eisenkörper aus durch Papier voneinander isolierten Blechen. Die Wickelungen des Transformators werden gewöhnlich übereinandergeschoben, wobei auf sorgfältige Isolierung der Niederspannungswicklung von der Hochspannungswicklung zu achten ist. Um bei hohen Spannungen die Isolation vor Durchschlagen zu schützen, setzt man die Transformatoren vielfach unter Öl (*Öltransformatoren*).

Für Drehstromtransformatoren gilt das bisher Gesagte in analoger Weise. Sie besitzen drei Paar voneinander unabhängige Wickelungen, die in Stern oder Dreieck geschaltet sein können. Je eine Primär- und Sekundärwicklung umschließen einen Eisenkern. Die drei Eisenkerne können entweder senkrecht nebeneinander (Fig. 390) oder wagerecht übereinander (Fig. 391) oder im gleichseitigen Dreieck (Fig. 392) angeordnet sein. Statt eines Drehstromtransformators lassen sich auch drei Einphasentransformatoren verwenden.

Fig. 393 zeigt einen Drehstromtransformator für 6750 Kilovoltampere der Siemens-Schuckert-Werke. Der Transformator ist von 6600 auf 66 000 Volt übersetzt und gehört zur Manteltype. Sein Gesamtgewicht beträgt 38 000 kg. Zur Abführung der entwickelten Wärme ist Ölkühlung vorgesehen. Das Öl wird mittels einer elektrisch angetriebenen Pumpe durch Kühlschlangen gedrückt, die von fließendem Wasser umgeben sind.

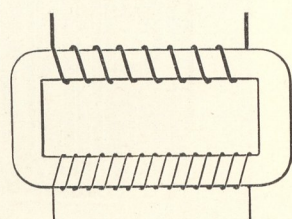


Fig. 389. Prinzip des Transformators.

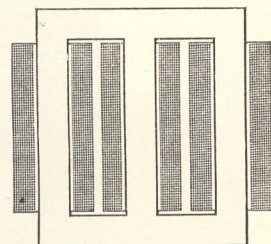


Fig. 390. Drehstromtransformator (Anordnung 1).