

## Der Anschluß elektrischer Uhren an Starkstromnetze.

Von F. Thiesen, Wolfhagen.

(Schluß.)

Wir kommen jetzt zu der Anwendung des Wechselstromes, der in mehreren Fällen Schwachstromapparate zu treiben vermag. Wir werden zuerst untersuchen, wie ein Elektromagnet beschaffen sein muß, wenn er, anstatt durch Gleichstrom, durch Wechselstrom beschickt wird.

Eingangs der Erörterungen ist bereits ausgeführt worden, daß der Wechselstrom aus kurzen, schnell aufeinanderfolgenden Stromstößen von wechselnder Richtung besteht. Ein durch Wechselstrom erregter Elektromagnet wird mithin in sehr rascher Folge abwechselnd umpolarisiert. Es wird jedem Leser einleuchten, daß ein in dieser Weise der Umpolarisierung unterliegender Elektromagnet von üblicher Konstruktion bei einer gegebenen Stromstärke nicht die gleiche Kraft entfalten kann, als wenn er durch Gleichstrom erregt wird. Wir werden nun zu ergründen suchen, welchen Ursachen dieser Kraftverlust entspringt und wie er zu vermeiden ist.

Wir haben bereits die in geschlossenen Stromkreisen durch Änderung der Stromstärke oder Änderung der Kraftlinienzahl entstehenden Induktionsströme kennen gelernt. Es gibt nun noch eine weitere Art von Induktionsströmen, die unter den gleichen Bedingungen in Metallmassen entstehen. In jedem massiven Metallstück, welches von Kraftlinien eingeschlossen ist, entstehen also durch die Änderung der Kraftlinienzahl Induktionsströme. Diese in massiven Leitern entstehenden Ströme fließen parallel zu den sie umschließenden Drahtwindungen, sie werden Wirbelströme oder, nach ihrem Entdecker, Foucaultströme genannt. Wird der Anker einer Dynamomaschine gedreht, so gehen seine Ankerspulen abwechselnd durch die Magnetfelder der Schenkelmagnete. Infolgedessen wird der Magnetismus der Spulen und Kerne des Ankers dauernd verstärkt und geschwächt, und in dem Ankereisen entstehen Wirbelströme, die um den Ankerumfang herumlaufen und die Bewegung des Ankers zu hemmen suchen. Die Wirbelströme wirken also dämpfend auf die Bewegung ein. Sie sind, da die Masse des Ankereisens einen geringen elektrischen (Ohmschen) Widerstand hat, sehr kräftig.

Die dämpfende Wirkung der Wirbelströme nutzt man in den besseren Meßinstrumenten aus, um den plötzlichen Ausschlag der Zeiger in eine langsame Bewegung umzuwandeln, so daß die Zeiger nicht erst hin und her pendeln, sondern sich gleich richtig einstellen.

Wird ein Elektromagnet mit massiven Kernen von Wechselstrom gespeist, so entstehen in den Kernen Wirbelströme, die die Wirkung des primären Stromes schwächen und sich in Wärme umsetzen, so daß Kerne und Spulen davon warm werden. Um diese Übelstände zu vermeiden, setzt man die Kerne und eventuell auch die Anker aus dünnen Drähten oder Blechen zusammen, die, meistens durch eine Lackschicht, sorgfältig voneinander isoliert werden. Durch diese Unterteilung wird den Wirbelströmen die Bahn abgeschnitten, so daß sie nicht zustande kommen. Alle in Wechselstromkreisen betriebenen Elektromagnetgestelle müssen also unterteilt oder, wie man sagt, „geblättert“ werden. Bei den üblichen Periodenzahlen von 50 bis 60 kann der Anker massiv ausgeführt sein.

Eine weitere Schwächung der Wirkung erfahren die durch Wechselstrom betriebenen Elektromagnete durch die sogenannte „Hysteresis“.

Auch das weichste Eisen behält einen geringen Grad von Magnetismus zurück, wenn es einmal magnetisiert wurde. Diese Eigenschaft des Eisens, remanenten Magnetismus aufzunehmen, nennt man seine „Koerzitivkraft“.

Magnetisiert man nun einen Eisenkern bis zu einem gewissen Grade durch einen bestimmten Strom und schaltet alsdann den Strom aus, so fällt der Magnetismus nicht mit der gleichen Geschwindigkeit auf Null ab, wie die Stromstärke, weil das Eisen infolge der Koerzitivkraft etwas Magnetismus zurückbehält. Magnetisiert man jetzt

den Kern zum zweiten Male, aber in umgekehrter Richtung, so daß der frühere Nordpol nun ein Südpol wird, so muß der Strom eine gewisse Arbeit aufwenden, um den restlichen (remanenten) Magnetismus aus dem Kern herauszutreiben. Erst dann beginnt der Magnetismus, von dem Werte Null an aufzusteigen. Die Folge ist wiederum ein Zurückbleiben der Magnetisierung hinter dem Strom. Diesen Vorgang in einem von Wechselstrom beschickten Elektromagnet (der schnell unterbrochene Gleichstrom hat die gleiche Wirkung) nennt man Hysteresis. Infolge der Hysteresis findet also eine Phasenverschiebung zwischen Magnetismus und magnetisierendem Strom statt, und hiermit ist ein Arbeitsverlust verbunden, der sich in Wärme umsetzt.

Durch Versuche läßt es sich beweisen, daß in schwachem Eisen der Magnetismus schneller ansteigt als in stärkerem. Dieser Umstand gibt uns ein bereits erwähntes Mittel in die Hand, die Hysteresis abzuschwächen, nämlich die Blätterung des Eisens. Ein geblätterter Elektromagnet verhindert also nicht nur die Bildung von Wirbelströmen, sondern er hat auch einen geringeren Hysteresisverlust als ein massiver.

Ein dritter Energieverlust tritt in Wechselstromkreisen durch die Selbstinduktion ein. Durch die Wirbelströme und die Hysteresis entstehen sogenannte magnetische Verluste, das heißt, der eigentliche Stromkreis wird davon nicht berührt, sondern die magnetisierende Wirkung des Stromes wird dadurch geschwächt. Die Selbstinduktion dagegen schwächt unmittelbar den erregenden Strom, der durch sie entstehende Verlust ist also ein elektrischer, der sich in Watt ausrechnen läßt.

Um den durch die Selbstinduktion in Wechselstromapparaten entstehenden Verlust erkennen zu lernen, muß man sich die Entstehung der Selbstinduktionsströme vergegenwärtigen. Der Schließungsextrastrom hat das Bestreben, den primären Strom im ersten Stadium des Entstehens zu schwächen. Da nun die Stromstöße des Wechselstromes von sehr kurzer Dauer sind, so wird der jeweilige primäre Stromstoß nicht Zeit genug finden, um zu seiner vollen Höhe ansteigen zu können. Der Unterbrechungsstrom sucht dagegen den in Fluß befindlichen primären Strom andauern zu lassen. Er wird deshalb den in entgegengesetzter Richtung fließenden zweiten primären Stromstoß ebenfalls schwächen.

Die Folgen der Wirkung der Hysteresis und der Selbstinduktion resultieren in einem erforderlichlich werdenden größeren Kraftaufwand des Wechselstromes gegenüber dem Gleichstrom. Dieser wird manchmal ganz allgemein zu 30% angenommen. Die Angabe ist sehr ungenau, da die wirkenden Kräfte in jeder Anlage andere sind; immerhin bietet sie eine gewisse Übersicht über den entstehenden Stromverbrauch.

Wir kommen jetzt zur Untersuchung der Frage, wie ein Wechselstrommagnet, der für niedere Spannung gewickelt ist, in Starkstrom-Wechselstromkreise einzuschalten sein würde. Diese Frage ist leicht beantwortet.

Der große Vorteil des Wechselstromes gegenüber dem Gleichstrom besteht in der Möglichkeit der Umformung oder Transformation. Ein Wechselstrom und auch ein unterbrochener Gleichstrom erzeugt infolge des Ansteigens und Abfallens seiner Stromstöße in einem benachbarten geschlossenen Leiter den gleichen Induktionsstrom. Dieser Vorgang ist auf Grund des erklärten Induktionsgesetzes ohne weiteres verständlich. Durch die Stromübertragung von einem Stromkreise (dem primären) auf den benachbarten (den sekundären) geht eine sehr geringe Energie verloren, die bei guten Umformern (Transformatoren) nur wenige Prozente beträgt.

Ein Transformator hat als Gestell einen kräftigen, in sich geschlossenen Eisenweg, auf welchem die primäre Spule unter der darübergeschobenen sekundären ange-