

darin, den größtmöglichen magnetischen Effekt mit ihr zu erzielen, ohne daß sie gleich bei einer vorübergehenden, kurzzeitigen Überlastung mit einer um 50% höheren Stromstärke als die, für welche sie gebaut ist, (Nennstromstärke) durchbrennt.

Sehr große Spulen ohne Eisenkern weisen z. B. die Wattstundenzähler für Gleichstrom auf. Die großen Spulen, welche den ganzen Strom, der in einer Installation verbraucht wird, durchlassen müssen, werden aus relativ dickem Draht von 1 bis 3 mm Durchmesser, der mit Baumwolle oder Lack isoliert ist, auf Lehren gewickelt. Für Stromstärken von etwa 50 bis 300 Ampere werden die Spulen aus Kupferband gewickelt und die einzelnen Windungen gegeneinander durch dünnen Preßspan oder Hartpapier isoliert. Derartige Spulen müssen auf ihren Trägern mechanisch sehr gut befestigt werden, da die bei Kurzschlüssen in der Anlage auftretenden magnetischen Kräfte ganz erhebliche sind. Die beiden Hauptstromspulen eines modernen Gleichstromwattstundenzählers, zwischen welchen sich der Anker dreht, stehen ungefähr 10 mm voneinander ab. Sie führen bei Nennlast ungefähr 1000 Amperewindungen. Kurzschlüsse mit einem Strom der zehnfachen Stärke des Nennstroms sind durchaus keine Seltenheit. Dann ziehen sich die beiden Spulen aber mit der zehnfachen Kraft an, die ungefähr in der Größenordnung von 10 kg liegt. Dieser Kraftwirkung muß die Befestigung natürlich widerstehen können, wenn nicht der zwischen den beiden Spulen liegende Anker zerdrückt werden soll.

Die sogenannten Spannungsspulen vieler Meßinstrumente werden aus dünnen seide- oder lackisolierten Drähten ebenfalls auf Lehren gewickelt. Sie müssen gebunden werden, und, wo dies zugänglich ist (Seidendraht), werden sie außerdem noch mit Schellack getränkt, um ihnen größere mechanische Festigkeit zu geben.

Viel wichtiger als die eisenlosen Spulen sind die Magnetspulen, die dazu bestimmt sind, in einem Eisenkern einen Magnetfluß zu erzeugen. Alle elektromagnetischen Relais, auch Schütze genannt, alle Magnetschalter tragen diese Spulen. Die ganze Fernschalttechnik und ihre Apparatur aber lebt nur sozusagen vom Relais. Bei der Herstellung der Relaispulen, soweit sie für Starkstromapparate bestimmt sind, muß besondere Sorgfalt walten. Es geht vielleicht noch für Schwachstrom an, Seiden- und Lackdraht einfach wild auf einen Holzspulenkörper aufzuwickeln; es geht dies auch zur Not noch für Kopfhörerspulen; für Starkstromspulen aber müssen ganz bestimmte Regeln eingehalten werden.

Es muß zunächst der Spulenkörper, auf den der Draht gewickelt werden soll, in allen seinen Teilen einer Prüfung mit mindestens 1500 Volt Wechselspannung standhalten. Die gefährlichsten Stellen in dieser Beziehung sind die Verbindungsstellen zwischen dem Schaft und den Flanschen. Das verwendete Material darf auch nicht hygroskopisch sein und muß mechanisch widerstandsfähig genug sein, um den beim Wickeln auftretenden Seitendruck auf die Flanschen auszuhalten. Lackpappe entspricht diesen Anforderungen sehr gut; ebenso Hartpapier. Um die Isolation zwischen den Drahtwindungen und dem Spulenkörper noch zu erhöhen und die üble Wirkung der Oberflächenleitung des Spulenkörpers möglichst zu vermeiden, ist es empfehlenswert, auf den Schaft zunächst zwei Lagen dünnen (0,01 bis 0,02 mm starkes) Paraffin- oder Schellackpapier aufzuwickeln.

In elektrischen Schaltuhren handelt es sich häufig um Spulen, die dauernd an der ganzen Verbraucherspannung oder einem erheblichen Teil derselben liegen müssen. Sie müssen daher mit sehr dünnem Draht gewickelt werden. Es ist aber ganz klar, daß man einen Draht von etwa 0,1 mm Stärke nicht zum Anschluß der

Spule an die übrigen stromführenden Teile verwenden kann. Es muß also, ehe man mit dem Wickeln beginnen kann, an den Anfang des dünnen Wickeldrahtes eine mindestens 0,5 mm starke Zuführungsleitung angelötet oder angeschweißt werden. Das Schweißen läßt sich autogen ohne Bindemittel mit eigens dazu konstruierten elektrischen Schweißapparaten oder selbst in der Stichflamme mit einiger Übung recht gut bewerkstelligen. Wird gelötet, so darf unter keinen Umständen Säure verwendet werden. Aber selbst Lötlut, Lötöl oder Lötpaste sind zu vermeiden, da sie nicht immer säurefrei sind. Am besten hat sich als Lötmedium Kolophonium in Pulverform bewährt, das in den Wickeleien heute auch fast ausschließlich angewandt wird.

Der Vorgang ist ziemlich einfach: Die zu verbindenden Drahtenden werden mit Hilfe von Schmirgelpapier oder mit einem scharfen Gegenstand blank gemacht und zusammengedreht. Das so zusammengedrehte Ende wird zuerst in das Kolophoniumpulver und hierauf in flüssiges reines Zinn getaucht, das man am Wickelplatz über einem Bunsenbrenner ständig bereit hält.

Der starke Einführungsdraht wird gewöhnlich durch ein Loch im Spulenflansch nahe am Schaft des Körpers hindurchgeführt. Er muß nun sicher befestigt werden, damit unter keinen Umständen bei auftretendem Zug am Einführungsdraht der dünne Spulendraht abgerissen werden kann. Es geschieht dies meist durch Abbinden mit festem Bindfaden. Man geht dann mit mindestens einer oder zwei Windungen mit dem Einführungsdraht um den Schaft des Spulenkörpers. Die Lötstelle mit dem dünnen Draht muß sorgfältig mit Schellack- oder Paraffinpapier isoliert werden. Erst dann kann die Wickelmaschine in Gang gesetzt werden.

Die Spulen werden lagenweise gewickelt, d. h. nach einer bestimmten Windungszahl, die durch ein an der Wickelmaschine angebrachtes Zählwerk angezeigt wird, werden eine oder zwei Lagen Schellackpapier eingelegt. Die Anzahl der Windungen pro Lage bestimmt sich durch die Spannung, die man im äußersten Fall zwischen zwei Drahtlagen zulassen will. Sind auf eine Spule für 220 Volt z. B. 12 000 Windungen aufzuwickeln, und hat man erfahrungsgemäß festgestellt, daß die Isolation des Drahtes und des Papiers eine dauernde Beanspruchung mit 20 Volt unter allen Umständen mit zehnfacher Sicherheit aushält, so wird man 22 Papierlagen einlegen. (Warum 22 Lagen anstatt wie erwartet 11 ist weiter unten bei der reinen Lagenwicklung erklärt.) Man kann dann zwar innerhalb der einzelnen Drahtlagen wild wickeln, doch ist es empfehlenswert, auch dann noch so zu wickeln, daß man mit den 545 Windungen, die auf eine Drahtlage entfallen, an dem einen Flansch beginnt und am anderen ankommt, ohne inzwischen nochmals vollständig bis zum ersten Flansch zurückzugehen. Mit einiger Übung gelingt dies bald durch schrittweises Vor- und Zurückgehen mit der Drahtführung jeweils um 2 bis 3 mm.

Diese Wicklungsart kommt der reinen Einlagenwicklung, wie sie von den Wickelautomaten ausgeführt wird, am nächsten. Bei dieser reinen Einlagenwicklung besitzt jede Drahtlage nur die Dicke des Drahtes, und die einzelnen Drahtwindungen liegen eng aneinander. Es kann sich dann jeder selbst ausrechnen, daß von einem Lackdraht, dessen Durchmesser mit Isolation 0,12 mm beträgt (Kupferdurchmesser 0,10 mm), auf eine nutzbare Körperlänge von 30 mm nur 250 Windungen auf eine Lage entfallen können. Es sind also bei 12 000 Windungen 48 Papierlagen nötig; zwischen zwei Lagen wird dann nie eine höhere Spannung als $\frac{220}{24} = 9,2$ Volt auftreten können. Man darf nämlich nicht vergessen, daß zwischen der ersten und der 500. Windung die höchste Spannung auftritt, da diese beiden Windungen bei dieser Wicklungsart übereinander zu