

Normalien

ZUR

Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren.

Von der 9. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher
Elektrotechniker in Dresden am 18. Juni 1901 probeweise
auf ein Jahr angenommen.

Mit Erläuterungen von G. Deltmar.

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1901

ISBN 978-3-662-31941-3

ISBN 978-3-662-32768-5 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-32768-5

Definitionen.

Generator oder Dynamo ist jede rotirende Maschine, die mechanische in elektrische Leistung verwandelt.

Motor ist jede rotirende Maschine, die elektrische in mechanische Leistung verwandelt.

Motorgenerator ist eine Doppelmaschine, bestehend in der direkten mechanischen Kuppelung eines Motors mit einem Generator.

Umformer ist eine Maschine, bei welcher die Umformung des Stromes in einem gemeinsamen Anker stattfindet.

Wird im Folgenden das Wort elektrische Maschine oder Maschine schlechthin gebraucht, so ist darunter, je nach dem Zusammenhang, einer der vorgenannten Gegenstände zu verstehen.

Anker ist bei elektrischen Maschinen derjenige Theil, in welchem durch die Einwirkungen eines magnetischen Feldes elektromotorische Kräfte erzeugt werden.

Transformator ist ein Apparat für Wechselströme ohne bewegte Theile zur Umwandlung elektrischer in elektrische Leistung.

Unter Spannung bei Drehstrom ist die verkettete effektive Spannung (Spannung zwischen je zwei der drei Hauptleitungen) zu verstehen.

Unter Uebersetzung bei Transformatoren ist das Verhältniss der Spannungen bei Leerlauf zu verstehen.

Unter Frequenz ist die Anzahl der vollen Perioden in der Sekunde zu verstehen.

Die für Wechselstrom gegebenen Vorschriften gelten sinngemäss auch für Mehrphasenstrom.

Allgemeine Bestimmungen.

§ 1.

Die folgenden Bestimmungen gelten nur insofern, als sie nicht durch ausdrücklich vereinbarte Lieferungsbedingungen abgeändert werden.

Ausgenommen hiervon sind die Vorschriften über die Leistungsschilder (vgl. §§ 4, 5, 6), die immer erfüllt sein müssen.

Maschinen oder Transformatoren ohne Leistungsschild oder mit einem anderen als dem weiter unten vorgeschriebenen Leistungsschild werden als diesen Normalien nicht entsprechend angesehen.

Leistung.

§ 2.

Als Leistung gilt bei allen Maschinen und Transformatoren die abgegebene. Dieselbe ist anzugeben bei Gleichstrom in Kilowatt (KW), bei Wechselstrom in Kilowatt mit Angabe des Leistungsfaktors. Bei Abgabe von mechanischer Leistung ist dieselbe in Pferdestärken (PS) anzugeben.

Ausserdem sind anzugeben und auf dem Leistungsschild (vgl. §§ 4, 5, 6) oder auf einem besonderen Schild zu verzeichnen die normalen Werthe von Tourenzahl bzw. Frequenz, Spannung und Stromstärke.

§ 3.

In Bezug auf die Leistung sind folgende Betriebsarten zu unterscheiden:

- a) der intermittierende Betrieb, bei dem nach Minuten zählende Arbeitsperioden und Ruhepausen

- abwechseln (z. B. Motoren für Krähne, Aufzüge, Strassenbahnen und dergl.);
- b) der kurzzeitige Betrieb, bei dem die Arbeitsperiode kürzer ist als nöthig, um die Endtemperatur zu erreichen, und die Ruhepause lang genug, damit die Temperatur wieder annähernd auf die Lufttemperatur sinken kann;
 - c) der Dauerbetrieb, bei dem die Arbeitsperiode so lang ist, dass die Endtemperatur erreicht wird.

§ 4.

Als normale Leistung von Maschinen und Transformatoren für intermittirende Betriebe ist die Leistung zu verstehen und anzugeben, welche ohne Unterbrechung eine Stunde lang abgegeben werden kann, ohne dass die Temperaturzunahme den weiter unten als zulässig bezeichneten Werth überschreitet. Diese Leistung ist auf einem Schild unter der Bezeichnung „intermittirend“ anzugeben.

§ 5.

Als normale Leistung von Maschinen und Transformatoren für kurzzeitigen Betrieb ist die Leistung zu verstehen und anzugeben, welche während der vereinbarten Betriebszeit abgegeben werden kann, ohne dass die Temperaturzunahme den weiter unten als zulässig bezeichneten Werth überschreitet. Diese Leistung ist unter der Bezeichnung „für . . . St.“ auf einem Schild anzugeben.

§ 6.

Als normale Leistung von Maschinen und Transformatoren für Dauerbetrieb ist die Leistung zu verstehen und anzugeben, welche während beliebig langer Zeit abgegeben werden kann, ohne dass die Temperaturzunahme den weiter unten als zulässig angegebenen Werth überschreitet. Diese Leistung

ist auf einem Schild unter der Bezeichnung „dauernd“ anzugeben.

§ 7.

Die gleichzeitige Angabe der Leistung für verschiedene Betriebsarten ist zulässig.

§ 8.

Bei Generatoren und Umformern mit veränderlicher Spannung genügt die Verzeichnung der normalen Werthe von Spannung, Stromstärke und Tourenzahl auf dem Schild; die zusammengehörigen Grenzwerte müssen jedoch in den Lieferungsbedingungen angegeben werden.

§ 9.

Maschinen mit Kommutator müssen bei jeder Belastung innerhalb der zulässigen Grenzen bei günstigster Bürstenstellung und eingelaufenen Bürsten so weit funkenfrei laufen, dass ein Behandeln des Kommutators mit Glaspapier oder dergl. höchstens nach je 24 Betriebsstunden erforderlich ist.

Temperaturzunahme.

§ 10.

Die Temperaturzunahme von Maschinen und Transformatoren ist bei normaler Leistung und unter Berücksichtigung der oben definirten Betriebsarten zu messen, nämlich:

1. bei intermittirenden Betrieben nach Ablauf eines ununterbrochenen Betriebes von einer Stunde;
2. bei kurzzeitigen Betrieben nach Ablauf eines ununterbrochenen Betriebes während der auf dem Leistungsschild verzeichneten Betriebszeit;
3. bei Dauerbetrieben:
 - a) bei Maschinen nach Ablauf von zehn Stunden;

- b) bei Transformatoren nach Ablauf jener Betriebszeit, welche nöthig ist, um die stationäre Temperatur zu erreichen.

§ 11.

Sofern für kleinere Maschinen unzweifelhaft feststeht, dass die stationäre Temperatur in weniger als zehn Stunden erreicht wird, so kann die Temperaturzunahme nach entsprechend kürzerer Zeit gemessen werden.

§ 12.

Bei der Prüfung auf Temperaturzunahme dürfen die betriebsmässig vorgesehenen Umhüllungen, Abdeckungen, Ummantelungen u. s. w. von Maschinen und Transformatoren nicht entfernt, geöffnet oder erheblich verändert werden. Eine etwa durch den praktischen Betrieb hervorgerufene und bei der Konstruktion in Rechnung gezogene Kühlung kann im Allgemeinen bei der Prüfung nachgeahmt werden, jedoch ist es nicht zulässig, bei Strassenbahnmotoren den durch die Fahrt erzeugten Luftzug bei der Prüfung künstlich herzustellen.

§ 13.

Als Lufttemperatur gilt jene der zuströmenden Luft oder, wenn keine entschiedene Luftströmung bemerkbar ist, die mittlere Temperatur der die Maschine umgebenden Luft in Höhe der Maschinenmitte, wobei in beiden Fällen in etwa 1 m Entfernung von der Maschine zu messen ist. Die Lufttemperatur ist während des letzten Viertels der Versuchszeit in regelmässigen Zeitabschnitten zu messen und daraus der Mittelwerth zu nehmen.

§ 14.

Wird ein Thermometer zur Messung der Temperatur verwendet, so muss eine möglichst gute Wärme-

leitung zwischen diesem und dem zu messenden Maschinentheil herbeigeführt werden, z. B. durch Stanniolumhüllung. Zur Vermeidung von Wärmeverlusten wird die Kugel des Thermometers und die Messstelle ausserdem mit einem schlechten Wärmeleiter (trockener Putzwolle und dergl.) überdeckt. Die Ablesung findet erst statt, nachdem das Thermometer nicht mehr steigt.

§ 15.

Mit Ausnahme der mit Gleichstrom erregten Feldspulen werden alle Theile der Generatoren und Motoren mittels Thermometer auf ihre Temperaturzunahme untersucht.

So weit wie möglich, sind jeweilig die Punkte höchster Temperatur zu ermitteln und die dort gemessenen Temperaturen bei Bestimmung der Temperaturzunahme zu verwenden.

§ 16.

Die Temperatur der mit Gleichstrom erregten Feldspulen ist aus der Widerstandszunahme zu bestimmen. Dabei ist, wenn der Temperaturkoeffizient des Kupfers nicht für jeden Fall besonders bestimmt wird, dieser Koeffizient als 0,004 anzunehmen.

§ 17.

Bei Transformatoren wird die höchste an irgend einem Punkte vorkommende Temperatur der Wicklungen durch Thermometer gemessen. Bei Oeltransformatoren wird die Temperatur der oberen Oelschichten gemessen.

§ 18.

In gewöhnlichen Fällen und sofern die Lufttemperatur 35° C nicht übersteigt, sollen folgende Werthe der Temperaturzunahmen bei isolirten

Wickelungen, Kollektoren und Schleifringen nicht überschritten werden:

Bei Baumwollisolirung	50 ⁰ C,
„ Papierisolirung	60 ⁰ „,
„ Isolirung durch Glimmer, Asbest und deren Präparate	80 ⁰ „.

Bei ruhenden Wickelungen sind um 10⁰ C höhere Werthe zulässig.

§ 19.

Bei Strassenbahnmotoren sollen nach einstündigem ununterbrochenem Betrieb mit normaler Belastung im Versuchsraum folgende Werthe der Temperaturzunahme nicht überschritten werden:

Bei Baumwollisolirung	70 ⁰ C,
„ Papierisolirung	80 ⁰ „,
„ Isolirung durch Glimmer, Asbest und deren Präparate	100 ⁰ „.

§ 20.

Bei kombinierten Isolirungen gilt die untere Grenze.

§ 21.

Bei dauernd kurzgeschlossenen Wickelungen können vorstehende Grenzwerte überschritten werden.

Ueberlastung.

§ 22.

Im praktischen Betriebe sollen Ueberlastungen nur so kurze Zeit oder bei solchem Temperaturzustand der Maschinen und Transformatoren vorkommen, dass die zulässige Temperaturzunahme dadurch nicht überschritten wird. Mit dieser Einschränkung müssen Maschinen und Transformatoren in den folgenden Grenzen überlastungsfähig sein:

Generatoren	}	25 ⁰ / ₁₀ während 1/2 Stunde, wobei bei Wechselstromgeneratoren der Leistungsfaktor nicht unter dem auf dem Schilde verzeichneten Werthe anzunehmen ist.
Motoren		
Umformer		
Motoren	}	40 ⁰ / ₁₀ während 3 Minuten, wobei für Motoren die normale Klemmenspannung einzuhalten ist.
Umformer		
Transformatoren		

Der Kommutator der Gleichstrommaschinen und Umformer darf hierbei nicht so stark angegriffen werden, dass der Gang bei normaler Leistung dem § 9 nicht mehr genügt.

§ 23.

Generatoren müssen bei konstanter Tourenzahl die Spannung bis zu 15⁰/₁₀ Ueberlastung konstant halten können, wobei der Leistungsfaktor bei Wechselstromgeneratoren nicht unter dem auf dem Schilde verzeichneten Werthe anzunehmen ist.

§ 24.

Die Prüfung soll die mechanische und elektrische Ueberlastungsfähigkeit ohne Rücksicht auf Erwärmung feststellen und deshalb bei solcher Temperatur beginnen, dass die zulässige Temperaturzunahme nicht überschritten wird.

§ 25.

Diese Vorschriften gelten auch für Generatoren mit veränderlicher Spannung, bei denen die Spannungsänderung durch annähernd proportionale Aenderung der Tourenzahl erreicht wird. Bei Generatoren mit annähernd konstanter Tourenzahl (sodass sie bei normaler Spannung mit abgeschwächtem Felde arbeiten) ist von einer Ueberlastungsprobe abzusehen. Das Gleiche gilt von Motoren, wenn sie mit abgeschwächtem Felde arbeiten.

Isolation.

§ 26.

Die Messung des Isolationswiderstandes wird nicht vorgeschrieben, wohl aber eine Prüfung auf Isolirfestigkeit (Durchschlagsprobe), welche am Erzeugungsort, bei grösseren Objekten auch vor Inbetriebsetzung am Aufstellungsort vorzunehmen ist. Maschinen und Transformatoren müssen im Stande sein, eine solche Probe mit einer in Nachfolgendem festgesetzten höheren Spannung, als die normale Betriebsspannung ist, $\frac{1}{2}$ Stunde lang auszuhalten. Die Prüfung ist bei warmem Zustande der Maschine vorzunehmen und später nur ausnahmsweise zu wiederholen, damit die Gefahr einer späteren Beschädigung vermieden wird.

Maschinen und Transformatoren bis 5000 V sollen mit der doppelten Betriebsspannung, jedoch nicht mit weniger als 100 V geprüft werden. Maschinen und Transformatoren von 5000 bis 10 000 V sind mit 5000 V Ueberspannung zu prüfen. Von 10 000 V an beträgt die Prüfspannung das Eineinhalbfache der Betriebsspannung.

§ 27.

Diese Prüfspannungen beziehen sich auf Isolation von Wickelungen gegen das Gestell, sowie bei elektrisch getrennten Wickelungen gegeneinander. Im letzteren Falle ist bei Wickelungen verschiedener Spannung immer die höchste sich ergebende Prüfspannung anzuwenden.

§ 28.

Zwei elektrisch verbundene Wickelungen verschiedener Spannung sind gleichfalls mit der der Wickelung höchster Spannung entsprechenden Prüfspannung gegen Gestell zu prüfen.

§ 29.

Sind Maschinen oder Transformatoren in Serie geschaltet, so sind, ausser obiger Prüfung, die verbundenen Wicklungen mit einer der Spannung des ganzen Systems entsprechenden Prüfspannung gegen Erde zu prüfen.

§ 30.

Obige Angaben über die Prüfspannung gelten unter der Annahme, dass die Prüfung mit gleicher Stromart vorgenommen wird, mit welcher die Wicklungen im Betriebe benutzt werden. Sollte dagegen eine betriebsmässig von Gleichstrom durchflossene Wicklung mit Wechselstrom geprüft werden, so braucht nur der 0,7-fache Werth der vorgenannten Prüfspannung angewendet zu werden. Wird umgekehrt eine betriebsmässig von Wechselstrom durchflossene Wicklung mit Gleichstrom geprüft, so muss die Prüfspannung 1,4 mal so hoch genommen werden, wie oben angegeben.

§ 31.

Ist eine Wicklung betriebsmässig mit dem Gestell leitend verbunden, so ist diese Verbindung für die Prüfung auf Isolirfestigkeit zu unterbrechen. Die Prüfspannung einer solchen Wicklung gegen Gestell richtet sich dann aber auch nur nach der grössten Spannung, welche zwischen irgend einem Punkte der Wicklung und des Gestelles im Betriebe auftreten kann.

§ 32.

Für Magnetspulen mit Fremderregung ist die Prüfspannung das Dreifache der Erregerspannung, jedoch mindestens 100 V.

§ 33.

Die Wicklung des Sekundärankers asynchroner Motoren ist mit der doppelten Anlaufspannung zu

prüfen, jedoch mindestens mit 100 V. Kurzschlussanker brauchen nicht geprüft zu werden.

Wirkungsgrad.

§ 34.

Der Wirkungsgrad ist das Verhältniss der abgegebenen zur zugeführten Leistung. Er kann durch direkte Messung der Leistungen oder indirekt durch Messung der Verluste bestimmt werden. Die indirekten Methoden sind leichter durchzuführen, durch Beobachtungsfehler weniger beeinflusst und aus diesen Gründen in der Regel vorzuziehen. Bei Angabe des Wirkungsgrades ist die Methode zu nennen, nach welcher er bestimmt werden soll, beziehungsweise bestimmt wurde, wozu ein Hinweis auf den entsprechenden Paragraphen dieser Normalien genügt.

Die Angabe des Wirkungsgrades soll sich stets auf die dem normalen Betriebe entsprechende Erwärmung beziehen.

Der Wirkungsgrad ist unter Berücksichtigung der Betriebsart (vgl. §§ 4, 5, 6) anzugeben.

Der Wirkungsgrad ohne besondere Angabe der Belastung bezieht sich auf die normale Belastung.

Die für Felderregung nöthige und im Feldrheostat verlorene Leistung ist als Verlust in Rechnung zu ziehen.

§ 35.

Für Generatoren, synchrone Motoren und Transformatoren ist der Wirkungsgrad unter Voraussetzung von Phasengleichheit zwischen Strom und Spannung anzugeben.

§ 36.

Bei Maschinen mit besonderen Erregermaschinen ist der Wirkungsgrad beider Maschinen getrennt anzugeben.

Methoden zur Bestimmung des Wirkungsgrades.

§ 37.

Die direkte elektrische Methode: Diese Methode kann angewendet werden bei Motorgeneratoren, Umformern und Transformatoren, indem man die abgegebene sowie zugeführte Leistung durch elektrische Messungen ermittelt. Zwecks Verwendung gleichartiger Messinstrumente empfiehlt es sich bei dieser Methode gleichartige Maschinen oder Transformatoren paarweise zu prüfen.

§ 38.

Die indirekte elektrische Methode: Sind zwei Maschinen gleicher Leistung, Type und Stromart vorhanden, so werden sie mechanisch und elektrisch derart gekuppelt, dass die eine als Generator, die andere als Motor läuft. Der Betrieb des Systems erfolgt durch Stromzuführung von einer äusseren Stromquelle aus in der Weise, dass nur die zur Deckung der Verluste nöthige Leistung zugeführt und gemessen wird. Der Betriebszustand der beiden Maschinen ist so einzureguliren, dass der Mittelwerth zwischen der dem Motor zugeführten und der vom Generator abgegebenen Leistung so nahe als möglich gleich ist der normalen Leistung der einzelnen Maschine. Dieser Mittelwerth wird durch Messung bestimmt. Die zur Deckung der Verluste nöthige Leistung kann auch mechanisch zugeführt und elektrisch gemessen werden. Ist bei diesen Messungen Riemenübertragung nicht zu vermeiden, so sind die dadurch verursachten Verluste entsprechend zu berücksichtigen.

Die vorstehend beschriebene Methode ist auch bei Transformatoren anwendbar, sofern dieselben in Bezug auf Leistung, Spannung und Frequenz iden-

tisch sind. Der in etwaigen Hilfsapparaten entstehende Verlust ist sinngemäss zu berücksichtigen.

§ 39.

Die direkte Bremsmethode: Diese Methode ist im Allgemeinen bei kleineren Motoren brauchbar, kann aber für einen kleineren Generator, der sich als Motor betreiben lässt, auch verwendet werden, doch müssen dann die Verhältnisse so gewählt werden, dass die magnetische und mechanische Beanspruchung, Tourenzahl und Leistung während der Prüfung möglichst wenig von den entsprechenden Grössen bei der Benutzung als Generator abweichen.

§ 40.

Die indirekte Bremsmethode: Ist ein Generator bzw. Motor von entsprechender Leistung vorhanden, dessen Wirkungsgrad bei verschiedenen Belastungen genau bekannt ist, so kann dieser als Bremse bzw. Antriebsmotor benutzt werden.

Wird hierbei eventuell eine Riemenübertragung verwendet, so ist der dadurch entstehende Verlust zu berücksichtigen.

§ 41.

Leerlaufsmethode: Bei Leerlauf als Motor wird der Verlust, welcher zum Betriebe der Maschine bei normaler Tourenzahl und Feldstärke in eingelaufenem Zustande auftritt, bestimmt. Dieser stellt den durch Luft-, Lager- oder Bürstenreibung, Hysteresis und Wirbelströme bedingten Verlust dar, dessen Aenderung mit der Belastung nicht berücksichtigt wird. Durch elektrische Messungen und Umrechnungen wird der Verlust durch Stromwärme in Feld-, Anker-, Bürsten- und Uebergangswiderstand bei entsprechender Belastung ermittelt, wobei bezüglich des Letzteren auf die Bewegung und die richtige Stromstärke, bezüglich der Ersteren auf den

warmen Zustand der Maschine Rücksicht zu nehmen ist. Bei asynchronen Motoren können die Verluste im Sekundär-Anker anstatt durch Widerstandsmessungen durch Messung der Schlüpfung bestimmt werden. Ein etwaiger bei normalem Betriebe in einem Vorschaltwiderstand für die Feldwicklung auftretender Verlust ist mit in Rechnung zu ziehen. Diese Methode ist auch sinngemäss für Transformatoren verwendbar.

Die Summe der vorstehend erwähnten Verluste wird als „messbarer Verlust“ bezeichnet. Als Wirkungsgrad wird angesehen das Verhältniss der Leistung zur Summe von Leistung und „messbarem Verlust“.

§ 42.

Hilfsmotormethode: Stellen sich der direkten Ermittlung des Verlustes für Luft-, Lager- und Bürstenreibung, sowie Hysteresis und Wirbelströme in gewissen Fällen Schwierigkeiten entgegen, oder ist eine gleichartige Stromquelle, wie die zu untersuchende Maschine nöthig hat, nicht vorhanden, so kann der Verlust für Luft- und Lagerreibung, sowie für Hysteresis und Wirbelströme durch einen Hilfsmotor festgestellt werden. Die Feststellung des Verlustes für Luft-, Lager- und Bürstenreibung, sowie Hysteresis und Wirbelströme der zu untersuchenden Maschine hat dann dadurch zu geschehen, dass man die dem antreibenden Motor zugeführte Leistung bei normaler Erregung der zu untersuchenden Maschine feststellt und davon die im Hilfsmotor, sowie die in der event. Riemenübertragung entstehenden Verluste abzieht. Die Verluste im Hilfsmotor sind durch Leerlauf des Hilfsmotors bei gleicher Tourenzahl und Spannung wie während des ersten Versuches festzustellen, sowie durch die Belastung hinzukommende Verluste in Feld-, Anker-, Bürsten- und Uebergangswiderstand durch elektrische

Messungen entsprechend den Angaben unter § 41 zu bestimmen. Im Uebrigen ist bezüglich der zu untersuchenden Maschine genau wie in § 41 zu verfahren und ist auch der Wirkungsgrad in gleicher Weise defnirt.

Als Hilfsmotor kann auch die Antriebsdampfmaschine verwendet werden, wenn sie von der Dynamo abkuppelbar ist. Die Ermittlung muss dann in der Weise vorgenommen werden, dass zuerst die Dampfmaschine einschliesslich unbelastetem Generator mit normaler Tourenzahl und Erregung und dann, wieder nachdem die Kuppelung gelöst ist, die Dampfmaschine allein indicirt wird. Die Differenz zwischen beiden ist als Leerlaufverlust für Luft-, Lager- und Bürstenreibung, sowie für Hysterisis und Wirbelströme zu betrachten, wobei auf etwaige gleichzeitig von der Dampfmaschine erzeugte Erregung Rücksicht zu nehmen ist. Wegen der den Leerlaufdiagrammen anhaftenden Ungenauigkeit ist diese Methode mit besonderer Vorsicht zu verwenden.

§ 43.

Indikatormethode: Wird der Generator durch eine Dampfmaschine direkt angetrieben und ist er nicht abkuppelbar, so ist der Wirkungsgrad ohne Rücksicht auf Reibung zu bestimmen. Die bei Leerlauf auftretenden Hysterisis- und Wirbelstromverluste sind bei normaler Tourenzahl und Klemmenspannung mit Indikatordiagrammen derart zu bestimmen, dass die Dampfmaschine bei erregtem und unerregtem Felde indicirt wird. Wird die Erregung von der gleichen Dampfmaschine geliefert, so ist die dafür benöthigte Leistung in Abzug zu bringen. Die verbleibende Differenz wird als der durch Hysterisis und Wirbelstrom bei Leerlauf erzeugte Verlust angesehen, dessen Aenderung mit der Belastung nicht berücksichtigt wird. Durch elektrische Messungen

und Umrechnungen wird der Verlust durch Stromwärme in Feld-, Anker-, Bürsten- und deren Uebergangswiderstand bei Belastung ermittelt, wobei bezüglich des Letzteren auf die Bewegung und die richtige Stromstärke, bezüglich der Ersteren auf den warmen Zustand der Maschine Rücksicht zu nehmen ist. Ein etwaiger bei normalem Betriebe in einem Vorschaltwiderstand für die Feldwicklung auftretender Verlust ist mit in Rechnung zu ziehen. Die Summe der vorstehend erwähnten Verluste wird als „messbarer Verlust“ bezeichnet. Als Wirkungsgrad wird das Verhältniss der Leistung zur Summe von Leistung und „messbarem Verlust“ angesehen. Wegen der den Leerlaufdiagrammen anhaftenden Ungenauigkeit ist diese Methode mit besonderer Vorsicht zu verwenden.

§ 44.

Trennungsmethode: Bei Maschinen, die nur unter Benutzung von fremden Lagern arbeiten können, ist der Wirkungsgrad ohne Rücksicht auf Reibung in folgender Weise zu bestimmen. Der Verlust für Hysteresis und Wirbelströme wird elektrisch festgestellt dadurch, dass die Maschine in ähnlicher Weise wie bei der Leerlaufmethode, als Motor laufend, untersucht wird. Um den Verlust für Luft-, Lager- und Bürstenreibung von dem Verlust für Hysteresis und Wirbelströme trennen zu können, ist in folgender Weise zu verfahren: Die Maschine muss bei mehreren verschiedenen Spannungen mit normaler Tourenzahl in eingelaufenem Zustande untersucht werden und zwar soll man mit der Spannung so weit wie möglich nach unten gehen, jedoch auch Beobachtungswerte bei normaler Spannung und wenn möglich bei 25 % höherer Spannung aufnehmen. Diese Beobachtungswerte sind graphisch aufzutragen und es ist die erhaltene Kurve so zu verlängern, dass der bei der Spannung „Null“ auf-

tretende Verlust ermittelt werden kann. Dieser Werth giebt den Reibungsverlust an und ist von dem bei normaler Spannung beobachteten Leerlaufverlust in Abzug zu bringen. Der Rest ist als Verlust für Hysteresis und Wirbelströme anzusehen, dessen Aenderung mit der Belastung nicht berücksichtigt wird. Die übrigen Verluste sind entsprechend § 41 elektrisch zu ermitteln. Die Summe von Hysteresis- und Wirbelstromverlust, sowie die Verluste durch Stromwärme in Feld-, Anker-, Bürsten- und deren Uebergangswiderstand bei Belastung werden als „messbarer Verlust“ bezeichnet und wird als der Wirkungsgrad das Verhältniss der Leistung zur Summe von Leistung und „messbarem Verlust“ angesehen.

Die Ermittlung des Hysteresis- und Wirbelstromverlustes kann auch mittels Hilfsmotor vorgenommen werden.

Spannungsänderung.

§ 45.

Die Spannungsänderung der Wechselstrom-Generatoren ist anzugeben für normalen Ankerstrom bei induktionsloser Belastung und für ein Drittel des normalen Ankerstromes bei induktiver Belastung, deren Leistungsfaktor 0,3 nicht übersteigt.

§ 46.

Spannungsänderung bei induktionsloser Belastung ist derjenige Spannungsunterschied, den man erhält, wenn man die vollbelastete Maschine (Leistungsfaktor = 1) vollständig entlastet unter Einhaltung der normalen Tourenzahl und der bei Vollbelastung benötigten Erregung.

§ 47.

Als Spannungsänderung bei induktiver Belastung gilt derjenige Spannungsunterschied, den man erhält, wenn man den Ankerstrom abschaltet, ohne Touren-

zahl und Erregung zu ändern. Die Maschine muss vor Abschaltung mit einem Drittel des normalen Ankerstromes bei einem Leistungsfaktor von nicht mehr als 0,3 belastet und so erregt sein, dass sie die normale Klemmenspannung giebt.

§ 48.

Bei Maschinen für induktionslose Belastung braucht die unter § 47 angegebene Spannungsänderung nicht geprüft zu werden. Bei Maschinen für induktive Belastung braucht die unter § 46 angegebene Spannungsänderung nicht geprüft zu werden.

§ 49.

Sollen Gleichstrommaschinen auf Spannungsänderung geprüft werden, so gilt folgendes: Gleichstrommaschinen mit Nebenschlusserregung, mit gemischter Erregung und mit Fremderregung werden ohne Nachregulierung der Erregung von Vollbelastung bei normaler Spannung bis hinab auf Leerlauf bei gleichbleibender normaler Tourenzahl in wenigstens vier annähernd gleichen Abstufungen der Belastung geprüft. Der Unterschied zwischen der grössten und der kleinsten beobachteten Spannung gilt als Spannungsänderung. Bezüglich Verstellung der Bürsten gilt das für den Betrieb Vereinbarte.

§ 50.

Bei Transformatoren ist sowohl der Ohm'sche Spannungsverlust als auch die Kurzschlussspannung bei normaler Stromstärke anzugeben, beides auf den Sekundärkreis bezogen. Der Ohm'sche Spannungsverlust gilt als Spannungsänderung bei induktionsloser Belastung, die Kurzschlussspannung als Spannungsänderung bei induktiver Belastung.

Es ist zulässig, den Versuch bei einer von der normalen nicht allzusehr abweichenden Stromstärke zu machen; die Spannungsänderungen müssen dann aber auf normale Stromstärke proportional umgerechnet werden.

**Erläuterungen zu den Normalien
zur Prüfung von elektrischen Maschinen und
Transformatoren. *)**

Von G. Dettmar, Oberingenieur, Frankfurt a. M.

Die Normalien zur Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren sind bekanntlich auf Anregung des Verfassers hin durch eine Kommission geschaffen worden. Der leitende Gesichtspunkt bei der Ausarbeitung derselben war, dem Handel mit elektrischen Maschinen eine sicherere und gleichmässigere Grundlage zu geben als bisher und zwar hauptsächlich dadurch, dass (mangels besonderer Abmachungen) Festsetzungen über solche Punkte gemacht wurden, deren Beurtheilung gewissermassen Ansichtssache ist, sowie auch dadurch, dass beim Vergleich verschiedener Fabrikate wenigstens die fundamentalen Anforderungen, welche an Maschinen müssen gestellt werden können, gleichmässig sind.

Sobald die Normalien Gültigkeit erlangt und sich eingeführt haben, wird dem Fabrikanten eine grosse Arbeitsmenge erspart, da im Allgemeinen die Grundlagen für Offerten gleichmässiger werden. Bisher wurden bei Ausschreibungen vielfach besondere Bedingungen ausgearbeitet, welche in der Hauptsache das erreichen sollten, was in den vorliegenden Normalien erfüllt ist. Derartige Bedingungen, welche selbstverständlich den persönlichen Ansichten und Erfahrungen desjenigen, welcher dieselben ausgearbeitet hat, entsprechen und infolgedessen (für die

*) Abdruck eines in der „ETZ“ 1901 Heft 25 erschienenen Aufsatzes.

fabricirenden Firmen) immer andere sind, werden nach dem Inkrafttreten der Normalien unnöthig, solange es sich um Anlagen handelt, die nicht allzuweit aus dem Rahmen der Alltäglichkeit fallen.

Ausser dem eben erwähnten Vortheile, dass der Verkauf von Maschinen und Transformatoren ein einheitlicherer und damit ein einfacherer werden wird, erreicht man noch den weiteren, dass die in den Normalien festgelegten Bedingungen, da sie immer wiederkehren, weit genauer vorausbestimmt werden können und man somit weniger der Gefahr ausgesetzt ist, bei erfolgter Lieferung die gestellten Bedingungen nicht einhalten zu können.

Da die Normalien das Interesse der fabricirenden Firmen sowohl, wie auch dasjenige der Abnehmer in vollstem Maasse vertreten, muss es natürlich Sache der fabricirenden Firma sein, nach Möglichkeit dahin zu streben, die Normalien in Anwendung zu bringen, d. h. diejenigen Abnehmer, welche von der Existenz der Normalien nicht unterrichtet sind, auf dieselben hinzuweisen und die Offerten unter Zugrundelegung derselben auszuarbeiten. Für solche Anlagen und Maschinen, welche abnormalen Bedingungen zu genügen haben, wird es natürlich nothwendig sein, besondere Abmachungen zu treffen; dieser Fall ist ausdrücklich in § 1 vorgesehen. Es sollen aber in solchen Fällen die Normalien nicht einfach summarisch ausgeschlossen werden, sondern nur diejenigen Bestimmungen derselben, welche mit den speciellen Anforderungen der Anlage nicht übereinstimmen, jeweilig abgeändert oder für ungültig erklärt werden. Wenn beispielsweise an einer Maschine aus besonderen Betriebsgründen besondere Anforderungen bezüglich der Isolation nothwendig werden, so ist es nicht zulässig, die übrigen Bestimmungen der Normalien gleichfalls nicht in Anwendung zu bringen, sondern es behalten dieselben ihre Gültigkeit, und sind die Bestimmungen bezüglich Isolation oder event. Theile derselben besonders zu vereinbaren.

Die Normalien sind unter Berücksichtigung des vom Verfasser in „ETZ“ 1900 S. 727 gegebenen Materials in mehreren Kommissionssitzungen bearbeitet worden. Um die Wünsche weiterer Kreise kennen zu lernen, wurde der

erste Entwurf an die grösseren Firmen, an verschiedene Vereine und an einzelne hervorragende Fachleute geschickt mit der Bitte um Rückäusserung und Beifügung weiterer Vorschläge. Von diesen ausgesandten Exemplaren gelangten 23 mit Bemerkungen versehen zurück, welche zu einer Neubearbeitung herangezogen wurden. Der so entstandene Entwurf wurde noch zweimal durch Kommissionsberathungen verbessert.

Aus den vorhin erwähnten 23 Exemplaren des mit Bemerkungen versehenen ersten Entwurfes war zu entnehmen, dass eine Reihe von Angaben, welche auf Grund eingehender Kommissionsberathungen festgelegt worden waren, missverstanden worden sind. Verwiesen sei diesbezüglich zum Beispiel auf die Festsetzungen über intermittirenden Betrieb, die fast durchgängig falsch aufgefasst wurden dahingehend, dass alle intermittirenden Betriebe nach diesen Vorschriften gleichmässig behandelt werden sollen. Letzteres war durchaus nicht beabsichtigt, wie sich aus dem weiter unten Gesagten ergibt. Es gab noch eine Reihe von falsch aufgefassten Bestimmungen, welche, ohne die eingehenden Kommissionsberathungen zu kennen, nicht immer verstanden werden konnten. Dies zeigte deutlich, dass es unbedingt nothwendig ist, eingehende Erläuterungen zu den Normalien herauszugeben, um falsche Auffassungen und unbeabsichtigte Schädigungen zu vermeiden.

Definitionen.

Bei den Berathungen zeigte es sich, dass es, um Unklarheiten zu vermeiden, unbedingt nothwendig ist, die in den Normalien vorkommenden Begriffe zu präcisiren, da die Bedeutung der einzelnen Bezeichnungen vielfach eine stark schwankende ist. So werden z. B. Motorgeneratoren vielfach als Umformer oder gar als Transformatoren bezeichnet, andererseits werden Wechselstrom-Transformatoren wiederum auch mit dem Namen Umformer belegt und so fort. Ferner ist bei Drehstrom- und Wechselstrommotoren der Begriff Anker durchaus unbestimmt.

Wenngleich nun diese Definitionen, welche den Normalien vorangestellt sind, in der Hauptsache dafür geschaffen sind, um den Inhalt der Normalien eindeutig zu gestalten, so hoffte die Kommission gleichzeitig den

Sprachgebrauch dadurch günstig zu beeinflussen, dass derselbe sich den hier festgelegten Bezeichnungsweisen anschliessen werde. Letzteres wäre sehr vortheilhaft und wäre es nur zu wünschen, dass die hier festgelegten Bezeichnungen allgemeinen Eingang finden.

Es ist immer misslich, Definitionen für Sachen festzulegen, die schon lange Zeit existiren und für die der Sprachgebrauch verschieden ist, was bei der Beurtheilung der vorliegenden Definition stets berücksichtigt werden muss.

Um Stossbohrer, Magnete u. s. w. von dem Begriffe „Dynamo“ (Generatoren, Motoren u. s. w.) auszuschliessen, wurde als besonderes Kennzeichen hinzugenommen, dass eine Maschine rotiren muss. Damit hat man allerdings Dynamomaschinen mit hin- und hergehender Bewegung, welche man sich denken kann, ausgeschieden. Da diese Maschinen vor der Hand keine praktische Bedeutung haben, so erschien diese Beschränkung vorläufig zulässig.

Der Begriff „Motorgenerator“ ist der am meisten üblichen Benutzung entsprechend so festgesetzt worden, dass derselbe die Vereinigung von einem Motor mit einem Generator darstellt, doch soll selbstverständlich die Vereinigung eines Motors mit 2 Generatoren u. s. f. mit in diese Maschinengattung fallen.

Der Begriff „Umformer“ ist beschränkt worden auf Maschinen mit einem Anker, sodass Maschinen mit einer wie mit zwei und mehr Wickelungen unter diesen Begriff fallen.

Im Allgemeinen ist der Begriff „Anker“ ziemlich eindeutig bestimmt, ausser bei Drehstrom- und Wechselstrommotoren. Hier hat sich leider vielfach die Gewohnheit herausgebildet, den Theil, welchem der Strom vom Netz aus zugeführt wird, als Feld zu bezeichnen, während man den anderen Theil der Maschine Anker nennt. Diese Bezeichnungsweise ist, trotzdem sie fast allgemein verwendet wird, doch durchaus falsch. Man nehme bei einem asynchronen Drehstrommotor den fälschlicher Weise sogenannten Anker heraus und setze dafür ein Magnetsystem hinein (indem man dadurch einen synchronen Motor aus dem asynchronen macht) und man hat eine Maschine, die aus zwei Feldern besteht. Benutzt man die so ent-

standene Maschine, als Generator, so giebt das Feld Strom ab.

Auch ohne den vorgenannten Ersatz des Ankers durch ein Magnetsystem durchzuführen, ersieht man schon, wie fehlerhaft die Benennungen Feld und Anker sind, sobald man den asynchronen Motor übersynchron betreibt. Bekanntlich giebt derselbe dann Strom in das Netz zurück und dieser Strom wird erzeugt im sogenannten Felde. Bei allen anderen Maschinenarten ist die Definition des Ankers, wonach derselbe dadurch charakterisirt ist, dass in ihm elektromotorische Kräfte erzeugt werden, richtig. Auch beim asynchronen Motor ist sie durchaus nicht widersprechend, nur ergeben sich nach dieser Definition für den asynchronen Motor 2 Anker. Zur Unterscheidung der beiden Anker bei asynchronen Motoren empfiehlt es sich, dem Transformator entsprechend die Benennungen „Primär-“ und „Sekundäranker“ zu gebrauchen. Die Bezeichnungen, welche auch vielfach gebraucht werden, „Ständer“ und „Läufer“, sowie „Rotor“ und „Stator“ sind rein mechanischer Natur. Sie werden allerdings auch vielfach zur Bezeichnung der elektrischen Theile verwendet, wobei immer vorausgesetzt wird, dass der Stator dem oben definirten Primäranker und der Rotor dem Sekundäranker entspricht. Da dies aber durchaus nicht immer der Fall ist, so sind die Bezeichnungen „Stator“ und „Rotor“ u. s. w. unzweckmässig.

Die Definition des Transformators ist so gefasst, dass Drosselspulen ausgeschlossen sind.

Bezüglich der Angabe, was unter Uebersetzung zu verstehen ist, waren die Ansichten getheilt, da dieselbe bald für Leerlauf, bald für Volllast angegeben wird. Da man bei ersterer Angabe aber auch direkt das Verhältniss der Windungszahlen hat, so ist dieser Werth zweckmässiger und daher hier gewählt worden. Aus der Spannungsänderung (siehe später) ist ohne Weiteres die Uebersetzung bei Volllast zu erhalten.

Leistung.

Bezüglich der Maschinen für intermittirenden Betrieb herrschen vielfach ganz irrige Auffassungen, sodass auch die vorliegenden Bestimmungen leicht falsch aufgefasst werden könnten.

Es ist vielfach eingewendet worden, dass bei intermittirendem Betriebe die Beanspruchung sehr verschieden ist und infolgedessen wurde die Möglichkeit bezweifelt, Grundlagen für diesen Betrieb festsetzen zu können. Diese Ansicht ist durchaus irrig. Es handelt sich für den vorliegenden Zweck nur darum, zu präzisiren, was man unter einem Motor für intermittirenden Betrieb bei einer bestimmten Grösse zu verstehen hat, und wie man im Stande ist, zu prüfen, ob die versprochene Leistung erreicht wird. Welche Grössen dann für die einzelnen Fälle verwendet werden, hat mit den vorliegenden Festsetzungen nichts zu thun.

Nehmen wir z. B. einen Motor an, welcher nach den vorliegenden Normalien als ein solcher für 20 PS bezeichnet werden kann. Der Motor wird also, wenn er eine Stunde mit 20 PS belastet ist, nicht wärmer als 50 bezw. 70° C (bei Verwendung von Baumwollisolirung) werden. Damit ist natürlich nicht gesagt, dass man stets, wenn man bei intermittirendem Betriebe die Motorleistung zu 20 PS bestimmt hat, dieses so als 20 PS-Motor definirte Modell verwenden wird. Man muss sich bei der Auswahl des zur Verwendung kommenden Modelles eben den Betriebsverhältnissen anpassen, wie aus nachfolgenden Beispielen hervorgeht.

1. Es wird ein Motor gebraucht zum Antrieb eines Lastenaufzuges, der sehr viel im Betriebe ist. Die Belastung des Motors beträgt immer, wenn er im Betriebe ist, 20 PS.

2. Es wird ein Motor gebraucht zum Antrieb des Hubwerkes eines Dreimotorenkrahnes. Der Krahn ist mässig im Betriebe. Die Beanspruchung des Motors ist gleichfalls, wenn er im Betriebe ist, 20 PS.

3. Es wird ein Motor gebraucht für das Hubwerk eines Dreimotorenkrahnes. Der Krahn ist nur sehr selten im Betriebe; er wird höchstens 5 Minuten benutzt und steht mehrere Stunden still. Der Motor wird, wenn er im Betriebe ist, mit 20 PS beansprucht.

Für vorstehende drei Fälle wird man nun selbstverständlich nicht immer denselben Motor verwenden, sondern man wird etwa (die genaue Bestimmung muss natürlich auf Grund einer eingehenden Rechnung vorgenommen werden,

welche beispielsweise an Hand der vorzüglichen Veröffentlichung von Oelschläger, „ETZ“ 1900, S. 1058, bequem durchgeführt werden kann) für den zweiten Fall einen nach diesen Normalien als Motor für 20 PS (bei intermittirendem Betrieb) bezeichneten nehmen. Für den ersten Fall würde man ein grösseres Modell nehmen müssen, z. B. etwa einen solchen, welcher nach vorliegender Vorschrift als 30 PS definiert ist, während man für den dritten Fall ein kleineres Modell verwenden kann, z. B. einen solchen von 12 PS. Bei der Lieferung würden diese Motoren natürlich auch als 30, 20 bzw. 12 PS-Motoren für intermittirenden Betrieb anzugeben sein.

Es ist also auf diese Weise Gelegenheit gegeben, der Eigenart des Betriebes sich anzupassen, trotzdem doch für den Begriff der Leistung, welche angegeben worden ist, feste Grundlagen existiren.

Sollen die vorgenannten drei Motoren geprüft werden, so sind sie selbstverständlich auch der Angabe des Verkaufes entsprechend als 30, 20 bzw. 12 PS-Motoren eine Stunde lang zu prüfen, trotzdem sie für eine Leistung von 20 PS in dem speciellen Falle verwendet sind. Zweckmässig würde man dem Abnehmer dann sagen, dass er für den vorliegenden Fall, wo der Motor mit 20 PS wie vorstehend beschrieben beansprucht wird, ein 30, 20 bzw. 12 PS-Modell verwenden muss.

Bei den Kommissionsberatungen hat sich als unvermeidlich herausgestellt, ausser den bisherigen Begriffen für Dauerleistung und Leistung für intermittirenden Betrieb noch eine dritte Betriebsart zu berücksichtigen, nämlich die kurzzeitigen Betriebe. Es ist dies nicht zu umgehen, wenn man als normalen Betrieb den Dauerbetrieb nehmen wollte, bei welchem die Temperatur nach Erreichung eines stationären Zustandes gemessen wird. Dieser tritt nach etwa zehn Stunden ein. Es giebt nun aber eine ganze Reihe von Betrieben, welche nur 2 bis 3 Stunden dauern, beispielsweise Einzelanlagen für Beleuchtung, bei denen es ausserordentlich unwirtschaftlich wäre, Maschinen für Dauerleistung nehmen zu wollen. Kommt in solchen Anlagen ausnahmsweise eine längere Beanspruchung vor, so ist es immer noch möglich, die Belastung geringer zu nehmen, um dadurch die Maschine vor zu grosser Er-

wärmung zu bewahren. Man ist aber durch die Einführung von Maschinen für kurzzeitige Betriebe in der Lage, in gewissen Fällen mit kleineren Maschinen auszukommen, als dies sonst möglich gewesen wäre.

Temperatur.

Bei Abfassung der vorliegenden Bestimmungen war man sich vollkommen der Thatsache bewusst, dass sehr grosse Maschinen nach 10 Stunden in Bezug auf Temperatur noch keinen stationären Zustand erreicht haben. Man ist dennoch bei der Festsetzung der Stundenzahl von 10 geblieben und zwar aus nachfolgenden Gründen: Eine Zunahme der Temperatur nach der zehnten Stunde dürfte im Allgemeinen nur bei wenigen Maschinen erfolgen, und diese werden dann eine so hohe Leistung haben und derartig grosse Objekte repräsentiren, dass dann wohl besondere Bedingungen aufgestellt werden und somit der erste Theil des § 1 in Anwendung kommt. Die Angabe einer bestimmten Stundenzahl ist aber sehr zweckmässig, da über die Länge der Dauerprobe leicht Meinungsverschiedenheiten zwischen Fabrikant und Abnehmer entstehen können und in solchen Fällen die Abnahmeversuche in unangenehmster Weise verlängert werden könnten. Bei Gleichstrommaschinen würde es ausserdem, wenn man keine bestimmte Stundenzahl festsetzt, nothwendig werden, mehrmals abzustellen, um zu sehen, ob ein stationärer Zustand eingetreten ist. Um alles dies zu vermeiden, wurde eine bestimmte Stundenzahl festgesetzt. Eine Abkürzung für kleine Maschinen wurde dagegen zugelassen, wenn es als durchaus sicher feststeht, dass ein stationärer Zustand früher erreicht wird. Es wäre zwecklos, wollte man eine Dynamo von vielleicht 5 KW Leistung 10 Stunden lang prüfen. Die Normaltemperatur einer solchen Maschine ist mit Sicherheit nach 6 Stunden erreicht, sodass man, wenn man die Probe 7 Stunden durchführt, vollkommen sicher ist, den stationären Zustand erreicht zu haben.

Vielfach wurde noch vorgeschlagen, für kleine, mittlere und grosse Maschinen verschiedene Stundenzahlen für die Dauerproben vorzuschreiben. Dies ergibt jedoch grosse Schwierigkeiten und wurde daher davon abgesehen.

Bei Transformatoren ist die Ermittlung des stationären Zustandes bedeutend bequemer und sicherer durchzuführen, und wurde daher bei diesen vorgeschrieben, die Prüfung solange auszudehnen, bis der stationäre Zustand erreicht ist. Auch sind Transformatoren in der Regel dauernd im Betriebe (wenn auch nicht immer mit voller Belastung), sodass es schon hierdurch sich als zweckmässig erweist, die Temperaturmessung erst nach Erreichung des stationären Zustandes vorzunehmen.

Es sei hier übrigens ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, dass man bei der Messung von Transformatoren u. s. w. mit der Verwendung von Quecksilber-Thermometern ausserordentlich vorsichtig sein muss. Legt man das Thermometer an einer Stelle ein, wo Kraftlinien streuen, so werden durch diese im Quecksilber Ströme erzeugt und dadurch wird das Thermometer eine höhere Temperatur anzeigen, als der Transformator sie besitzt. In solchen Fällen kann das Thermometer wohl dazu benutzt werden, anzuzeigen, wann der konstante Zustand eingetreten ist, jedoch muss, wenn dies der Fall ist, das Thermometer, nachdem der Transformator abgestellt ist, herausgenommen, auf eine etwas niedrigere Temperatur gebracht und dann wiederum zur Vornahme der eigentlichen Messungen an dieselbe Stelle angelegt werden. Ergiebt sich dann ein etwas niedrigerer Werth wie vorher, so ist dieser dann natürlich maassgebend. In solchen Fällen ist die Verwendung von Alkohol-Thermometern vorzuziehen, falls dies mit Rücksicht auf die zu ermittelnden Temperaturen möglich ist.

In manchen Fällen macht die Einführung eines Thermometers Schwierigkeiten, und ist eine Veränderung an der Maschine bzw. am Transformator nothwendig. Eine solche Aenderung muss jedoch so vorgenommen werden, dass dadurch die Temperaturzunahme nicht beeinflusst wird. Von vornherein vorgesehene künstliche Kühlung darf nach § 12 nachgeahmt werden, ausser bei der Prüfung von Strassenbahnmotoren. Diese Bestimmung ist hereingenommen worden, weil die Kühlung während der Fahrt in vielen Fällen nicht erheblich und ausserdem in Bezug auf ihre Grösse schwer kontrollirbar ist.

Bei der Messung der Lufttemperatur und in solchen Fällen, wo keine entschiedene Luftströmung bemerkbar ist,

wurde angenommen, dass die Messung in Entfernung von 1 m von der Maschine vorgenommen werden soll, und zwar in Höhe der Maschinenmitte. Die Entfernung von 1 m wurde gewählt, um Beeinflussung des Thermometers durch direkte Strahlung zu verhindern. Wenn eine Entfernung von 1 m nicht durchführbar ist, so ist es natürlich zulässig, auch in geringerer Entfernung die Messung vorzunehmen, wenn man in der Lage ist, die direkte Strahlung mit Sicherheit zu verhindern.

Bei Verwendung von Thermometern zur Temperaturmessung muss man ausserordentlich vorsichtig sein, dass eine innige Berührung zwischen dem Thermometer und dem zu messenden Maschinentheile stattfindet.

Die in § 15 und 16 enthaltenen Bestimmungen sind von äusserster Wichtigkeit. Es ist darin festgelegt worden, dass Feldspulen, welche mit Gleichstrom erregt werden, durch ihre Widerstandszunahme auf die Temperaturerhöhung untersucht werden, während alle anderen Theile der Maschine mittels Thermometer gemessen werden. Dieser Beschluss wurde lediglich mit Rücksicht auf die bequeme Durchführung der Messungen gefasst. Bei den mit Gleichstrom erregten Feldspulen ist im Allgemeinen der Spannungsabfall derartig, dass er bequem und mit genügender Genauigkeit gemessen werden kann.

Die Durchführung der Messung der mit Gleichstrom erregten Feldspulen vollzieht sich auf diese Weise sehr einfach, indem man am Anfang und am Schluss der Dauerprobe den durch die Feldspulen fliessenden Strom und den an denselben herrschenden Spannungsabfall konstatirt.

Man hat gleichzeitig auch noch einen weiteren Vortheil erreicht, welcher sich aus nachfolgenden Betrachtungen ergibt.

Bekanntlich kann man weder bei Ankern, noch bei Feldspulen die höchste (im Innern) herrschende Temperatur direkt messen (wenn man nicht Hülswickelungen, Thermo-Elemente u. s. w. zu Hülfe nimmt). Bestimmt man die Temperatur durch Thermometermessung, so misst man annähernd die niedrigste, während man mit der Messung durch Widerstandszunahme einen Werth bestimmt, der zwischen den vorgenannten Grössen liegt und welcher hier als mittlere Temperatur bezeichnet werden

soll. Bei Ankern ist nun bekanntlich das Verhältniss von äusserer (geringster) Temperatur zu innerer (höchster) Temperatur im Allgemeinen bedeutend kleiner als bei Feldspulen, da letztere gewöhnlich erheblich grössere Wickelungstiefen besitzen. Würde man also Anker sowohl wie Feldspulen durch Spannungsabfall messen und die gleichen Grenzen für die Temperaturzunahmen zulassen, so würden entweder die Anker zu ungünstig oder die Spulen zu günstig beurtheilt werden. Dadurch nun, dass man bei Spulen nicht die äussere, sondern die mittlere Temperatur feststellt, werden die Verhältnisse ungefähr gleichmässig, sodass man bei gleichen zulässigen Temperaturerhöhungen annähernd auf die gleichen Maximaltemperaturen im Innern kommt.

Der zweite Absatz von § 15 soll sich einerseits auf die Messungen an Ankern, welche in achsialer Richtung beträchtliche Ausdehnung besitzen, und bei denen infolgedessen erhebliche Unterschiede in der Erwärmung an den einzelnen Stellen herrschen können, beziehen, andererseits auch auf Drehstromdynamos und -Motoren, bei welchen unter Umständen die innere Ankerseite infolge der vorzüglichen Kühlung durch das Magnetsystem erheblich kühler sein kann als die äussere Ankerseite. In solchen Fällen ist dann natürlich die letztere zu messen, da der in den Nuten liegende Theil der Ankerwicklung der kühlenden Wirkung nicht ausgesetzt ist und infolgedessen eine Temperatur haben wird, welche mindestens gleich derjenigen der Aussenseite sein dürfte.

Bei der Bestimmung der Temperatur aus der Widerstandszunahme ist angegeben worden, dass der Temperaturkoeffizient des Kupfers, wenn er nicht besonders bestimmt wird (was in der Regel mit Rücksicht auf die damit verbundene grosse Arbeit der Fall sein wird), zu 0,004 anzunehmen ist. Man war sich wohl bewusst, dass diese Angabe theoretisch genommen nicht richtig ist, da der Temperaturkoeffizient kein konstanter Werth ist, sondern von der Lufttemperatur abhängt. Die genaue Formel für den Temperaturkoeffizient ist nach Angaben von Landolt und Börnstein: Temperaturkoeffizient =

$$\frac{0,0041}{1 + \text{Lufttemperatur } 0,0041}$$

Die jahrelangen Erfahrungen in Versuchsräumen mehrerer grosser Firmen haben aber ergeben, dass man mit dem Werthe 0.004 vollkommen durchkommt. Der genaue Werth verursacht viel Umrechnungen, da die Lufttemperatur sich während der Messungen meist erheblich ändert.

Es bedeutet daher eine grosse Vereinfachung, wenn es gemäss den genannten Erfahrungen möglich ist, einen bestimmten Koëfficienten anzunehmen.

Der § 18 enthält die Angaben über die höchsten zulässigen Temperaturzunahmen von allen Maschinen und Transformatoren mit Ausnahme der Motoren für Strassenbahnen. Es wurde ein Unterschied nach der Art der verwendeten Isolationsmaterialien gemacht, was nicht zu umgehen war. Es kann vielleicht eingewendet werden, dass es an den fertigen Maschinen unter Umständen schwer ist zu prüfen, was für Isolationsmaterial Verwendung gefunden hat. Dieser Einwand erscheint jedoch nicht stichhaltig, da die Vornahme derartiger Versuche stets von sachverständiger Seite ausgeführt werden und es dieser in der Regel möglich sein wird, die Natur des Isolationsmaterials zu erkennen. In anderen Fällen müssen von Seiten des Fabrikanten die nöthigen Angaben verlangt werden.

Die Zahlen für die zulässige Temperaturzunahme sind festgelegt unter Berücksichtigung der vorhin erwähnten Verhältnisse von äusserer bzw. mittlerer Temperatur zu Maximaltemperatur, der für die Dauer zulässigen Temperaturen der einzelnen Isolationsmaterialien und unter Annahme einer Raumtemperatur von 35° C. Die letztere Zahl ist ausdrücklich in den Bestimmungen beigelegt worden, um für abnormal hohe Raumtemperaturen gleich einen Anhalt dafür zu geben, um wieviel die zulässige Temperaturzunahme zweckmässig heruntersetzt werden sollte. Letzteres kann natürlich nur Platz greifen, wenn von dem Besteller rechtzeitig und ausdrücklich Angaben über die Raumtemperatur gemacht sind.

Für ruhende Wicklungen sind höhere Werthe für die Temperaturzunahme festgesetzt worden, weil dann die Isolationsmaterialien mechanisch nicht beansprucht werden.

Für Strassenbahnmotoren sind absichtlich höhere Temperaturzunahmen zugelassen worden, und zwar aus

zwei Gründen: erstens, weil von der Nachahmung der Kühlung während der Fahrt bei dem Versuche Abstand genommen werden muss, zweitens, weil man mit Rücksicht auf Platz sowohl, wie auf Gewicht im Allgemeinen gezwungen ist, die Motoren höher zu beanspruchen. Man muss hier einen Kompromiss machen, zwischen Gewicht und Lebensdauer. Die angegebenen Zahlen sollen die höchsten zulässigen Werthe für die Temperaturzunahme darstellen, sodass es unbenommen bleibt, falls Gewicht, bzw. Platz dies gestattet, die Motoren so zu dimensioniren, dass sie sich weniger erwärmen und dementsprechend ihre Lebensdauer eine grössere ist.

Verwendet man Strassenbahnmotoren für andere Zwecke, dann sind die höheren Temperaturzunahmen nicht mehr zulässig, sodass also eine Type beispielsweise für Strassenbahnzwecke einen 20 PS-Motor darstellen, während sie für andere Zwecke und intermittirenden Betrieb verwendet, etwa nur als 16 PS-Motor gelten kann, da im letzteren Falle die Temperaturzunahme nur 50° bei Baumwollisolirung betragen darf. Es ergiebt dies eine kleine Komplikation, doch ist dieselbe insofern nicht von Belang, als im Allgemeinen für Strassenbahnmotoren und für Motoren für intermittirenden Betrieb besondere Typen existiren. Letzteres ist schon meist deswegen der Fall, weil die Befestigungen sowohl, wie die Schmierung bei Strassenbahnmotoren anders sind, wie bei Motoren für stationären Betrieb.

Es sei noch besonders hervorgehoben, dass bei der Prüfung von Strassenbahnmotoren die Handlochdeckel nicht geöffnet werden dürfen, wie dies aus den Bestimmungen des § 12 hervorgeht.

In § 21 ist angegeben, dass dauernd kurzgeschlossene Wicklungen höhere Temperaturzunahmen haben dürfen, als die in den vorhergehenden Paragraphen angegebenen Werthe. Es sind speciell die Wicklungen von Kurzschlussankern und die Dämpferwicklung nach Hutin & Leblanc gemeint. Bei diesen Wicklungen hat eine zu hohe Beanspruchung des Isolirmaterials keine Bedeutung, da eine Ueberanspruchung der Isolation keine Aenderung in der Funktion zur Folge hat. Von dieser Bestimmung darf natürlich auch nur solange Gebrauch gemacht werden, als der eben erwähnte Fall Gültigkeit hat.

Ueberlastung.

Es würde nahe liegen und für die Ausführung von Versuchen bequem sein, die Prüfung bezüglich der Ueberlastungsfähigkeit im Anschluss an die Dauerprobe vorzunehmen. Das könnte speciell bei kleinen Maschinen, bei welchen die Temperatur schnell der Belastung sich anpasst, zu unzulässiger Erwärmung der Maschine führen, welche der praktischen Beanspruchung in den meisten Fällen nicht einmal entsprechen würde. Es ist daher ausdrücklich angegeben worden, dass bei der Ueberlastungsfähigkeit vorausgesetzt ist, dass dieselbe nicht stattfindet zu Zeiten, wenn die Maschine ihre höchste Erwärmung erreicht hat. Es soll daher die Probe auf Ueberlastungsfähigkeit nicht im Anschluss an die Dauerprobe gemacht werden, jedoch ist es zulässig, dieselbe bei Beginn der Dauerprobe durchzuführen. Es wird dadurch Zeit gespart und gleichzeitig der stationäre Zustand bezüglich der Temperatur schneller erreicht.

Natürlich ist es auch zulässig, die Ueberlastungsprobe unabhängig von der Dauerprobe durchzuführen.

Isolation.

Der Isolationswiderstand von Maschinen und Transformatoren hängt bekanntlich nicht nur von dem Zustande derselben ab, sondern auch von der Spannung, mittels welcher er gemessen wird. Es wäre also nothwendig gewesen, bei der Messung des Isolationswiderstandes die Anwendung einer Spannung vorzuschreiben, welche in einem gewissen Verhältnisse zu derjenigen der Maschine bzw. des Transformators steht. Das ergiebt aber für Hochspannungsmaschinen ausserordentliche Unbequemlichkeiten, wenn nicht gar die Unmöglichkeit der Messung. Des weiteren kommt in Betracht, dass die Grösse des Isolationswiderstandes, wenn sie nicht mit einer Spannung gemessen ist, welche mindestens der Betriebsspannung gleichkommt, durchaus nicht geeignet ist, ein richtiges Bild von dem Zustand der Isolation zu geben. Es kann beispielsweise eine Hochspannungsmaschine einen ausserordentlich hohen Isolationswiderstand haben, wenn derselbe mit niedriger Spannung gemessen ist, und doch bei

normaler oder einer nur um wenig höheren Spannung durchschlagen.

Diese Gründe bewogen die Kommission, von der Messung des Isolationswiderstandes überhaupt abzusehen und eine rein praktische Probe bezüglich der „Festigkeit“ der Isolation vorzuschreiben.

Alle Maschinen bzw. Transformatoren müssen mit Sicherheit die normale Spannung aushalten. Da nun aber bei Belastungsschwankungen, plötzlicher Erhöhung der Tourenzahl oder durch Unvorsichtigkeit es leicht vorkommen kann, dass eine höhere Spannung als die normale auftritt, und da diese auch noch mit Sicherheit ausgehalten werden muss, so ist es nothwendig, dass jede Maschine bzw. jeder Transformator eine erheblich höhere Spannung als die normale eine gewisse Zeit muss aushalten können. Es wird auf diese Weise gewissermassen die Festigkeit der Isolation probirt, ohne den Grössenwerth derselben festzustellen.

Da die Isolation im warmen Zustande vielfach erheblich geringer ist als in kaltem, so ist es unbedingt nothwendig, diese vorgenannte Probe im warmen Zustande, und zwar bei der der normalen Belastung entsprechenden Temperatur auszuführen.

Die Isolation wird in den meisten Fällen mit der Zeit abnehmen, ohne dass das Isolationsmaterial gelitten zu haben braucht. Es ist dies darauf zurückzuführen, dass sich allmählich Staub ansetzt und so leicht Brücken gebildet werden, oder aber bei Hochspannungsmaschinen eine geringe Oberflächenleitung eintritt. Es ist daher gefährlich, derartige Proben nach längerem Betriebe zu wiederholen, worauf in den Vorschriften besonders hingewiesen ist. Es kommt ja öfters vor, dass auch nach Ablauf der Garantizeit nochmals Proben vorgenommen werden, und würde es sich empfehlen, in solchen Fällen von einer Prüfung auf Isolirfestigkeit abzusehen. Jedenfalls soll dieselbe nicht ohne Weiteres verlangt werden können.

In den Sicherheitsvorschriften für elektrische Hochspannungsanlagen § 8 c sind Angaben über die Prüfung von Hochspannungswicklungen gegen Erde, gegen Gestell und gegen Niederspannungswicklung enthalten. Es ist in diesen Vorschriften angegeben, dass Wicklungen unter 3000 V

die doppelte Betriebsspannung, Wickelungen über 3000 V eine Ueberspannung von 3000 V aushalten müssen. Nach dem heutigen Stande der Hochspannungstechnik, bei welchem Spannungen von 25 000 bis 30 000 V schon in Verwendung sind, ist eine Ueberspannung von 3000 V entschieden zu wenig. Es würde zwecklos sein, eine Wickelung für 30 000 V mit 33 000 V zu prüfen. Da nun die Angaben der Sicherheitsvorschriften für elektrische Hochspannungsanlagen bezüglich der Prüfspannung unmöglich aufrecht erhalten werden konnten, so wurde auch bezüglich der Prüfzeit im Interesse einer schnelleren Abwicklung der Prüfung von Maschinen und Transformatoren eine Aenderung vorgenommen und die Prüfung jeder Wickelung auf eine halbe Stunde festgesetzt.

Bei der Festsetzung der Prüfungsspannung ist angenommen worden, dass für Wechselstrom annähernd die gleiche Spannungskurve bei der Prüfung auf Isolirfestigkeit Anwendung findet, wie sie bei der Maschine vorhanden ist. Da im Allgemeinen moderne Maschinen besonders spitze oder flache Kurven vermeiden, so dürfte der Unterschied, welcher sich aus der etwaigen Differenz der Spannungskurven ergibt, nicht erheblich sein, sofern eine andere Stromquelle zur Erzeugung des Stromes benutzt wird, als die Betriebsmaschine ist. Man muss in solchen Fällen nach Möglichkeit vermeiden, Hilfsmaschinen mit spitzen oder flachen Kurven zu verwenden. Da es bei Wechselstrommaschinen sich aber meist um Hochspannung handelt und man vielfach Transformatoren zwischenschaltet, so wird man dadurch schon eine Kurvenform erzielen, welche von der sinusförmigen Gestalt nicht erheblich abweicht.

Bei den Angaben in § 30 wurde daher auch, sofern die Prüfung mit anderen Stromarten vorgenommen wird, das Vorhandensein einer Sinuskurve angenommen und dem entsprechend der Zahlenwerth 0,7 bzw. 1,4 eingesetzt.

Magnetspulen mit Fremderregung sind besonders scharf in den Vorschriften behandelt worden. Es ist dies darauf zurückzuführen, dass die Spannung, welche beim Ausschalten entsteht, leicht erhebliche Werthe annimmt und somit die Isolation sehr stark beansprucht ist. Man ist nun allerdings in der Lage, die Entstehung schädlicher Extraspannungen durch Einschaltung von Widerständen vor dem

Ausschalten zu verhindern. Da nun aber derartige Sicherheitsmaassregeln nicht immer angewandt werden, so erschien es zweckmässig, diese Wicklung einer besonders scharfen Prüfung zu unterwerfen. Dies dürfte, selbst wenn man die genannte Methode bei der Ausschaltung anwendet, nicht unangenehm empfunden werden, da man derartige Wicklungen schon so wie so gut isolirt, dass sie stets die dreifache Betriebsspannung aushalten werden.

Wirkungsgrad.

Da die Wirkungsgradbestimmung, sowie die Berechnung desselben sehr viel Arbeit erfordern, würde es bei Wechselstrommaschinen und Transformatoren, deren Phasenverschiebung durch äussere Umstände veränderlich ist, sehr umständlich sein, der jeweiligen Phasenverschiebung entsprechend neue Berechnungen und Messungen anstellen zu müssen. Um derartige Komplikationen und unnöthige Arbeiten zu vermeiden, wurde festgesetzt, dass die Bestimmungen des Wirkungsgrades stets für Phasengleichheit zwischen Strom und Spannung durchgeführt werden soll. Selbstverständlich sind davon Abweichungen zulässig, da nach § 1 ausdrücklich getroffene Vereinbarungen die hier gegebenen Bestimmungen aufheben.

Nach § 33 ist bestimmt, dass die Angaben des Wirkungsgrades sich stets auf die, dem normalen Betriebe entsprechende Erwärmung beziehen sollen. Aus dem Wortlaut geht schon hervor, dass die Bestimmungen nicht unbedingt im warmen Zustande gemacht werden müssen. Falls dem Schwierigkeiten entgegenstehen, ist es zulässig, die Bestimmungen in einem anderen Temperaturzustande zu machen, nur muss dafür gesorgt werden, dass durch Umrechnung in einwandfreier Weise die gemessenen Werthe auf den normalen Temperaturenzustand bezogen werden.

Die Hauptschwierigkeiten, welche der Bestimmung des Wirkungsgrades entgegenstehen, sind zu suchen einestheils in der direkten Kuppelung von Maschinen mit Kraft- bzw. Arbeitsmaschinen, andernteils in der ungenügenden Kenntniss der zusätzlichen Verluste.

Der erstere Umstand ist dadurch begründet, dass bei der direkten Kuppelung es nicht möglich ist, die zugeführte

bzw. abgegebene Arbeit zu bestimmen, ohne dass erhebliche Aenderungen vorgenommen werden. Ferner bestehen vielfach Unklarheiten bezüglich der Vertheilung des Reibungsverlustes. Beispielsweise will bei einer Dampfdynamo weder der Dampfmaschinen- noch der Dynamolieferant die Lagerreibung des bzw. der gemeinschaftlichen Lager übernehmen. Bei Schwungradmaschinen bestehen vielfach Unklarheiten darüber, ob die Luftreibung zur Dampfmaschine oder zur Dynamo gehört. Aus diesen Gesichtspunkten heraus wurde für die Ermittlung des Wirkungsgrades eine wesentliche Unterscheidung insofern eingeführt, als für Maschinen, welche selbstständig arbeiten, d. h., die ohne Zuhülfenahme fremder Lager untersucht werden können, die Reibung zur elektrischen Maschine gehörig betrachtet wurde, während bei Maschinen, die nicht abkuppelbar sind bzw. nicht ohne Zuhülfenahme fremder Lager in Betrieb genommen werden können, die Reibung nicht zur elektrischen Maschine gerechnet wird.

Bezüglich des zusätzlichen Verlustes wurde principiell festgelegt, dass von einer Bestimmung desselben Abstand genommen wird.

Die Kommission hat sich auf den Standpunkt gestellt, nur Festsetzungen darüber zu treffen, was gemessen werden soll, nicht aber darüber, wie die Messungen durchzuführen sind. Es muss dies eben dem die Messungen Ausführenden überlassen bleiben, was um so eher angängig ist, als es sich hier doch stets um Fachleute handeln wird. Es schien aber dennoch nothwendig, auf gewisse Einzelheiten besonders aufmerksam zu machen, um in Fällen, wo verschiedene Ansichten auftreten, feststellen zu können, von welchen Ansichten die Kommission bei Festsetzung der Normalien ausgegangen ist. Dieser Umstand ist es besonders gewesen, welcher die vorliegenden Erläuterungen wünschenswerth machte.

Da die nach den verschiedenen Methoden ermittelten Werthe für den Wirkungsgrad verschieden ausfallen müssen, so ist es unbedingt erforderlich, bei Angabe eines Wirkungsgrades stets die Methode seiner Ermittlung beizufügen. Es ist dies daher ausdrücklich vorgeschrieben worden, da sonst die durch die vorliegenden Normalien erhoffte Einheitlichkeit verloren gehen würde.

Methoden zur Bestimmung des Wirkungsgrades.

Die Bestimmung des Wirkungsgrades ist am einfachsten durchführbar durch die direkte elektrische Methode (§ 37), jedoch nur bei Maschinenarten, welche elektrische Arbeit in elektrische verwandeln, und bei Transformatoren. Diese Methode ist ausserdem nicht immer einwandsfrei. Keinerlei Schwierigkeiten ergeben sich bei Motorgeneratoren und Umformern für Gleichstrom. Hier ist die Messung der zugeführten wie der abgegebenen Arbeit mit grosser Genauigkeit durchführbar, sodass ein einwandsfreies Resultat unbedingt erzielt werden kann. Bei kleineren und mittleren Transformatoren sowie Motorgeneratoren und Umformern für Drehstrom-Gleichstrom, Wechselstrom-Gleichstrom, Drehstrom-Wechselstrom und umgekehrt mit nicht allzu hohen Spannungen ist diese Methode gleichfalls gut. Bei grösseren Maschinen der vorgenannten Art und bei grösseren Transformatoren ergeben sich dagegen vielfach Bedenken bezüglich der Genauigkeit der Messung. Hat die Maschine hohe Spannung, so giebt diese Veranlassung zu Schwierigkeiten in der Ausführung der Messung, hat dieselbe niedrige Spannung, so werden die Stromstärken sehr gross und ist somit die Wattmessung der Wechselstrom- bzw. Drehstromseite ausserordentlich ungenau, da es an zuverlässigen Wattmetern für grosse Stromstärken vor der Hand noch fehlt. In solchen Fällen ist es besser, mittels einer der indirekten Methoden den Wirkungsgrad zu bestimmen.

Die indirekte elektrische Methode (§ 38) ist im Gegensatz zur direkten theoretisch ungenau, während sie den Vorzug besitzt, bei grossen Maschinen bequem durchführbar zu sein, da man dem System nur den Verlust zuzuführen braucht. Die theoretische Ungenauigkeit ergibt sich daraus, dass alle Maschinenarten sich verschieden verhalten, je nachdem, ob sie als Generator oder als Motor betrieben werden. Dagegen ist die Messgenauigkeit bei dieser Methode verhältnissmässig gross, weil die Messfehler nur Procennte der Verluste betragen können und auf das Gesamtergebnisse infolgedessen nur geringen Einfluss haben. Dies bewirkt, dass trotz der erwähnten Unvollkommenheit

diese Methode in vielen Fällen sehr zweckmässig zu verwenden ist.

Die direkte Bremsmethode (§ 39) hat den grossen Vorzug der Einfachheit, lässt jedoch vielfach in Bezug auf Genauigkeit zu wünschen übrig. Insbesondere hängt die Genauigkeit sehr von dem zur Verwendung kommenden Bremszaun ab, auf dessen Konstruktion leider vielfach nicht genügend Rücksicht genommen wird. Die Anwendung dieser Methode ist des Weiteren beschränkt in Bezug auf die Grösse der zu untersuchenden Maschinen, da bei grossen Leistungen die sichere Abführung der in Wärme umgesetzten Leistungen Schwierigkeiten bereitet. Es war sogar vielfach das Bestreben vorhanden, die Bremsmethode mit Rücksicht auf die erwähnten Ungenauigkeiten derselben ganz auszuschliessen, doch wurde davon Abstand genommen, weil dieselbe dem Maschineningenieur so geläufig ist und weil in neuerer Zeit verbesserte Bremsen geschaffen worden sind, welche die Möglichkeit geben, eine grössere Genauigkeit zu erreichen. Es ist daher wünschenswerth, diese verbesserten Methoden mehr einzuführen, als dies bisher der Fall ist.

Auf einen anderen Umstand, welcher bei der Durchführung der Bremsung Anlass zu Fehlern geben kann, soll hier noch ausdrücklich hingewiesen werden. Es liegt in der Natur der Sache, dass die gesammte, von dem zu untersuchenden Motor abgegebene Leistung an der Bremscheibe in Wärme umgesetzt wird. Es kann daher leicht der Fall eintreten, dass die Wärme durch Leitung oder Strahlung auf den Anker, die Magnetspulen u. s. w. übertragen und somit ein falsches Resultat erzielt wird. Nach dieser Richtung hin muss man bei der Durchführung der Bremsmethode vorsichtig sein, was ja aber durch Anwendung einer entsprechenden Kühlvorrichtung leicht möglich ist.

Die in § 40 angegebene indirekte Bremsmethode ergibt vielfach eine grössere Genauigkeit, als die direkte (mechanische) Bremsmethode, sofern man in der Lage ist, die Hilfsmaschine mit der zu untersuchenden Maschine direkt zu kuppeln. Es wurde, da dies nur in wenigen Fällen möglich sein wird, auch die Anwendung von Riemenübertragung zugelassen, doch kommen dadurch

Verluste herein, deren Grösse man nicht genau bestimmen kann. Eine derartige Untersuchung ist immer als ein Nothbehelf zu betrachten, und dürfte es zweckmässiger sein, in solchen Fällen die in § 41 beschriebene Methode anzuwenden.

Bei der Leerlaufsmethode (§ 41) ist angegeben, dass der Verlust, welcher zum Betriebe der Maschine bei normaler Tourenzahl und Feldstärke in eingelaufenem Zustande auftritt, gemessen werden soll. Dies ist selbstverständlich so zu verstehen, dass hier nicht immer direkt die aufgenommenen Werthe eingesetzt werden sollen, sondern, dass die Korrektur unter Berücksichtigung der Joule'schen Verluste in Anker, Bürsten und Uebergangswiderstand, falls solche nothwendig ist, vorgenommen wird. In vielen Fällen wird diese Korrektur sehr unbedeutend sein, doch giebt es auch Fälle, wo dieselbe nicht vernachlässigt werden darf.

Bei der Bestimmung des Joule'schen Verlustes im Uebergang von Bürsten auf Kollektor (bei Gleichstrommaschinen) ist besonders darauf zu achten, dass der Uebergangswiderstand für die beim Leerlauf vorhandenen Stromstärken bestimmt wird. Dies ist sehr wichtig, da die Leerlaufstromstärke im Allgemeinen nur ca. 10% der Stromstärke bei voller Belastung ist und infolgedessen der Uebergangswiderstand bei derselben annähernd 5- bis 7-mal so hoch ist, wie bei der vollen Belastung entsprechenden Stromstärke.

Die Lagerreibung, welche bekanntlich mit der Temperatur stark veränderlich ist, muss vor Beginn der Untersuchung einen konstanten Werth angenommen haben. Bestimmte Zahlen, wann dieser Zustand erreicht ist, können allgemein nicht angegeben werden und hängen dieselben von der Grösse der Lager ab. Man führt daher am besten den Versuch so durch, dass man die Maschine bei konstanter Spannung einlaufen lässt und den Leerlaufstrom während der Einlaufperiode ab und zu beobachtet. Tritt keine Aenderung mehr ein, so ist die Lagerreibung konstant. Im Allgemeinen wird dies nach 3 bis 5 Stunden der Fall sein. Es sei des Weiteren noch darauf hingewiesen, dass es nothwendig ist, das Einlaufen der Maschine mit annähernd derjenigen Tourenzahl vorzunehmen, bei

welcher der Wirkungsgrad bestimmt werden soll. Dies kommt daher, dass die Temperatur des Lagers lediglich von der Tourenzahl der Welle abhängt. Da nun die Reibung sehr stark von der Temperatur abhängt, so ist der Einfluss der Tourenzahl, mit welcher das Einlaufen geschieht, natürlich sehr gross.

Ein weiterer sehr wichtiger Punkt, welcher bei der Aufnahme zu beachten ist, ist bedingt durch den Umstand, dass der Stromverbrauch der leerlaufenden Maschine nicht allein abhängt von dem in der Maschine liegenden Verlust, sondern auch davon, ob bezüglich des im rotirenden Theile aufgespeicherten Arbeitsvermögens Gleichgewichtszustand aufgetreten ist. Wenn beispielsweise bei einer Maschine die Tourenzahl zu niedrig ist und die Erregung behufs Einregulirung auf richtige Tourenzahl geändert wird, so steigt zunächst der Stromverbrauch bedeutend und nimmt allmählich ab, sobald dem Anker so viel Arbeitsvermögen zugeführt worden ist, wie der höheren Tourenzahl entspricht. Bei Maschinen, die grosse Schwungmassen besitzen oder mit dem Schwungrad direkt verbunden sind, kann die Erreichung des Gleichgewichtszustandes längere Zeit in Anspruch nehmen und muss darauf bei der Ablesung sorgfältig geachtet werden.

Die Bürstenstellung soll so sein, wie sie dem funkenfreien Leerlauf der Maschine entspricht. Während der Dauer dieser Messungen darf die Stellung der Bürsten nicht geändert werden. Da der Stromverbrauch bei leerlaufenden Maschinen erfahrungsgemäss ziemlich stark schwankt, so empfiehlt es sich, mehrere Ablesungen zu machen und, sofern dieselben von einander abweichen, den Mittelwerth zu nehmen.

Bei der Bestimmung der normalen Feldstärke ist auf den Spannungsabfall im Anker und Uebergang Rücksicht zu nehmen, sodass bei Generatoren die Untersuchung mit einer entsprechend höheren, bei Motoren mit einer entsprechend niedrigeren Spannung als der Bürstenspannung bei normaler Stromstärke durchgeführt werden muss.

Bei Compound-Maschinen braucht die Compound-Wicklung bei der Untersuchung nicht mit eingeschaltet zu werden, da die Erreichung der normalen Feldstärke ohne Weiteres durch entsprechende Einregulirung der

Nebenschlusswicklung möglich ist. Bei Hauptstrommaschinen ist es nothwendig, eine fremde Stromquelle zur Erregung der Magnete zu benutzen.

Der Uebergangswiderstand ist bekanntlich von der Stromstärke sowohl wie vom Bürstendruck, und unter Umständen auch von der Geschwindigkeit abhängig, sodass die Bestimmung desselben als mit grossen Schwierigkeiten verbunden erscheinen könnte. Es wurde daher auch der Vorschlag gemacht, dieselben dadurch zu vermeiden, dass man eine rechnerische Bestimmung des Uebergangswiderstandes unter Zugrundelegung bestimmter Kurven, etwa der von Prof. Arnold in der „ETZ“ 1899, Seite 5, oder der vom Verfasser in der „ETZ“ 1900, Seite 429, veröffentlichten, zulässt. Dem steht das Ergebniss der Versuche des Verfassers entgegen, wonach die Abhängigkeit des Uebergangswiderstandes von der Geschwindigkeit lediglich gegeben ist durch die mechanische Ausführung des Kollektors. Es hatte sich, wie in der „ETZ“ 1900, Seite 432, angegeben, bekanntlich herausgestellt, dass der Uebergangswiderstand von einer sehr geringen Kollektorgeschwindigkeit an bis zu der höchsten praktisch verwendeten Kollektorgeschwindigkeit vollständig konstant ist, vorausgesetzt, dass der Kollektor gut rund läuft, dass derselbe dagegen stark veränderlich ist, sobald der Kollektor schlägt. Da nun diese Abhängigkeit des Uebergangswiderstandes von der Geschwindigkeit aber bedingt ist durch die Stärke des Schlagens sowohl, wie durch das Gewicht der Bürsten und Bürstenhalter, so ist es nicht möglich, dem in allgemein gültiger Weise Rechnung zu tragen und zwingt somit dieser Umstand, jedesmal die Messung des Uebergangswiderstandes vorzunehmen.

Die Hauptschwierigkeit bei der Messung des Uebergangswiderstandes, vorausgesetzt, dass dieselbe bei Bewegung gemacht wird, was aber unbedingt nothwendig ist, ist bedingt durch die remanente Spannung der Maschine. Verfasser hat nun in der „ETZ“ 1900, Seite 732, eine Methode angegeben, bei welcher die Messung des Uebergangswiderstandes unter normaler Geschwindigkeit bei allen Gleichstrommaschinen mit mehr als 2 Bürstentippen sehr bequem möglich ist, ohne dass Fehler durch die remanente Spannung zu befürchten sind. Man schaltet

2 Bürstenstifte gleicher Polarität parallel hinter einander und schickt so Strom hindurch. Dann wird nur eine Ankerwindung, die ausserdem in der neutralen Zone liegt, vom Messstrom durchflossen, sodass Fehler fast vollständig ausgeschlossen sind. Will man sicher gehen, so kann man noch durch eine zweite Messung mit umgekehrter Stromrichtung einen zweiten Werth für den Uebergangswiderstand finden, und ist der Mittelwerth der beiden vorgenannten vollständig fehlerfrei. Nimmt man diese Messung an einigen Bürstenstiften vor, so geht man sicher, einen Werth für den Uebergangswiderstand zu erhalten, wie derselbe mit grosser Genauigkeit den wirklichen Verhältnissen entspricht. Durch entsprechende Umrechnungen kann man leicht aus den so gemessenen Werthen den Gesamtübergangswiderstand erhalten.

Eine andere vielfach verwandte Messmethode besteht in dem isolirten Aufsetzen einer Bürste, was aber stets mit einer Veränderung der Auflage verbunden ist und somit leicht Ursache grosser Fehler werden kann. Bei Kohlenbürsten ist dieser Umstand ausserordentlich wesentlich, da eine geringe Verstellung den Werth des Uebergangswiderstandes auf das Doppelte und mehr erhöhen kann.

Bei Maschinen mit nur 2 Bürstenstiften ist die Anwendung der vorhin erwähnten Methode natürlich ausgeschlossen. Läuft der Kollektor gut rund, so könnte die Messung bei geringer Kollektorgeschwindigkeit, wie solche durch Drehen von Hand erreicht werden kann, vorgenommen werden. Dabei wird die remanente Spannung nicht gross sein, und kann dann der durch dieselbe entstehende Fehler dadurch ganz beseitigt werden, dass man den Messstrom kommutirt. Man erhält dann wieder 2 Werthe für den Uebergangswiderstand, deren Mittelwerth dem richtigen fast vollkommen entspricht. Läuft der Kollektor nicht gut rund, so muss entsprechend dem oben Gesagten die Bestimmung des Uebergangswiderstandes bei der normalen Kollektorgeschwindigkeit vorgenommen werden. Den störenden Einfluss der Remanenz kann man dann noch dadurch beseitigen bzw. verringern, dass man den remanenten Magnetismus nach Möglichkeit schwächt. Der nicht ganz zu beseitigende Rest kann dadurch un-

schädlich gemacht werden, dass die Messung wieder mit 2 Stromrichtungen durchgeführt wird.

Bei Kohlenhaltern mit sehr grossen Kohlenklötzen erreicht man ein gutes Aufschleifen der Kohlen erst nach längerer Betriebszeit. Da nun derartige Wirkungsgraduntersuchungen vielfach im Probirraum vorgenommen werden, so könnte, da hier eine längere Betriebsdauer nicht immer möglich ist, die Messung des Uebergangswiderstandes leicht zu ungünstige Werthe ergeben. Es ist daher als zulässig erachtet worden, die Bestimmung des Uebergangswiderstandes unter Umständen getrennt von den übrigen Messungen vorzunehmen. Es könnten daher alle anderen Messungen bzw. Untersuchungen im Probirraum durchgeführt werden, während die Messung des Uebergangswiderstandes in der Anlage nach einiger Betriebszeit vorgenommen wird.

Da der Uebergangswiderstand in erheblichem Maasse abhängig ist von der Stromstärke, mit welcher derselbe bestimmt wird, so ist darauf zu achten, dass die richtige Stromstärke bei der Messung angewandt wird. Wird der Wirkungsgrad für verschiedene Belastungen ermittelt, so ist auch der Uebergangswiderstand mit den diesen Belastungen entsprechenden Stromstärken zu bestimmen.

Die Messungen der Widerstände des Ankers, der Magnetspulen u. s. w., müssen natürlich in dem der normalen Leistung entsprechenden warmen Zustande der Maschine geschehen, sodass es am zweckmässigsten ist, die Bestimmung desselben im Anschluss an die Dauerprobe vorzunehmen. Ist dies jedoch nicht durchführbar, so ist es auch zulässig, die Widerstände im kalten Zustande zu bestimmen und die Zunahme durch einwandfreie Umrechnung zu bestimmen.

Bei asynchronen Motoren mit Schleifringen ist der Verlust im Sekundäranker bekanntlich abhängig von dem Widerstand der Verbindungsleitungen zwischen Schleifringen und Anlasswiderstand. Es ist daher vorausgesetzt, dass hier eine den normalen Verhältnissen entsprechende Länge für diese Verbindungsleitungen vorliegt, falls nicht besondere Angaben vorher darüber gemacht waren. Wenn in solchen Fällen der Widerstand in einer abnormal grossen Entfernung aufgestellt ist, so würde das Resultat

zu ungünstig herauskommen. In solchen Fällen ist es zulässig, den Anlasswiderstand für die Wirkungsgrad-Untersuchung in der Nähe des Motors aufzustellen.

Bei Untersuchungen von Wechselstrom- und Drehstrom-Generatoren sowie synchronen Motoren ist die Leerlaufmethode natürlich gleichfalls anwendbar, nur ist bei deren Durchführung darauf zu achten, dass die Erregung jedesmal so eingestellt wird, dass der Stromverbrauch ein Minimum wird, was einer Phasengleichung zwischen Strom und Spannung entspricht.

Die Leerlaufmethode ist auch bei Transformatoren anwendbar. Bei solchen mit grossen Stromstärken, bei denen das Kupfer nicht stark untertheilt ist, muss jedoch berücksichtigt werden, dass bei Belastung Wirbelströme im Kupfer entstehen. Diese müssen auch ermittelt werden. Es kann dies dadurch geschehen, dass man die Jouleschen Verluste bei der richtigen Stromstärke mittels Wattmeter feststellt. In dem so gemessenen Werthe sind dann die Verluste für Wirbelströme im Kupfer mit enthalten. Da Wattmeter für grosse Stromstärken ungenau sind, ist es zweckmässig, dass Wattmeter in die dünnadrätige Wickelung zu legen und die dickadrätige kurzzuschliessen.

Die Hilfsmotormethode (§ 42) ist eine Abänderung der Leerlaufmethode für den Fall, dass die Leerlaufmessung direkt nicht möglich ist. Dies würde z. B. der Fall sein, wenn keine gleichartige Stromquelle zur Verfügung steht.

Dass man bei derartigen Versuchen die Riemenübertragung nach Möglichkeit vermeiden muss, ist selbstverständlich, da die Feststellung des Verlustes durch Steifigkeit des Riemens so gut wie unmöglich ist. Berücksichtigt muss derselbe jedoch werden, sodass nichts anderes übrig bleibt, als denselben zu schätzen. Die Verluste, welche durch Schlüpfung entstehen, sind messbar und müssen natürlich ermittelt werden. Man sollte daher, wenn irgend möglich, den Hilfsmotor direkt kuppeln und Riemenübertragung nur anwenden, wenn diese unvermeidbar ist und andere Methoden sich nicht besser eignen.

Die im Hilfsmotor bei unerregter und erregter Maschine veränderlichen Verluste müssen mit Ausnahme der zusätzlichen Verluste entsprechend berücksichtigt werden. Dadurch wird die Durchführung dieser Methode ziemlich

kompliziert, sodass man dieselbe nach Möglichkeit vermeiden wird. Bequem ist sie jedoch in solchen Fällen, wo an sich 2 Maschinen auf der gleichen Achse sitzen, so z. B. bei Wechselstrommaschinen mit angebautem Erreger. Bezüglich der Ermittlung der anderen Verluste gilt alles dasjenige, was bei der Leerlaufmethode gesagt ist.

Für Dampfdynamos, bei denen die Dynamo mit 2 Lagern versehen und abkuppelbar ist, ist die Bestimmung der Leerlaufverluste mittels Indikator zugelassen worden, indem die Maschine mit erregter Maschine und nach Lösung der Kuppelung ohne die Maschine indicirt wird. Bezüglich des Indicirens sei auf das bei der Indikatormethode später zu erörternde verwiesen.

Bei Maschinen, die ohne Benutzung von fremden Lagern nicht in Betrieb genommen werden können, wird, wie oben schon erwähnt, von der Anrechnung des Reibungsverlustes bei der Wirkungsgradberechnung abgesehen.

Gegen die Indikatormethode (§ 43) sind vielfach Bedenken geäußert worden, und zwar selbst von Seiten der Dampfmaschinentechniker. Andererseits liegen aber auch sehr gute Resultate, welche mit dieser Methode erreicht worden sind, vor, sodass keine Bedenken bestehen, diese Methode zuzulassen. Es ist eben nothwendig beim Durchführen dieser Methode zum Indiciren durchaus sachverständige und geübte Hilfskräfte zu verwenden.

Arbeitet man mit entsprechend abgedrosseltem Dampf, sodass die richtige Füllung erzielt wird, so sind bei genügender Vorsicht mit dieser Methode auch gute Resultate zu erzielen. Jedenfalls ist diese Methode, die zwei Leerlaufdiagramme miteinander in Beziehung setzt, immer noch viel besser, wie die allgemein übliche Methode zur Bestimmung des Wirkungsgrades der Dampfmaschine durch Indicirung bei Leerlauf und Vollbelastung, da hier ganz verschiedene Diagramme mit einander in Verbindung gebracht werden. Die Methode ist für direkt gekuppelte Dampfdynamos unstreitig die einfachste, die denkbar ist.

Bezüglich der anderen Verluste gilt wiederum das bei der Leerlaufmethode Gesagte.

Bei der Trennungsmethode (§ 44) werden die Verluste durch Reibung, Hysteresis und Wirbelströme zusammen

durch Leerlauf ermittelt und dann derjenige für Reibung wieder in Abzug gebracht. Es werden die Leerlaufverluste bei normaler Tourenzahl und bei verschiedener Spannung gemessen, wobei man bezüglich der Spannung soweit wie nur irgend möglich nach unten gehen soll. Trägt man diese so erhaltenen Werthe, welche natürlich entsprechend korrigirt sein müssen, graphisch auf, so kann man durch Verlängerung der Kurve den Verlust ermitteln, welcher auftreten würde, wenn man die Maschine mit Null Volt laufen lassen könnte. Da bei Null Volt aber der Verlust für Hysteresis und Wirbelströme natürlich gleichfalls Null sein muss, so ist der durch Verlängerung der Kurve erhaltene Werth der Verlust für Reibung.

Bezüglich der graphischen Auftragung sei hier auf ein Mittel zur Erhöhung der Genauigkeit hingewiesen. Dieselbe ist gegenüber den Veröffentlichungen in „ETZ“ 1891 S. 515 und „ETZ“ 1899 S. 203, in welchen der Leerlaufverlust als Funktion der Spannung gezeichnet ist, von Dr. Breslauer dahin abgeändert worden, dass der Verlust als Funktion des Quadrates der Spannung aufgetragen wird. Dadurch rücken die Punkte niedrigerer Spannung näher zusammen und man hat die Kurve weniger weit zu verlängern, wodurch die Genauigkeit erhöht wird.

Bezüglich der anderen Verluste gilt wiederum das bei der Leerlaufmethode Gesagte.

Die Trennungsmethode ist übrigens ebenso wie die Leerlaufmethode nicht nur für Gleichstrom verwendbar, sondern auch für Wechsel- und Drehstrommaschinen.

In vielen Fällen wird es zweckmässiger sein, die Hysteresis- und Wirbelströme mittels Hilfsmotor zu bestimmen. Das Wesentliche an der Methode ist eben die Trennung des Reibungsverlustes von dem Verluste für Hysteresis und Wirbelströme, weil der Verlust für Reibung bei „unselbstständigen“ Maschinen nicht in Anrechnung kommen soll. Der Unterschied gegenüber der Hilfsmotormethode liegt in der Ausführung nur darin, dass bei dieser Motor und erregte Versuchsmaschine sowie Motor allein zu messen sind, während bei der Trennungsmethode mit Hilfsmotor Motor mit erregter Versuchsmaschine und Motor mit unerregter Versuchsmaschine gemessen werden.

Spannungsänderung.

Bisher war es üblich, als Charakteristik für das Verhalten der Wechselstrommaschinen im Betrieb den Spannungsabfall anzugeben. Die Bestimmung desselben bei stark induktiver Belastung ist unter Umständen sehr schwierig, da das Feld weggeblasen werden kann. Man hat daher vielfach nicht den Spannungsabfall bei Belastung bestimmt, sondern die Spannungserhöhung bei Entlastung und diesen Werth trotzdem als Spannungsabfall bezeichnet. Dieser Ausdruck ist dann natürlich unlogisch.

Es wurde daher in den Normalien eine andere Ausdrucksweise als die bisherige gewählt und dafür das Wort „Spannungsänderung“ angenommen. Dieses Wort hat bisher keine specielle Bedeutung und konnte daher, ohne eine Verwechslung zu befürchten, gewählt werden. Bei Gleichstrommaschinen für Akkumulatorenladung, welche mit verschiedener Spannung arbeiten, hat man nun allerdings auch eine Aenderung der Spannung, doch wird dieselbe fast durchweg als Spannungsveränderung bezeichnet. Die Verschiedenheit jener Bezeichnungen entspricht auch vollkommen den thatsächlichen Vorgängen, indem die Spannung bei der erwähnten Gleichstrommaschine für Akkumulatorenladung von aussen aus verändert wird, während die Spannung bei der verschieden belasteten Maschine sich von selbst ändert,

Entgegen dem bisherigen Gebrauch, den Spannungsabfall in Procenten anzugeben, ist jetzt vorgeschrieben worden, die Spannungsänderung in Volt anzugeben. Es soll hiermit die Unklarheit beseitigt werden darüber, ob die Angaben des procentualen Werthes sich auf den Anfangs- oder Endwerth beziehen.

Da in den verschiedenen Betrieben die Phasenverschiebung erheblich variirt, und da es ausserordentlich umständlich sein würde, für den jedesmaligen vorkommenden Werth die Spannungsänderung zu ermitteln, wurde hier ein bestimmter Fall vorgesehen, für den dieselbe anzugeben und zu messen ist. Die Maschine soll mit einem Versuchsstrom, dessen Phasenverschiebung nicht über 0,3 sein darf, belastet werden. Auf den Werth des Leistungsfaktors, sofern derselbe nur kleiner als 0,3 ist, kommt es

nicht an, da dadurch an der Spannungsänderung fast nichts geändert wird. Die Abschaltung des Versuchsstromes darf, damit die Tourenzahl konstant erhalten werden kann, langsam vorgenommen werden.

Die Beschaffung eines derartig stark verschobenen Stromes (dessen Leistungsfaktor nicht über 0,3 beträgt) ist in den meisten Fällen durchaus nicht schwierig. Meistens wird man denselben erhalten können dadurch, dass man die angeschlossenen Motoren leerlaufen lässt (die Motoren werden aber wahrscheinlich da vorhanden sein, wo die Bestimmung des induktiven Spannungsabfalles wichtig ist). Eine andere, sehr bequeme Möglichkeit, den stark verschobenen Strom zu beschaffen, ist gegeben, sobald mindestens zwei Maschinen vorhanden sind. Man braucht dann nur diese beiden Maschinen parallel zu schalten und falsch zu erregen derartig, dass die Versuchsmaschine zu stark und die zweite Maschine zu schwach erregt wird. Damit hat man es in der Hand, jede beliebige Phasenverschiebung und Grösse des Stromes zu erzielen.

Es wurde von verschiedenen Seiten vorgeschlagen, das Verhältniss des Kurzschlussstromes bei normaler Erregung zum normalen Strom als Maass für das Verhalten der Maschine bei verschiedener Belastung anzunehmen. Dies ist jedoch nicht richtig und kann eine Maschine mit sehr günstigem Verhältniss von Kurzschlussstrom zu dem Normalstrom doch einen starken induktiven Spannungsabfall haben, wie auch umgekehrt eine Maschine mit ungünstigem Verhältniss von Kurzschluss- zum Normalstrom verhältnissmässig nicht so ungünstig in Bezug auf Spannungsänderung sein kann.

Bei der für Gleichstrom vorgeschriebenen Prüfung kann es zweifelhaft sein, ob man die Bürsten bei verschiedener Belastung verstellen darf oder nicht. Dieser Umstand ist natürlich von ausserordentlichem Einfluss auf die Grösse der Spannungsänderung. Die konstante Einstellung der Bürstenbrücke ist selbstverständlich für alle Maschinen, von denen bei der Lieferung verlangt worden ist, dass sie ohne Bürstenverstellung arbeiten sollen. Es ist dies heute bei Weitem die Mehrzahl. Es giebt aber auch eine Reihe von Anwendungsgebieten, bei denen die Bedingung, dass die Maschine ohne Verstellung der Bürsten arbeitet, keine

erhebliche Bedeutung hat. Bei solchen Maschinen, die infolgedessen ohne Bürstenverstellung nicht funkenfrei arbeiten können, dürfen während der Versuche die Bürsten der Belastung entsprechend eingestellt werden.

Da bei Compoundmaschinen die Spannung bei einer mittleren Belastung eine höhere sein kann als bei Leerlauf und voller Belastung, so ist hier ausdrücklich angegeben, dass als Spannungsänderung die Differenz zwischen der grössten und kleinsten vorkommenden zu nehmen ist.

Bei Transformatoren wurde gleichfalls ein Unterschied zwischen induktionsfreier und induktiver Spannungsänderung gemacht. Die letztere wurde charakterisirt durch die Spannung, welche in der Primärwicklung benöthigt wird, um in der Sekundärwicklung den normalen Strom zu erzeugen. Da man bei Prüfungen, welche in der Anlage vorgenommen werden, es nicht immer in der Hand hat, gerade den richtigen Strom in der Sekundärwicklung entstehen zu lassen, so wurde ausdrücklich bemerkt, dass die Versuche auch mit nicht allzu weit abweichender Stromstärke zulässig sind, wobei man der Ansicht war, dass Abweichungen von $\pm 30\%$ die Grenze bilden sollen.

Verlag von Julius Springer in Berlin und R. Oldenbourg in München.

Vom

VERBAND DEUTSCHER ELEKTROTECHNIKER

sind nachfolgende

Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen
herausgegeben worden:

- | | |
|--|---------------|
| I. Niederspannung (bis 250 Volt) | Preis M. —,50 |
| II. Mittelspannung (250—1000 Volt) | „ - —,50 |
| III. Hochspannung (über 1000 Volt) | „ - —,50 |

Der Einzelpreis von je M. —,50 ermässigt sich bei gleichzeitigem Bezuge von mindestens:

10 Exemplaren einer Ausgabe auf M. —,45
25 - - - - - „ - —,40
100 - - - - - „ - —,35

Ausgabe in Reichsformat (zum Beiheften zu Verträgen etc. geeignet).

100 Exemplare einer Ausgabe für M. 20,—	} weniger als 100 Expl. werden nicht abgegeben.
250 - - - - - „ - 45,—	
500 - - - - - „ - 75,—	
1000 - - - - - „ - 100,—	

Hierzu ist erschienen

Erläuterungen zu den Sicherheitsvorschriften
des

Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Im Auftrage des Vorstandes

herausgegeben von Dr. C. L. Weber, kaiserlicher Regierungsrath.

Dritte vermehrte und verbesserte Auflage.

Kartonirt Preis M. 2,60.

Ferner gab der Verband Deutscher Elektrotechniker heraus:

Anleitung zur ersten Hülfeleistung bei Unfällen
in elektrischen Betrieben.

Der Bezugspreis beträgt bei postfreier Zusendung innerhalb Deutschlands und Oesterreich-Ungarns für die

Ausgabe in Taschenformat:

10 Exemplare	M. —,40.
100	- 3,—.

Ausgabe in Plakatformat auf festem Kartonpapier:

10 Exemplare in Rolle	M. 3,—.
25 - - - - -	- 6,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.