

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 29 (1938)
Heft: 26

Artikel: Die Kennzeichnung der Arbeitsart von Wechselstrommaschinen
Autor: Landolt, M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059428>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 28.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

beträgt. Der Druckluftschalter hat also den gewaltigen Vorteil kleiner Eigenzeit und löst zusammen mit schnellwirkenden Selektivrelais das Stabilitätsproblem. Durch ihn wird es also möglich sein, die Ausdehnung einer Störung auf den betroffenen Netzteil zu beschränken und die Auswirkung und den damit verbundenen Schaden auf ein Minimum zu reduzieren. Fig. 2 gibt einen Begriff vom Einfluss der Abschaltzeit. Auf einer improvisierten Freileitung wurde künstlich ein Kurzschluss eingeleitet. Dieser wurde unter dem Einfluss von momentan wirkenden Maximalstromrelais, einmal mit einer Schaltereigenzeit von 0,06 s (linke Hälfte des Bildes) und einmal mit einer solchen von 0,12 s (rechte Hälfte des Bildes) abgeschaltet. Während sich bei der kurzen Eigenzeit der Druckluftschnellschalter der Lichtbogen nicht einmal richtig ausbilden kann, beginnt er schon gefährlich zu werden und zu wandern, sobald die Eigenzeit grösser wird.

Man hört hie und da die Behauptung, der Druckluftschalter sei den anderen Schaltern gegenüber im Nachteil, weil er die Energie für die Lichtbogenlöschung nicht selbst erzeuge, also vom Vorhandensein der Druckluft abhängig sei. Dazu ist zu sagen, dass Druckluftherzeugungsanlagen mindestens ebenso betriebssicher sind wie beispielsweise Akkumulatorenbatterien. Dabei spielt es gar keine Rolle, ob die Anlage bedient ist oder nicht. Schliesslich laufen in Kühltürmen Kompressoren zu Millionen ohne Wartung. Was die Betriebssicherheit und Betriebsbereitschaft anbetrifft, so muss diese als eine der vollkommensten angesprochen werden, sonst wäre die Druckluft im Bahn- und Bergwerkbetrieb, wo es doch in erster Linie auf Sicherheit ankommt, nicht schon seit Jahrzehnten verwendet worden. — Wir wollen uns aber trotzdem darüber Rechenschaft geben, was passieren würde, wenn die Druckluftzufuhr aus irgendeinem Grunde aufhören würde und die Druckluft im Schalterbehälter trotz Rückschlagventil entweichen könnte. In einem solchen Falle blockiert ein Druckwächter jede Art der Steuerung, so dass bei Kurzschluss der Schalter nicht auslösen würde. Damit ist aber noch nichts Gefährliches passiert. Es wird in der Staffelfolge der nächstfolgenden Schalter abschalten und die Störung ist mit einem Versager eines Schutzrelais vergleichbar. Würde ein Oelschalter bei Oelmangel abschalten, so bestände eine weit grössere Gefahr.

Diese und ähnliche Ueberlegungen führen ganz unzweideutig zur Erkenntnis, dass der Druckluftschalter der Schalter der Zukunft ist. Die Vorteile sind derart überzeugend, dass seine Anwendung in ausnahmslos sämtlichen Hochspannungsschaltanlagen sowohl für Innenraum wie für Freiluft gerechtfertigt ist.

Schlusswort¹⁾ des Referenten: Herr Walty wirft in seinem Votum die für den Bau von Schaltanlagen ausserordentlich wichtige Frage der Abgrenzung der Verwendungsgebiete von ölarmen- und Druckluftschaltern auf. Da sie uns beschäftigt, seitdem wir den Bau dieser beiden Schalterarten aufgenommen haben, d. h. seit über 5 Jahren, möchte ich nicht unterlassen, zu seinen Ausführungen Stellung zu nehmen.

Herr Walty bezeichnet den Druckluftschalter als «den Schalter der Zukunft für ausnahmslos sämtliche Hochspannungsschaltanlagen, sowohl für Innenraum wie für Freiluft». Ich muss sagen, dass wir zu andern Schlussfolgerungen kommen; eine leichte Aenderung in der Verteilung von Licht und Schatten führt gewiss zu einer etwas vorsichtigeren Beurteilung der Zukunft.

¹⁾ Nachträglich schriftlich eingereicht.

Jede der beiden Schalterarten hat nämlich ihre Vorteile: Sind beim Druckluftschalter die möglichen Folgen einer Störung weniger gefährlich, indem Brand und Explosion praktisch ausgeschlossen sind, so bedingt die Verwendung von Druckluft notwendigerweise einen komplizierten Mechanismus des Schalters (Ventile usw.) und die Verwendung einer automatischen Steuerung (Druckluftherzeugungsanlage). Der ölarme Schalter dagegen kann einen insbesondere auch mechanisch beispiellos einfachen Aufbau erhalten. Daraus ergibt sich, dass beim Druckluftumschalter eher Störungen zu erwarten sind und dass er eine sorgfältigere und fachkundigere Wartung verlangt, dass beim einfachen und robusten ölarmen Schalter dagegen weniger Störungen erwartet werden dürfen, dass er weniger Wartung verlangt, dass aber Störungen schwerere Folgen haben können.

Allerdings sind diese Folgen wegen des geringen Oelvolumens mit denjenigen am klassischen Oelschalter in keiner Weise zu vergleichen. Im übrigen sind wir der Meinung, dass in Anbetracht der Betriebssicherheit moderner Schalter die Gefahrfrage nicht mehr dieselbe Rolle spielt, wie noch vor 10 Jahren.

Als wesentlichen Vorteil scheint Herr Walty die kurze Eigenzeit des Druckluftschalters hervorheben zu wollen («0,05 ... 0,06 s gegenüber 0,12 s beim ölarmen Schalter»). Dazu möchte ich bemerken, dass der im Referat beschriebene Oelstrahlschalter eine Eigenzeit von 0,08 s (wovon 0,04 s Lichtbogendauer) aufweist, welche ohne weiteres auf 0,07 s heruntergesetzt werden könnte, wenn es verlangt würde (was übrigens bis jetzt nie der Fall war). In bezug auf die Lösung der Stabilitätsfrage besteht also kein grundsätzlicher Unterschied zwischen Oelstrahl- und Druckluftschalter.

Was die Bilder anbelangt, so ist uns ihre Bedeutung nicht klar. Fig. 1 soll 1 Liter brennendes Oel darstellen. Ein Lichtbogenüberschlag an einem beliebigen Oel- oder Druckluftschalter würde doch ganz gleich aussehen. — Fig. 2a bezieht sich auf Verhältnisse, welche nur im Versuchsraum, nicht aber im praktischen Betrieb vorkommen, indem nämlich momentan wirkende Relais verwendet wurden, im Gegensatz zum Betrieb, wo nach Angabe von Herrn Walty auch die besten Selektivrelais 0,05 s benötigen. Zusammen mit der Eigenzeit des Schalters (0,06 s) ergeben sich 0,11 s, also nicht die in Fig. 2a, sondern ungefähr die in Fig. 2b dargestellten Verhältnisse. Zudem beträgt, wie gesagt, der Unterschied zwischen Druckluftschalter und Oelstrahlschalter bei den heutigen Konstruktionen nicht 0,06, sondern 0,01 bis 0,02 s.

Unsere Erfahrungen beim Verkauf der beiden Schalterarten haben gezeigt, dass für Innenanlagen die angeführten Eigenschaften die Wahl der Betriebsleute zwischen den beiden Schalterarten im einzelnen Falle weitgehend bestimmen: Druckluftschalter an Orten, wo geschultes und spezialisiertes Personal ohnehin zur Verfügung steht, Oelstrahlschalter dort, wo auf Einfachheit des Betriebes Wert gelegt wird.

Gar nicht einig gehen können wir mit Herrn Walty, wenn er den Druckluftschalter auch für Freiluftanlagen empfiehlt. Gerade hier sind einfache Schalter am Platze. Die Verwendung von Druckluft würde wegen der bei den starken Temperaturschwankungen auftretenden Kondensation, welche im Winter noch von Eisbildung begleitet sein kann, zusätzliche Schwierigkeiten elektrischer (Kriechwege) und mechanischer Art (Antriebe) schaffen. Dieselben könnten unserer Ansicht nach nur dann in Kauf genommen werden, wenn ihnen Vorteile gegenüberstehen würden. Nun verlieren aber die Vorteile des Druckluftschalters (grössere Gefährlosigkeit bei schweren Störungen) bei Freiluftaufstellung ihre Bedeutung.

Die Kennzeichnung der Arbeitsart von Wechselstrommaschinen.

Referat, gehalten an der Kurzvorträge-Veranstaltung des SEV vom 9. Juli 1938 in Freiburg,
von M. Landolt, Winterthur,
und Diskussion.

(Der Vortrag wurde im Bull. SEV 1938, Nr. 21, S. 581, veröffentlicht, siehe dort.)

Diskussion.

Der Vorsitzende verdankt das Referat bestens. Die Formulierungen des Referenten sind für den Betrieb und auch für die Maschinenkonstrukteure sehr wertvoll, und es ist zu wünschen, dass die Diskussion der vorgeschlagenen Bezeichnungsart bald zu einer sicher nützlichen Norm führt.

Herr F. Häberli, Brown, Boveri & Cie. A.-G., Baden: Herr Prof. Landolt basiert seine Kennzeichnung nicht auf einer symbolischen Darstellung von Strom und Spannung im Vektordiagramm, auch nicht auf einer sogenannten Voreilung oder Nacheilung des Stromes gegenüber der Spannung. Seine Kennzeichnung beruht auf realen Grössen, nämlich der Wirk-

leistung und Magnetisierungsleistung und ihrer Richtung. Dadurch wird seine Kennzeichnung *klar und eindeutig*. Dies sind Eigenschaften, die ausschlaggebend sein sollten bei der geplanten Festlegung der Kennzeichnung.

Der Vorschlag hat trotzdem nach meinem Gefühl einen Schönheitsfehler. Die Richtung der *Wirkleistung* soll ausgedrückt werden durch den *Namen* des betrachteten Objektes (Generator, Motor), die Richtung der *Magnetisierungsleistung* durch eine zusätzliche Bezeichnung am $\cos \varphi$ (Pd = Produzent, Cs = Konsument von Magnetisierungsleistung).

Es scheint mir, es wäre klarer und sauberer, wenn die Richtung *beider* Leistungen an einer Stelle zusammen mit dem Ausdruck ihrer relativen Grösse, dem $\cos \varphi$, gegeben würde.

Das Kennzeichen könnte also z. B. folgendermassen aussehen:

$\cos \varphi = 0,8 \text{ M Cs}$ oder $\cos \varphi = 0,8 \text{ G Pd}$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{M für Motor} \\ \text{G für Generator} \end{array} \right.$

Dadurch wären alle relativen Kennzeichen beieinander, während die Absolutwerte durch Herbeiziehen der kVA- oder kW-Zahl gewonnen werden. Diese Bezeichnungsart ist nun aber ein bisschen überladen. Sie bedingt ferner die Definition von 4 Zeichen, G, M, Pd, Cs, und natürlich auch die Memorisierung dieser Zeichen.

Es gibt nun aber 2 internationale Zeichen, die an Stelle obiger 4 Zeichen für unsern Zweck vorzüglich verwendbar sind und die sofort von jedermann verstanden werden, ohne dass eine Definition nötig ist. Dies sind die Zeichen «Plus» und «Minus».

Es bedeute also: «Plus» immer Leistungsabgabe,

«Minus» immer Leistungsaufnahme, und zwar sowohl für *Wirkleistung* als auch für *Magnetisierungsleistung*.

Wir hängen also 2 algebraische Vorzeichen hinten an den $\cos \varphi$ und vereinbaren, dass das *erste* immer für die *Wirkleistung*, das *zweite* immer für die *Magnetisierungsleistung* gilt. Dadurch haben wir eine Kennzeichnung, die ohne weitere Definition sozusagen intuitiv verständlich ist, bei der alles Zusammengehörige beieinander ist, die genügend einfach und absolut eindeutig ist und deren Deutung man mit dem besten Willen nicht vergessen kann. Die + und - können auch dem $\sin \varphi$ beigelegt werden, falls statt des Cosinus der Sinus angegeben wird.

In der beigelegten Tabelle ist unter II die Kennzeichnung für die verschiedenen Arbeitsarten angegeben. Die Rubrik I gibt die Kennzeichnung nach Prof. Landolt.

Kennzeichnung der Arbeitsart eines Wechselstrom-Zweiges.

		I	II	
1	Ohmscher Widerstand	$\cos \varphi = 1$	$\cos \varphi = 1 (-)$	$\sin \varphi = 0 (-)$
2	Asyn.-Motor Syn.-Motor Unter-E.	$\cos \varphi = 0,7 \text{ Cs}$	$\cos \varphi = 0,8 (-)$	$\sin \varphi = 0,6 (-)$
3	Drosselspule	$\cos \varphi = 0 (\text{Cs})$	$\cos \varphi = 0 (-)$	$\sin \varphi = 1 (-)$
4	Syn.-Gener. Unter-E.	$\cos \varphi = 0,7 \text{ Cs}$	$\cos \varphi = 0,8 (+)$	$\sin \varphi = 0,6 (+)$
5	Syn.-Gener. reine Wirk-Leist.	$\cos \varphi = 1$	$\cos \varphi = 1 (+)$	$\sin \varphi = 0 (+)$
6	Syn.-Gener. Ueber-E.	$\cos \varphi = 0,7 \text{ Pd}$	$\cos \varphi = 0,8 (+)$	$\sin \varphi = 0,6 (+)$
7	Kondensator	$\cos \varphi = 0 (\text{Pd})$	$\cos \varphi = 0 (+)$	$\sin \varphi = 1 (+)$
8	Syn.-Motor Ueber-E.	$\cos \varphi = 0,7 \text{ Pd}$	$\cos \varphi = 0,8 (-)$	$\sin \varphi = 0,6 (+)$

+ Leistungs-Abgabe
- Leistungs-Aufnahme

1. Zeichen: Wirk-Leistung
2. Zeichen: Magn. Leistung

SEV 7263

Die geschilderte Kennzeichnung kann angewendet werden für irgendeinen elektrischen Wechselstromzweig, der Leistung aufnimmt oder abgibt, oder selbst für eine Summe von Leitungen oder Stromerzeugern. Sie hat aber keineswegs den Zweck, immer und überall angewendet zu werden, wenn ein $\cos \varphi$ mitgeteilt wird. Man wird sie gebrauchen, wo die genaue Angabe der Art der elektrischen Belastung nützlich oder nötig ist. Sie kann angewendet werden in schriftlicher oder mündlicher Mitteilung.

Ist sie einmal eingeführt und gebräuchlich, so wird sie im Leser oder Hörer, wenn er ihr begegnet, rasch und leicht die richtige Vorstellung des Belastungszustandes auslösen. Sie eignet sich auch zur Angabe auf Leistungsschildern¹⁾.

Herr A. Kleiner, Generalsekretär des SEV und VSE, Zürich: Die von Herrn Landolt angeschnittene Frage ist für den ganzen Netzbetrieb von grundlegender Wichtigkeit. Die Bezeichnungsart von Wirk- und Blindleistung muss so einfach sein, dass sie auch der beschränkteste Maschinist klar erfasst, so dass nie Missverständnisse entstehen können. Der Vorschlag Landolt würde diese Forderung erfüllen. Im Oberhasli-Werk wurde seinerzeit, um die Verhältnisse für den Betrieb klarzustellen, ein Diagramm aufgestellt, siehe Bull. SEV 1930, Nr. 22, S. 743, das sich im Betrieb voll bewährte. Im ganzen Kraftwerk Oberhasli ist kein einziger $\cos \varphi$ -Zeiger zu sehen. Es dürfte interessieren, vom jetzigen Betriebsleiter die späteren Erfahrungen mit diesem System zu hören.

Herr F. Aemmer, Kraftwerke Oberhasli A.-G., Innertkirchen: In den fünf Jahren, die seit den von Herrn Kleiner mitgeteilten Erfahrungen verflossen sind, hat sich das von ihm eingeführte System voll bewährt. Allerdings braucht man das Diagramm nicht mehr, da die angeschlossenen Werke dasselbe System übernommen haben.

Schlusswort des Referenten *): Es freut mich, dass Herr Haerberli meinem Vorschlag in der Hauptsache zustimmt, nämlich darin, dass zur Kennzeichnung der Arbeitsart auf die Aufnahme und die Abgabe der Wirk- und der Blindleistung abgestellt werden soll.

Zu dem Schönheitsfehler, den Herr Haerberli an meinem Vorschlag sieht, bemerke ich folgendes: Ich möchte zwar die Richtung der Wirkleistung durch die Namen Motor (Abkürzung: Mot. allenfalls: M) und Generator (Gen, G) ausdrücken, die die Maschine hinsichtlich der Wirkleistung führt. Ich schlage aber vor, ganz entsprechend (siehe Fig. 3) die Richtung der Blindleistung durch die — allerdings neuen — Namen Produzent (Pd) und Konsument (Cs) auszudrücken, die der Maschine hinsichtlich der Blindleistung zukommen sollen. — Dann, wenn es sich darum handelt, auf einer mit einem Leistungsschild versehenen Maschine auch die Arbeitsart anzugeben, dürfte es meines Erachtens genügen, wenn man in dem für den Zahlenwert des Leistungsfaktors reservierten Feld noch die Bezeichnungen Pd oder Cs hinzufügt. Ueber die Richtung der Wirkleistung besteht in solchen Fällen wohl kaum ein Zweifel.

Von der von Herrn Haerberli vorgeschlagenen Bezeichnung möchte ich aus folgenden Gründen abraten: Ganz allgemein setzt man voraus, dass bei einem Ohmschen Widerstand Klemmenspannung und Strom in Phase sind. Für einen solchen Widerstand wird also $\varphi = 0$ und damit $\cos \varphi = (+) 1$. Die von einem Stromverbraucher aufgenommene Leistung berechnet man nach der Formel $P_w = UI \cos \varphi$. Da U und I als Effektivwerte nur positiver Werte fähig sind, richtet sich das Vorzeichen von P_w nach dem Vorzeichen von $\cos \varphi$. Für den Ohmschen Widerstand wird somit P_w positiv. Dabei handelt es sich hier um eine Aufnahme von Wirkleistung, der Herr Haerberli das *negative* Vorzeichen zuordnen will. Auch sein Standpunkt lässt sich begründen. Bei der Blindleistung können ebenfalls sowohl für die von Herrn Haerberli angegebenen, als auch für die entgegengesetzte Zuordnung der Vorzeichen gute Gründe angegeben werden.

¹⁾ Der vorliegende Vorschlag steht unter der Voraussetzung, dass die Bezeichnung $\cos \varphi$ für den Leistungsfaktor beibehalten wird. Ob eine präzisere Unterscheidung zwischen Leistungsfaktor (mit einer neuen Bezeichnung, z. B. « λ ») und «Verschiebungsfaktor» ($\cos \varphi$) eingeführt werden soll, ist eine Frage für sich.

*) Nachträglich schriftlich eingereicht.

Welche Vorzeichen sich nach den Gleichungen $P_w = UI \cos \varphi$ und $P_b = UI \sin \varphi$ für die Wirk- und die Blindleistung bei Aufnahme und Abgabe einstellen, hängt ab von den für Klemmenspannung und Strom gewählten Bezugssinnen und davon, welchen Winkel man unter der Phasenverschiebung verstehen will. Das sind aber Dinge, die man nicht alle-

mein festsetzen kann. Die Folge davon ist, dass auch die Frage des Vorzeichens der Wirk- und der Blindleistung offen bleiben sollte.

Darüber, was sich für den Sprachgebrauch besser eignet, sind Herr Haerberli und ich offenbar entgegengesetzter Meinung. Hier könnten nur Beispiele Klarheit bringen.

Die schwingungsfreie Petersenspule und ihr Aufbau.

Referat, gehalten an der Kurzvorträge-Veranstaltung des SEV vom 9. Juli 1938 in Freiburg,
von J. Kristen, Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich-Oerlikon,
und Diskussion.

621.316.935.2

Nach einem Ueberblick über die Konstruktionen von Erdschluss-Spulen und die Forderungen, die an sie gestellt werden müssen, wird eine durch Regulierschalter regulierbare Erdschluss-Spule beschrieben, die bei keiner Regulierung offene Wicklungsenden aufweist.

Après un aperçu des diverses constructions de bobines d'extinction et des conditions qu'elles doivent remplir, l'auteur décrit une bobine réglable par commutateur qui ne présente en aucune position de réglage des bouts morts.

Mit dem Zusammenschluss der Kraftwerke ist das Erdschlussproblem zu einer der brennendsten Fragen der Betriebsführung geworden; nach verschiedenen tastenden Versuchen hat 1916 Petersen durch die Erfindung eines ganz neuen Prinzips mit einem Schlage das ganze Problem in eigenartiger Weise gelöst. Dieses Prinzip bestand in der Aufhebung der kapazitiven Kopplung der Kraftsysteme einerseits gegen Erde mittels der Erdschlusspule, anderseits verschiedener Kraftsysteme untereinander mittels der Querspule. Diese Erdschlusslöschung hat sich in Europa, wo der isolierte Betrieb der Netze die nötigen Vorbedingungen gab, sehr schnell und mit grossem Erfolg durchgesetzt; während Amerika wegen der dort üblichen Nullpunktserdung nur zögernd nachfolgte.

Heute kann als unbestritten gelten, dass in Netzen, die mit Erdschlusspulen geschützt sind, die weitest häufigsten Erdfehler als kurzer Ueberschlag an der Anlage vorübergehen; die Rückzündungen des aussetzenden Erdschlusses und dessen Ueberspannungen sind unterdrückt; die Aufhebung des Stromes an der Fehlstelle verhindert Abbrennen von Leitungen, Isolatoren und Einbrennen von Entladungsbahnen und Uebergreifen des Erdschlusslichtbogens auf die gesunden Phasen mit Einsetzung eines Kurzschlusses. Bei Dauererdschluss kann der Betrieb erhalten bleiben und so Zeit gewonnen werden für Eingrenzung der Fehlstellen und anderweitigen Dispositionen. Die Generatoranlagen erfahren keine einphasigen Belastungen, es fallen fort Störungen durch Oberwellen und die gefährlichen Schrittspannungen an der Erdschlussstelle werden aufgehoben; die Stabilität grösserer Anlagen erfährt eine wesentliche Erhöhung.

Das Petersensche Prinzip ist durch die Jahre unangetastet geblieben, nur die Betriebsweise desselben hat eine Korrektur erfahren, z. B. durch die Maschinenfabrik Oerlikon betreffend die Querspule, wobei sich diese Korrektur lediglich auf die Spannungsverlagerungen im stationären Betrieb bezieht. Grössere Wandlungen hat der konstruktive Aufbau der Erdschlusspulen erfahren, hauptsächlich ist die Forderung der Regulierbarkeit hinzuge-

kommen, um die Löschwirkung der Erdschlusspulen den verschiedenen Netzkonfigurationen anzupassen.

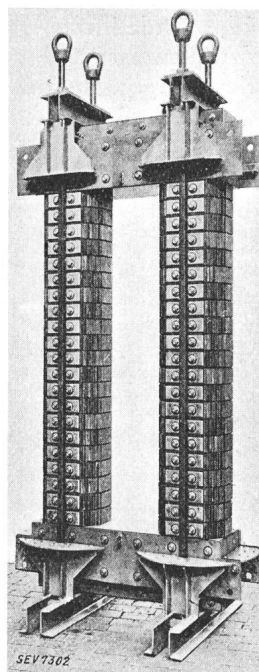


Fig. 1.
Eisenkörper einer
5650-kVA-Oerlikon-Erdschlusspule.

Der konstruktive Aufbau weicht in gewissen Punkten stark ab vom Transformatorbau. Der Eisenkern (Fig. 1) ist in den Säulen durch relativ kleine Luftspalte stark unterteilt; der einzelne Luftspalt darf nicht zu gross gemacht werden, um einerseits zu verhindern, dass die magnetischen Kraftlinien nicht weit hinausgedrängt werden und in benachbarten metallischen Teilen, z. B. Wicklungen, Pressbolzen usw. Zusatzverluste auslösen, anderseits um den Kraftfluss nicht über die Flachseiten der Bleche herauszupressen und zu grosse Zusatzverluste, speziell in den Deckblechen zu verursachen. Die Zusammenpressung der Bleche erfolgt über zwei Avional-Platten durch zwei Bolzen;

die Höhe der einzelnen Blechpakete wird so klein wie noch konstruktiv zulässig gehalten; meist beträgt sie 70 bis 80 mm. Die Distanzierung der einzelnen Blechpakete erfolgt durch Isolierplatten. Hierdurch ergäbe sich eine isolierte Aufschichtung, so dass kapazitiv von der einseitig geerdeten Drosselspulenwicklung eine Aufladung erfolgen könnte; durch Ableitungen wird jedoch ein Potentialausgleich zu den Jochen bewirkt. Die so aufgebauten Säulen werden mittels Bronzezugstangen mit den Jochen fest verspannt.

Den wichtigsten Teil der Erdschlusspule bildet die Wicklung. Schwierigkeiten bietet für den Konstrukteur der meist grosse, geforderte Regelbereich. Wird z. B. eine Einstellbarkeit des Drosselspulen-