

Die Sicherheit unserer Stromversorgung, ein Querschnitt durch den Starkstrom-Apparatebau

Autor(en): **Puppikofer, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **105/106 (1935)**

Heft 13: **Schweizer Mustermesse Basel, 30. März bis 9. April**

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-47411>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die Sicherheit unserer Stromversorgung, ein Querschnitt durch den Starkstrom-Apparatebau.

Von Oberingenieur H. PUPPIKOFER, Zürich-Oerlikon.

Der beispiellose Aufschwung der Elektrotechnik und der Verwendung der Elektrizität in Haushalt und Gewerbe wurde erst möglich durch die Erfindung des Transformators im Jahre 1885 durch die Ingenieure Zipernowsky, Deri und Blathy der Firma Ganz & Co. in Budapest. Der Nachweis der Möglichkeit einer wirtschaftlichen Energieübertragung erfolgte aber erst im Jahre 1891 an der Frankfurter Ausstellung. Es wurde damals die in einem Oerlikon-Generator erzeugte Leistung von 300 PS mit der Spannung von 25000 Volt von Lauffen an Neckar auf eine Distanz von 175 km nach Frankfurt übertragen. Der Wirkungsgrad dieser Uebertragung war noch ganz schlecht, da die Spannung natürlich viel zu niedrig war. Der Anstoss aber war gegeben, die Entwicklung schritt rasch weiter. Man ging überall an den Ausbau der Wasserkräfte. Den Verlauf dieser Entwicklung in der Schweiz zeigt die Kurve in Abb. 1, welche die installierte Leistung in Pferdestärken angibt. Die grösste jährliche Zunahme, d. h. die regste Bautätigkeit, findet man in den Jahren zwischen 1920 und 1931. Die heutige wirtschaftliche Depression kommt in dieser Kurve noch nicht zum Ausdruck, da die Projekte und der Bau der Kraftwerke sich entsprechend der Grösse der Objekte über Jahre hinausziehen und die heute noch im Bau befindlichen Werke in besseren Jahren beschlossen wurden.

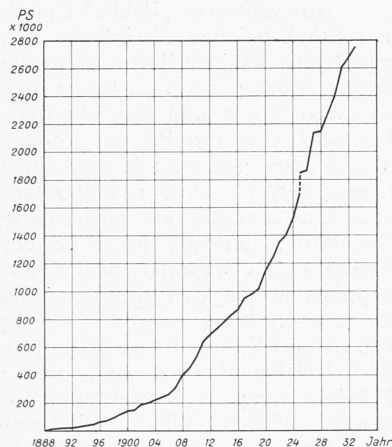


Abb. 1. Der Ausbau der Schweiz. Wasserkräfte in den Jahren 1888 bis 1934.



Abb. 3. Zentrale Siebten des Kraftwerks Wäggitäl. („SBZ“ Bd. 98, Dez. 1931.)

Das Ende der Kurve liegt heute bei 2,75 Millionen PS. Mit rund 0,7 PS pro Einwohner steht die Schweiz an der Spitze im Ausbau der Wasserkräfte.

Mit den in den Kraftwerken installierten Leistungen erhöhten sich naturgemäss auch die Einheitsleistungen zur Erzielung eines besseren Wirkungsgrades und zur Vereinfachung der Zentralen (Abb. 2). Abb. 3 zeigt als Beispiel eines modernen Kraftwerkes das Innere der Zentrale Siebten der Wäggitäl A.-G., Abb. 4 den grössten, bis heute in Europa hergestellten Generator für Wasserturbinenantrieb, von der M. F. O. nach Kanada geliefert, für 45000 kVA, 75 Uml./min; Aeusserer Durchmesser = 12 m, Gesamtgewicht 575 t.

Mit der zunehmenden Ausnutzung mussten auch die weiter entfernten Wasserkräfte ausgebaut werden. Zusammen mit der steigenden Einheits- und Zentralenleistung ergab sich daraus die Notwendigkeit, immer höhere Uebertragungs-Spannungen anzuwenden. Für das Auf- und Abtransformieren erhalten bei diesen hohen Spannungen und grossen Einheitsleistungen auch die Transformatoren ungeheure Abmessungen. Abb. 5 zeigt einen der Transformatoren für das Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt (Leistung 35000 kVA, 4 Spannungen: 10/48/116/145 kV. Gewicht mit zugehöriger Kühleinrichtung 140 t + 55 t Oel). Dieser Transformator ist nicht nur zum Auftransformieren der zugehörigen Generatorleistung vorgesehen, sondern bildet zugleich als elektro-magnetischer Knotenpunkt von drei Netzen gleichsam den Energieumschlagplatz dreier Werkbetriebe.

Die Beherrschung der heutigen grossen Energien, ihre Regulierung, ihre Verteilung, der Schutz der in den Maschinen, Transformatoren und Anlagen investierten Kapitalien sind zu schwierigen Problemen angewachsen, die nur mit einem hochstehenden Apparatebau betriebssicher gelöst werden können. Die Apparate sind die stillen, anspruchslosen Diener der Menschheit, die mit nie ermüdender Aufmerksamkeit für die Sicherheit und den störungsfreien Betrieb unserer Stromversorgung arbeiten.

Wir wollen nun versuchen, das vielfältige Gebiet der zum Betriebe einer heutigen Stromversorgung notwendigen Apparate einer raschen Durchsicht, nach fünf Gruppen, den Schalt-, den Schutz-, den Regulierapparaten, den Ueberwachungseinrichtungen und der Automatik geordnet, zu unterziehen.

1. Die Schaltapparate sind notwendig zur Ausführung der täglichen Schaltungen, zur Ein- und Ausschaltung von Maschinensätzen, von Leitungen usw. Man unterscheidet Leistungs- und Trennschalter. Diese dienen dazu, die von den Leistungsschaltern abgeschalteten Teile stromlos abzutrennen durch Einfügen einer sichtbaren Luftstrecke. Bei den Leistungsschaltern liegt die Schwierigkeit nicht in der Bewältigung der täglichen Betriebsschaltungen, sondern der bei Fehlern automatisch erfolgenden Kurzschlussabschaltungen. Zur besseren Ausnützung der Energie, zur gegenseitigen Aushilfe bei Betriebsstörungen werden die Kraftwerke und Netze mehr und mehr zusammengeschaltet. Tritt nun irgendwo in solchen gekuppelten Systemen ein Kurzschluss auf, so fliesst die Energie aller Kraftwerke statt zu den Verbrauchern auf diesen Punkt zu, und es entstehen Ströme, die das 20-, 50-, 100-fache und mehr

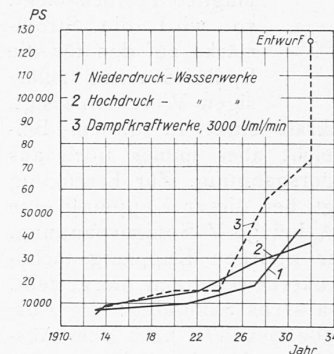


Abb. 2. Entwicklung der Einheitsleistung der Drehstromgeneratoren.

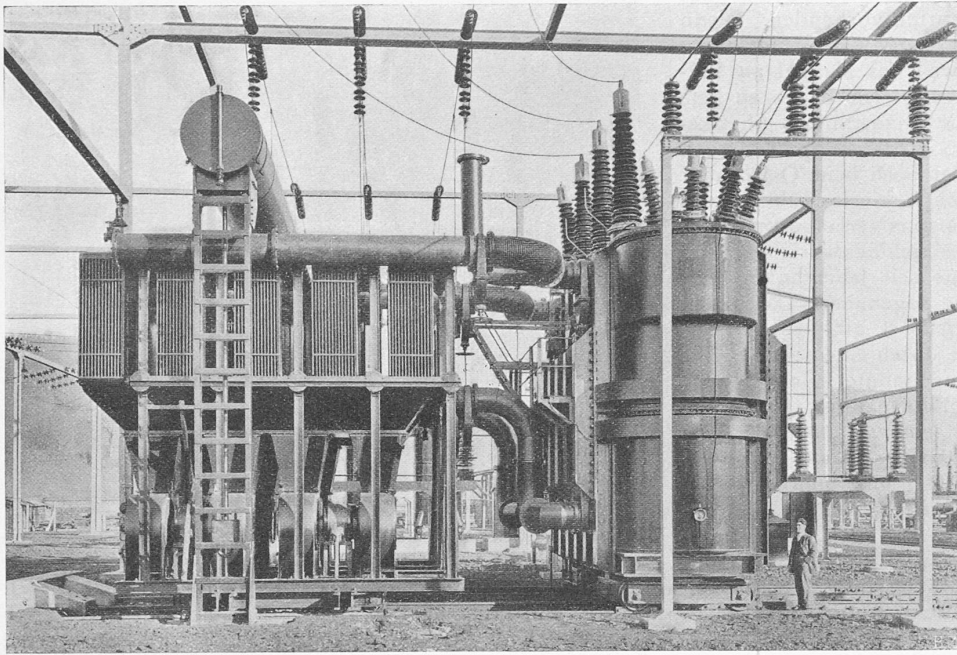


Abb. 5. Transformator für 35 000 kVA des Kraftwerks Ryburg-Schwörstadt. (Vergl. „SBZ“ Bd. 99, April/Juni 1932.)

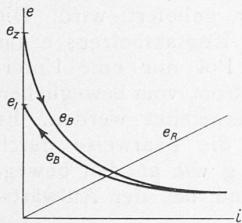


Abb. 6. Lichtbogen-Charakteristik.

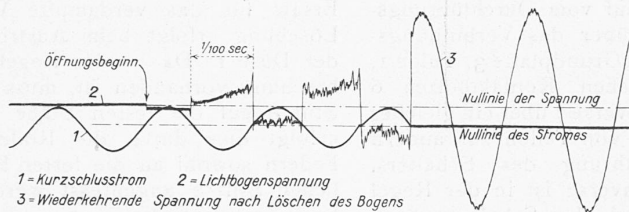


Abb. 7. Lichtbogen-Spannungsverlauf in einem Oelschalter.

des normalen Stromes betragen und nicht nur an der Fehlerstelle, sondern auch auf ihrem Wege dorthin schwere Verheerungen anrichten. Der schadhafte Netzteil muss mit dem Leistungsschalter möglichst rasch abgeschaltet werden. Dieses Gebiet, auf dem bis vor fünf Jahren der Oelschalter unumschränkt herrschte, machen ihm heute der Wasserschalter, der Druckluft- und der ölarme Schalter streitig, unterstützt durch z. T. übertriebene Bedenken der Betriebsleiter hinsichtlich Brennbarkeit der Oelfüllung. Ein richtig bemessener Oelschalter ist aber der anspruchloseste Leistungsschalter, der keinerlei Wartung, keine Druckluftreserve, jahrelang kein Nachfüllen seiner Flüssigkeit verlangt und doch ohne Zuhilfenahme anderer Einrichtungen immer funktionsbereit ist. Die Gewähr, dass ein Schalter richtig bemessen ist, hat man aber nur dann, wenn er in seinem ganzen Arbeitsbereich in einer Kurzschlussprüfanlage geprüft wurde.

Es gibt keine Abschaltung ohne Lichtbogen. Der elektrische Lichtbogen, wegen seiner Verheerungen bei Kurz- und Erdschlüssen gefürchtet, ist für die Abschaltung von Wechselströmen so gut geeignet, dass es dem menschlichen Erfindergeist kaum gelingen dürfte, etwas Besseres als dieses Geschenk der Natur zu finden. Während nämlich bei allen festen Leitern die Spannung proportional mit dem Strom ansteigt (Gerade e_r in Abb. 6), nimmt die Spannung am Lichtbogen mit steigendem Strom ab, bei fallendem Strom zu. Zum Zünden des Lichtbogens ist die Spannung e_z nötig. Mit steigendem Strom i nimmt die Spannung e_B ab, um beim Abfallen des

wechselstromes wieder zuzunehmen bis zur Löschspannung e_l . Wie aus dem Oszillogramm der Abb. 7 hervorgeht, bleibt nun der Strom nach Erreichen seines natürlichen Nulldurchganges eine kurze Zeit Null, bis die Spannung des Netzes, die an der Trennstelle ansteigt, die Zündspanne e_z übertrifft und den Lichtbogen wieder zündet. Gelingt es nun, den gemäss Lichtbogencharakteristik ohnehin hohen Widerstand an der Trennstelle praktisch unendlich werden zu lassen, so bleibt der Strom endgültig unterbrochen.

Der Lichtbogen ist eine mit Elektrizitätsträgern gesättigte Säule glühender Gase. Die Kerntemperatur von etwa 5000° abs. ist so hoch, dass die Moleküle in Ionen und Elektronen dissoziiert werden, welche den Transport des elektrischen Stromes von einer Elektrode zur andern besorgen. Die Dichte der Elektrizitätsträger nimmt mit dem Wechselstrom zu und ab. Je kühler die äusseren Schichten der Lichtbogensäule sind, um so rascher erfolgt die Diffusion der Ladungsträger aus dem glühenden Kern dorthin, wo sie sich durch Wiedervereinigung neutralisieren. Im Wettlauf zwischen der wiederkeh-

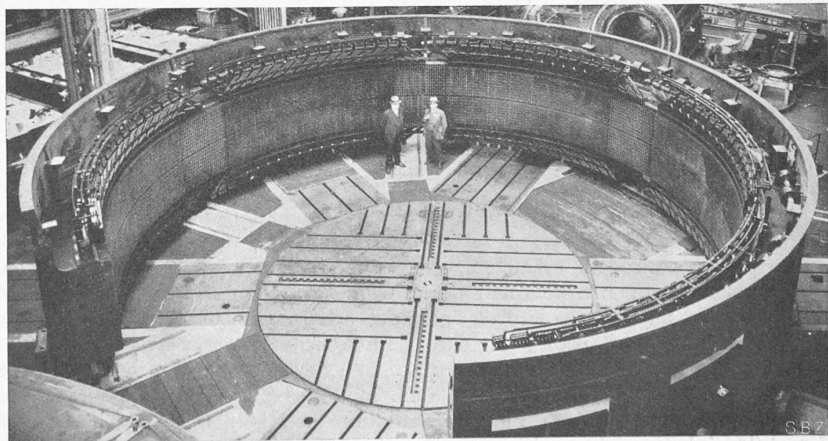


Abb. 4. Stator des 45 000 kVA-Generators des Wasserkraftwerks Beauharnois, Canada.

mit geringstem Aufwand erhalten wird. Schon um das Jahr 1900 waren alle vier Schalterarten vorhanden. Wenn trotzdem der einfache *Oelschalter* so lange das Gebiet allein beherrschen konnte, so deshalb, weil aus Mangel an Versuchsmöglichkeiten die Konstrukteure sich lieber an jene Konstruktionen hielten, bei der die mangelnden physikalischen Erkenntnisse durch um so grössere Abmessungen wettgemacht werden konnten. Aber auch beim Oelschalter konnte der Abschaltvorgang durch forcierte Kühlung des Lichtbogens verbessert werden.

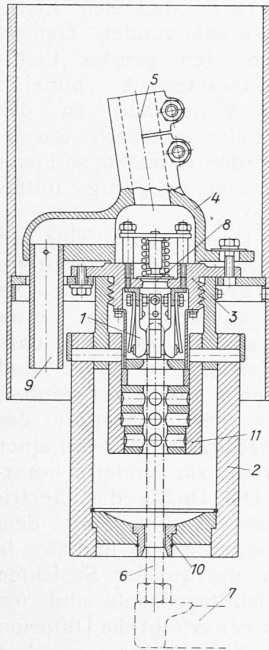


Abb. 8. Schnitt einer Löschkammer.

Die Maschinenfabrik Oerlikon benützte seit Jahrzehnten hierfür die sogenannte Löschkammer. Abb. 8 gibt einen Querschnitt durch eine solche. Der als sogenannte Kontakttulpe ausgebildete feste Kontakt 1 ist in einer Kammer 2, der Löschkammer, aus starkem Harzpapier untergebracht. Die Grundplatte 3, welche die Kontakttulpe und die Löschkammer trägt, ist ihrerseits durch das Verbindungsstück 4 am Bolzen der Durchführung angeklemt. (Der Bolzen ist hier nicht dargestellt, seine Mittelaxe ist mit 5 bezeichnet.) Bei geschlossenem Oelschalter geht der Stromlauf vom Durchführungsbolzen über das Verbindungsstück 4, Grundplatte 3, Tulpe 1, beweglichen Kontaktbolzen 6 und Traverse 7 über ein gleiches System von Teilen zur andern Durchführung des Schalters. Die Traverse ist in der Regel mit zwei, bei Schaltern nach Abb. 9 aber mit vier Kontaktbolzen versehen, sodass der Lichtbogen zugleich an vier Stellen unterbrochen wird. Beim Öffnen des Schalters wird die Traverse 7 und mit ihr der Kontaktbolzen 6 nach unten geschlossen. Zwischen der Kontakttulpe 1 und dem Bolzen 6 bildet sich der Lichtbogen, der das umgebende Öl verdampft und vergast. Dadurch entsteht in der Löschkammer ein starker Ueberdruck, der aber durch das Ventil 8 und das Entlastungsrohr 9 auf einen durch die Festigkeit der Kammer gegebenen zulässigen Wert begrenzt wird. Sobald der Stift 6 die Löschkammer 2 verlässt, wird durch den darin herrschenden Druck ein starker Strahl von Gas und Öl durch die Düse 10 rings um den Lichtbogen hinaus geblasen. Dadurch wird der Lichtbogenmantel mit frischen, bewegten Oelmassen in Berührung gebracht und so stark gekühlt, dass der Bogen beim Nulldurchgang erlischt. Durch den Einsatz 11 in der Löschkammer wird der Lichtbogen gequetscht und auch bei kleinen Strömen und geringem Bogendurchmesser in innige Berührung mit dem Löschemedium gebracht. Bei kleinen Strömen erfolgt die Löschung des Lichtbogens innerhalb des Einsatzes, d. h. vor dem Austritt des Stiftes 6 aus der Löschkammer. Die dreipolige Oelschaltergruppe für 150 kV, Abb. 9 gibt einen Begriff von den durch die Isolierung gegen Erde durch Oelstrecken erforderten Dimensionen.

Der *Topfschalter*, historisch der erste Schalter mit Oelfüllung (1893 von Ferranti in England erfunden), unterscheidet sich von dem einfachen Oelschalter dadurch, dass seine Isolation gegen Erde nicht durch Oel-, sondern durch Luftstrecken an Stützisolatoren gebildet wird. Die Oelfüllung ist nur so gross, als für den Abschaltvorgang notwendig. Heute nennt man einen solchen Schalter einen *ölarmen Schalter*. Bald wurde er auch mit Wasserfüllung verwendet, da es ja hier auf die Isolationsfestigkeit der Löschlüssigkeit nicht ankommt. Der Topfschalter wurde 1904 von der Maschinenfabrik Oerlikon auf dem europä-

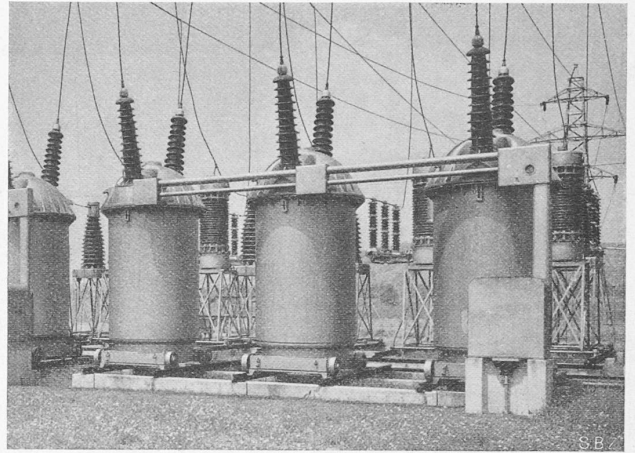


Abb. 9. 150 000 V-Oelschalter im Unterwerk Grynau der N. O. K.

ischen Kontinent eingeführt und jahrzehntelang für Spannungen bis 50 kV gebaut. Aus diesem Topfschalter wurde in den letzten Jahren der *Wasserschalter* entwickelt. Wir finden hier alle charakteristischen Merkmale des Topfschalters und der Löschkammer wieder (Abb. 10): die Druckkammer a, die Kondensationskammer b zum Auffangen des Dampfes und das Ventil c zwischen der Druckkammer a und einem Vorratsbehälter d, aus dem der Ersatz für das verdampfte Wasser geliefert wird. Die Löschung erfolgt beim Austritt des Kontaktbolzens e aus der Düse f. Da in der Regel pro Pol nur eine Unterbrechung vorhanden ist, muss der Strom vom beweglichen Stift e auf die festen Stäbe g übergeleitet werden. Es erfolgt dies durch die Rollen h, die paarweise durch Federn sowohl an die festen Bolzen g wie an den beweglichen Stift e angepresst werden und bei der Aufwärtsbewegung des Stiftes e mit nach oben rollen. Um das Kontrollieren der festen Kontakte zu erleichtern, kann die Druckkammer a nach Lösen zweier Schrauben um die Achse i bis in die Stellung k gekippt werden, sodass der Isoliereinsatz b, der die Kondensationskammer bildet, herausgehoben werden kann. Die Kondensationskammer b steht durch die zwei Rohre l mit dem Ausenraum in Verbindung. Wesentliche

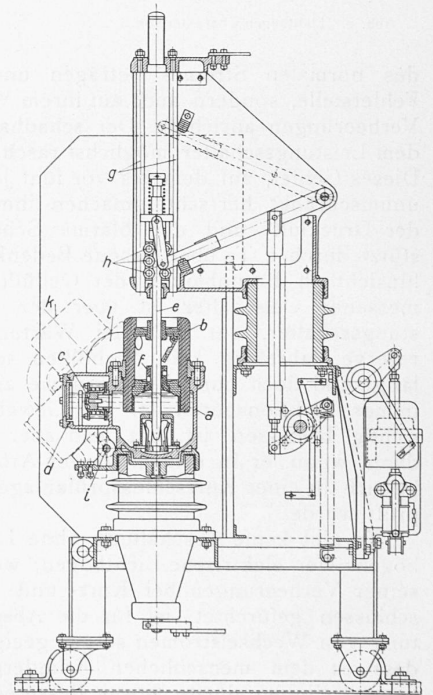


Abb. 10. Schnitt durch einen Wasserschalter.

Verbesserungen gegenüber den besprochenen Topfschaltern brachte die neue Technik der Bakelit-Isolationsmaterialien und die Dimensionierung aller Teile auf Grund sorgfältiger Versuche in der Kurzschlussprüfanlage. Der *Druckluftschalter* wurde zuerst gebaut in Amerika im Jahre 1902. Sein Vorteil liegt darin, dass sein Blasdruck unabhängig ist von der abgeschalteten Stromstärke, da er von einer besonderen Druckquelle geliefert wird. Andererseits ist der Schalter vom steten Vorhandensein dieser Quelle und ihrer sicheren Funktion abhängig.

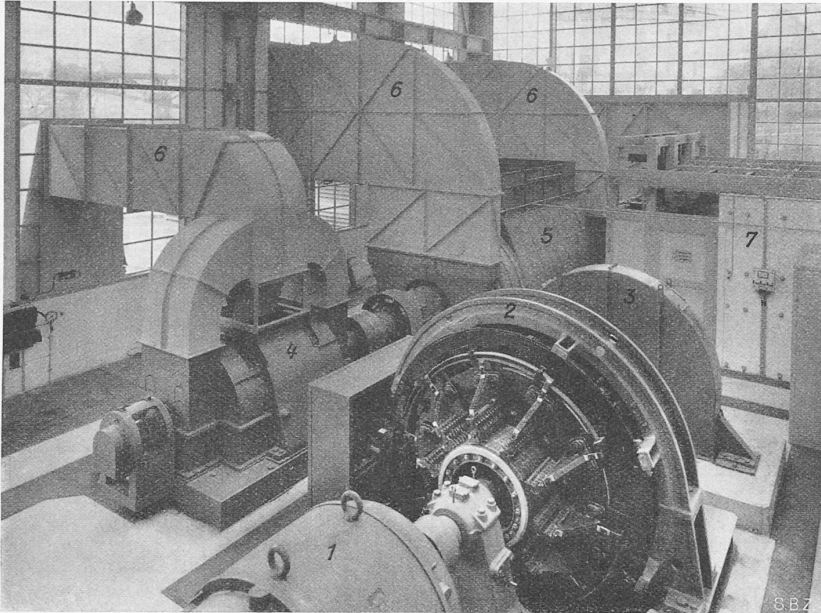


Abb. 11. Maschinenhalle der Kurzschluss-Prüfanlage der M. F. O. — 1 Erreger-Antriebmotor 560 kW; 2 Erregermaschine 8000 A, 1000 V; 3 Schwungrad; 4 Antriebmotor 1700 kW; 5 Kurzschluss-Generator für 1 Million kVA bei 1500 U/min; 6 Frischluft; 7 Kabine mit Umschaltbahnen und Drosselspulen.

Die Lichtbogenvorgänge in allen heute bekannten Schalterarten sind wegen ihrer komplexen Natur der Berechnung noch nicht völlig zugänglich. Eine Nachprüfung im Versuchsfeld ist daher unbedingt notwendig. Die Maschinenfabrik Oerlikon hat zu diesem Zwecke eine eigene Prüf-anlage aufgestellt, die zu den grössten in Europa gehört. Ein spezieller Generator, eine Turbomaschine (Abb. 11), die als normaler Erzeuger 62 500 kW abgeben könnte, liefert bis gegen 1 000 000 kVA Kurzschlussleistung. Die separate Erregergruppe kann für die sog. Stosserregung bis 8000 A liefern. Für die Prüfung der Wasser- und Oelschalter sind besondere Stände bzw. Gruben vorgesehen. Alle Schaltungen werden von einem besonders geschützten Kommandoraum aus gesteuert und alle Vorgänge mit Oszillographen registriert.

2. Schutzapparate. Das Wort „Schutz“ hat in der Elektrotechnik im Zusammenhang mit dem Wort „Apparat“ eine andere Bedeutung als im übrigen Sprachgebrauch. Den prophylaktischen Schutz gegen die eigentlichen Fehler in elektrischen Anlagen, gegen Kurzschlüsse, Erdschlüsse usw., die alle Zusammenbrüche der Isolation bedeuten, kann man nur erreichen durch besonders gutes und richtig dimensioniertes Isolationsmaterial. Die Schutzapparate, Schutzrelais und Schutzschaltungen können die verschiedenen Fehler nicht verhindern, sondern nur feststellen, sobald sie aufgetreten sind. Und doch ist das Interesse, gute Schutzrichtungen zu besitzen, sehr gross aus folgenden Gründen. Einmal ist es wichtig, die heutigen grossen Maschinen und Transformatoren, in denen beträchtliche Kapitalien investiert sind, ausser Betrieb zu nehmen, bevor die durch die Fehler verursachten Schäden eine grössere Ausdehnung angenommen haben. Da an die Kontinuität der Stromlieferung heute sehr strenge Bedingungen geknüpft werden, ist ferner zu verhindern, dass gesunde Netzteile in die Störung mit hineingerissen werden. Die erste Forderung bedingt, dass das Schutzrelais den Fehler schon bei seinem Entstehen anzeigt, am möglichst empfindlich ist. Die zweite Forderung bedingt die Lokalisierung der Fehler, d. h. die Schutzrelais dürfen nur bei Fehlern in einem bestimmten Netzteil ansprechen; sie müssen *selektiv* arbeiten. Die erste Eigenschaft, die Empfindlichkeit, ist ein Charakteristikum der Konstruktion des betreffenden Apparates, während die Selektivwirkung durch eine passende Schutzschaltung gewährleistet wird. Die Feststellung der Fehler durch die Schutzapparate zieht die Abtrennung der gestörten Netzteile durch die Schaltapparate, die ver-

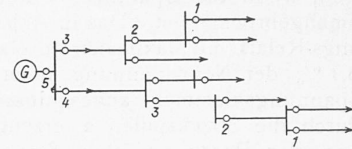


Abb. 12. Abschaltzeit-Staffelung in einem „Baumnetz“.

schiedenen Leistungsschalter, nach sich. Jene wirken als Relais, die bei Auftreten eines Fehlers den Ausschaltbefehl an die zuständigen Schalter weitergeben. Man spricht daher allgemein von Schutzrelais.

Kurzschlüsse zeigen sich sofort an durch Anwachsen des Stromes auf das Mehrfache des normalen Wertes. In den Hausanlagen schmilzt dann die Sicherung. In den Starkstromanlagen wird das unzulässige Anwachsen des Stromes durch ein Maximalstromrelais festgestellt und in den einfach verzweigten sogen. Baumnetzen (Abb. 12) die Selektivität gewahrt durch eine Zeitstaffelung. Jedes Relais löst seinen Schalter erst nach einer bestimmten fest einstellbaren Zeit aus, und die Relais an den äussersten Netzabzweigen erhalten die kürzeste Zeit. Die Zeiten nehmen gegen die Stromquelle hin zu; sie sind gestaffelt.

In Abb. 12 bezeichnen die den Schaltern beigeetzten Zahlen die Auslösezeiten in Sekunden. Es wird dann stets der einem Fehler zunächst liegende Schalter durch sein Relais ausgelöst; die der Stromquelle näher liegenden Relais kommen nicht zum Ablaufen. Der Nachteil dieses Systems ist, dass bei Fehlern nahe der Stromquelle die Auslösezeiten hoch werden, sodass bei heftigen Kurzschlüssen die Generatoren in dieser Zeit eventuell ausser Tritt fallen. Eine besonders einfache Anordnung besteht darin, das Relais auf den zugehörigen Schalter selbst aufzubauen und direkt vom Hauptstrom durchfliessen zu lassen. Die grosse Mehrzahl der Schutzrelais, insbesondere der hochempfindlichen, werden jedoch über Stromwandler angeschlossen, die den Relaiskreis vom Hauptkreis isolieren und dabei die zu kontrollierenden Ströme in einem bekannten Verhältnis auf die für Messinstrumente üblichen Grössen reduzieren. Das Hauptcharakteristikum für die Güte eines Relais ist sein Eigenverbrauch, d. h. die Scheinleistung (das Produkt $J \times E$) in Voltampère, die es bei normalem Strom verzehrt. Die üblichen Relais haben einen Eigenverbrauch von rd. 50 VA. Die neuen Klappankerrelais (Abb. 13) verbrauchen 7 bis hinunter zu 3 VA, ein neues Z-Ankerrelais sogar nur noch 0,1 VA.

Arbeiten mehrere Stromerzeugergruppen parallel auf dasselbe Netz und fliesst die elektrische Energie plötzlich aus dem Netze in einen der Generatoren hinein, so weist die betreffende Gruppe ohne Zweifel einen Fehler auf und muss sofort ausgeschaltet werden. Für solche Aufgaben verwendet man wattmetrische oder Energierichtungs-Relais. Wichtig ist es, dass diese Relais die Energie-richtung auch dann

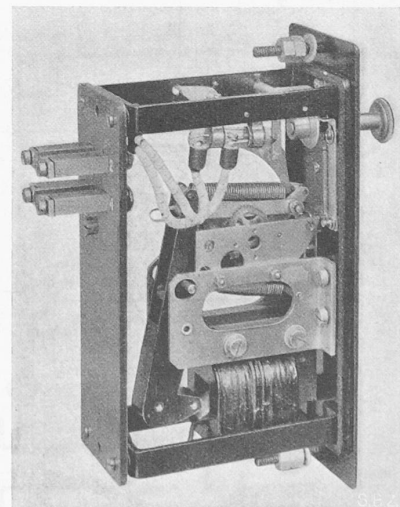


Abb. 13. Maximalstrom-Klappankerrelais.

anzeigen, wenn die Spannung infolge des Kurzschlusses zusammengebrochen ist. Das in Abb. 14 skizzierte Energie richtungs-Relais (mit Maximalstromrelais kombiniert) arbeitet bei 0,1% der Nennspannung noch richtig. Auf die an die Spannungs-klemmen angeschlossene Drehspule 1 übt der durch die Stromspulen 2 erzeugte magnetische Fluss ein von der Phase zwischen Strom und Spannung ab-

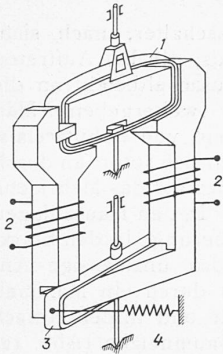


Abb. 14. Hochempfindliches Energie richtungsrelais.

hängiges Drehmoment aus, dessen Sinn gleichzeitig mit der Energie richtung umschlägt, wobei das Richtungsrelais seinen Auslösekontakt betätigt. Der erwähnte Fluss wirkt ausserdem auf die kurzgeschlossene Drehspule 3 mit einem dem Quadrat des Stromes proportionalen Moment, das, bei einem bestimmten Strom das einstellbare Moment der Feder 4 überwindend, den Maximalstromkontakt betätigt. Als Selektivschutz in vermaschten Netzen, d. h. in Netzen mit verschiedenen Zentralen, die das Netz an verschiedenen Punkten speisen, kommt heute nur noch der Distanzschutz mit Distanzrelais in Betracht: Die sog. Anregerelais stellen fest, dass ein Fehler vorhanden ist, und in welcher Phase er liegt. Gemäss dieser Anzeige wird das zentrale Messrelais auf die schadhafte Phase geschaltet und misst deren Reaktanz bis zum Kurzschlussort, die der Distanz zwischen diesem und dem Relais proportional ist. Entsprechend dieser Distanz stellt das Relais die Zeitverzögerung ein. Damit ist der oben erwähnte Nachteil der starren Staffelung (hohe Auslösezeiten bei Kurzschlüssen nahe der Zentrale) vermieden. Ein Zeiger gibt die gemessene Distanz an, und an den gefallen Klappen erkennt der herbeieilende Wärter, welcher Art und in welcher Phase der Fehler war.

Auf einem andern Prinzip beruht der nach seinem Erfinder so genannte Buchholzschutz für Transformatoren, nämlich auf der Erkenntnis, dass bei jedem Zusammenbruch der Isolation in einem Transformator Wärme erzeugt wird, und Öl oder anderes Material verdampft oder vergast. Es genügt, die entstehenden Gasblasen durch leichtes Neigen des Transformatordeckels zu sammeln und in ein Gefäss (a in Abb. 15) zu führen, worin sich ein Schwimmer b₁ befindet. Je mehr Gas sich im Gefäss ansammelt, umso mehr nimmt der Auftrieb des Schwimmers ab, bis er durch sein Sinken einen Kontakt zur Schalterauslösung betätigt. Dieser Apparat bildet im vollen Sinne des Wortes einen universalen Schutz seines Transformators. (Schluss folgt.)

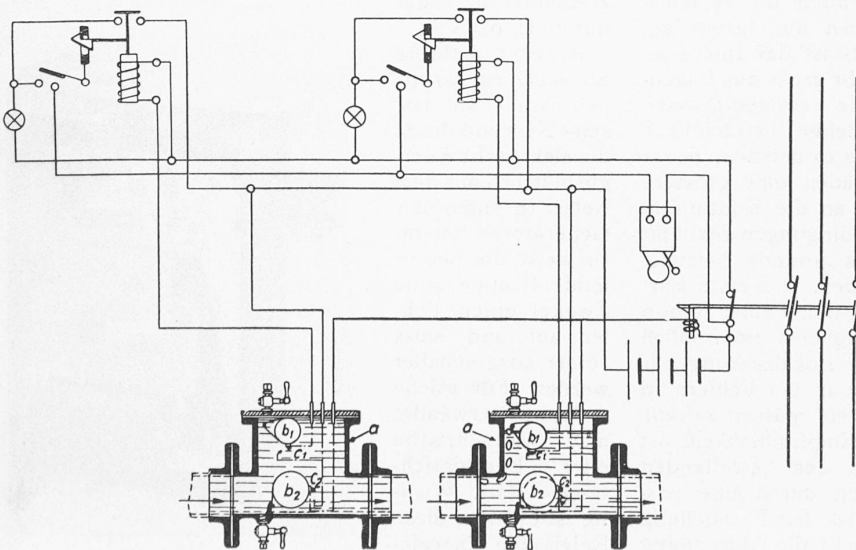


Abb. 15. „Buchholzschutz“ zur Transformatoren-Abschaltung bei abnormaler Erwärmung unter Gasbildung.

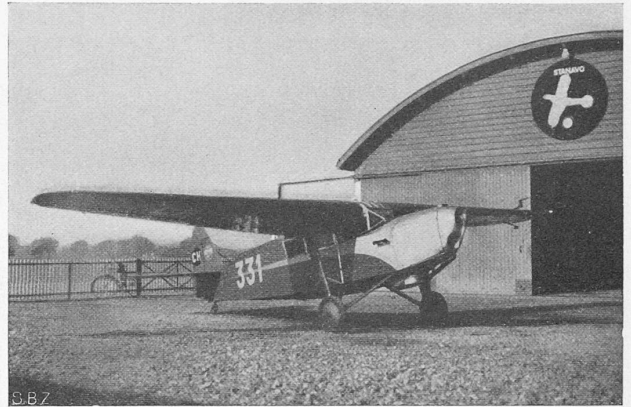


Abb. 4. Dreiplätziges Sportflugzeug AC 12, gebaut von Alfr. Comte, Horgen.

Ein Schweizer Langstrecken-Flugzeug.

Von Dipl. Ing. W. FARNER, Flugzeugbau Grenchen.

Vor kurzer Zeit verunglückte unweit Thun der junge Sportflieger Bechtiger mit dem für einen Ozeanflug bestimmten Flugzeug AC 12 - CH 331.¹⁾ Das Flugzeug war für einen Aktionsradius von 4000 km ausgerüstet worden, und es ist sehr bedauerlich, dass infolge des durch Nebel und Schnee bedingten Unfalles mit dieser interessanten Maschine keine weiteren Messversuche ausgeführt werden konnten. Da indessen die Probleme, die mit dem Umbau des dreiplätzigen Sportflugzeuges in ein einplätziges Langstrecken-Flugzeug auftauchten, von allgemeinem Interesse sein dürften, sollen die wichtigsten Gedankengänge der Lösung dieser Aufgabe kurz skizziert werden.

1. Günstigste Geschwindigkeit.

Im alltäglichen Luftverkehr wird zur Schonung der Motoren nie mit Vollgas, sondern stets mit gedrosselten Motoren geflogen. Dabei wählen die Piloten eine Tourenzahl, die ihnen gefühlsmässig als angenehm erscheint und die laut Staudruckmesser noch eine genügende Reisegeschwindigkeit ergibt. Dass durch die Drosselung auch eine Brennstoffersparnis erzielt wird, spielt jedoch bei kleineren Flügen nur eine nebensächliche Rolle, und die wenigsten Sportflieger werden neben der „angenehmen“ Tourenzahl auch die wirtschaftliche Tourenzahl kennen.

Beim Langstreckenflugzeug treten diese Erwägungen ganz in den Hintergrund. Massgebend und entscheidend wird einzig und allein der Brennstoffverbrauch pro geflogene Strecke. Und da müssen nun zwei prinzipiell wichtige Feststellungen gemacht werden: Erstens dass der kleinste Brennstoffverbrauch bezogen auf die zurückgelegte Flugstrecke ausser von Motor, Zelle²⁾ und Propeller auch von der jeweiligen Belastung abhängig ist. Und zweitens, dass diese Belastung infolge abnehmenden Brennstoffvorrates veränderlich ist. Daraus ergibt sich aber, dass die günstigsten Geschwindigkeiten am Anfang und Ende eines Langstreckenfluges nicht gleich sind, und dass somit der Pilot diese unterwegs durch ständige Regulierung der Motordrehzahl stetig verändern muss. Ein entsprechendes Tourenzahl-Diagramm muss dem Piloten vom Konstrukteur angefertigt werden.

¹⁾ Er geriet nach erfolgreichem Dauerflug bis in die Nähe der Ostsee auf der Rückreise kurz vor der beabsichtigten Landung in eine Starkstromleitung, wobei glücklicherweise nur der Apparat zu Grunde ging.

²⁾ Darunter versteht man die tragenden Organe wie Flügel, Streben, Verspannungen.