Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 51 (1960)

Heft: 25

Artikel: Fahrbare Gleichspannungsgeneratoren für Kabelprüfungen

Autor: Antolic, K.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-917097

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.08.2025

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

Vergleich zwischen zeichnerisch ermittelten und gemessenen Werten

Tabelle II

Schlupf %	Strom A	Impedanz Ω	Aufgenommene Leistung kW	Mechanische Leistung kW	cos φ %	Streukoeffizient σ [1])
Motor I: 500 V, 350 A, cos φ = 0,9, 258 kW, 990 U./min						
0,85	272 (270)	1,07 (1,07)	201 (201)	192 (193)	85 (86)	0,061 (0,058)
0,58	204 (195)	1,43 (1,48)	150 (140)	137 (131)	80 (81)	—
1,14	365 (351)	0,83 (0,82)	279 (270)	266 (257)	88 (89)	—
Motor II: 500 V, 84 A, cos φ = 0,84, 55 kW, 735 U./min						
1,62	65 (65)	4,4 (4,4)	45 (45)	40 (41)	79 (79)	0,085 (0,09)
1,16	52 (51)	5,5 (5,5)	32 (31)	27 (28)	71 (70)	—
2,00	78 (83)	3,7 (3,4)	56 (60)	50 (54)	82 (91)	—

Die eingeklammerten Zahlen sind gemessene Werte.

[1]) Mittels Kurzschlussmessung bestimmt.

Zusammenfassung

Die Theorie der Asynchronmaschine kann in einfacher Darstellung mit grosser Anschaulichkeit behandelt werden. Es wird gezeigt, dass alle Eigenschaften der Asynchronmaschine im Gesamtimpedanzfaktor Σ enthalten sind, welcher für den Stator- und Rotorkreis gilt. Dabei wird eine einfache Bestimmung für die richtige Drehmomentkurve des Stromdiagrammes angegeben, obwohl die Abweichung von einer Drehmoment-Geraden nicht so gross ist. Das Stromdiagramm der Asynchronmaschine kann mittels vorgedruckten Ortskurven rasch ermittelt werden. Die praktische Anwendung solcher Kurven wird in einem Beispiel gezeigt.

Literatur

[1] *Nürnberg, W.:* Die Asynchronmaschine. Ihre Theorie und Berechnung unter besonderer Berücksichtigung der Keilstab- und Doppelkäfigläufer. Berlin: Springer 1952.

[2] *Hütte.* Des Ingenieurs Taschenbuch. Hg. v. Akademischen Verein Hütte, e. V. in Berlin. 28. Aufl., Bd. IV A. Berlin: Ernst 1957. 1. Abschn., II, F; S. 278...303: Asynchronmaschinen.

[3] *Jordan, H.* und *F. Lax:* Vorausberechnung des Nullsystems unsymmetrischer Schaltungen von Drehstrom-Asynchronmaschinen. ETZ-A Bd. 75(1954), Nr. 20, S. 696...699.

[4] *Fraunberger, F.:* Das Widerstandsdiagramm der Asynchronmaschine. ETZ-A Bd. 78(1957), Nr. 17, S. 611...613.

Adresse des Autors:

M. Canay, Doz. Ing., Stockmattstrasse 72, Baden (AG).

Fahrbare Gleichspannungsgeneratoren für Kabelprüfungen

Von *K. Antolic*, Zürich

621.311.6.024-182.3 : 621.315.2.001.4

Die Prüfung verlegter Hochspannungskabel mittels Gleichspannung, die von den Energieversorgungs-Unternehmen immer häufiger gefordert wird, verlangt ortsveränderliche Gleichspannungs-Generatoren begrenzter Abmessungen, rascher Bereitstellung und einfacher Bedienung. Ausgehend von den verschiedenen Möglichkeiten der Gleichspannungsgewinnung wird ein mit einem Isolierkern-Transformator ausgerüsteter, fahrbarer Generatortyp, über den bereits mehrjährige Betriebserfahrungen vorliegen, beschrieben.

Le contrôle, à l'aide d'une tension continue, de câbles à haute tension installés est de plus en plus souvent exigé par les entreprises de distribution d'énergie électrique. Pour cela, il faut disposer d'une génératrice transportable, d'un faible encombrement, rapidement prête à fonctionner et d'un service simple. Après avoir indiqué les différentes possibilités d'obtenir une tension continue, l'auteur décrit un type de génératrice sur chariot, équipée d'un transformateur à noyau isolant, qui est déjà utilisée avec succès depuis plusieurs années.

Einleitung

Im Gegensatz zu den auf Stück- und Typenprüfungen beschränkten Spannungsprüfungen an Hochspannungskabeln mittels Wechsel- und Stoßspannungen, ermöglicht die Verwendung von Gleichspannung die Ausdehnung der Spannungsprüfung auf die gesamte Fertigungslänge, ja sogar auf die verlegten Teillängen von Kabeln, was von den Elektrizitätswerken in zunehmendem Masse gefordert wird. Gleichspannungsprüfeinrichtungen für Hochspannungskabel werden somit nicht nur in stationärer, für die Prüf- und Versuchsfelder der Kabelfabriken bestimmter, sondern auch in ortsveränderlicher, der Prüfung der verlegten Kabel dienender Ausführung benötigt. Die Abmessungen solcher Generatoren müssen in den für die Bahn- und Schiffsverfrachtung, sowie den Strassentransport geeigneten Grenzen gehalten werden, wobei anzustreben ist, dass auch diese ortsveränderlichen Prüfanlagen nach Herstellen der notwendigen Anschlüsse sofort betriebsbereit sind, ohne erst aus mehreren Teilen zusammengesetzt werden zu müssen. Eine Ausnahme bilden lediglich die für Flugverfrachtung bestimmten Gleichspannungsanlagen.

Diese Anforderungen führten zur Entwicklung von Gleichspannungsprüfeinrichtungen raumsparender Bauart, die in fester Verbindung mit einem als Kraftfahrzeuganhänger gebauten Wagen Messungen am jeweiligen Verlegungsort gestatten, aber auch in dieser oder in ortsfester Ausführung in Prüflokalen Verwendung finden. Eine der möglichen Lösungen der gestellten Aufgabe wird im folgenden beschrieben, eine Lösung, deren Zweckmässigkeit durch eine mehr als fünf Jahre währende Betriebserfahrung bestätigt wurde. Es handelt sich um Aggregate für Dauerbetriebsspannungen von 500 und 750 kV.

Erzeugung der Gleichspannung

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um hohe Gleichspannungen zu erzeugen. Sieht man von der elektrostatischen Erzeugung, die hier nicht in Frage kommt, ab, so unterscheiden sich die einzelnen Generatorschaltungen, denen die Gleichrichtung erregender Wechselspannungen gemeinsam ist, in der Art und Weise, wie die Spannung im Generator hochgetrieben wird, ob dies vorwiegend transformatorisch, also mit Hilfe von magnetischen Wechselfeldern, oder vorwiegend elektrisch, durch Umladen von Kondensatoren erfolgt. Fig. 1 zeigt zwei grundsätzlich unterschiedliche Schaltungen:

a) Die transformatorische Kaskadenschaltung mit Mehrfacherregung und Spannungsverdopplung (Zweiweggleichrichtung);

b) die Greinacher-Schaltung mit Einfacherregung und Spannungsvervielfachung.

Bei a) werden die zu einer Stufe gehörigen beiden Spannungsverdopplungs-Kondensatoren C_1 und C_2 abwechselnd geladen und im wesentlichen nur in den angeschlossenen Prüfling teilentladen, bei der Greinacherschaltung hingegen tritt eine innere Umladung hinzu, indem die Ladung von C_2

durch Entladung von C_1, die Ladung von C_3 durch Entladung von C_2 usw. bewerkstelligt wird.

Diese beiden Schaltungen, zwischen denen es noch verschiedene Übergangs-Lösungen gibt, unterscheiden sich somit im Materialaufwand, der bei der Lösung a) zum Grossteil transformatorischer, bei b) dagegen kondensatorischer Art ist. Da nun dieser durch Verwendung höherer Betriebsfrequenzen kleingehalten werden kann, der Generator dann jedoch zusätzlich eines Frequenzumformers bedarf, so wird sich Bauart b) vorwiegend für höhere Spannungen oder grössere Leistungen als vorteilhaft erweisen, für Fälle also, die diesen zusätzlichen Aufwand rechtfertigen. Aus diesem Grunde wird man sich bei Gleichspannungsgeneratoren für Nennspannungen von 1000 kV und darüber des elektrischen Hochtreibens der Spannung bedienen, während bei Spannungen unter 1000 kV auch die transformatorische Kaskadenschaltung Verwendung findet, so auch bei den beiden hier beschriebenen Generatoren für 500 und 750 kV Gleichspannung und eine Dauerbelastbarkeit von 8 mA.

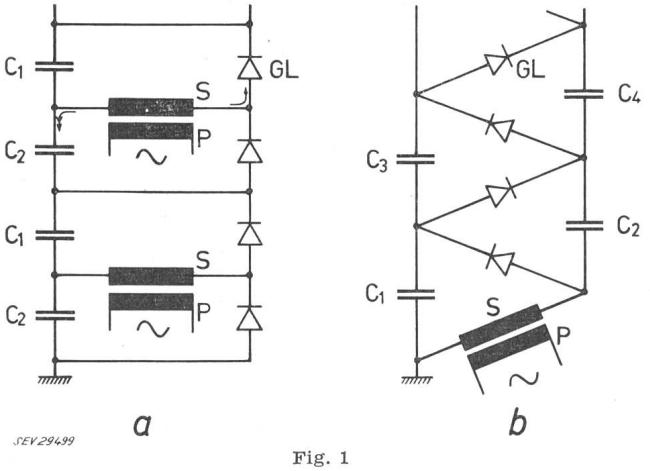

Fig. 1
Erzeugung von Geichspannung
a durch Mehrfacherregung und Spannungsverdopplung (transformatorische Kaskadenschaltung)
b durch Einfacherregung und Spannungsvervielfachung (Greinacherschaltung)
$C_1 \ldots C_4$ Elemente der Kondensatorenkette; *P, S* Primär- bzw. Sekundärwicklungen; *GL* Gleichrichter

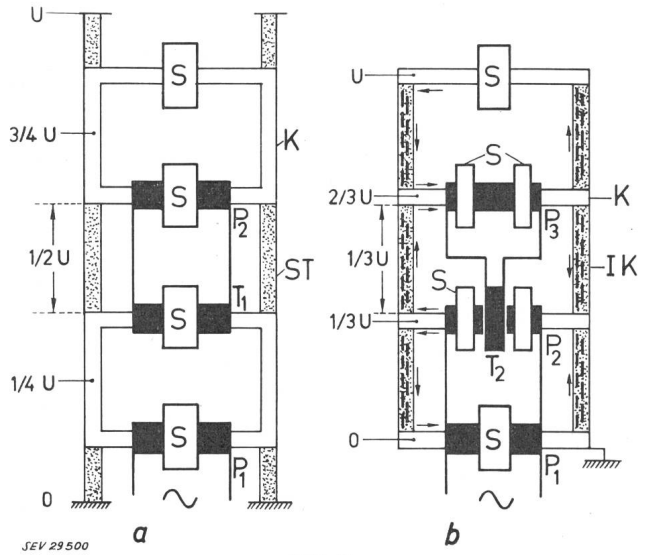

Fig. 2
Bauarten des Hochspannungstransformators
a übliche Kaskadenbauweise; *b* Isolierkerntransformator zum 750-kV-Gleichspannungsgenerator
$P_1 \ldots P_3$ Primärwicklungen; *S* Sekundärspulen;
T_1, T_2 Tertiärwicklungen; *K* galvanisch leitende Kerne;
IK Isolierkerne; *ST* Isolierstützer

Sieht man von allen äusseren Schalt- und Regeleinrichtungen und von der Hochspannungsmesseinrichtung ab, so bestehen diese Generatoren aus drei Hauptteilen, einem Einphasentransformator besonderer Bauart, einer Selen-Gleichrichtersäule und einer Kondensatorenkette.

Die Hochspannung führenden Sekundärspulen *S* des Transformators, auf den weiter unten noch zurückgekommen wird, bilden, wie dies Fig. 1a zeigt, zusammen mit den Gleichrichter- und Kondensatorelementen die erwähnte Zweiwegschaltung. Die in den Sekundärspulen induzierte Spannung treibt während einer Halbperiode einen Gleichstrom abwechselnd in der Pfeil- bzw. Doppelpfeilrichtung und bewirkt damit die Ladung der zu einem solchen Zweiwegsystem gehörigen beiden Spannungsverdopplungs-Kondensatoren. Derartige Systeme, entsprechend aneinandergereiht, besitzt der Gleichstromgenerator für 500 kV vier, der Generator für 750 kV Spannung sechs. Jeder der Kondensatoren führt somit im geladenen Zustand eine Spannung von 62,5 kV. Eine besondere Vorrichtung gestattet es, den Anschluss der einzelnen Gleichrichter durch Fernbedienung zu vertauschen, womit auch die Polarität der gelieferten Gleichspannung gegenüber Erde wechselt.

Der Isolierkern-Transformator

Während nun die erläuterte Schaltung, bis auf die Dimensionierung, Anordnung und Isolation der Bauelemente technisches Gemeingut darstellt, auf das der Konstrukteur mehr oder weniger zwangsläufig geführt wird, bieten sich hinsichtlich der Erregung der Sekundärkreise verschiedene Wege. Allen gemeinsam ist hiebei das Prinzip der Unterteilung der Isolation, derart, dass zwischen den einzelnen Wicklungen und den von den Spulen umschlossenen Eisenkernen des Transformators jeweils nur eine leicht beherrschbare Teilspannung zustandekommt, die Transformatorkerne also selbst gegenüber Erde auf Potential liegen. Eine naheliegende Möglichkeit mit auf verschiedenem Spannungsniveau befindlichen geschlossenen Eisenwegen zeigt Fig. 2a. Die Erregung des untersten magnetischen Kreises erfolgt — über einen Spannungsregler — vom Netz über die Primärspule P_1. Die nach oben anschliessende zweite Stufe wird über die Tertiärwicklung T_1 und Primärwicklung P_2 erregt, anschliessend eventuell über T_2 und P_3 eine dritte Kaskadenstufe usw. Primär- und Tertiärspulen sind gegen die Eisenteile isoliert und liegen gleich letzteren an bestimmten an der Kondensatorkette abgreifbaren Teilspannungen. Diese Anordnung, wie sie bei stationären Wechselspannungsprüfkaskaden Verwendung findet, erfordert, will man zwischen den übereinander liegenden Eisenringen *K* nicht zu grosse Spannungsdifferenzen zulassen, eine mehrfache Transformierung der von den oberen Stufen benötigten Teilleistung, was zu einem beträchtlichen Eisen- und Kupferaufwand, erhöhten Verlusten und verhältnismässig grossen Bauhöhen führt.

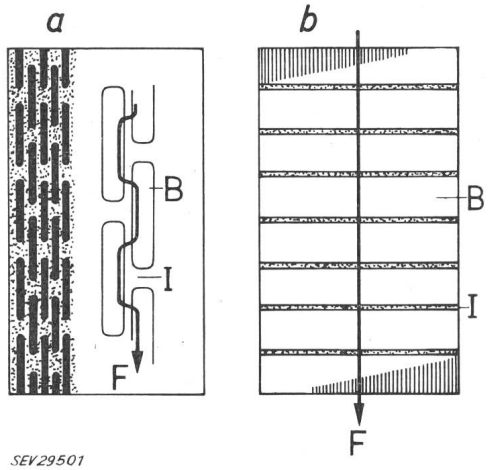

Fig. 3
Isolierkerne
a mit verringerter Isolierspaltinduktion
b mit Isolierspaltinduktion gleich Induktion im Eisen
B Blechpakete; *I* Isolation; *F* Flussrichtung

Die Herstellerin der hier beschriebenen Generatoren hat aus diesem Grunde eine Anordnung gewählt, bei der nicht galvanisch geschlossene Eisenringe übereinander liegen, sondern, nach Fig. 2b galvanisch unverbundene Eisenkerne, die wieder über die Kondensatorkette bestimmte Potentiale erhalten. Der erforderliche magnetische Schluss wird mittels sog.

Isolierkerne *IK* — hier richtiger Isolierjoche, da sie keine Spulen tragen — erreicht. Den Aufbau der Isolierkerne zeigt Fig. 3a. Die gewählte Anordnung von Eisenblechen und dazwischenliegenden Isolationen erzwingt einen mäanderförmigen Verlauf des Magnetflusses, der bei den gewählten Dimensionen von Blechen und Isolationen, im Gegensatz zu Fig. 3b auf eine nur geringe «Luftspalt-, hier Isolierspaltinduktion und zu kurzen Flusswegen im Isolierstoff führt. Auf diese Weise wird ein ausreichender magnetischer Schluss bei geringen Magnetisierungsverlusten und gleichzeitig eine hochspannungsmässige Isolierung der übereinanderliegenden bewickelten Kerne erzielt. Der 500-kV-Generator besitzt drei bewickelte Kerne, sein Transformator also zwei Öffnungen und 4 Isolierkerne, beim Typ für 750 kV (Fig. 2b) sind es vier bewickelte Kerne und drei Öffnungen, d. h. 6 Isolierkerne. Sowohl der unterste (erste) Kern, als auch der darüber liegende zweite, werden bei beiden Generatoren durch auf Netzpotential liegende Primärspulen erregt, auch haben beide Generatoren am obersten Kern (in Fig. 2b nicht eingezeichnet) über Niederspannungskondensatoren geschlossene Saugwicklungen. Ein Schubwicklungspaar $T_2 - P_3$ ist nur beim 750-kV-Generator angeordnet, nämlich zwischen dem zweiten und dritten Kern. Der zustande kommende Magnetfluss ist aus den erwähnten Figuren zu ersehen, ebenso die Anordnung der Hochspannungs-(Sekundär-)Spulen, von denen je eine am untersten und obersten Kern und je zwei auf den mittleren Kernen liegen.

Die Verwendung von Isolierkernen erlaubt, wie dies eine Gegenüberstellung der Fig. 2a und 2b erkennen lässt, eine nicht unwesentliche Reduktion der Bauhöhe. Beide Figuren stellen Transformatoren mit 4 bewickelten Kernen dar. Hiebei ergibt sich beim Ringkerntyp nach Fig. 2a eine Differenzspannung von $^1/_2\ U$, der die Stützer *ST* der Mittelöffnung zu entsprechen haben, während die Isolierkerne *IK* der gleichen Öffnung nach Fig. 2b nur für $^1/_3\ U$ ausgelegt werden müssen.

Diese Anordnung gestattet es, mit der Bauhöhe der Generatoren soweit herunter zu gehen, als dies deren äussere Überschlagsfestigkeit zulässt. Um neben einer möglichst geringen Bauhöhe auch die Abmessungen in horizontaler Richtung, d. h. den Grundriss der Generatoren klein zu halten, und dadurch die Fahrzeugdimensionen, und -belastungen, aber auch die Kosten weiter senken zu können, waren bei den hohen Spannungsdifferenzen zwischen den Einzelteilen in vertikaler und horizontaler Richtung gewisse isolationstechnische Massnahmen erforderlich, die hier erstmals und mit gutem Erfolg angewandt wurden.

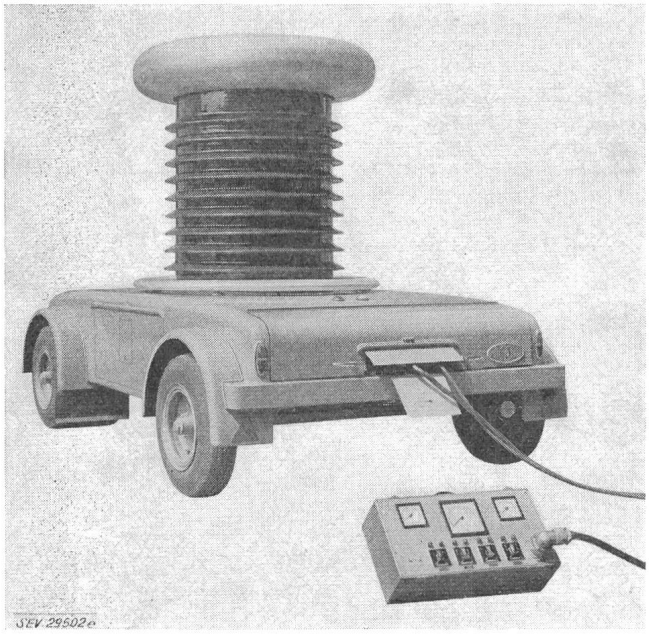

Fig. 4
Fahrbarer Gleichspannungsgenerator
für 500 kV Nennspannung, Dauerbelastung 8 mA
Von der Heckseite aus gesehen, an der die Primärspannungs- und Fernbedienungsanschlüsse angebracht werden.
Vorne das abgestellte Bedienungsgerät

Der beschriebene Transformator, die Kondensatorkette, der Selengleichrichter und ein Vorwiderstand für die Hochspannungsmesseinrichtung sind in einer auf den Fahrbetrieb abgestimmten Bauart ausgeführt und in einem Keramik-Isolator unter Öl angeordnet. Für den Betrieb in heissen Ländern ist ein Ölumlauf über ein äusseres Kühlaggregat vorgesehen, dessen Zu- und Abschaltung über einen eingebauten einstellbaren Thermostat selbsttätig oder vom Bedienungsgerät aus erfolgt. Ein weiterer Thermostat wirkt bei Überschreitung der höchstzulässigen Öltemperatur direkt auf den Hauptschalter.

Daten der Generatoren

Die beschriebenen Gleichspannungsgeneratoren sind für einen Nennstrom von 8 mA ausgelegt, was Nennleistungen von 4 bzw. 6 kW entspricht. Die Stundenleistungen betragen bei Spannungen von 500 bzw. 750 kV etwa das anderthalbfache, die Leistungen im 15minutenbetrieb das doppelte der Nennleistungen. Die Generatoren sind in hohem Masse kurzschlussfest und gegen Überspannungen geschützt. Sie sind nach Herstellen zweier Kabelverbindungen (Netzanschluss, Fernbedienungsgerät) und dem Prüflings- und Erdungsanschluss bedienungsbereit und sind für verschiedene Netzspannungen umschaltbar.

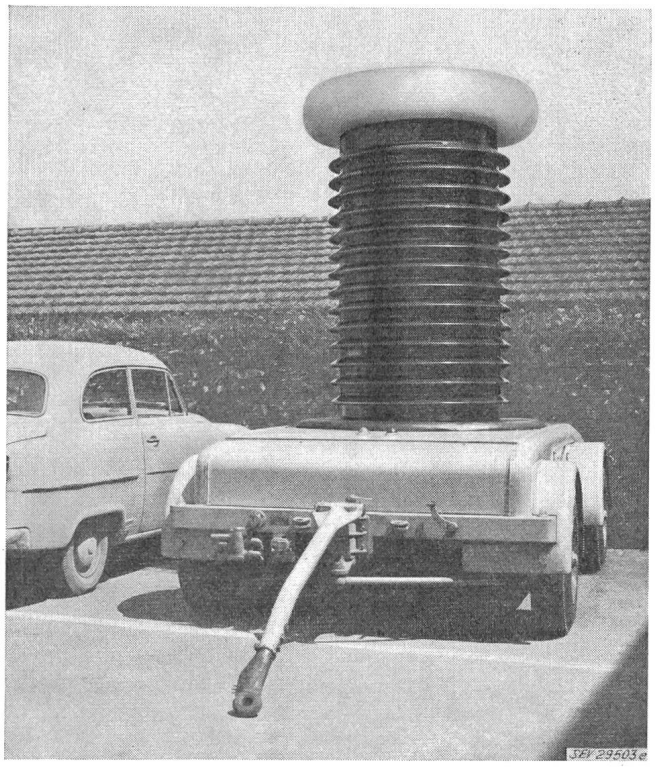

Fig. 5
Fahrbarer Gleichspannungsgenerator
für 750 kV Nennspannung, Dauerbelastung 8 mA.
Von der Frontseite aus gesehen

Regel- und Schalteinrichtungen

Bei der fahrbaren Ausführung wurden alle Regel- und Schalteinrichtungen bis auf die weiter unten beschriebenen Bedienungseinrichtungen im Heckteil des Fahrzeuges untergebracht. Die Anschlussleistung beträgt 8 kVA beim 500-kV-Typ und 12 kVA beim 750-kV-Typ. Diese verteilt sich im wesentlichen auf zwei Stränge, obwohl der Anschluss mit Rücksicht auf die eingebauten Antriebe dreiphasig ausgeführt ist. An Regel- und Schaltorganen sind vorhanden: Regeltransformator (Spannungsregler) mit Belüftung, fernbetätigter Hauptschalter mit thermisch verzögerter Auslösung, getrenntes auf den Schalter wirkendes Überstromrelais, fernbetätigter Kühlaggregatschalter und fernbetätigte Polaritätsumschaltung. Es ist selbstverständlich, dass alle ausführbaren Operationen gegeneinander sinngemäss verriegelt sind, um Fehlschaltungen von vornherein auszuschliessen.

Bedienungsgerät

Dieses enthält neben den Betätigungsorganen für die Ein- und Ausschaltung des Generators, für Spannungsregelung,

Polaritätswechsel und Schaltung des Kühlaggregates und neben einer Anzahl von Signallampen auch drei Messinstrumente und zwar: Strom- und Spannungsmesser für den Primärkreis und ein in kV geeichtes Voltmeter für die Gleichspannungsmessung. Dieses liegt in Serie mit dem im Generator eingebauten Messwiderstand. Ein Eintritt der Hochspannung in den äusseren Messkreis ist durch mehrfache Spannungssicherungen und Schutzfunkenstrecken verunmöglicht. Bei getrennter Generator- und Schutzerde kann der äussere vom inneren Messkreis durch Zwischenschaltung eines lichtelektrischen Messwertübertragers galvanisch getrennt werden.

Fahrzeug

Das aus Fig. 4 und 5 ersichtliche Fahrzeug besitzt ein geschweisstes, spritzwassergeschütztes Fahrgestell, eine Leichtmetallkarosserie mit Stahlgerippe, die an den Stirnseiten aufklappbar ist und im Heck die oben angegebenen Schalt- und Regelgeräte samt Ventilator für die Kühlung des Regeltransformators enthält. Das Dienstgewicht, einschliesslich Generator beträgt beim 500-kV-Typ 4000 kg, beim 750-kV-Typ 4850 kg.

Bei einer Wagenlänge von 3550 mm und einer Breite von nur 2400 mm können diese Generatoren im normalen Strassenverkehr mit einer Geschwindigkeit bis zu 36 km/h behinderungsfrei verkehren und der geringen Gesamthöhe wegen, die sogar beim 750-kV-Typ nur etwa 3200 mm beträgt, Brücken oder Fahrleitungen gefahrlos unterfahren. Auch der Bahntransport ist ohne Abnahme der Generatoren vom Fahrgestell möglich.

Schlussbemerkungen

Gleichspannungsgeneratoren der beschriebenen Bauart stehen bei verschiedenen Kabelfabriken nun schon seit mehreren Jahren in Verwendung. Sie wurden nicht nur auf guten, sondern auch auf schlechten Strassen und im Gebirge gefahren und für die Durchführung von Messaufgaben in entfernten Ländern wiederholt auf dem Seewege transportiert. Auch kamen sie z. T. in heissen Gegenden oder in grossen Höhen zum Einsatz. Hinzu kommt, dass die Betriebsdauer bei Durchführung der einzelnen Messaufgaben keineswegs immer nur der durch die übliche Kabelprüfung gegebenen entsprach, vielmehr waren diese Generatoren auch mehrfach vieltägigen Dauerbeanspruchungen ausgesetzt. Die bei den beschriebenen Generatoren gewählte, auf die praktischen Bedürfnisse der Kabelfabriken und der Elektrizitätsversorgungs-Unternehmen ausgerichtete Konstruktion hat sich unter allen diesen oft strengen Bedingungen bewährt.

Adresse des Autors:
K. Antolic, dipl. Ingenieur, Micafil AG, Postfach Zürich 48.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Über die Strahlenwirkung

614.898.5 : 537.53

[Nach *G. Wagner:* Strahlenwirkung — Strahlenschutz. Bull. der Schweiz. Vereinigung für Atomenergie Bd. 2(1960), Nr. 16, Beilage]

Die Gefahr der genetischen Mutationen durch schädliche Strahlungen drängt dazu, die durch den Mensch empfangenen Strahlenmengen zu kennen und sie auf das zulässige Maximum zu reduzieren. Es sei vorweggenommen, dass — nach den heutigen Kenntnissen — eine summierte Strahlendosis von 40 rem bereits zu genetischen Degenerationen führen kann.

Was ist nun ein «rem»? Es ist dies die biologische Einheit beliebiger ionisierender Strahlen. Die Dosis in rem ist gleich der Dosis in «rad» multipliziert mit dem Faktor der «relativen biologischen Wirksamkeit» (RBW-Faktor). Das rad wiederum, ist die Masseinheit der absorbierten Dosis einer Strahlung ohne Rücksicht auf deren biologische Auswirkung auf den Menschen. Diese Einheit dient zum Vergleich verschiedener Strahlenarten. Als dritte Einheit muss das «Röntgen» erwähnt werden. Das Röntgen (r) ist die internationale Masseinheit der Dosis für Röntgen- und Gammastrahlen, wobei 0,84 rad = 1 r. Die Dosis einer Strahlung beträgt dann 1 r, wenn diese in trockener Luft (bei 0 °C und 760 Torr) pro cm^3 so viele Ionen erzeugt, dass die Ionen beiderlei Vorzeichens eine Ladung von einer elektrostatischen Einheit ($= 3{,}33 \cdot 10^{-10}$ Coulomb) transportieren können.

Wenn man nun die genormten maximal zulässigen Strahlendosen pro Jahr betrachtet, so ergibt sich ein Bild nach Tabelle I.

Zulässige Strahlendosen auf die strahlenempfindlichsten Organe [1])

Tabelle I

Personen	Maximal zulässige Dosis pro Jahr rem
Beruflich strahlenexponierte Personen	5
Besondere Bevölkerungsgruppen [2])	1,5
Durchschnitt der Gesamtbevölkerung	0,15

[1]) Gonaden, Augen, Blutbildungsorgane.
[2]) Darunter gehören Personen, die durch ihren Beruf gelegentlich mit schwachen Strahlenquellen in Berührung kommen, z. B. Physiklehrer.

Wie steht es nun mit der Strahlenbelastung des Menschen durch natürliche und künstliche Strahlenquellen, die das tägliche Leben mit sich bringt? Tabelle II gibt darüber Auskunft. Die Gesamtheit der mittleren Strahlungsbelastung durch natürliche und künstliche Quellen wäre also nach Tabelle II — wenn man die eingangs erwähnten 40 rem ins Auge fasst —

Mittlere Strahlenbelastung durch natürliche und künstliche Strahlenquellen

Tabelle II

Strahlenquelle	Keimdrüsendosis mrem/Jahr
Kosmische Strahlung	
auf 0 m Höhe	40
auf 1500 m Höhe	66
auf 3000 m Höhe	1,25
Strahlung der natürlichen Radionuklide	
U, Th, Ra, Rn	70
kristalliner Untergrund	120
Sandstein	54
Kalk	24
K^{40} im menschlichen Körper	19
C^{14} im menschlichen Körper	1
Strahlenbelastung aus natürlichen Quellen, total	≈ 130
Röntgendiagnostik	≈ 20
Uhren mit Leuchtziffern	≈ 5
Schuhdurchleuchtungsapparate	≈ 5
Atomexplosionen bis 1957	≈ 5
Fernsehapparate	< 1
Gesamtheit der künstlichen Quellen, total	≈ 35

Wahrscheinliche Auswirkungen einer einmaligen Ganzkörperbestrahlung des Menschen mit Gamma-Strahlen

Tabelle III

Strahlendosis r	Benennung	Auswirkung
25	Gefährdungsdosis	Maximal zulässige Dosis, wenn klinische Schäden sicher vermieden werden sollen
100	Kritische Dosis	«Strahlenkrankheit», erste Todesfälle
400	Mittlere Letaldosis	Schwere «Strahlenkrankheit» zu erwarten, in etwa 50 % der Fälle tödlich
700	Letale Dosis	Fast sicher tödliche Dosis