Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 58 (1967)

Heft: 1

Rubrik: Mitteilungen SEV

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: 10.07.2025

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

wurde. Das Dokument wird unter der 6-Monate-Regel als Nachtrag zur Publ. 163–1 der CEI, Interrupteurs sensibles, zirkulieren.

Als letztes Traktandum über Schalterfragen wurde ein englischer Vorschlag über «thermal delay» und «thermostatic switches» besprochen, wobei der französische Vorschlag, das Dokument in zwei Teilen aufzulösen, angenommen wurde. Frankreich wird dabei die thermostatischen und England die thermischen Verzögerungs-Schalter bearbeiten.

Der Vorsitzende stellte sodann den generellen Antrag, bei Revisionsarbeiten bereits erschienener Publikationen die Datenblätter möglichst rationell zusammenzufassen, was bis anhin leider nicht immer der Fall gewesen war.

Die nächste Sitzung des SC 48C wird 1967 eventuell mit anderen elektronischen Comités d'Etudes und Sous-Comités in Prag stattfinden. Mit dem Dank des Präsidenten an das gastgebende norwegische Nationalkomitee schloss die Sitzung. *M. Rheingold*

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Elektrischer Triebwagen ET 27 der Deutschen Bundesbahn

621.335.4

Der Einsatz elektrischer Triebwagen ist bei der Deutschen Bundesbahn heute fast ausschliesslich auf den Nahverkehr, besonders in den Ballungsräumen der Großstädte, beschränkt. Mit Ausnahme der Triebwagenzüge auf der Hamburger S-Bahn, die mit 1200 V Gleichstrom fahren, sowie der verschiedenen Akkumulator-Triebwagen, deren Antriebsenergie mitgeführte Batterien liefern, sind sämtliche elektrischen Triebwagen der Deutschen Bundesbahn für den Betrieb mit 15 kV, 16⅔ Hz, eingerichtet.

Die Nachkriegsentwicklung setzte Ende der fünfziger Jahre mit dem dreiteiligen Triebzug der Baureihe ET 30 ein. Vier Tatzlagermotoren verliehen dem Zug eine Nennleistung von 1760 kW und 120 km/h Höchstgeschwindigkeit. Obwohl bereits der ET 30 für die besonderen Verhältnisse des Nahschnellverkehrs entwickelt war, also unter dem Gesichtspunkt kurzer Fahrzeiten trotz zahlreicher Haltestellen und kurzer Streckenabschnitte, musste sich die Deutsche Bundesbahn einige Jahre später zu einer Neukonstruktion entschliessen, wobei selbstverständlich sämtliche Erfahrungen mit vorangegangenen Triebwagenzügen berücksichtigt werden sollten.

Der erste Zug der neuen, als ET 27 bezeichneten Baureihe ging 1964 in den Probebetrieb (Fig. 1). Insgesamt sind heute fünf dieser ebenfalls dreiteiligen Triebzüge im Einsatz. Sie besitzen im Gegensatz zum ET 30 in jedem angetriebenen Drehgestell zwei, insgesamt also acht Fahrmotoren, ebenfalls in Tatzlagerbauform. Die Achsen des Mittelwagens werden nicht angetrieben.

Die Trieb- und Mittelwagen sind mit der normalen Zug- und Stoßeinrichtung verbunden und mit breiten Gummiwulstübergängen versehen. An den Stirnseiten der Triebzüge ist eine automatische Mittelpufferkupplung der Bauart *Scharfenberg* angebracht, die ein rasches Kuppeln zweier Triebzüge ermöglicht.

Während noch beim ET 30 das hohe Beschleunigungsvermögen (mittlere Anfahrbeschleunigung zwischen 0 und 120 km/h von 0,7 m/s²) als wesentlichstes Merkmal eines attraktiven Nahverkehrstriebzuges empfunden wurde, trat beim ET 27 die Schaffung aller Voraussetzungen für einen schnellen und reibungslosen Fahrgastwechsel in den Vordergrund der konstruktiven Überlegungen. Den Anlass dafür gab die Tatsache, dass beim Aufenthalt auf den Stationen durch Gedränge an den Wagentüren und durch Schwierigkeiten für die Fahrgäste in Folge der Höhendifferenz zwischen Wagenfussboden und Bahnsteig erheblich mehr kostbare Zeit verloren geht, als der Zug durch hohe Anfahrbeschleunigung nachher wieder aufholen kann.

So erhielt der ET 27 einen aussergewöhnlich niedrigen Fussboden (Fig. 2), der nur 900 mm über Schienenoberkante liegt und zur Überwindung des Höhenunterschiedes zwischen Wagenboden und Bahnsteig nur eine einzige Trittstufe erfordert. Auch die Vorräume zwischen den Abteilen und den Aussentüren wurden besonders geräumig gebaut. Zwanzig Schwenkschiebetüren auf jeder Seite des Zuges sorgen dafür, dass beim Aus- und Einsteigen so viel offene Fläche zur Verfügung steht, dass Stauungen innen und aussen sicher vermieden werden. Dafür verfügt der ET 27 über nur 185 Sitzplätze (161 in der 2. und 24 in der 1. Klasse) gegenüber 226 im ET 30.

Die geringe Fussbodenhöhe führte allerdings zu Schwierigkeiten bei der Konstruktion der Fahrmotoren, deren Leistung bei der traditionellen Bauweise für Einphasen-Wechselstrom durch die Grössenverhältnisse begrenzt wurde. Nur durch die ungewöhnlich hohe Motordrehzahl von 3200 U./min liessen sich 150 kW pro Motor erzielen. Durch zusätzliche Belüftung ist eine Überlastung um knapp 10 % möglich. Dennoch bleibt die Leistung des ET 27 mit zusammen 1200 kW erheblich hinter der des ET 30 zurück. Die mittlere Beschleunigung wird dementsprechend mit nur 0,48 m/s² angegeben.

Da im vorgesehenen Einsatzgebiet der Triebzüge gegenwärtig nur in verhältnismässig geringem Masse Geschwindigkeiten von 120 km/h möglich sind, reicht die Beschleunigungszeit von etwa 60 s bis zur ermässigten Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h jedoch aus. Später ist daran gedacht, auch die vier Achsen des Mittelwagens anzutreiben, so dass der dreiteilige Triebzug mit insgesamt 12 Motoren von je 150 kW eine Gesamtleistung von 1800 kW und damit eine Beschleunigung von 0 auf 120 km/h in etwa 70 s erreichen würde.

Die Fahrmotoren des ET 27 sind vierpolige Einphasen-Reihenschlussmotoren mit Wendepol- und Kompensationswicklung. Für beide Fahrmotoren jedes Triebwagen-Drehgestells ist im Dach des Fahrzeugs ein Zusatzlüfter eingebaut. Beim Fahren sind beide Motoren eines Drehgestells parallel geschaltet und bilden ein selbständige Gruppe.

Die elektrische Energie wird von der Fahrleitung durch zwei Scherenstromabnehmer über eine durchgehende Dachleitung und je einen Druckluftschnellschalter den beiden in den Untergestellen der Triebwagen eingebauten Transformatoren zugeführt. Der Transformator verfügt über eine Ölumlauf-

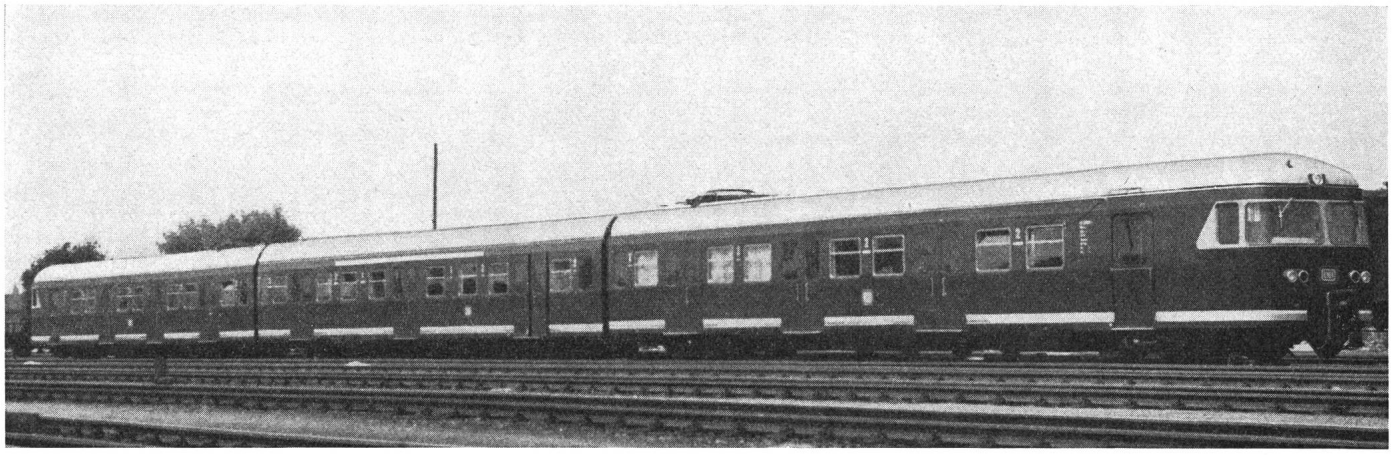

Fig. 1
Elektrischer Triebwagenzug ET 27

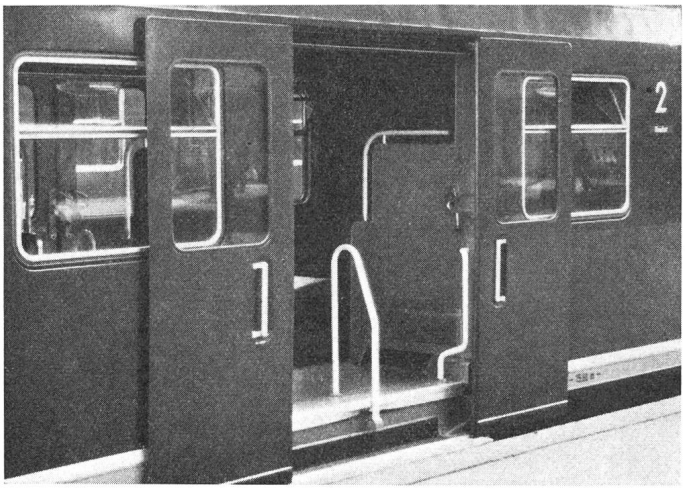

Fig. 2
Breite Türen, flache Einstiege des ET 27

pumpe und einen Ölkühler. Der Niederspannungsstufenwähler sitzt mit vier Lastschaltern am Transformatorkessel.

Zum ersten Mal hat die Bundesbahn beim ET 27 als Betriebsbremse eines 16⅔-Hertz-Nahverkehrstriebzuges eine elektrische Bremse gewählt. Dabei bildet jede Motorengruppe einen Bremskreis. Die Bremswiderstände sind auf dem Dach angeordnet, durch eine Dachverkleidung jedoch dem Blick des Fahrgastes entzogen. Diese Dachattrappe verleiht dem Zug ein gefälliges Äusseres. Falls während einer Bremsung die Fahrdrahtspannung ausfällt, übernimmt die Fahrzeugbatterie bis zum Ende der Bremsung die Lieferung des notwendigen Erregerstromes.

Neben der elektrischen Betriebsbremse steht eine selbsttätige, mehrlösige Druckluft-Scheibenbremse zur Verfügung. Auch nach Schnellbremsungen ist ein rasches Lösen der Druckluftbremse möglich.

Die elektrischen Hilfsbetriebe, Zusatzlüfter der Fahrmotoren, Ölumlaufpumpen, Ölkühlerlüfter, Luftpresser und Deckenlüfter für die Fahrgasträume, arbeiten mit Drehstrom 3×380/220 V, 50 Hz. Er wird durch einen Umformer aus Wechselstrom 200 V, 16 ⅔ Hz erzeugt, der seinerseits über eine getrennte Wicklung des Transformators geliefert wird. Für die Heizung der Fahrgasträume verfügt der Transformator ausserdem über eine 1000-V-Anzapfung.

Der Schutz gegen Schleudern einer Treibachse erfolgt durch eine besondere Überwachungseinrichtung, die durch Vergleich der vier Motorstrom-Istwerte eines Triebwagens beim Durchdrehen einer Achse in Funktion tritt. Ähnlich wird durch Vergleich der Ankerspannungen beim Bremsen das Gleiten einer Achse festgestellt und durch entsprechende automatische Beeinflussung des Bremsreglers sofort unterbunden.

Die Triebzüge sind mit durchgehender Zugsteuerung ausgerüstet. Bis zu drei Triebzüge können miteinander gekuppelt und von einem Führerstand aus gesteuert werden. Für Sicherheit im Betrieb sorgen eine wegabhängige Sicherheitsfahrschaltung (Sifa) sowie die induktive Zugbeeinflussung (Indusi). Durch ständige Bedienung der Sifa bekundet der Lokomotivführer seine Dienstbereitschaft; die Indusi-Bedienung ist dagegen nur vor Hauptsignalen in Stellung «Halt» oder «Langsamfahrt» sowie vor Langsamfahrstellen erforderlich. Beide Sicherungseinrichtungen führen zur Zwangsbremsung, wenn in der vorgeschriebenen Bedienung eine Unterbrechung eintritt, der Lokomotivführer also möglicherweise nicht mehr dienstfähig ist oder ein Signal übersehen hat.

Entgegen der ursprünglichen Pläne der Deutschen Bundesbahn, die Entwicklung elektrischer Nahverkehrstriebwagen mit der Baureihe ET 27 auf längere Sicht hin abzuschliessen, stellen die zum Teil bereits in Angriff genommenen (München), zum Teil geplanten (Stuttgart, Frankfurt/M.) S-Bahn-Netze mit unterirdischen Stadtstrecken und teilweise steilen Rampen neue Forderungen. Deshalb entsteht gegenwärtig abermals ein neuer elektrischer Nahverkehrstriebzug, der voraussichtlich die Bezeichnung ET 20 erhalten und mit sämtlichen heute möglichen Superlativen aufwarten soll.

Sein Beschleunigungsvermögen soll bei 1 m/s² liegen, die Höchstgeschwindigkeit ebenfalls bei 120 km/h. Für die Fussbodenhöhe sind 1000 mm über Schienenoberkante vorgesehen; dafür sollen die Bahnsteige spürbar erhöht werden. Der damit gewonnene Raum unter dem Wagenboden, aber auch die Anwendung der Thyristorsteuerung zusammen mit Mischstrom-Motoren und die damit verbundene etwa zwanzigprozentige Raumersparnis erlauben die Installation erheblich höherer Motorleistungen. Zudem soll bei dem geplanten ET 20 von vornherein jede Achse, auch die der Mittelwagen, angetrieben werden. Da das durch eine unterirdische Verbindungsbahn vom Hauptbahnhof zum Ostbahnhof integrierte Vorortstreckennetz der Bundesbahn in München bis zu den Olympischen Spielen 1972 betriebsfertig sein muss, werden auch die neuen Triebwagen der Reihe ET 20 spätestens zu diesem Zeitpunkt einsatzbereit sein. Mit den ersten Versuchszügen wird jedoch schon 1968 gerechnet.

R. R. Rossberg

Un câble téléphonique à gaine ondulée en acier dans le lac de Lugano

Introduction 621.315.28 : 621.395.73

A la suite du développement touristique de la région, une liaison téléphonique directe devint nécessaire entre Lugano et la région de Caprino, de l'autre côté du lac, large à cet endroit de 3 km environ.

Les PTT étudièrent les diverses solutions possibles, – câbles terrestres ou lacustres – et optèrent en définitive, par économie, pour une liaison directe au travers du lac par un câble de 3,3 km de longueur environ. Il existe de nombreux câbles sous-lacustres en Suisse; en 1934 déjà un câble pupinisé fut posé au travers du lac de Constance. Cependant ce serait le premier câble qui, posé à 250 m de profondeur, supporterait une pression de 25 kg/cm².

Les PTT demandaient un câble composé de 100 quartes de fil de 0,6 mm de diamètre, présentant les mêmes caractéristiques électriques que les autres câbles normaux du réseau suisse.

On demanda aux Câbleries de Cossonay si un câble avec gaine métallique ondulée soudée pourrait supporter la pression voulue de 25 kg/cm². A la suite d'essais qui donnèrent des résultats tout à fait positifs la maison a répondu affirmativement. Il fut décidé que Cossonay fabriquerait le câble et que les Câbleries de Cortaillod – ayant plus d'expérience dans la pose de câbles sous-lacustres – s'occuperait de celle-ci.

Il fut proposé deux câbles de 50 quartes en parallèle, au lieu d'un seul de 100 quartes, pour des raisons de commodité de fabrication et de sécurité d'exploitation, et 2 variantes d'isolation: quartes à isolation polythène ou à isolation papier. Les PTT choisirent la solution la plus avantageuse financièrement, c'est-à-dire le câble à isolation papier. Il s'agissait donc de fabriquer deux câbles de 3250 m chacun, composés de 52 quartes de 0,6 mm ϕ, dont 2 quartes de réserve. Les conducteurs et les quartes étaient exactement semblables à celles des câbles normaux des PTT et l'isolation du faisceau se composait de 4 papiers et d'une toile; le câble à ce stade de fabrication avait un diamètre de 22,3 mm.

La gaine d'acier de 0,4 mm d'épaisseur supportait, d'après les essais, une pression de 70 kg/cm², pratiquement sans déformation; des essais à des pressions supérieures, ne purent être faits, parce que les installations ne le permettaient pas. Cependant, d'après les calculs, vérifiés expérimentalement pour d'autres diamètres et d'autres épaisseurs de gaine, la pression d'écrasement serait voisine de 100 kg/cm², d'où une sécurité de 4 environ.

Les essais ont également montré qu'une gaine en acier, même fortement déformée (par un coup de pioche par exemple) conserve encore une résistance à l'écrasement par pression extérieure comprise entre ⅓ et la moitié de sa valeur normale. Dans tous les cas, l'étanchéité de la gaine n'est pas compromise.

L'âme du câble, c'est-à-dire les 52 quartes, fut fabriquée tout à fait normalement, puis mise sous gaine d'acier ondulé et enduite de polyment, lui-même recouvert d'une gaine de polythène de 2 mm d'épaisseur, d'une double armure méplat et d'une toile imprégnée; cette dernière est nécessaire pour la pose du câble.

La fabrication

La fabrication a eu lieu en août 1965. Les difficultés de fabrication – mis à part la longueur exceptionnelle de la gaine – n'ont pas été considérables; on peut cependant mentionner les plus importantes:

1) Le séchage de ce câble, du fait de sa longueur, a dû se faire dans une cuve prévue pour le traitement des câbles d'énergie. De plus, vu la durée de la mise sous gaine métallique (environ 10 heures) il dut être protégé de la reprise d'humidité par 2 papiers qui furent enlevés à l'entrée de la machine à gainer.

2) Pour éviter que les spires des câbles une fois sous gaine et enroulés sur le tambour risquent de s'emmêler d'une couche à l'autre, une toile de jute fut placée entre celles-ci. Ce procédé utilisé pour toutes les opérations n'a jamais occasionné la moindre difficulté de déroulement.

3) La mise sous gaine en acier de 2 câbles de 3300 m exige beaucoup de soins et de précautions. Pour mettre tous les atouts de son côté, Cossonay a demandé aux Câbleries de Hackethal de bien vouloir assortir les rubans de fer nécessaires, puisqu'elles disposaient d'installations de contrôle spéciales, et de déléguer des spécialistes pour contrôler le montage de l'outillage et conduire la machine. En effet, durant les 6 premiers mois de 1965, Cossonay n'avait fabriqué que peu de kilomètres de câble à gaine métallique ondulée, et l'on a craint que le personnel, peu entraîné, ne commette des erreurs évitables.

La mise sous gaine se fit donc sous la direction du personnel de Hackethal. La machine a travaillé à 6 m/min, avec un courant de soudure de 130 à 140 A, et le dégraissage du ruban se fit à la vapeur de perchloréthylène. Chaque ruban présentait 7 soudures de raccord et une seule électrode fut utilisée par longueur.

Tandis que le premier câble présentait 4 défauts, le second n'en présentait qu'un. Deux défauts étaient des défauts de soudure, qui furent réparés sur la machine, les autres furent découverts lors du contrôle d'étanchéité et étaient dus à des défauts de matière. Tous ces endroits défectueux étaient facilement réparables, ainsi que l'avaient montré les essais. En effet, des séries de réparations avaient été soumises à des pliages sévères, et ensuite essayées; le contrôle avait montré que toutes les réparations effectuées tenaient une pression de 70 kg/cm² sans défaillance, ni déformation aucune.

4) Lors de la mise sous polyment, on a refroidi énergiquement le câble, de manière à ce que le polyment soit froid au moment de l'enroulement sur le tambour, pour éviter le plus possible les déformations dues au poids du câble.

5) La double armure méplat fut effectuée par Cortaillod, car Cossonay ne disposait pas à l'époque de machine permettant de la mettre en une seule opération, ce qui était indispensable pour une telle longueur.

Les câbles une fois terminés furent réceptionnés par les PTT qui les trouvèrent conformes à leurs exigences.

La pose

La pose eut lieu en novembre 1965. Les câbles furent transportés par chemin de fer jusqu'à Mélide, gare distante d'environ 4 km du lieu de pose. Cette gare présente la particularité de posséder une voie qui n'est éloignée que de quelques mètres du lac; ceci permit un transbobinage aisé des câbles, qui furent posés l'un après l'autre à deux jours d'intervalle. Le câble fut enroulé sur un tambour spécial fixé sur un chaland, lui-même aménagé tout particulièrement pour cette occasion. La machinerie nécessaire à la pose – moteurs, trains d'engrenage, treuils, groupe électrogène, freins, etc. – également montée sur le chaland, fut utilisée pour ce rebobinage. Un serrage adéquat des spires, puis des diverses couches, put ainsi être assuré, condition primordiale au bon déroulement d'un câble lacustre.

Le chaland fut alors remorqué jusqu'à Caprino, où un ponton provisoire sur tonneaux avait été installé pour éviter le danger que représentait un contact éventuel du chaland avec les côtes escarpées de la rive. Les premiers cinquante mètres de câble furent introduits dans un tube de polythène, posé préalablement sur le ponton, et ensuite noyés. Le tube de polythène assure une protection efficace du câble dans la partie rocheuse de la descente.

Durant ces opérations de transbobinage du câble et de remorquage, une deuxième équipe déroulait un filin d'acier de Lugano à Caprino à travers le lac et le laissait reposer au fond de l'eau. Ce câble d'acier destiné à tracter le chaland fut alors, à Caprino, raccordé au treuil fixé à l'avant du bateau, et par simple enroulement le chaland se mit en mouvement. La direction générale était donc donnée par la position du filin d'acier, et les corrections de dérive dues au vent assurées par un bateau à moteur de chaque côté du chaland. Le profil du fond du lac présente une particularité: sur les 600 premiers mètres, il y a une dénivéllation de 250 m, puis une remontée plus ou moins accidentée jusqu'à Lugano. A l'arrivée à Lugano, le même ponton provisoire, amené entre-temps par un bateau, permit d'éviter un enlisement éventuel du chaland.

En conclusion, on peut dire que grâce à une étroite collaboration entre les câbleries de Hackethal, Cortaillod et Cossonay, la première pose d'un câble téléphonique avec gaine acier ondulée put être menée à bien. Ce câble est depuis bientôt une année en service. Le manteau ondulé a bien répondu à ce qu'on en attendait et pourrait être recommandé pour d'autres cas semblables.

J. P. Wild, Cossonay

Ausbau der Kraftwerke in der UdSSR im Zeitraum von 1958—1965

621.311.2 (47)

[Nach einer Notiz: «Strukturänderung in Bezug auf Leistungen und Ausrüstung der Kraftwerke der UdSSR während des Siebenjahresplanes», Energetik 14(1966)8, S. 2]

Die im Verlaufe des Siebenjahresplanes erfolgte strukturelle Wandlung in der Ausrüstung der Kraftwerke geht aus den Tabellen deutlich hervor.

Während die Dampf-, die Gas- und die Wasserturbinen auf Ende des Jahres 1965 jeweils den etwa doppelten Leistungswert des Jahres 1958 erreichten, so dass ihr Anteilverhältnis fast unverändert geblieben ist, stieg bei den Wärmekraftwerken der Anteil der Turbinen mit höchsten Betriebsdrücken (130...240 kg/cm²) (Tabelle II) in der gleichen Periode von 2,5 auf 39,4 % der gesamten installierten Leistung an.

Leistungsstruktur der Kraftwerke

Tabelle I

Kraftwerktyp	Installierte Leistung				
	1958		1965		Steigerung
	GW	%	GW	%	%
Dampfturbinen . . .	20,9	39,0	47,4	41,3	227
Gasturbinen	13,0	24,3	30,0	26,2	231
Wasserturbinen . . .	10,9	20,3	22,2	19,4	204
Summe der Turbinenkraftwerke	44,8	83,6	99,6	86,9	222
Andere Kraftwerke . .	8,8	16,4	15,0	13,1	171
Gesamte installierte Leistung	53,6	100,0	114,6	100,0	214

Leistungsverteilung der Wärmekraftwerke nach dem Betriebsdruck

Tabelle II

Betriebsdruck vor den Turbinen	Installierte Leistung			
	1958		1965	
kg/cm²	GW	%	GW	%
240	—	—	3,6	4,7
170...200	0,66	1,9	0,7	0,9
130	0,2	0,6	26,0	33,8
90...110	14,85	43,8	25,9	33,0
54... 76	1,37	4,0	1,4	1,8
42 und weniger	16,82	49,7	19,8	25,8
Summe der Wärmekraftwerke	33,90	100,0	77,4	100,0

G. v. Boletzky

Erzeugung sehr hoher Lichtbogenspannungen in Flüssigkeiten

621.3.014.31.027.3 : 621.315.615 (04)

[Nach *H. Ann:* Untersuchungen über die Erzeugung sehr hoher Lichtbogenspannungen unter Flüssigkeiten. Beihefte der ETZ, Heft 1—1966]

Wenn heute grosse Energiemengen mit Gleichstrom über weite Entfernungen übertragen werden, so handelt es sich immer um einfache Verbindungsleitungen zwischen zwei Drehstromnetzen ohne Abzweige, da weitere Abgänge wegen des Fehlens eines geeigneten Schaltgerätes bis jetzt nicht möglich waren. Das Ausschalten eines Gleichstromes mit Hilfe eines Lichtbogens erfordert die rasche Erhöhung der Lichtbogenspannung über den Wert der treibenden Spannung hinaus. Bisher war kein Beispiel bekannt, in welchem die Ausschaltung hochgespannter Gleichströme durch Erzeugung grosser Lichtbogenlängen mit hoher Lichtbogenfeldstärke in kurzer Zeit gelungen wäre. Um beispielsweise eine Lichtbogenspannung von 100 kV zu erzielen, ist bei einer Lichtbogenfeldstärke von 200 V/cm unter Öl eine Lichtbogenlänge von 5 m erforderlich. Dies kann mit Schaltern herkömmlicher Bauart nicht verwirklicht werden. Nachdem jedoch *Schaper* an der T. H. Braunschweig an stromstarken Lichtbögen von 3...100 kA bei kleiner Spannung Lichtbogenfeldstärken bis 800 V/cm erzeugt hatte, konnte versucht werden, auch hochgespannte Gleichströme mit Hilfe von Lichtbögen unter Öl auszuschalten.

Die im folgenden beschriebenen experimentellen Untersuchungen sollten die Möglichkeit abklären, hohe Lichtbogenfeldstärken zu erzielen durch scharfe Ölquerströmung auf den Lichtbogen oder durch sehr rasche Verlängerung des Lichtbogens unter Öl in engen Spalten. Voraus gingen einige Untersuchungen über die Wärmeabfuhr aus dem Lichtbogenraum, sowie über die erforderliche Lichtbogenarbeit zur Dissoziation von Öl und Aufheizung der Zersetzungsprodukte. Zur Dissoziation von 1 g Öl mit anschliessender Aufheizung der Zersetzungsprodukte auf 2000 °K bei 30 at ist eine Energiemenge von etwa 11 kWs erforderlich. Für die Wärmeabfuhr aus dem Lichtbogenraum kommen hauptsächlich Wärmeleitung und Strahlung in Betracht, während Konvektion nur in geringem Umfang und besonders bei erzwungener Konvektion unter starker Turbulenz beteiligt ist. Wenn es gelingt bei starker Querströmung ein Ausweichen des Lichtbogens z. B. durch Isolierstoffstege zu verhindern, so kann erwartet werden, dass die Energieabgabe des Lichtbogens beträchtlich erhöht wird.

Die Versuchsschaltung besteht aus einem dreiphasigen Ignitrongleichrichter mit einer Leerlaufspannung von 467 V. Der Versuchsschalter liegt im Gleichstromkreis in Serie mit einer Schaltdrosselspule. Verschiedene Modelle von Schaltern wurden gebaut; einer um Lichtbögen in scharfer Ölquerströmung zu untersuchen (Fig. 1) und ein anderer für die rasche Lichtbogenverlängerung mit Hilfe von Isolierstoffplatten. Die Lichtbögen wurden mittels Zünddrähten eingeleitet. Auswechselbare Löschkammern gestatteten verschiedene Verhältnisse von Isolierstegen und Ölspalten, welche das Löschgitter bilden, auszuprobieren. Dort wird der Bogen bis zu seiner Löschung festgehalten, stark gekühlt und nimmt eine entsprechend hohe Lichtbogenspannung an. Ein Ölkolben erzeugt die scharfe Ölquerströmung. Um die erforderliche hohe Kolbengeschwindigkeit zu erzielen, reichen die üblichen mechanischen Mittel nicht mehr aus; es wurde daher ein Treibmittelantrieb entwickelt, wo die expandierenden Pulvergase den Kolben vortreiben. Schwarzpulver und mehrere andere Pulversorten wurden geprüft. Für den Versuchsschalter genügte eine Pulverladung von 0,4 g für ein Kolbengewicht einschliesslich Ölsäule von 0,24 kg. Für das Löschgitter wurden dabei Platten aus Hartpapier, Hartgewebe und Plexiglas geprüft. Plexiglas hat sich nicht bewährt, da der Lichtbogen einen mehrere Millimeter tiefen Schlitz in das Material gebrannt hat. In diesem Schlitz blieb der Lichtbogen aber der intensiven Kühlwirkung der Ölquerströmung entzogen. Die anderen Materialien haben sich bewährt und keinerlei Abbrandspuren gezeigt bis zu Lichtbögen von 2200 A bei einer Brenndauer von etwa 6 ms, wobei Druckspitzen bis zu 300 atü gemessen wurden.

Der Druck, welcher sich innerhalb des Schalters auf Grund der Gasentwicklung einstellt, wird durch die Schaltarbeit stark beeinflusst. Weiterhin ist der Druck abhängig von der Grösse des

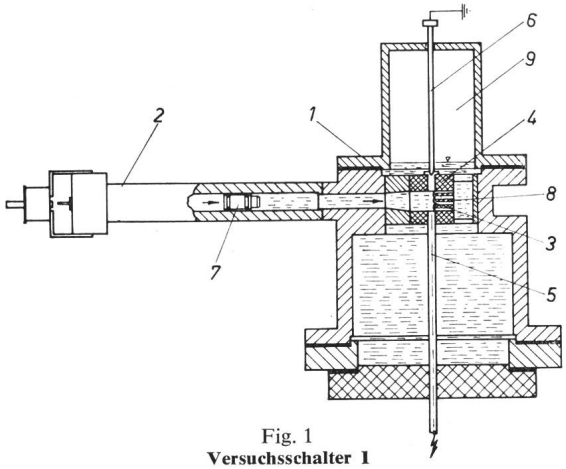

Fig. 1
Versuchsschalter I

1 Stahlgefäss; *2* Treibmittelantrieb; *3* Lichtbogen; *4* auswechselbare Löschkammer; *5* Hochspannungselektrode; *6* Elektrode auf Erdpotential; *7* Öldruckkolben; *8* Isolierstoffstege; *9* Druckausgleichraum

zur Verfügung stehenden Luftpolsters und vom Querschnitt der Durchströmöffnungen zum Druckausgleichraum. Die Lichtbogenfeldstärke steigt in einem Druckbereich von 10...60 atü weniger als proportional von 150 auf 340 V/cm. Diese Werte sind für eine sichere Abschaltung von hochgespannten Lichtbögen zu klein; mit hohen Drücken allein lässt sich das gestellte Problem also nicht lösen.

Der Einfluss der Ölquerströmung ist entscheidend und Fig. 2 zeigt den wesentlichen Erfolg, der damit erzielt werden kann. Die erreichten Lichtbogenfeldstärken sind mehr als eine ganze Grössenordnung grösser geworden. Die Schlitzhöhe des Löschgitters ist ebenfalls wichtig, wobei enge Schlitze die besten Ergebnisse ergaben. Wegen der hohen Druckspitzen sollen aber die Isolierstege aus Festigkeitsgründen mindestens 3 mm dick sein. Schlitztiefen von 25 mm genügen um zu verhindern, dass der Lichtbogen zu weit in den Schlitz hineingedrückt wird, wo er unter Umständen jenseits des Löschgitters den Bogen kurzschliesst. Die mittlere Leistungsabgabe je cm Lichtbogenlänge mit maximal 6000 kW/cm ist ebenfalls unter den gleichen Bedingungen am grössten.

Eine hohe Lichtbogenfeldstärke allein genügt aber nicht, denn es muss auch noch innert kürzester Zeit eine möglichst grosse Lichtbogenlänge erreicht werden. Dazu eignet sich am besten eine Isolierstoffplatte, welche senkrecht zum Lichtbogen bewegt wird. Aus praktischen Gründen wird die Platte durch eine Treibladung angetrieben. Die konstruktive Ausbildung des Lichtbogenraumes muss verhindern, dass der zwangsweise verlängerte Lichtbogen seitlich ausweichen kann. Öle verschiedener Viskosität haben nur einen geringen Einfluss auf die mittlere Lichtbogenfeldstärke gezeigt. Hochviskose Öle ergaben höhere Werte, wiesen aber den Nachteil auf, dass entstandene Gasblasen nur sehr langsam aufsteigen konnten.

Die praktisch gefundenen Werte — mittlere Lichtbogenfeldstärken bis 6000 V/cm und Lichtbogenleistungen bis 6 MW/cm — lassen erwarten, dass sich Leistungsschalter für hochgespannten Gleichstrom als Lichtbogenschalter ausführen lassen. Der Treib-

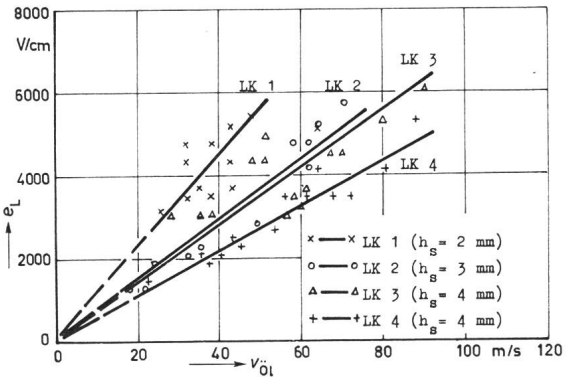

Fig. 2
Abhängigkeit der mittleren Lichtbogenfeldstärke e_L von der Ölquerströmung $v_{Öl}$ bei verschiedenen Schlitzhöhen h_s in der Löschkammer *LK* im Strombereich 200...820 A

mittelantrieb ist dabei besonders geeignet, die hohe Löschmittelbewegung und Lichtbogenverlängerung zu erzeugen.

A. Baumgartner

Stabilität und Güte nichtlinearer Regelkreise

62–503.4

[Nach *F. Stanciulescu:* Untersuchungen über die Stabilität und Güte nichtlinearer Regelkreise zum Zwecke ihrer Optimierung. Regelungstechnik 14(1966)5, S. 216...222]

Die wichtigsten Parameter eines Regelsystems sind Stabilität und Systemantwort. Während die klassischen Methoden zur Analyse der Stabilität nichtlinearer Regelkreise sich der Beschreibungsfunktion und der Phasenebene bedienen, ist diese Methode eine Verallgemeinerung des Nyquist-Kriteriums.

Fig. 1 zeigt ein Blockschema eines nichtlinearen Regelkreises. Die nichtlinearen Elemente N_1 und N_2 seien verzögerungsfrei und die Funktionen $Q(x)$ und $R(x)$ sollen durch Polynome von x mit reellen Koeffizienten angenähert werden können. Es kann nun eine Funktion $E(p)$ so hergeleitet werden, dass deren Frequenzgang $E(j\omega)$ einen geometrischen Ort ($-\infty < \omega < +\infty$) beschreibt, der an die Stelle des kritischen Punktes (—1,j0) der klassischen, linearen Nyquist-Theorie tritt. Bei einem stabilen System darf die Ortskurve $H(j\omega)/G(j\omega)$ des linearen Teiles die Ortskurve des Frequenzganges von $E(j\omega)$ für keinen Wert von ω zwischen $-\infty$ und $+\infty$ umschlingen.

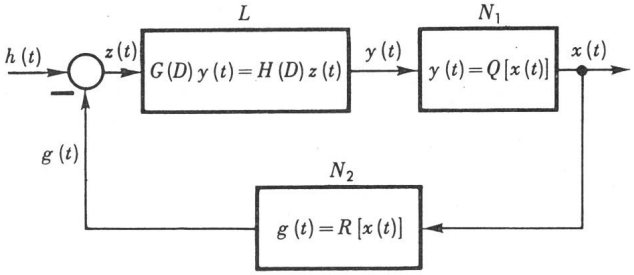

Fig. 1
Blockschaltbild eines nichtlinearen Regelkreises
L linearer Teil; N_1, N_2 nichtlineare Teile

Zur Beurteilung der Güte des nichtlinearen Regelsystems wird das Intregal über den Betrag des Systemfehlers berechnet. Diese Berechnung, durchgeführt in der Laplace-transformierten p-Ebene, führt nach dem Residuensatz zu einer Summe von Partialbrüchen. Addiert man die Absolutbeträge, so lässt sich das Zeitintegral leicht lösen, und man gelangt zu einer Abschätzung, einer das wahre Fehlerintegral majorisierenden Funktion. Eine unbedingte Kenntnis der Fehlerfunktion im Zeitbereich ist dabei nicht notwendig und die Methode lässt sich auch auf komplexere Integralkriterien ausdehnen.

H. Baumann

An der Schwelle des «dritten Lichtzeitalters»

[Nach: Light 35(1966)1] 621.327

Die bedeutendsten Einzelfaktoren bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Lichtquellen sind die Lichtausbeute in lm/W sowie die Lebensdauer und der Preis der Lampe. Wichtig für die Gesamtbeurteilung einer Beleuchtungsanlage sind ausserdem die Installations- und Wartungskosten in Abhängigkeit von der Anzahl der Lichtpunkte sowie häufig auch die Farbwiedergabeeigenschaften. Erfolgreiche Entwicklungsarbeiten haben in den letzten Jahren zu wesentlichen Erhöhungen der Lichtausbeute geführt, und auf dem Gebiet der Gasentladungslampen wurden neue Hochleistungslampen geschaffen, von deren praktischem Einsatz man sich eine revolutionierende Auswirkung auf das gesamte Gebiet der Beleuchtungstechnik erwartet.

Das «erste Lichtzeitalter» wurde durch die Glühlampe eingeleitet, die die Gasbeleuchtung ersetzte und anfänglich im Jahre 1905 eine Lichtausbeute von nur 3 lm/W aufwies. Das «zweite Lichtzeitalter» begann etwa um 1940 und wurde vor allem durch die Niederdruck-Fluoreszenzlampen geprägt. Die Lichtausbeute stieg bis auf 80 lm/W, die Kosten elektrischer Energie sanken, Licht wurde in der Industrie als «Produktionswerkzeug» eingesetzt.

Es scheint nun, dass die neu entwickelten Gasentladungs-Hochleistungslampen [1]) mit grosser Lichtausbeute, langer Lebensdauer, kleinen Abmessungen und guter Farbwiedergabe gekennzeichnet – und die Verwirklichung von Beleuchtungsniveaus nach den neuesten Forschungsergebnissen das «dritte Lichtzeitalter» einleiten. Die neue Epoche wird auch geprägt durch die Integration von Beleuchtung, Heizung und Kühlung (electrical space conditioning) in Form ventilierter Leuchten, durch vermehrte Anwendung der Forschungsergebnisse im Hinblick auf Sehanforderungen, Blendung und Leuchtdichte.

Der Einsatz der neuen Lampen ist nicht auf die Aussen- und Industriebeleuchtung beschränkt. Es gibt in den USA bereits Versuchsanlagen, wo solche Lampen zur Indirektbeleuchtung von Büros eingesetzt sind. Man kommt dabei mit einer kleinen Lampenzahl aus, die Decke kann frei gestaltet werden, eine wirtschaftliche Abfuhr und Nutzung der durch die Lampen hervorgerufenen Lufterwärmung ist möglich.

Halogenglühlampen in Stabform und mit Reflektor, Hochleistungs-Fluoreszenzlampen und Flächenlampen sind weitere Marksteine für das «dritte Lichtzeitalter», in dem Licht in der Industrie als Werkzeug für besseres, schnelleres und genaueres Sehen gehandhabt wird und dadurch einen Beitrag zur Erhöhung der Produktivität leistet.

H. Hauck

Bisherige und künftige Entwicklung der fahrzeugeigenen Beleuchtung

[Nach *R. Zechnall:* Bisherige und künftige Entwicklung der fahrzeugeigenen Beleuchtung. Lichttechnik 18(1966)10, S. 120 A...124 A]

Auch mit dem heute üblichen asymmetrischen Abblendlicht sind die Sichtweiten, die bei Begegnung zweier Fahrzeuge erzielt werden, infolge zu geringer Lichtstärke oder schlechter Scheinwerfer-Einstellung in vielen Fällen unzureichend. Die Sichtweite bei Begegnung zweier Fahrzeuge ist abhängig vom Lichtanstiegsverhältnis zwischen der Blendrichtung und der Beleuchtungsrichtung zum Strassenrand. Dieses Verhältnis wird wesentlich von der Reflektorqualität und der optischen Güte des Scheinwerfers bestimmt. Die Sichtweite kann durch Erhöhung der Wendelleuchtdichte allein nicht vergrössert werden, da dabei die Blendung zu gross würde. Nach internationaler Vereinbarung ist die Blendbeleuchtungsstärke $\leqq 0{,}7$ lx in Blendrichtung und 25 m Entfernung vom Fahrzeug einzuhalten. Durch Vergrösserung des horizontalen Reflektordurchmessers kann die Sichtweite erhöht werden; die heute gebräuchlichen Scheinwerfer haben daher auch häufig die Form eines querliegenden Rechteckes. Bei Verdoppelung des horizontalen Reflektordurchmessers erhöht sich das Lichtanstiegsverhältnis um den Faktor 1,7...1,9.

Die neu entwickelten Halogenglühlampen für Autoscheinwerfer haben höhere mittlere Leuchtdichten und erzeugen bei Einsatz in sog. Ringfokussystemen — bei diesen besitzt der Reflektor keinen Paraboloid-Brennpunkt, sondern einen Brennkreis — ein um den Faktor 2 höheres Lichtanstiegsverhältnis oder 40 % grössere Sichtweite bei Begegnung und eine Erhöhung der Fahrbahnbeleuchtung in Fahrzeugnähe auf das Doppelte.

Untersuchungen von Scheinwerfern auf ihre psychologische Blendung haben ergeben, dass eine Blendquelle mit doppeltem Raumwinkel gleich stark blendet, wenn sie die 1,4fache Blendbeleuchtungsstärke erzeugt oder die 0,7fache Blendleuchtdichte hat.

Die Einführung lichtstärkerer Abblendscheinwerfer macht eine exaktere Scheinwerfereinstellung erforderlich, die auch Regeleinrichtungen, sog. Leuchtweitregler, zur Anpassung der Neigung der Scheinwerfer an die Belastung der Fahrzeuge einschliesst.

Eine grundlegende Verbesserung der Blendsituation der fahrzeugeigenen Beleuchtung wäre durch die Einführung von polarisiertem Scheinwerferlicht möglich, dessen Einsatz vor allem als Fernlicht bei Überlandfahrten, aber auch als Abblendlicht gedacht ist. Die Verwendung der lichtstarken Halogenglühlampe würde das Nebeneinanderbestehen des bisherigen Systems und des polarisierten Systems in einer Übergangszeit erleichtern. Zusätzlich zu dem polarisierten Abblendlicht sollte ein unpolarisiertes, wenig blendendes Stadtlicht vorhanden sein, das auf gut beleuchteten Strassen allein verwendet werden könnte.

H. H.

[1]) Siehe Bull. SEV 57(1966)10, S. 473.

Fortsetzung auf Seite 41

Suite à la page 41