

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 43 (1952)
Heft: 5

Artikel: Erfahrungen mit der Schnellwiedereinschaltung auf der 150-kV-Leitung Gösgen-Lavorgo
Autor: Schär, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059139>

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: 03.04.2025

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

et sans retard décelable, la tension d'excitation atteint une tension plafond de 190 V pour se stabiliser finalement à 21 V. Le courant d'excitation est à croissance initiale très rapide et atteint déjà la moitié de sa valeur finale au bout de 0,12 s. On se rend compte ainsi de la rapidité d'action de ce circuit de réglage.

En résumé, nous avons ainsi montré que la modification très rapide de l'excitation d'une génératrice synchrone, raccordée à un réseau de grande puissance, en faisant appel à deux paramètres réglants, dont l'un est choisi parmi les paramètres habituels (variation d'une tension, ou variation d'un angle) et dont l'autre est obligatoirement le glissement permet donc de réaliser un fonctionnement de cette machine totalement différent des fonctionnements habituels. La génératrice ainsi réglée ne réagit plus aux perturbations importantes que par des déplacements relativement très lents, qui donnent aux régulateurs normaux le temps d'agir à leur tour.

Ces résultats nous paraissent ouvrir des horizons nouveaux sur les modes de réglage des machines synchrones en marche en parallèle, en permettant d'assurer une stabilité artificielle aux fortes perturbations pour une plus grande étendue de leurs régimes, donc en définitive en permettant d'utiliser ces machines pour des conditions plus sévères, telles qu'elles se présentent, par exemple, dans le cas des longues lignes de transmission, où l'on doit fonctionner relativement près des limites de stabilité.

IV. Conclusion

En résumé, j'ai cherché dans cette Conférence à apporter un peu de clarté dans la notion, en général, assez vague de la stabilité des machines synchrones; j'ai montré ensuite les avantages que donne le réglage de leur excitation pour améliorer leurs conditions de fonctionnement tant au point de vue de l'accroissement de la réserve de puissance avant décrochage qu'à celui de l'accroissement de leur stabilité. Cette discussion a été facilitée par une représentation graphique relativement simple.

Les réglages utilisant des circuits normaux d'excitation constitués par des régulateurs et par des machines tournantes suffisent entièrement à l'obtention du renforcement de la stabilité statique, malgré l'imperfection naturelle de ces circuits.

Par contre, l'amélioration de la stabilité transitoire et de la stabilité dynamique nécessite l'emploi de circuits d'excitation plus rapides faisant appel à des tubes électroniques, et l'utilisation du glissement comme paramètre de réglage.

Bibliographie rappelée dans le texte

- [1] Lavanchy, C.: La stabilité des génératrices synchrones. Rev. Brown Boveri t. 36(1949), n° 7/8, p. 264...270.
- [2] Frey, W.: Stabilisierung von Synchrongeneratoren durch rasche Regelung der Erregung bei der Energieübertragung auf grosse Entfernung. Brown Boveri Mitt. t. 33(1946), n° 11, p. 335...347.
- [3] Jung, R.: Perfectionnements au couplage Ward-Leonard pour machines d'extraction par l'emploi d'une excitation amplidyne. Bull. Soc. franç. Electr. 6e série, t. 8(1948), n° 77, p. 35...43.

Adresse de l'auteur:

Dr. Ch. Lavanchy, Ingénieur, A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden (AG).

Erfahrungen mit der Schnellwiedereinschaltung auf der 150-kV-Leitung Gösgen—Lavorgo

Von F. Schür, Olten

621.316.57.064.22 : 621.316.92

Es wird über das Verhalten der Schnellwiedereinschaltung im 150-kV-Netz der Aare-Tessin A.-G. bei einigen besonders interessanten Störungen berichtet.

Comportement des dispositifs de réenclenchement ultra-rapide dans le réseau à 150 kV de la S. A. Aare-Tessin, lors de quelques perturbations intéressantes.

Zu Beginn des Sommers 1950 wurde die Schnellwiedereinschaltung auf der Freileitung Gösgen—Lavorgo des gelöschten 150-kV-Netzes der Aare-Tessin A.-G. für Elektrizität (Atel) in Betrieb genommen. Die 146 km lange Leitung verbindet über den Lukmanierpass die Kraftwerkgruppen nördlich und südlich der Alpen. Die Schutzausrüstung, bestehend aus Drehfeld-Schnelldistanzschutz mit Hochfrequenzkupplung und Druckluftschalter, wurde von Brown Boveri geliefert. In der bisherigen Betriebszeit von ca. 1¹/₄ Jahr traten an dieser Leitung einige durch ihren Verlauf bemerkenswerte Störungen auf, worüber berichtet werden soll.

Prinzipielle Wirkungsweise der Einrichtung

Die Strecke Gösgen—Lavorgo (A in Fig. 2) ist an beiden Enden mit Distanzrelais ausgerüstet, die über einen Hochfrequenzkanal miteinander gekoppelt sind. Da jedes Relais 85 % der ganzen Strecke mit seiner Grundzeit schützt (siehe Fig. 1), oder anders ausgedrückt, Fehler innerhalb derselben nach rund 0,1 s abschaltet, so liegen die Störherde entweder

in der Grundzeitstufe beider oder mindestens in der Grundzeitstufe eines der Relais. Erteilt nun ein Di-

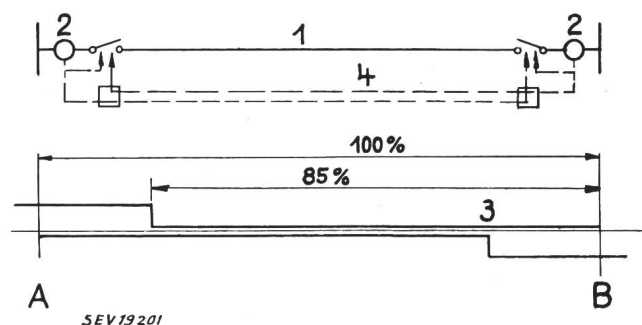


Fig. 1

Auslösecharakteristiken der Distanzrelais und Prinzipschema der Auslösekupplung über einen HF-Kanal

- 1 Zu schützende Leitung
- 2 Distanzrelais
- 3 Auslösecharakteristik des Distanzrelais in Station B
- 4 HF-Kanal

stanzrelais dem zugehörigen Schalter den Auslösebefehl, so wird dieser über den Hochfrequenzkanal gleichzeitig auch dem Schalter am andern Leitungs-

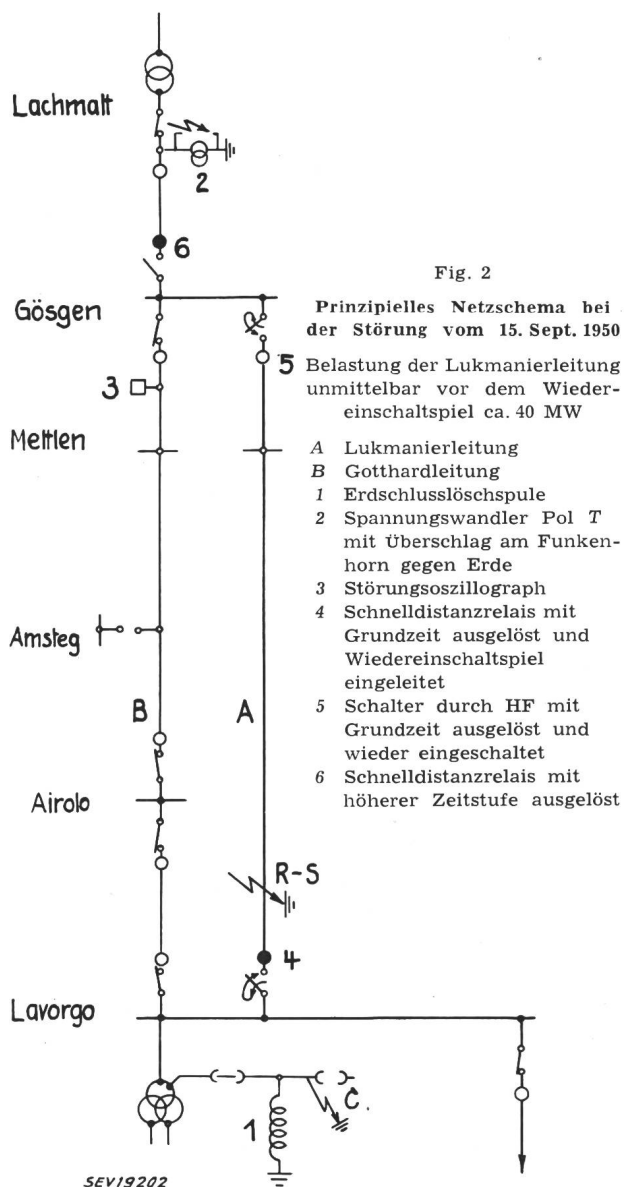
ende mitgeteilt. Das gleichzeitige Abschalten an beiden Leitungsenden erlaubt die kurzen Wiedereinschaltzeiten, die bei dreipoliger Abschaltung für die Netzstabilität erforderlich sind. Nach einer spannungslosen Pause von 0,2...0,3 s schalten die beiden Schalter automatisch wieder ein.

Ist der Kurzschluss bis dahin verschwunden, so bleiben die Schalter eingeschaltet, besteht er noch, so erfolgt eine zweite Abschaltung durch beide Schalter, die diesmal definitiv ist. Auf nur ein- oder zweipolige Wiedereinschaltung wurde verzichtet, da dies in gelöschten Netzen unzuweckmässig ist. Die spannungslose Pause wurde für jeden Schalter zu 0,25 s gewählt.

Aufgetretene Störungen

1. Störung am 15. September 1950 um 17.19 Uhr

Zur Zeit dieser Störung wurden im Gebiet des oberen Tessin bei Lavorgo Gewitter beobachtet, so



dass die Ursache vermutlich in atmosphärischen Einflüssen zu suchen ist. Das z. Z. der Störung gül-

tige Netzschema zeigt Fig. 2. In diesem sind auch die Störherde, die Schalterauslösungen und das Arbeiten der Relais eingetragen. Wie dem Schema zu entnehmen ist, traten an verschiedenen Stellen des Netzes gleichzeitig Überschläge auf. Auf der Lukmanierstrecke A ereignete sich zunächst ein zweipoliger Kurzschluss der Phasen R und S vermutlich gegen Erde. Zur gleichen Zeit wurde im Kraftwerk Monte Piottino in Lavorgo ein Lichtbogen, Nullpunkt gegen Erde beobachtet (C in Fig. 2). Schliesslich überschlug der Spannungswandler des Poles T im Unterwerk Lachmatt über seine Funkenstrecke an Erde.

Mutmasslicher Verlauf der Störung

Die Störung kann am besten anhand des Oszillogrammes (Fig. 3), welches im Kraftwerk Gösgen auf der Parallelleitung (B) mit einem Störungszillographen aufgenommen wurde, verfolgt werden. Dieser tritt spätestens $\frac{1}{4}$ Periode nach Eintritt der Störung in Funktion.

Bei Punkt 1 ist das Absinken der drei Phasenspannungen gerade noch ersichtlich, in Phase T nur daran, dass die Steilheit des ersten Striches grösser ist. Die Überschläge traten also praktisch in allen Phasen gleichzeitig auf. Bei Punkt 2 öffnet der erste Schalter der Lukmanierstrecke, denn der Strom auf der Parallelleitung steigt an. Bei Punkt 3, ca. 1,5 Perioden später, öffnet auch der zweite Schalter, denn die Spannungen der beiden Phasen R und S werden wieder annähernd normal; der zweipolige Erdkurzschluss ist somit schon nach 7 Perioden beidseitig abgetrennt und kann löschen. Bei Punkt 4 schliesst der erste Schalter — vermutlich in Lavorgo — wieder, denn die Spannungskurve weist hier auf eine Schaltung hin. Bei Punkt 5 schliesst der 150-kV-Schalter in Gösgen ebenfalls, denn der Strom auf der Parallelleitung sinkt wieder ab. Der Erdschluss an der Nullpunktschiene in Lavorgo bleibt, bis der 150-kV-Schalter Feeder Lachmatt in Gösgen (bei Punkt 6) öffnet, nach Auslösen des Relais in Gösgen mit einer höheren Zeitstufe. In diesem Moment erlischt der Erdschlusslichtbogen am Spannungswandler der Phase T im Unterwerk Lachmatt. Damit hat aber auch der Lichtbogen in Lavorgo zwischen Nullpunktleitung und Erde keine Energie mehr. Er muss erlöschen, womit auch die «unfreiwillige Erdung» des 150-kV-Netzes aufgehoben wird.

Die Lukmanierleitung wurde somit bei dieser komplizierten Störung völlig richtig ab- und wieder eingeschaltet. Die spannungslose Pause betrug 0,23 s, was genügte, um das Wiederezünden des Lichtbogens nach dem Wiedereinschalten zu verhindern; es traten anschliessend nur schwache Schwankungen des Stromes ein. Relais technisch ist der Fall besonders interessant, weil zufolge des Nullpunkt-Überschlages in Lavorgo, von den Relais aus gesehen, ein Netz mit geerdetem Nullpunkt vorlag. Der mit dreiphasigem Ansprechorgan ausgerüstete Distanzschutz ist somit auch für isolierte Netze durchaus geboten.

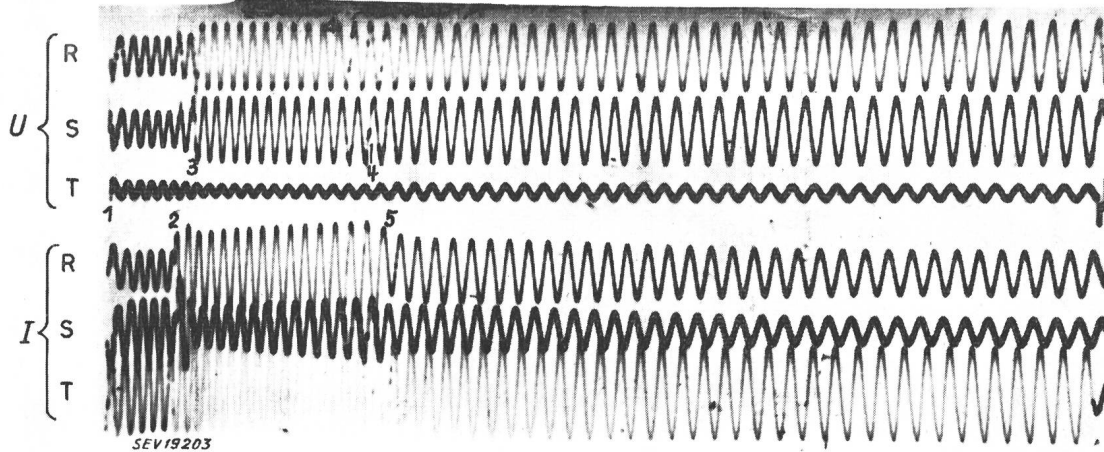
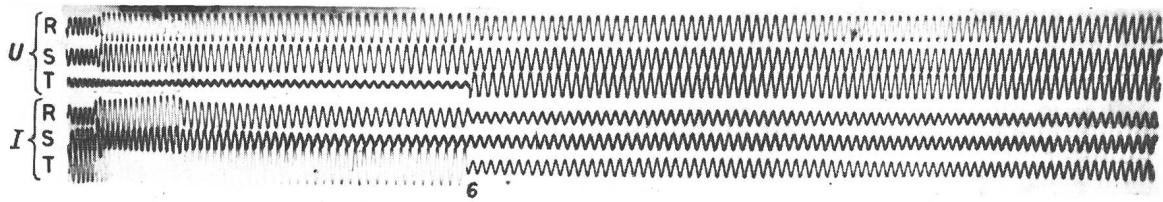


Fig. 3
Oszillogramm der Störung vom 15. September 1950
Aufgenommen in Gösgen auf der Parallelleitung B der Fig. 2

oben: ganzer Oszillogrammstreifen verkleinert
unten: Anfang des Streifens vergrössert

- 1 Kurzschlussbeginn
- 2, 3 Abschaltung der Lukmanierleitung in Lavorgo, bzw. in Gösgen
- 4, 5 Wiedereinschaltung der Lukmanierleitung in Lavorgo bzw. in Gösgen
- 6 Abschaltung der Leitung Lachmatt in Gösgen

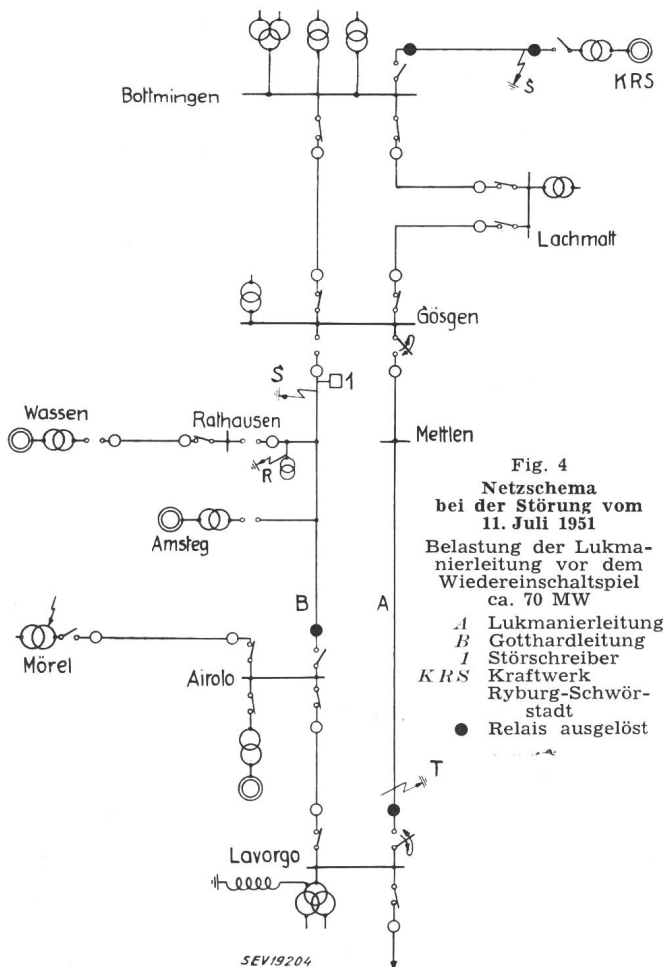


Fig. 4
Netzschema
bei der Störung vom
11. Juli 1951

Belastung der Lukmanierleitung vor dem Wiedereinschaltspiel ca. 70 MW

- A Lukmanierleitung
- B Gotthardleitung
- I Störschreiber
- KRS Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt
- Relais ausgelöst

2. Störung am 11. Juli 1951 um 17.00 Uhr

Fig. 4 stellt das Netzschema bei dieser Störung dar, in welchem wiederum die Störherde, das Arbeiten der Distanzrelais, die Schalterstellungen und Auslösungen eingetragen sind. Die Angaben sind zusammengestellt auf Grund von weiteren Mitteilungen der Centralschweizerischen Kraftwerke, der Aluminium A.-G. Chippis und des Kraftwerkes Amsteg, sowie auf Grund der Schnellschreiber-Diagramme. Für alle diese wertvollen Angaben, welche von den an der Störung Beteiligten in zuvorkommender Weise bereitwillig zur Verfügung gestellt wurden, sei auch hier bestens gedankt.

Der mutmassliche Verlauf

Dieser geht am besten aus dem Schnellschreiber-Diagramm (Fig. 5) hervor, aufgenommen in Gösgen im Feeder Airolo (Gotthard). Die Störung begann am gewitterreichen Nachmittag um 16.50 Uhr mit einem beobachteten Blitzschlag direkt in das 150/50-kV-Unterwerk Rathausen-Süd der Centralschweizerischen Kraftwerke. Bei Punkt 1 überschlägt vermutlich das Funkenhorn des Feeder-Spannungswandlers Mettlen Pol R gegen Erde. Der zugehörige Feeder-schalter im Unterwerk Rathausen-Süd wird unmittelbar danach von Hand geöffnet. Der Erdschluss-Lichtbogen erlischt nicht, da zu dieser Zeit das Netz stark unterkompensiert war. Nach 37 s bei Punkt 2 geht der Erdschluss R in einen Doppelerdschluss R-S über. Die 150-kV-Leitung wird in Gösgen und Airolo in 0,1 und in Amsteg in 0,2 s abgeschaltet.

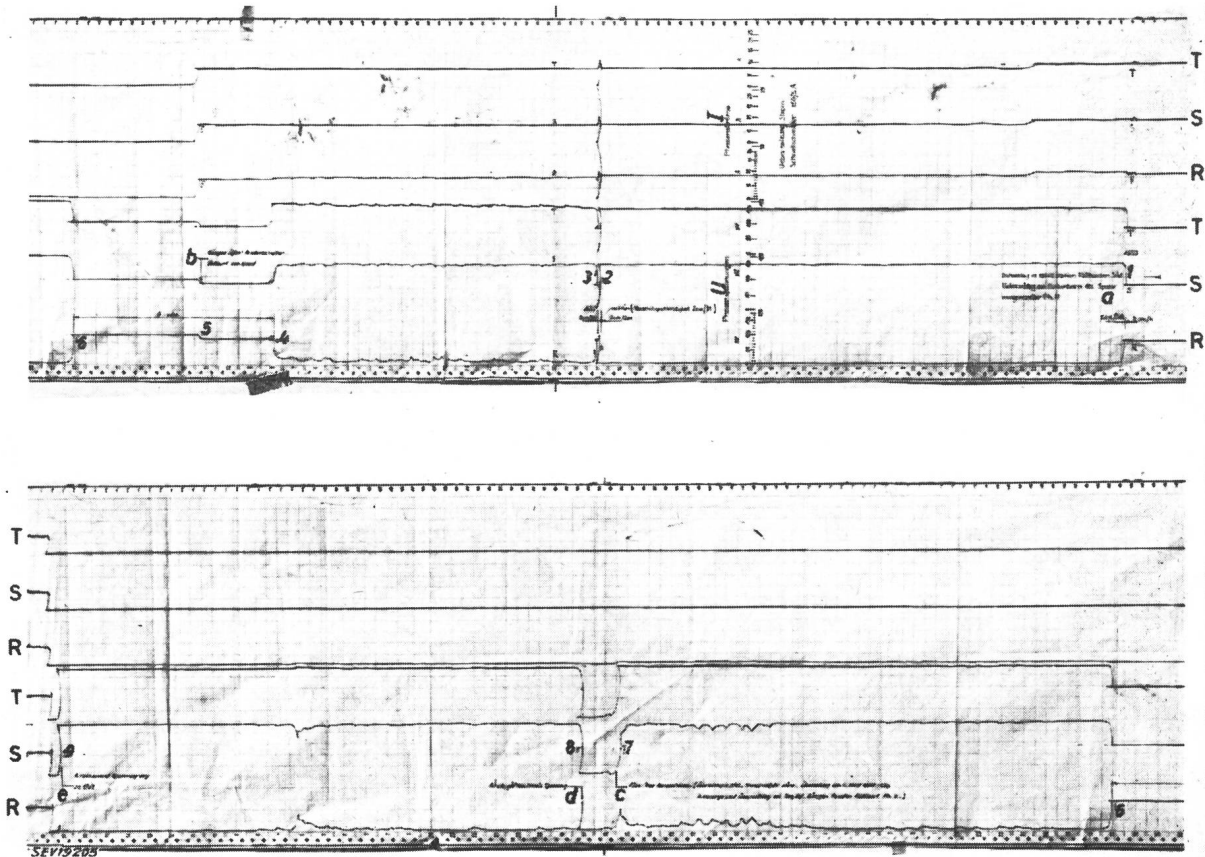


Fig. 5
 Schnellschreiberdiagramm der Störung vom 11. Juli 1951
 Aufgenommen in Gösgen auf der Leitung B der Fig. 4
 oben: erster Teil; unten: zweiter Teil
 Zeitablauf von rechts nach links

- a Blitzschlag in 150-kV-Station Rathausen Süd. Überschlag am Funkenhorn des Spannungswandlers Phase R
- b Gösgen öffnet Feederschalter Mettlen 1 von Hand
- c 17.00: zweiter Kurzschluss (Überschlag in KRS, Transf.-defekt Mörel, Überschlag am 1. Mast der Lukmanier-Leitung in Lavorgo und Überschlag am Spannungswandler Gösgen Feeder Mettlen 1 Phase 5)
- d Airolo gibt nochmals Spannung
- e Airolo nimmt Spannung weg

Um 16.51 Uhr schalten Airolo und nachher auch Gösgen wieder ein. Um 16.57 Uhr, nach 6 min, zündet bei Punkt 3 der Erdschluss wieder und verschwindet bei Punkt 4 erneut. Bei Punkt 5 schaltet das Kraftwerk Gösgen die Energie ab (der Strom sinkt auf 0). Bei 6 tritt der Erdschluss Phase R wieder auf, ca. 9 s nach seinem Verlöschen bei Punkt 4. Der Lichtbogen-Erdschluss, der vermutlich jetzt zum Teil durch Öl geht, wird hier allein mit Energie von Airolo unterhalten. Bei Punkt 7 um 17.00 Uhr entsteht ein Defekt am Transformator in Mörel. Gleichzeitig erfolgt ein Überschlag an der Funkenstrecke des ersten Mastes der Lukmanier-Leitung in Lavorgo. Zur selben Zeit haben sich vermutlich die Überschläge am Funkenhorn des Spannungswandlers Phase S in Gösgen und in der Freiluftanlage des Kraftwerkes Ryburg-Schwörstadt (KRS) ereignet. Der Störherd auf der Lukmanierleitung wird trotz dieser komplizierten Mehrfachstörung durch ein Wiedereinschaltspiel erfolgreich weggeschaltet. In Mörel schaltet der Buchholzschutz den Transformator ab. Der Überschlag in der Freiluftanlage des KRS wird ebenfalls durch Grundzeitauslösung der Distanzrelais an beiden Enden abgeschaltet. Der genaue Ort des Überschlages konnte hier nicht festge-

stellt werden, obschon die Feuererscheinung beim Lichtbogenüberschlag beobachtet wurde. Ebenso rasch wird die Strecke Airolo-Gösgen in Airolo abgetrennt.

Das erfolgreiche Wiedereinschaltspiel hat den Parallelbetrieb der Netze Atel-Nord mit -Süd trotz der komplizierten Störung und der offenen Parallelleitung aufrecht erhalten. Für die Distanzrelais waren die Bedingungen hier besonders schwer. Das Beispiel zeigt, dass die Schnellwiedereinschaltung auch auf Doppelleitungen wichtig ist.

3. Störung am 18. Juni 1951 um 15.56 Uhr

Infolge eines Gewitters trat auf der Strecke Amsteg-Mettlen an einem Mast, nahe bei Mettlen, ein Erdschluss in Phase S auf, dem sehr schnell ein zweiter Erdschluss in Phase R auf der Nufenenleitung bei Ulrichen folgte. Die prinzipielle Netzschaltung geht aus Fig. 6 hervor, in welcher wiederum das Verhalten der Relais und die Schalterauslösungen eingetragen sind.

Die Vorgänge zu Beginn der Störung zeigt das Oszillogramm in Fig. 7. Die Störung beginnt bei Punkt 1 mit Erdschluss der Phase S, welcher sich bei Punkt 2 zum Doppelerdschluss R-S auswächst.

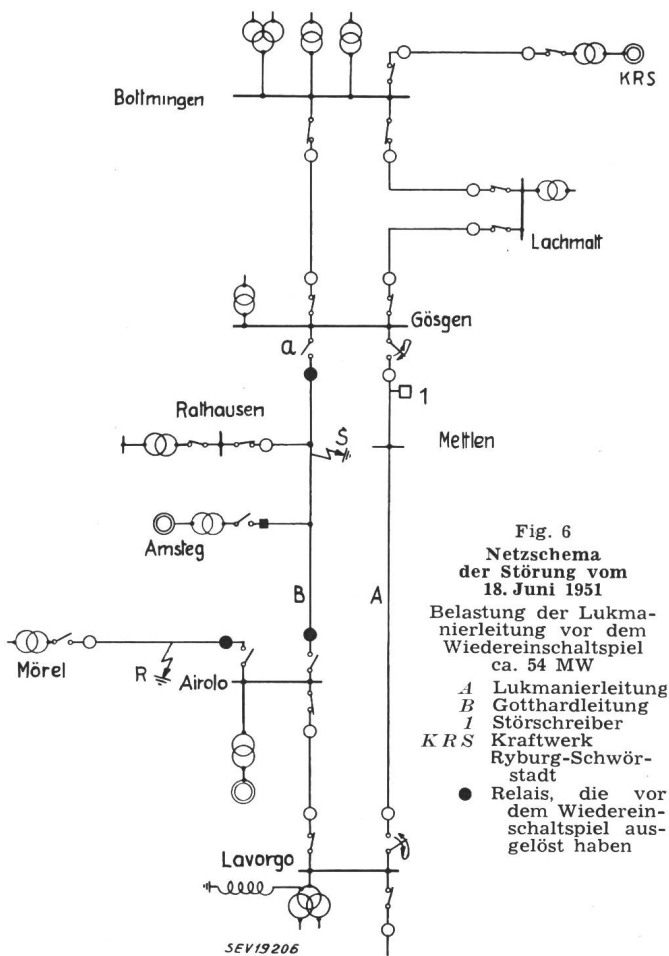


Fig. 6
Netzschema
der Störung vom
18. Juni 1951
Belastung der Lukmanierleitung vor dem Wiedereinschaltspiel ca. 54 MW
A Lukmanierleitung
B Gotthardleitung
1 Störschreiber
KRS Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt
● Relais, die vor dem Wiedereinschaltspiel ausgelöst haben

die Schalter der kranken Strecke in Gösgen und Amsteg lösen aus. Die erdschlussbehaftete Strecke steht jetzt noch durch die Station Rathausen-Nord über den 20-MVA-Transformator unter Spannung, während die Nord-Süd-Verbindung durch die Lukmanierleitung erhalten bleibt. Mit dieser läuft auf der Strecke Gösgen-Amsteg die kranke Leitung auf gleichem Gestänge. Durch die kapazitive Beeinflussung wird auch auf der Lukmanierleitung eine Spannungsverlagerung hervorgerufen, wie die ungleichen Phasenspannungen ab Punkt 4 zeigen. Nun wird der Schalter *a* eingeschaltet, um so die kranke Strecke wieder an das mit Löschspulen geschützte Hauptnetz anzuschliessen und dem Erdschluss die Möglichkeit zum Löschen zu geben. Die Löschung des Erdschlusses bleibt jedoch wegen Unterkompensation aus. Nun wird auf der Lukmanierleitung ein Wiedereinschaltspiel ausgelöst. Durch diesen Schaltvorgang wird der Erdschlußstrom in der parallelen, gestörten Leitung derart beeinflusst, dass der Erdschluss erlischt.

Auch bei dieser Störung, die sich auf Netzteilen ohne Wiedereinschaltung abspielte, arbeitete der Kurzschlußschutz richtig. Der Fall zeigt im übrigen, dass das Schnell-Wiedereinschalten nötigenfalls durch Handbetätigung zur Klärung von Störungen beitragen kann.

Zusammenfassend darf gesagt werden, dass sich die Schnellwiedereinschaltung bei den wenigen, aber dafür aussergewöhnlich komplizierten Störungen dank den schnell wirkenden Schutzeinrichtungen und Schalter bewährt hat.

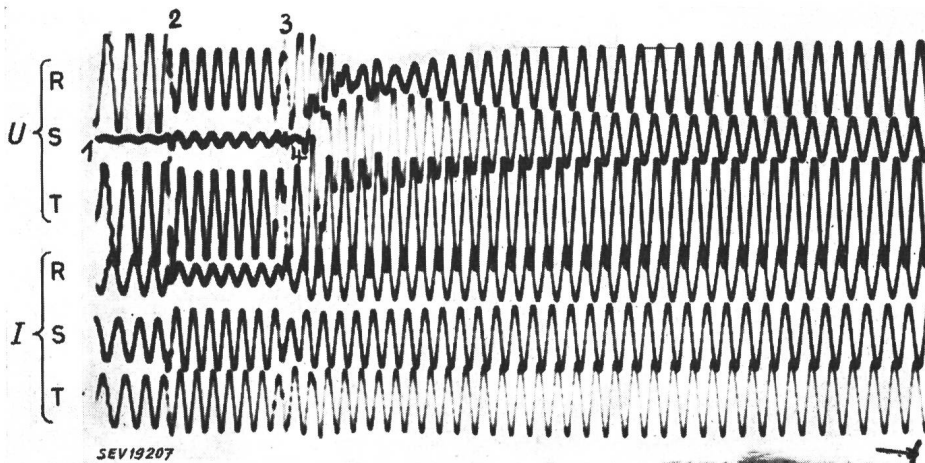


Fig. 7
Oszillogramm vom Beginn der Störung am 18. Juni 1951
Aufgenommen in Gösgen auf der Leitung Mettlen 2 (Lukmanierstrecke, A in Fig. 6)
1 Beginn des Erdschlusses auf Phase S
2 Eintritt des Doppelerdschlusses R-S
3, 4 Abtrennen des gesunden Netzteiltes vom kranken Netz
ab 4 verlagerte Phasenspannungen gegen Erde, verursacht durch die kapazitive Beeinflussung auf der Strecke Gösgen-Amsteg

Nach 7 Perioden wird der Doppelerdschluss aufgetrennt durch Abschalten in Airolo (Punkt 3). Auch

Adresse des Autors:
F. Schär, Elektrotechniker, Aare-Tessin A.-G. für Elektrizität, Olten (SO).

Kaltkathoden-Fluoreszenz-Leuchtröhren

Von W. Gruber, Neuhausen am Rheinfall

621.327.43 : 535.37

Ein bedeutender Fortschritt in der Weiterentwicklung der Elektroden der Hochspannungs-Fluoreszenzröhre gibt dieser Lichtquelle, deren gute Eigenschaften (lange Lebensdauer, starterloses Betriebsgerät, beliebige Formbarkeit) bekannt sind, erneut bedeutende Anwendungsmöglichkeiten. Die spezifischen Eigenschaften der verschiedenen Ausführungsformen der Niederdruck-Fluoreszenz-Entladungsröhren und -lampen sind in erster Linie abhängig vom Bau der Elektroden. Der Verfasser geht deshalb besonders auf die verschiedenen Konstruktionsformen der heute industriell hergestellten Elektroden (Kathoden) ein.

Les tubes luminescents à haute tension, qui présentent maints avantages (longue durée, fonctionnement sans starter, exécution en n'importe quelle forme), auront des applications de plus en plus nombreuses, grâce à un important perfectionnement de leurs électrodes. Les caractéristiques des divers types de lampes à décharge à basse pression dépendent principalement de la construction des électrodes. Description des électrodes (cathodes) fabriquées industriellement.