Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 75 (1984)

Heft: 5

Artikel: Flugsicherung : das längste freihängende Elektrokabel Europas

Autor: Haag, P. / Oeschger, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904372

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: 10.12.2025

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

Flugsicherung: das längste freihängende Elektrokabel Europas

Transportseile und -kabel sind in den letzten Jahren mehreren militärischen und zivilen Piloten und Passagieren zu Todesfallen geworden. Aus diesem Grunde wurde für die Bauseilbahn Susten–Klein-Titlis vom Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) eine Flughindernis-Markierungsanlage für das oberste Spannfeld vorgeschrieben. Die Anlage stellt im Bereich der Flugsicherung eine Pionierleistung dar.

Les câbles de transport ont occasionné, ces dernières années, la mort de plusieurs pilotes et passagers militaires et civils. C'est pourquoi l'Office fédéral de l'aviation civile a prescrit des signaux d'avertissement de danger aux pilotes, pour la partie supérieure du téléphérique de chantier de Susten au Petit-Titlis. Il s'agit d'une première performance en ce qui concerne la protection de la navigation aérienne.

Anlass

Auf dem Klein-Titlis erstellt die Generaldirektion PTT eine Mehrzweckanlage für die Radio-, Telefon- und Fernsehübermittlung. Diese Anlage befindet sich in der Nähe der Luftseilbahnstation. Im Frühjahr 1980 wurde mit dem Bau begonnen; die Betonarbeiten erfolgten 1981. Die umfangreichen Bauarbeiten umfassten einen längeren Stollen, ein im Felsen eingelassenes Fundament sowie den Antennenturm.

Da die eigentliche Titlis-Seilbahn für die Bauarbeiten zuwenig leistungsfähig war, wurde eine separate Bauseilbahn Susten–Titlis erstellt. Für die Flugsicherung schrieb das Bundesamt für Zivilluftfahrt in Anbetracht der hochalpinen Sichtbedingungen und wegen des grossen Bodenabstands (450 m) eine Markierungsanlage mit grosser Lichtstärke und 30 Intervallen/min im Dauerbetrieb während des Tages vor.

Die ersten Versuche wurden mit Blitzlampen und Windgeneratoren gemacht, die an den Tragseilen der Bahn befestigt waren. Mit einem Akkumulator stellte man die Energieversorgung für einen windstillen Tag sicher. Da es jedoch Zeiten gibt, in denen während mehrerer Tage Windstille herrscht, konnte der Flugsicherungsbetrieb nicht dauernd aufrechterhalten werden.

Bei weiteren Versuchen wurden bei den Lampen vom Transportseil Generatoren angetrieben. Auch in diesem Falle hatte ein Akkumulator Überbrückungsfunktion. Im Winter geschah es dann aber oft, dass der Bahn- und Baubetrieb wegen der ungünstigen Witterung während einiger Tage eingestellt wurde. Auch in diesem Falle konnte die Flugsicherungsanlage nur mit Unterbrüchen betrieben werden.

Flugsicherungskabel

Ende 1982 wurde beschlossen, eine von der Seilbahn getrennte Markierungsanlage mit einem Elektrokabel zu bauen (Fig. 1).

Diese Kabelanlage wurde in Zusammenarbeit der Firmen von Roll-Habegger AG, Thun, und Kupferdraht-Isolierwerk AG, Wildegg, erstellt. Sie weist eine Spannweite von 3390 m auf. Der obere Aufhängepunkt befindet sich auf 3020 m ü.M. (Klein-Titlis); die Höhendifferenz beträgt 903 m.

Für die harten Umweltbedingungen wurde ein Kabel vom Typ Stawilport® mit Stahlseil-Zugentlastung und einem Kupferquerschnitt von 2×10 mm² eingesetzt (Fig. 2). Das Stahlseil weist in der oberen Sektion einen Durchmesser von 21,5 mm und in der unteren Sektion von 20,5 mm auf. Durch diese Abstufung wurden Gewicht und Kosten eingespart. Es ist für folgende mechanische Daten dimensioniert:

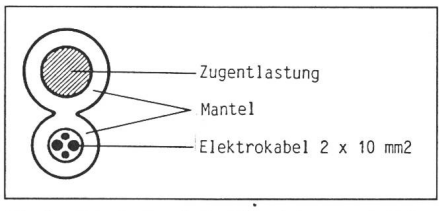

Fig. 2 Schnitt durch das Flugsicherungskabel

Montagezug bei 0 °C		oben	163 kN
		unten	138 kN
Zug bei einer Schnee-/ Windlast von 2 kg/m	Kabel	Titlis	280 kN
		Susten	220 kN
Bruchfestigkeit der Stahlseile	obere	Sektion	475 kN
	untere	Sektion	395 kN
Kabelgewicht			9800 kg

In der Bergstation ist das Stahlseil fest verankert. Bei der unteren Abspannung wird es durch eine stationäre 25-t-Abspannvorrichtung mit Winde gehalten. Dadurch ist es möglich, das Seil auf das Niveau der Bauseilbahn abzusenken, um Unterhaltsarbeiten an den Warnlichtern durchführen zu können.

Da die Warnlichter einen Abstand von 500 m haben, wurde das Elektrokabel in sechs Stücke unterteilt. An den Enden wurden durch die Kabelwerke Brugg AG Gabelvergussstücke montiert, damit die Montage mit den Verbindungslaschen in der Kälte einfach und einwandfrei ausgeführt werden konnte. Die Warnlichter mit einem Gewicht von je 120 kg sind mit vibrationsdämpfenden Elementen an die Verbindungsplatten montiert.

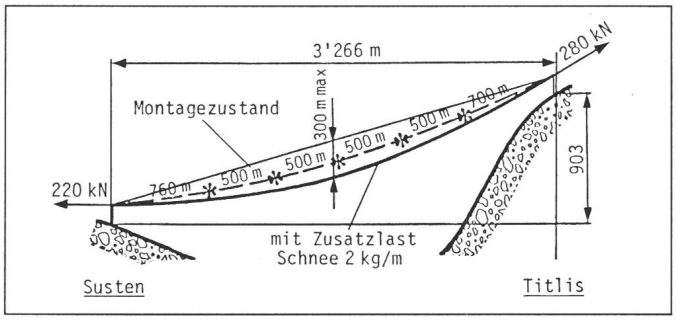

Fig. 1 Profil der Seilbahnanlage mit Flugsicherungskabel
Die Sterne bezeichnen die Anordnung der Warnleuchten.

Adresse der Autoren
P. Haag, dipl. Ing. ETH, lic. oec. publ., Kupferdraht-Isolierwerk AG, 5103 Wildegg.
P. Oeschger, Ing. HTL, Projektleiter, Von Roll-Habegger AG, 3600 Thun.

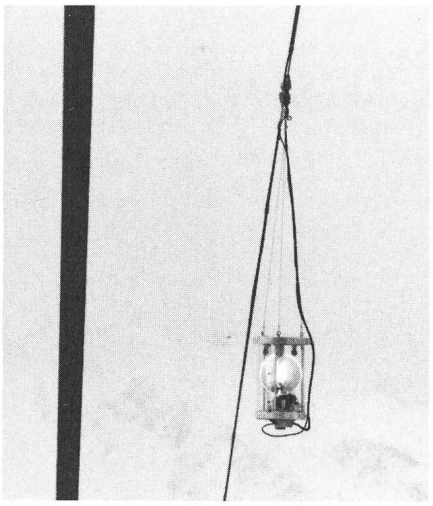

Fig. 3 Links ein Fahrbahnseil, rechts das Flugsicherungskabel mit montierter Markierungsleuchte

Markierungsleuchten (Fig. 3)

Die Speisung der Markierungsanlage erfolgt mit einer Spannung von 750 V vom Titlis her. Dadurch und wegen des relativ grossen Kabelquerschnitts liegt der Spannungsabfall über die maximale Distanz von 2700 m für die benötigte Leistung in vernünftigen Grenzen (5,8%). Bei jedem Warnlicht wird die Spannung auf 220 V transformiert, damit es möglich ist, handelsübliche Bauelemente zu verwenden.

Die Markierungsleuchten (Hugentobler AG, Weinfelden) bestehen aus einem spritzwasserdichten Gehäuse (Sturmwarnleuchte ∅ 500 mm, Höhe 900 mm) mit

- einer Natriumdampflampe (1000 W, 500 000 cd, minimal 6000 h Brenndauer),
- rotierendem Parabolspiegel (40-W-Motor und Getriebe),
- Zündgerät,
- Ventilator (30 W),
- 4 roten Panzerglühlampen à 60 W, 30 cd,
- Transformator 750/220 V.

Im Tagesbetrieb leuchtet die Hochdruck-Natriumdampflampe mit 30 Intervallen/min, für die Nacht werden mit einem Dämmerungsschalter die 4 roten Glühlampen in Betrieb gesetzt. Mit deren Wärmeenergie wird geheizt, um die Sichtbarkeit der Leuchte zu gewährleisten (Schnee usw.). Die Temperaturstabilisierung erfolgt mit einem thermostatgesteuerten Ventilator. Als zusätzliche Markierung sind an jedem Rollengefäss der Bauseilbahn (alle 100 m) orange Flugwarnkugeln montiert.

Montage des Kabels

Dank der geschickten Konstruktion konnte die Montage im Januar 1983 bei extremen Wetterverhältnissen einfach und sicher durchgeführt werden. Die schwierige Aufgabe des Seilzuges in diesem Gelände wurde gelöst, indem man das Markierungsseil entlang den Bahntragseilen zog. Dazu setzte man 14 Hilfslaufwerke ein und konnte das Markierungsseil alle 250 m aufhängen. Der Seilzug erfolgte vom Titlis aus Richtung Tal. Da das Spannfeld eine Gegensteigung aufweist, musste die Seilbahn als Vorspann und Zugfahrzeug eingesetzt werden.

Anschliessend wurde das Markierungsseil auf die Höhe der Seilbahn gespannt, sodass die Markierungsleuchten montiert werden konnten. Die endgültige Lage des Markierungsseiles ist in der Feldmitte 50 m über den Bahntragseilen.

Impedanzschutz des Synchrongenerators gegen Erdschlüsse im Erregerkreis

Zuschrift zum Aufsatz von T. Kornas: «Einfluss der induzierten Spannung in der Rotorwelle des Synchrongenerators auf den Impedanzschutz gegen Erdschlüsse im Erregerkreis». Bull. SEV/VSE 73(1982)7, S. 296...299.

1. Einleitung

Im Aufsatz von *T. Kornas* wird der Einfluss der induzierten Spannung in der Generatorwelle auf das Arbeiten des Impedanzschutzes gegen Erdschlüsse im Erregerkreis analysiert. Dabei wird die Beziehung (14) hergeleitet, die die Bedingung des Ansprechens des Impedanzschutzes unter Berücksichtigung der induzierten Spannung in der Generatorwelle darstellt. Nach der Meinung der Autoren dieser Zuschrift ist jedoch die graphische Interpretierung der Ungleichung (14) in der Impedanzebene im Aufsatz unkorrekt, so dass auch die Schlussfolgerungen unvollständig und unzutreffend sind.

Adresse der Autoren der Zuschrift

Dr. Ing *Witold Dzierżanowski*, Doz. Dr. Ing. habil. *Janusz Kucharski*, Institut für Starkstromtechnik, TH Wrocław, P-50-350 Wrocław.

Die in den Figuren 5, 6 und 7 des Aufsatzes gezeigten Kreise werden zu Unrecht als Ansprechcharakteristiken des Impedanzschutzes behandelt. Die Ansprechimpedanz kann nämlich vom Wert des angenommenen Erdwiderstandes R_Z des Erregerkreises nicht abhängig sein, wie es sich aus diesen Abbildungen ergeben hätte. Den festgelegten Parameterwerten U_w, C_z, R_n, k und β muss in der Impedanzebene dieselbe Lage des Punktes der Ansprechcharakteristik entsprechen; aus den Figuren 5, 6 und 7 folgt, dass dies nicht der Fall ist. Der Irrtum beruht darauf, dass versucht wird, die Ansprechcharakteristik des Impedanzschutzes, die in der Impedanzebene die Abhängigkeit der Ansprechimpedanz $\underline{Z}$ von der Reaktanz X_{zr} und dem Widerstand R_{zr} darstellt, unter Voraussetzung konstanter Werte X_{zr} und R_{zr} zu zeichnen. Dabei könnte die Ungleichung (14) höchstens zur Prüfung genutzt werden, ob der vorausgesetzte Punkt in der Impedanzebene innerhalb oder ausserhalb der Ansprechcharakteristik des Impedanzschutzes liegt.

Eine richtige Aufzeichnung der Ansprechcharakteristiken erfordert die Berücksichtigung in der Ungleichung (14) der Abhängigkeit des Faktors a und Winkels α von der Impedanz $\underline{Z}$. Dies ergibt sich aus den Formeln (5) und (6). Die implizite Gestalt der Ungleichung (14) erschwert die Darstellung des Wirkungsbereichs des Impedanzschutzes. Die Formeln (5) und (6) lassen sich jedoch wie folgt umformen:

$$a = \sqrt{1-0{,}75\sin\varphi}, \qquad (1')$$

$$\alpha = \operatorname{arc\,tg}\frac{-0{,}5\operatorname{tg}\varphi}{1+0{,}5\operatorname{tg}^2\varphi}; \qquad (2')$$