

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 57 (1966)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Elektronische Steuerung von Tunnelbeleuchtungen  
**Autor:** Weibel, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916570>

### **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:** 18.03.2025

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

Wenn  $E = 3 \text{ kV/cm}$ ,  $L/a = 1,5 \text{ } \mu\text{H/m}$ , ist:

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_{\max} = 200 \text{ kA}/\mu\text{s}$$

Dieser Wert stellt einen Grenzwert dar, der wahrscheinlich nicht erreicht wird.

## 6. Schlussbemerkung

Es ist dem Verfasser ein besonderes Anliegen, Prof. Dr.-Ing. H. Prinz, Direktor des Instituts für Hochspannungs- und Anlagentechnik der TH München, für die Anregung zu dieser Arbeit und die vielfältige Unterstützung zu danken. Weiterhin gebührt der Deutschen Forschungsgemeinschaft Dank für die Bereitstellung von Geldmitteln, durch die die vorliegende Arbeit ermöglicht wurde.

## Literatur

- [1] K. Berger: Resultate der Blitzmessungen der Jahre 1947...1954 auf dem Monte San Salvatore. Bull. SEV 46(1955)9, S. 405...434.
- [2] K. Berger und E. Vogelsanger: Messungen und Resultate der Blitzforschung der Jahre 1955...1963 auf dem Monte San Salvatore. Bull. SEV 56(1965)1, S. 2...22.

- [3] W. Zaengl: Das Messen hoher, rasch veränderlicher Stoßspannungen. Diss. Technische Hochschule München 1964.
- [4] C. F. Wagner: Der Blitz und sein Einfluss auf das Verhalten von Freileitungen. ETZ-A 84(1963)16, S. 517...530.
- [5] C. F. Wagner: Application of Predischarge Currents of Parallel Electrode Gaps. Trans. IEEE Power Apparatus and Systems 83(1964)9, S. 931...944.
- [6] C. F. Wagner and A. R. Hileman: Mechanism of Breakdown of Laboratory Gaps. Trans. AIEE Power Apparatus and Systems 80(1961)56, S. 604...622.
- [7] M. Toepler: Zur Bestimmung der Funkenkonstante. Arch. Elektrotechn. 18(1927)6, S. 549...562.
- [8] R. Rompe und W. Weizel: Theorie des elektrischen Funkens. Ann. Physik 6/1(1947)7-8, S. 285...300.
- [9] I. S. Stekolnikov and A. V. Shkilyov: New Data on Negative Spark Development and its Comparison with Lightning. in: Proceedings of an international Conference of the Gas Discharges and Electricity Supply Industry held at the Central Electricity Research Laboratory, Leatherhead, Surrey, England 7th...11th May 1962. Butterworth London 1962, S. 27...37.
- [10] K. Berger: Front Duration and Current Steepness of Lightning Strokes to Earth. Proceedings of an International Conference of the Gas Discharges and Electricity Supply Industry held at the Central Electricity Research Laboratories, Leatherhead, Surrey, England, 7th...11th May 1962, Butterworth London 1962, S. 63...73.

## Adresse des Autors:

Dipl.-Ing. Johannes Wiesinger, Forschungsassistent am Institut für Hochspannungs- und Anlagentechnik der Technischen Hochschule München, Arcisstrasse 21, D-8 München 2 (Deutschland).

# Elektronische Steuerung von Tunnelbeleuchtungen

Von H. Weibel, Bad Ragaz

628.971.6 : 624.19 : 62-523.8

*Um dem ständig wachsenden Verkehr genügen zu können, müssen moderne Autostrassen ein Optimum an flüssiger Linienführung und an Sicherheit für die Strassenbenützer bieten. So entstehen im Rahmen der Neubauten im ganzen Land Strassentunnel. Psychologische und physiologische Gründe verlangen besondere Beleuchtung der Tunnelbahnen. Diese Beleuchtung muss quantitativ der Aussenhelligkeit angepasst werden. Wirtschaftliche und technische Gründe sprechen für eine elektronische Gruppensteuerung dieser Anlagen. Als einfaches, anspruchloses Steuergerät wird ein Relaisverstärker mit Kaltkathodenröhren gezeigt und erklärt.*

*Pour satisfaire au développement constant du trafic, les autoroutes modernes doivent permettre qu'il s'écoule avec un maximum de fluidité et de sécurité. C'est ainsi que l'on en vient, dans tout le pays, à créer des tunnels routiers. Les pistes de ces tunnels doivent être éclairées, pour des motifs tant psychologiques que physiologiques. L'intensité de l'éclairage doit y être adaptée à l'éclairage régnant à l'extérieur. Des raisons économiques et des raisons techniques parlent en faveur d'une commande électronique des groupes de luminaires constituant ces installations. Dans ce but on peut employer un amplificateur à relais avec tubes à cathode froide, appareil simple et n'exigeant pas de surveillance, dont l'auteur explique le fonctionnement.*

## 1. Einführung

Unsere Tage sind gekennzeichnet durch ein geradezu phantastisches Vorwärtsdrängen der Technik. Es gibt wohl kaum ein Gebiet menschlichen Schaffens, das nicht davon erfasst worden wäre. Als besonders fruchtbar erweist sich dabei, dass neues Wissen auch positiv auf an sich artfremde Materie wirkt und deren Entwicklung begünstigt, ja sogar ermöglicht. Ein recht eindrückliches Beispiel solcher Beeinflussung soll Grundlage dieses Aufsatzes bilden. Gemeint ist das Zusammenspiel modernen Bauens, beschleunigten Strassenverkehrs, Beleuchtungstechnik und Elektronik.

Elektronik und Automation sind zu charakteristischen Begriffen unseres hektischen Zeitalters geworden. Sie haben der Verkehrstechnik Grundlagen verschafft, die heute nicht mehr wegzudenken sind; nämlich: Modernisierung, Beschleunigung, Rationalisierung und nicht zuletzt auch vermehrte Sicherheit.

Neben Aufgaben wie z. B. die Verkehrsüberwachung und -lenkung übernimmt die Elektronik auch die vollauto-

mathe Steuerung der Beleuchtung. Es seien hier die Signalbeleuchtungen, Strassenbeleuchtungen usw. genannt. Einen eigenen Themenkreis bilden hier vor allem die Tunnelbeleuchtungen, deren Aktualität durch den Stand des Autobahnbaues in der Schweiz nicht unterstrichen zu werden braucht. Strassentunnels stellen an ihre Beleuchtungen ganz spezielle Forderungen, die etwa folgende drei Hauptakzente besitzen:

1. Verkehrstechnische Probleme;
2. Lichttechnische Probleme;
3. Steuerungstechnische Probleme.

Die beiden ersten Punkte sollen den entsprechenden Spezialisten zur Behandlung überlassen werden. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird nur soweit darauf eingegangen, als sie Grundlagen für den dritten Punkt bilden. Es soll gezeigt werden, wie mit rationalen Mitteln ein funktions-sicheres und wartungsfreies Steuerungselement der Elektronik dem modernen Strassenverkehr dient.

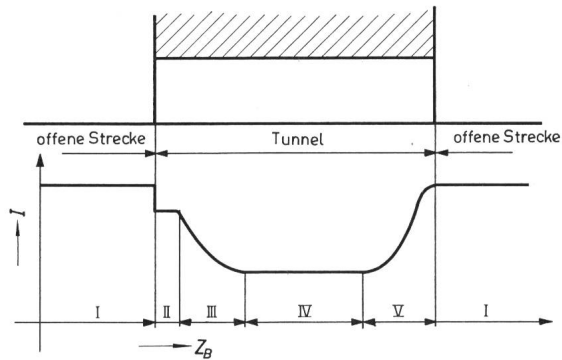


Fig. 1  
**Beleuchtungszonen bei Strassentunnel**  
*I* Lichtstärke; *Z<sub>B</sub>* Beleuchtungszonen

## 2. Das verkehrstechnische Problem der Tunnelbeleuchtung

Tunnel ermöglichen in erster Linie eine flüssigere, schnellere Linienführung der Verkehrswege. Moderne Autostrassen weisen darum immer mehr dieser kostspieligen Kunstbauten auf. Mit der ständig zunehmenden Vergrößerung der Verkehrsdichte und dem schneller werdenden Automobilverkehr steigen auch die Sicherheitsansprüche. Strassentunnel stellen hier Aufgaben eigener Art, besonders weil dabei psychologische und physische Momente des autofahrenden Menschen eine Rolle spielen.

Die menschliche Psyche wird angesprochen durch den hundertprozentigen Wechsel eines lebenswichtigen Elementes, des Lichtes. Ein zweiter ebenso nachhaltiger Einfluss übt die Enge der Tunnelröhre aus, die ein Gefühl der Abgeschlossenheit hinterlässt. Und schliesslich hat die Tatsache, dass eine Panne oder ein Unfall im Tunnel verheerende Folgen haben kann, eine zusätzliche, bedrückende Wirkung. Diesem psychischen Moment wirkt eine gute Tunnelbeleuchtung entgegen.

Die physischen Eigenarten und Möglichkeiten des Lenkers rufen ebenfalls einer Tunnelbeleuchtung. Verantwortlich dafür ist die träge Anpassung des Auges an ändernde Lichtverhältnisse. Das Ideal einer durchwegs gleichbleibenden Beleuchtung ist allerdings auch durch künstliches Licht im Bergesinnern nicht zu verwirklichen. Nebst dem ungeheuren Aufwand spielen auch lichttechnische Probleme eine Rolle.

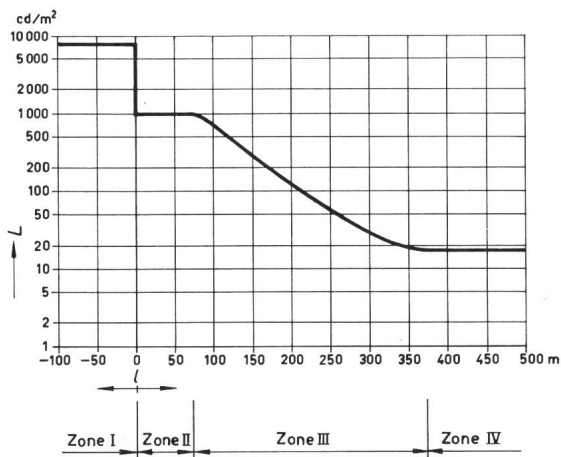


Fig. 2  
**Empfehlenswertes Beispiel einer Leuchtdichtekurve**  
 (für eine Fahrgeschwindigkeit von 75 km/h) [1]  
*L* Leuchtdichte; *l* Zonenlänge

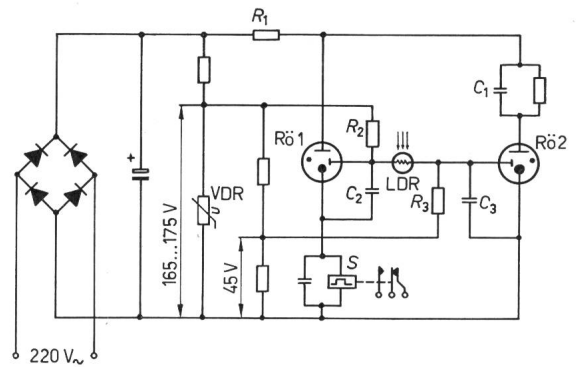


Fig. 3  
**Schaltschema eines elektronischen Dämmerungsschalters**  
*VDR* spannungsabhängiger Widerstand; *LDR* Photozelle;  
*S* Schaltkontakt; *Rö 1*, *Rö 2* Kaltkathoden-Relaisröhre;  
*R<sub>1</sub>*...*R<sub>3</sub>* Widerstand; *C<sub>1</sub>*...*C<sub>3</sub>* Kondensator

Eine optimale Beleuchtungsanlage in Strassentunnel schaltet daher die psychologischen Gefahren der Dunkel-fahrt aus, und verringert die physischen Anforderungen an den Lenker, dies alles bei vertretbarem Aufwand.

## 3. Lichttechnische Probleme der Tunnelbeleuchtung

Der Strassenbenützer, der am hellen Tag einen unbeleuchteten Tunnel durchfährt, trifft dabei folgende Situationen an:

Wenn er auf den unbeleuchteten Tunnel, dessen Ausgang unsichtbar ist, zufährt, sieht er sich vorerst einem «schwarzen Loch» gegenüber, in welchem er keine etwaigen Hindernisse erkennen kann. Die ans Tageslicht gewöhnten Augen vermögen auch bei angezündeten Scheinwerferlampen während längerer Zeit keine reellen Wahrnehmungen zu machen.

Bei der Tunnelausfahrt wird der Fahrzeuglenker geblendet. Das Erfassen von gewissen Situationen ist zumindest stark beeinträchtigt.

Ideale Abhilfe für diese Schwierigkeiten ist die Tunnelbeleuchtung, die eine Beleuchtungsstärke im Tunnel gleich der herrschenden Tageshelligkeit ergibt. Dieses Ideal wird aber durch technische und wirtschaftliche Gründe verunmöglicht. Die 100 000 lx eines hellen Sommertages auf einer Tunnelstrecke erreichen zu wollen, würde einen überdimensionierten Aufwand bedeuten. Richtig ist doch wohl eine Beleuchtungsstärke, die für den Fall einer Gefahr eine so rechtzeitige Wahrnehmung gestattet, dass das Fahrzeug angehalten werden kann.

Diese Gründe ergeben für die Praxis eine Zoneneinteilung der Tunnelstrecke (Fig. 1) [1]<sup>1)</sup>.

- I. Anfahrzone: Diese Zone, vor dem Tunnelportal gelegen, hat den Zweck, den Fahrer auf die Tunnel-einfahrt vorzubereiten. Je nach geographischen und verkehrstechnischen (mögliche Fahrgeschwindigkeit) Gegebenheiten misst diese Zone 50...200 m.
- II. Einfahrzone: Diese Zone beginnt unmittelbar mit dem Tunnelportal und ist etwa so lang wie die Anhaltstrecke eines Autos. Sie hängt also unter anderem von der zugelassenen Höchstgeschwindigkeit ab. Hier beginnt die künstliche Beleuchtung. Diese soll dem noch an die Aussenleuchtdichte adaptierten Auge allfällige Hindernisse erkennen helfen.

<sup>1)</sup> Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

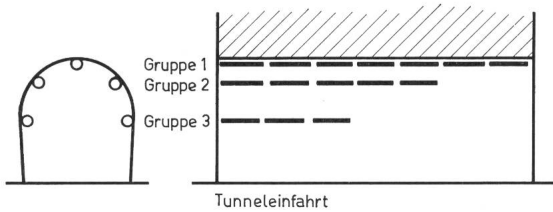


Fig. 4

Skizze einer dreistufigen Tunnelbeleuchtung

III. Übergangszone: In dieser Zone darf die Leuchtdichte abnehmen, aber an die Fahrgeschwindigkeit so angepasst, dass die Sichtbedingungen noch genügen.

IV. Mittelzone: Im Tunnelinnern herrscht eine konstante minimale Leuchtdichte, die vor allem den psychologischen Aspekten Rechnung trägt.

V. Ausfahrzone: Die Beleuchtung dieser Zone soll den Lenker wieder an das Tageslicht gewöhnen.

Diese Aufzählung zeigt, dass die künstliche Beleuchtung von Tunnelstrassen von der Aussenhelligkeit zur Minimalbeleuchtung im Bergesinnern überleiten muss. Dabei sind folgende Extreme zu verzeichnen:

- Heller Tag: Beleuchtungsstärke 100 000 lx  
Innenbeleuchtung 100 lx
- Nacht: Beleuchtungsstärke 10...20 lx  
Innenbeleuchtung min. 20 lx

Fig. 2 zeigt recht anschaulich ein Beispiel dieser Lichtwertübergänge sowie der Zonenlängen. Die angegebenen möglichen Lichtwerte der Beleuchtungsstärke sowie die Zonenbedingungen ergeben praktische Hinweise für die Wahl der Leuchten, deren Zahl und deren Steuerung.

### 3. Steuerungstechnische Probleme der Tunnelbeleuchtung

Die Anpassung der Leuchtdichte im Tunnel an die Aussenhelligkeit geschieht am besten automatisch. Ein Messgerät hat also die Aussenhelligkeit zu messen und in einem Steuergerät das Messresultat auszuwerten zu Steuerbefehlen an die elektrischen Leuchten.

Wirtschaftliche und technische Gründe sprechen für ein Steuersystem mit Schaltstufen. Für die Praxis erweisen sich 2...4 Schaltstufen als richtig. Dabei haben sich die sog. elektronischen Dämmerungsschalter bewährt. In Fig. 3 wird das Schaltschema eines Dämmerungsschalters gezeigt, der im Relaisverstärkerteil Kaltkathodenröhren benützt. Die Schaltung eignet sich für hochohmige Steuerlemente, z. B. Photozellen und für erhöhte Schaltfrequenzen. Die Funktion ist die folgende:

Beim Über- oder Unterschreiten bestimmter Leitfähigkeitswerte der Photozelle soll die eine oder andere der beiden Relaisröhren  $R\ddot{o} 1$  und  $R\ddot{o} 2$  zünden. Zunächst sei angenommen, dass die Photozelle dunkel «sehe», also hochohmig sei und dass  $R\ddot{o} 1$  gezündet,  $R\ddot{o} 2$  gelöscht ist. Am gemeinsamen Anodenwiderstand  $R1$  ( $4\text{ k}\Omega$ ) entsteht ein Spannungsabfall von etwa  $65\text{ V}$ , am Kathodenwiderstand  $R2$  ( $8\text{ k}\Omega$ ) ein solcher von etwa  $130\text{ V}$ . Der Starter der Röhre  $1$  wird durch die Entladung auf einem gegenüber der Kathode um etwa  $100\text{ V}$  positiven Potential gehalten (Sondenwirkung). Der durch den hochohmigen Arbeitswiderstand  $R3$  ( $>1\text{ M}\Omega$ ) fließende Strom hat auf dieses Potential wenig Einfluss. Der Starter der Röhre  $1$  befindet sich also gegenüber der Kathode der Röhre  $2$  auf einem total um etwa  $230\text{ V}$  positiven Potential, während der Star-



Fig. 5

Ein Tunnel der Walenseestrassen

ter von Röhre  $2$  über  $R4$  an etwa  $+45\text{ V}$  liegt. Wird nun die Photozelle zunehmend beleuchtet, so steigt deren Leitfähigkeit. Damit entsteht an  $R4$  ein wachsender Spannungsabfall. Sobald an der Röhre  $2$  die Starterzündspannung erreicht wird, zündet diese Röhre. Der Kondensator  $C1$  ( $0,5\text{ }\mu\text{F}$ ), welcher dem Anodenwiderstand der Röhre  $2$  parallelgeschaltet ist, wirkt im ersten Moment als Kurzschluss. An  $R1$  tritt kurzzeitig ein erhöhter Spannungsabfall auf, so dass Röhre  $1$  löscht. In dieser Weise hat die Erniedrigung des Photozellenwiderstandes zum Zünden der Röhre  $2$  und zum Löschen der Röhre  $1$  geführt. Nun wirkt der Starter der Röhre  $2$  als Sonde, und der durch  $R3$  fließende Strom gelangt über die Photozelle in die Entladung von  $R\ddot{o} 2$ . Bei neuerlichem Erhöhen des Zellenwiderstandes (Verdunkeln) steigt wieder die Starterspannung an  $R\ddot{o} 1$ . Bei Erreichen der Starterzündspannung zündet wiederum Röhre  $1$ , während Röhre  $2$  löscht. Kippkondensatoren  $C2$  und  $C3$  müssen eine Kapazität von mindestens  $100\text{ pF}$  haben. Grössere Werte gestatten eine Ein- oder Ausschaltverzögerung. Der  $VDR$ -Widerstand dient der Stabilisierung der Gleichspannung.

Der Widerstand  $R2$  wird praktisch als Heizwiderstand eines Thermorelais ausgeführt. Die damit erreichte Schaltverzögerung verhindert, dass kurzzeitige Lichteinfälle, z. B. durch Blitze, Autoscheinwerfer etc., den Dämmerungsschalter zum Ansprechen bringen. Dieses temperaturkompen-

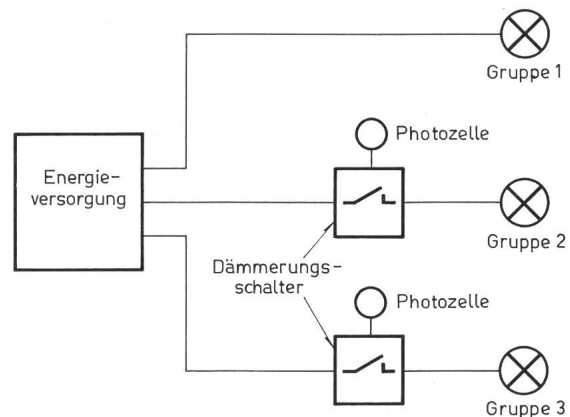


Fig. 6

Blockscheema einer Tunnelbeleuchtungsanlage

sierte Relais gestattet die Ansteuerung eines Schaltschützes für die Beleuchtungsanlage. Die Photozelle «sieht» das Tageslicht durch ein Fenster im Apparategehäuse. Ein drehbares Abdecksegment hinter diesem Fenster gestattet die nötige Einstellung des Ansprechpunktes.

Zu einer Beleuchtungsanlage für Strassentunnels gehören pro Anlage zwei oder drei solcher elektronischer Geräte (Fig. 4).

Als Beispiel sei die neue Walenseestrasse erwähnt. Jeder Tunnel besitzt eine eigene Steuereinheit, die in drei Beleuchtungsgruppen unterteilt ist (Fig. 5).

- Gruppe I: Dauerbeleuchtung von ca. 50 lx. Diese Beleuchtung erhellt Tag und Nacht über die ganze Tunnellänge die Fahrbahn.
- Gruppe II: Zusatzbeleuchtung 1. Diese wird vom Dämmerungsschalter bei ca. 500 lx Aussenhelligkeit zugeschaltet. Diese Lampen treten meistens bei der Dämmerung morgens und abends in Funktion.
- Gruppe III: Zusatzbeleuchtung 2. Bei etwa 2000 lx Aussenhelligkeit wird auch die hellste Zusatzbeleuchtung eingeschaltet.

Fig. 6 zeigt ein Blockschema der Tunnel-Beleuchtungsanlage. Der Schaltkasten mit den beiden Dämmerungsschaltern, den Schaltschützen, dem Versorgungsteil, den Sicherungen, Handschaltern etc. befindet sich nahe dem Tunnelportal. Die Montagelage berücksichtigt einerseits die Forderungen für die Dämmerungsschalter (Schutz vor Kunstlicht, direktem Sonnenlicht), ermöglicht aber trotzdem leichte Zugänglichkeit.

Die einmal abgestimmte Beleuchtungssteuerung bedarf keiner weiteren Wartung. Die Bauteile der elektronischen Schaltung sind von grosser Lebensdauer und garantieren sicheres Funktionieren. Damit dient die Elektronik dem Strassenverkehr und der Sicherheit der Strassenbenutzer bestimmt am meisten.

#### Literatur

- [1] D. A. Schreuder: The Lighting of Vehicular Traffic Tunnels. Dissertation T. H. Eindhoven 1964, Philips Technical Library.

#### Adresse des Autors:

H. Weibel, Elektroingenieur, Elesta AG Elektronik, 7310 Bad Ragaz.

## Transmission de signaux codés par lignes téléphoniques

Conférence, donnée à la 24<sup>e</sup> Journée Suisse de la technique des télécommunications, le 30 septembre 1965 à Berne,

par C. Yechouroun et G. Vuffray, Lausanne

621.396.44

Cet exposé a pour but de relever quelques aspects de la transmission des signaux provenant d'un système PCM au moyen de câbles téléphoniques existants. On examine le comportement des paires téléphoniques et la nécessité de l'amplification, de la correction et de la régénération des impulsions au moyen de répéteurs. Le principe de tels répéteurs est décrit sommairement. Enfin, on donne quelques exemples de codage des impulsions permettant d'obtenir pour le signal une valeur moyenne constante ou nulle.

Diese Abhandlung bezweckt, auf einige Aspekte der Übermittlung von aus einem PCM-System stammenden Signalen über bestehende Telefonkabel hinzuweisen. Das Verhalten der Telefonadernpaare wird studiert, sowie auch die Notwendigkeit der Verstärkung, der Berichtigung und der Regenerierung der Impulse mittels Wiederholer. Das Prinzip solcher Wiederholer wird kurz geschildert. Schliesslich werden einige Beispiele von Codierungen der Impulse angeführt, die es ermöglichen, für das Signal einen konstanten Mittelwert oder Null zu erhalten.

Dans cet exposé, on traite certains problèmes en rapport avec la transmission des signaux provenant d'un système PCM au moyen de câbles téléphoniques existants. La transmission simultanée de 24 voies de communication au moyen d'une seule paire téléphonique exige une vitesse d'information de

1664000 bit/s. Il est dès lors nécessaire d'envoyer sur ces câbles un signal comportant des fréquences bien supérieures à celles rencontrées dans leur utilisation normale. La fig. 1 schématise l'ensemble d'un système de transmission PCM par câbles téléphoniques.

On examinera, dans ce qui suit, le comportement des paires téléphoniques et la nécessité de l'amplification et de la régénération des impulsions au moyen de répéteurs.

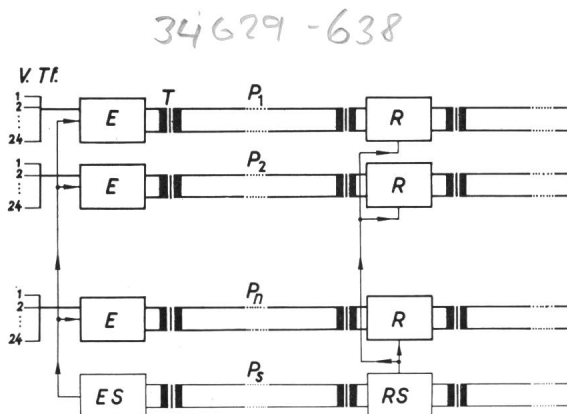


Fig. 1

Schéma de l'ensemble d'un système de transmission PCM par câbles téléphoniques

V. T. f. voies téléphoniques; E émetteurs des signaux codés; ES émetteur du signal de synchronisation; T translateurs;  $P_1, P_2, P_n$  paires téléphoniques du câble;  $P_s$  paire réservée au signal de synchronisation; R répéteurs des signaux codés; RS répéteur pour signal de synchronisation

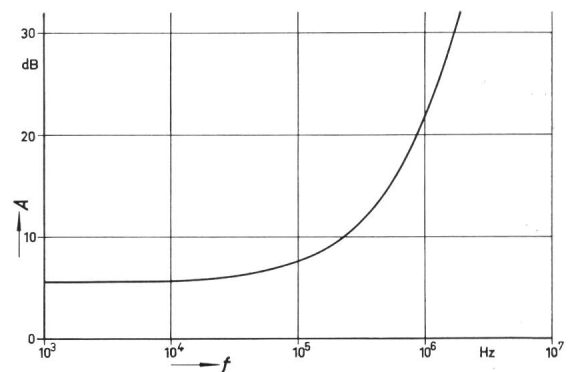


Fig. 2

Affaiblissement d'une paire de  $2 \times 0,8$  mm de diamètre pour une longueur du câble de 2 km

A affaiblissement; f fréquence