Die automatische Steuerung des "Télécanapé" an der Expo 64

Autor(en): **Honegger, Ch.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins : gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **55 (1964)**

Heft 15

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-916754

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die automatische Steuerung des «Télécanapé» an der Expo 64

Von *Ch. Honegger,* Zollikerberg

621-52 : 625.61 (494.451.1)

Die 20 Züge des Télécanapés verkehren ohne Lokomotivführer. Sie werden durch ein vollautomatisches elektronisches Nervensystem gesteuert. Diese Steuerung musste von Grund auf neu entwickelt werden, da hierfür geeignete handelsübliche Steuereinheiten nicht vorhanden waren.

Jeder Zug muss sich mit grosser Präzision an den ihm zugeordneten Fahrplan halten. Die Differenzen zu den Drehscheiben müssen klein sein, und innerhalb der Stationen müssen die Züge dicht aufgeschlossen verkehren. Eventuell auftretende Fehler im Programmablauf müssen unverzüglich korrigiert werden.

Steuerhebel *D* nach unten gedrückt würde. Dies wiederum bewirkte, dass die Druckfeder *F* entsprechend zusammengedrückt würde, wobei der Seilzug *H* diese Bewegung auf den Regler *G* im verlangsamenden Sinne überträgt. Mit anderen Worten, Zug 4 verhält sich wie ein idealer Automobilist: fährt der vorausfahrende Zug schneller, so folgt der nachfolgende Zug ebenfalls schneller, aber mit entsprechend grösserem Abstand. Verlangsamt der vorausfahrende Zug seine Geschwindigkeit, so verlangsamt auch der nachfolgende Zug seine Geschwindigkeit, folgt aber jetzt mit kleinerem Abstand.

33'052-055

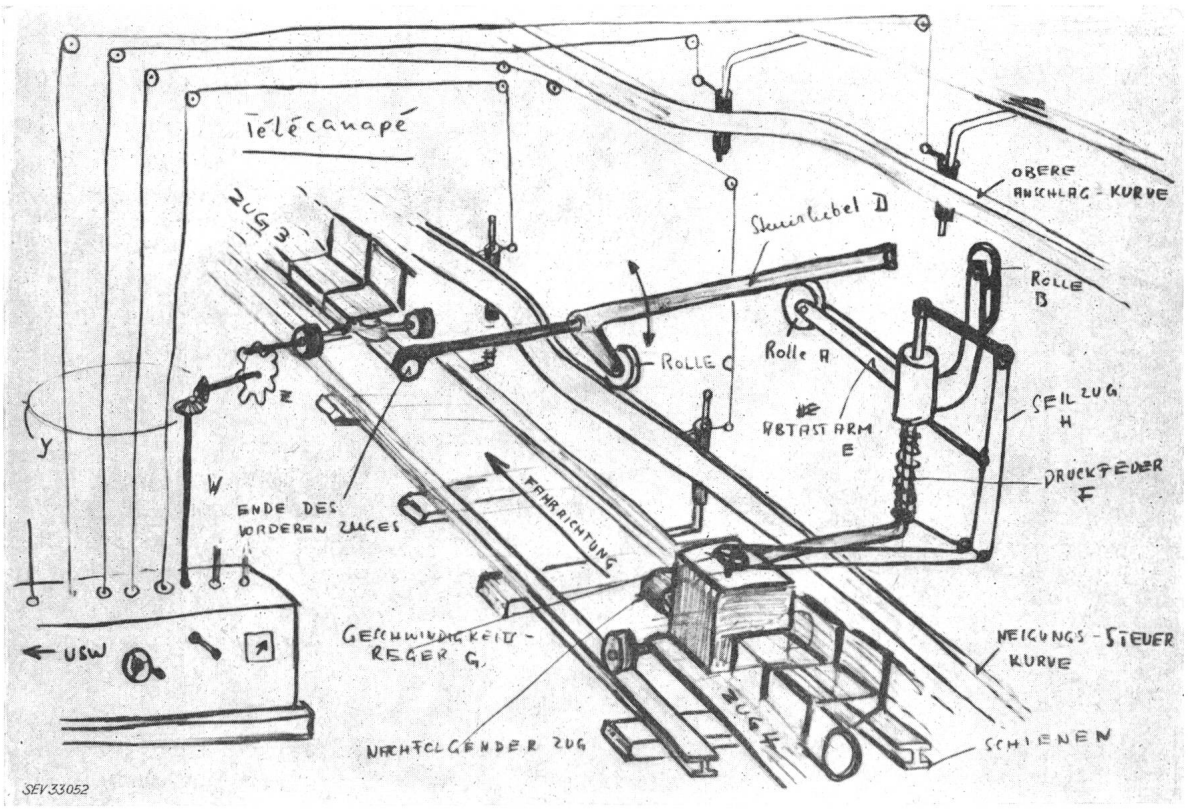


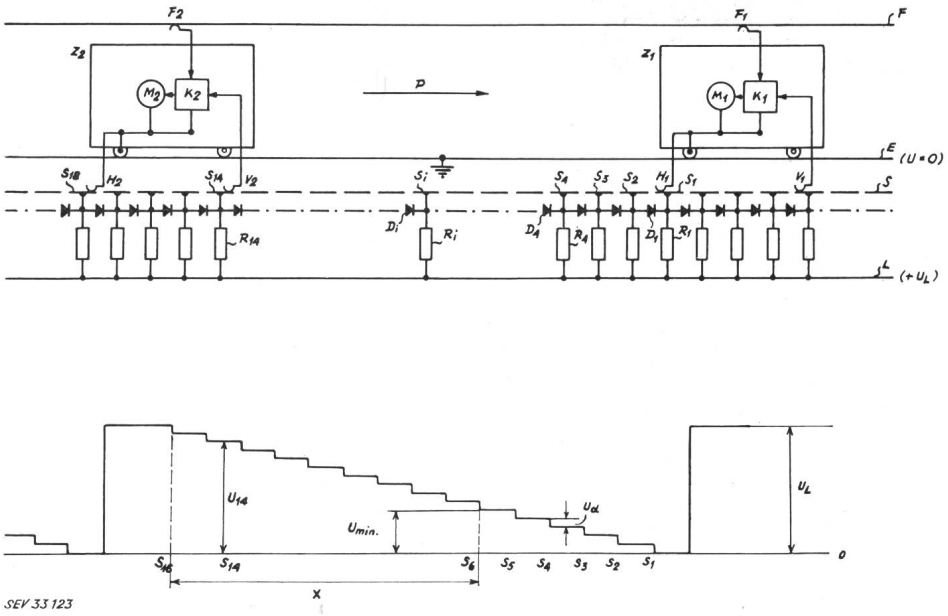
Fig. 1
Prinzip durch analoge mechanische Elemente dargestellt

Zum besseren Verständnis der Funktionsweise des ganzen Regelvorganges dient Fig. 1. Hier sind alle prinzipiellen Vorrichtungen durch analoge mechanische Elemente dargestellt. Vorne auf Zug 4 ist das Geschwindigkeitskontrollrad *G* angeordnet. Dieses ist über den Seilzug *H* mit einem in vertikaler Richtung gleitendem Abtastarm *E* verbunden, an dessen Ende eine Rolle *A* befestigt ist. Rolle *A* berührt den Steuerhebel *D,* wobei dieser am vorausfahrenden Zug Nr. 3, wie dargestellt, befestigt ist. Die auf der Neigungssteuerkurve laufende Rolle *C* bestimmt dabei den Neigungswinkel des Steuerhebels *D,* den man sich mit einer Länge von ca. 120 m vorstellen muss. Nehmen wir nun an, die beiden Fahrzeuge bewegen sich in der angegebenen Fahrrichtung mit gleicher Geschwindigkeit. Würde nun aus irgendeinem Grund Zug 3 langsamer fahren, so würde Zug 4 näher auf Zug 3 aufschliessen, wobei seine Rolle *A* durch den vorausfahrenden

Um den Fahrplanwünschen der Auftraggeber entsprechen zu können, darf dieses Abstands- und Geschwindigkeitsverhältnis nicht überall in der Anlage gleich gross sein. Es war also notwendig, die Neigung des Steuerhebels *D* in Abhängigkeit von der momentanen örtlichen Position eines Zuges veränderlich zu machen. Diese Aufgabe übernimmt die Neigungs-Steuerkurve, auf der wie bereits erwähnt, die Rolle *C* abrollt.

Hat sich als Folge eines Programmfehlers der Abstand zwischen 2 Zügen derart vergrössert, dass die Rolle *A* den Steuerhebel *D* des vorausfahrenden Zuges nicht mehr berührt, so wird durch die Wirkung der Druckfeder *F* der Geschwindigkeitsregler *G* soweit aufgedreht, bis die Anschlagrolle *B* die längs der Strecke geführte obere Anschlagkurve berührt. Diese zusätzliche obere Kurve ist nichts anderes als eine ebenfalls wieder örtlich verschiedene Geschwindigkeitsbegrenzung.

Fig. 2
Vereinfachtes Schaltbild



Beide Kurven, sowohl die untere Neigungs-Steuerkurve wie die obere Anschlagkurve, sind, mechanisch gesprochen, nicht starr montiert, sondern lassen sich über die Seilzüge Y in vertikaler Richtung verstellen. Diese Seilzüge Y enden in einem zentralen Gehirn, das über vorkommende Programmfehler laufend durch einzelne, längs der Strecke verteilte Zählzahnräder Z und Verbindungswellen W orientiert ist. Je nach Fehler, hat diese zentrale Steuerung die Möglichkeit, durch Veränderung der Position der genannten Kurven korrigierend einzugreifen.

Selbstverständlich laufen alle diese Vorgänge vollautomatisch und ohne mechanische Elemente. Sämtliche vorstehend beschriebenen Vorgänge werden durch sog. Halbleiterelemente, wie Transistoren, Dioden und Zehnerdioden, von denen rund 2000 Stück benötigt wurden, ausgeführt. Eine Gruppe dieser elektronischen Bauteile ist längs der Strecke im Stromabnehmerkanal eingebaut. Eine zweite Gruppe ist im zentralen Elektronikschrank vereint. Im Folgenden soll auch das Grundprinzip der elektronischen Schaltungstechnik kurz beschrieben werden.

Die parallel zur Strombahn angeordneten sog. Kettenleiterelemente bestehen aus Dioden D und Widerständen R. Diese sind wie aus Fig. 2 ersichtlich, mit einer lamellierten Steuerschiene L verbunden. Jedes Fahrzeug ist mit einem heckseitig angeordneten Kurzschluss-Stromabnehmer H, sowie mit einem frontseitig montierten Stromabnehmer V versehen.

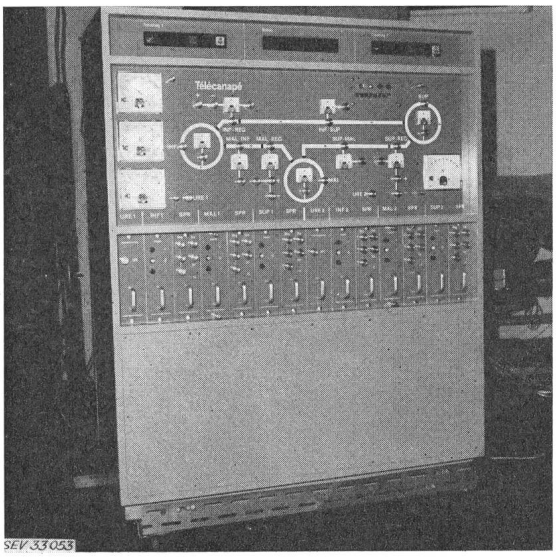


Fig. 3
Zentrale Elektronik und Bedienungstableau für das Télécanapé

V ist mit einem elektronischen Regler verbunden. Dieser regelt die Drehzahlen und damit die Fahrgeschwindigkeit eines jeden Zuges in genau bestimmter Abhängigkeit von der ab dem Kettenleitersystem abgetasteten Eingangsspannung. Durch die Ventilwirkung der Dioden D entsteht hinter jedem Kurzschluss-Stromabnehmer H ein nach rückwärts ansteigender Spannungskeil, wobei H keine Wirkung nach vorne hat. Genau genommen, müsste dieser Keil als feine Treppe eingezeichnet werden. Die Höhe einer Stufe entspricht dem Spannungsabfall über einer Diode.

Die Widerstände R versorgen die Dioden D mit einem durch ihren Widerstand begrenzten Strom. Zwischen der Länge des Keils, der Steilheit des Keils, der Speisespannung U_s, sowie den Elementen des Kettenleiters bestehen leicht definierbare Zusammenhänge. Durch geeignete Dimensionierung dieser Bauteile, sowie durch berechnete Einstellung der Speisespannung U_s, kann derjenige Abstand bestimmt werden, den ein nachfolgendes Fahrzeug einhalten muss, damit sein elektronischer Regler genau diejenige Eingangsspannung U_v erhält, die notwendig ist, um dem vorausfahrenden Fahrzeug mit dessen Geschwindigkeit zu folgen.

Interessant ist, dass die Regelung stufenlos arbeitet. Aus dem am Eingang erscheinenden Rechteck-Signal, dessen Tastverhältnis je nach Fahrzeugabstand ändert, erhält man durch Integration den Mittelwert, welcher der einzuhaltenden Geschwindigkeit entspricht.

Die Keillänge wurde beim Télécanapé so gewählt, dass alle 20 auf einem geschlossenen Kreislauf verkehrenden Fahrzeuge untereinander im Keilkontakt stehen. Wie sich leicht zeigen lässt, entsteht eine Art Gleichgewichtszustand, sobald alle zur Verfügung stehenden Abstände gleichmässig verteilt sind. Mit anderen Worten, die Fahrzeuge versuchen sich gleichmässig über die ganze Anlage zu verteilen.

Durch entsprechende Bemessung der Kettenleiter-Bauteile, insbesondere der Diodenspannungsabfälle, kann erreicht werden, dass Abstand und Geschwindigkeit der Fahrzeuge örtlich verschieden sind. Ausserdem kann die Anlage durch diese Elemente programmiert werden. Wesentlich ist nur, dass der Quotient, gebildet aus örtlicher Geschwindig-

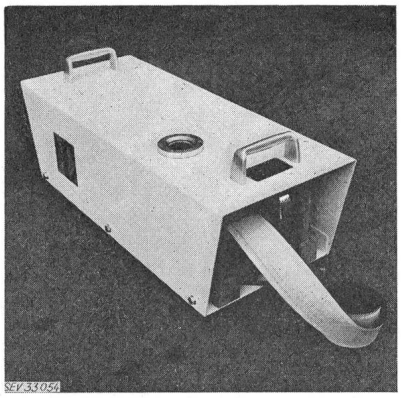


Fig. 4
Lamellen-Diagrammschreiber zur Kontrolle des Kettenleitersystems

keit zu örtlicher Periodenlänge, an allen Stellen der Anlage konstant ist.

Da man nicht annehmen darf, dass die durchschnittliche Toleranz aller für das Fahrprogramm massgebenden Grössen gleich Null ist, sondern vielmehr die Tatsache einer möglichen Addition aller Fehler in einer Richtung einkalkulieren muss, genügt das Kettenleitersystem allein nicht, um die extremen Forderungen betreffend Gleichlauf der Züge, mit den Drehstationen und möglichst abstandsloses Durchfahren der Stationen zu erfüllen.

Als zusätzliche Programmüberwachung und Steuerung wurde das zentrale Elektroniksystem gebaut. Es wurde die Ringleitung zur Speisung der Kettenleiter-Widerstände in 9 einzelne Abschnitte aufgeteilt. Drei dieser 9 Speiseabschnitte werden mit einer veränderlichen Spannung versorgt und zwar so, dass es selbst bei entgegenlaufenden Regelvorgängen im Kettenleitersystem unmöglich ist, dass ein zu schnell ausfahrender Zug seinen Nachfolger schneller als zulässig aus einer Station «herauszieht». Gleichzeitig muss natürlich durch richtige Lagerung der Toleranzfelder dafür gesorgt werden, dass keine Züge zu langsam aus der Station ausfahren und die in der Station laufenden Züge zurückstauen.

Diese elektronisch geregelten Spannungen wirken wie eine obere Geschwindigkeitsbegrenzung (Anschlag). Dieser «Anschlag» bedeutet aber einen an und für sich unzulässigen Eingriff in das Selbststabilisierungsvermögen des gesamten Kettenleiter-Gleichgewichtes. Sollen keine unerwünschten Ansammlungen einerseits, und Lücken andererseits entstehen, so müssen diese Regelspannungen durch ein elektronisches Gehirn mit begrenzten Amplituden so gesteuert werden, dass die Verteilung der Fahrzeuge über die ganze Anlage im gewünschten Rahmen gewährleistet bleibt.

Jeder Registerbereich hat einen Soll-Bestand an Fahrzeugen. An den Grenzzonen zwischen den Registern sind die Zählstellen *Z* eingebaut. Als Bezugspunkt für die Zählung dient der hintere Stromabnehmer eines jeden Fahrzeuges. Beim Überfahren der jeweiligen Zähllamelle wird das betreffende Fahrzeug im vorhergehenden Register abgemeldet (Minus) und im folgenden Register angemeldet (Plus). Jedes Register vergleicht fortwährend seinen Ist-Bestand mit dem eingestellten Soll-Bestand. Dadurch ist es in der Lage, seinen Saldo mit Minus, Null oder Plus sichtbar anzuzeigen und gleichzeitig den zugeordneten Spannungsregler entsprechend zu betätigen.

Der jedem Register zugeordnete Spannungsregler sorgt anschliessend dafür, dass in Übereinstimmung mit dem vorhandenen Saldo und unter Berücksichtigung der zulässigen Differenzen bei der Stationsumfahrt, mehr oder weniger Fahrzeuge pro Zeiteinheit aus dem Registerbereich ausfahren.

Je schneller ein bestehender Programmfehler korrigiert werden soll, umso grössere Umfahrdifferenzen in Plus- oder Minus-Richtung müssen zugelassen werden. Auf jeden Fall müssen die Korrektur-Amplituden grösser sein, als die vorkommenden Fehler-Amplituden.

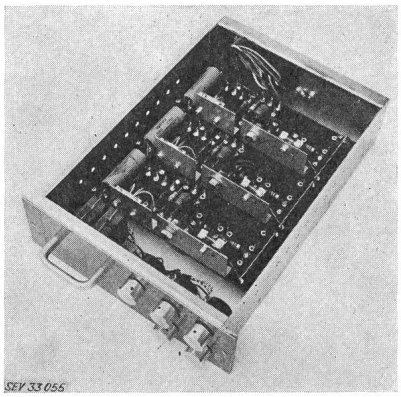


Fig. 5
Spannungsregler mit gesteuerten Gleichrichtern

Es können, ohne dass es im Normalbetrieb störend wirkt, mehrere der im Kanal eingebauten Diodenelemente defekt sein. Zur rationellen Überprüfung der Betriebstüchtigkeit des gesamten Kettenleitersystems wurde ein sog. Lamellen-Diagrammschreiber eingebaut. In einer einzigen Testumfahrt, und mit einem Zeitaufwand von 14 min, liefert dieser Schreiber ein vollständiges Diagramm, aus dem der Zustand jeder einzelnen Diode ersichtlich ist.

Adresse des Autors:
Charles Honegger, dipl. Elektrotechniker, Elektronische Apparate, Forchstrasse 175, Zollikerberg (ZH).

L'éclairage public à Lausanne

Par *G. Treyvaud,* Lausanne

628.971.6 : 625.712.1 (494.451.1)

En deux ans, la section de l'éclairage public du service de l'électricité a dû améliorer ou refaire complètement l'éclairage des artères principales de Lausanne, comptant environ 11 km. Il s'est agit de plus de 500 points lumineux. En outre, le tunnel routier sous la place Chauderon, long de 230 m a été équipé de 580 luminaires. Enfin, le problème de l'éclairage des grandes places et des voies de service dans l'enceinte même de l'Exposition a été résolu.

Innert zwei Jahren hatte die Sektion für Strassenbeleuchtung des Elektrizitätsdienstes die Beleuchtung der Hauptstrassen von Lausanne, die zusammen eine Länge von ungefähr 11 km haben, zu verbessern oder vollständig zu erneuern. Es handelt sich um über 500 Lichtpunkte. Ausserdem ist der 230 m lange Strassentunnel unter der Place Chauderon mit 580 Leuchten ausgerüstet worden. Schliesslich wurde auch das Problem der Beleuchtung der grossen Plätze und der Dienstwege innerhalb der Expo 64 gelöst.