

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 45 (1967)

Heft: 5

Artikel: Die Einführung elektronischer Schaltungen in der automatischen Telephon-Vermittlungstechnik

Autor: Briner, Hans

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874864>

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: 15.03.2025

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

Die Einführung elektronischer Schaltungen in der automatischen Telefon-Vermittlungstechnik

Hans BRINER, Bern

621.395.34:621.38

Zusammenfassung. Elektronische Bauteile und Schaltungen finden in zunehmendem Masse Eingang in der Telefon-Vermittlungsautomatik. Ihre Einführung erfolgt schrittweise nach den technischen und wirtschaftlichen Bedürfnissen. Diese Entwicklung wird anhand einiger Beispiele aufgezeigt. Ferner werden die Auswirkungen auf die Arbeitsmethoden und die Ausrüstungen des Automatiklabors behandelt.

L'emploi de circuits électroniques dans la commutation téléphonique automatique

Résumé. En commutation téléphonique automatique, on recourt de plus en plus aux éléments et circuits électroniques. Ils sont introduits successivement, au gré des nécessités techniques et économiques. Quelques exemples illustrent ce développement. On étudie aussi ses effets sur les méthodes de travail et l'équipement du laboratoire de l'automatique.

L'introduzione di circuiti elettronici nella tecnica della commutazione in telefonia automatica

Riassunto. Nella tecnica della telefonia automatica si ricorre sempre più a elementi e circuiti elettronici. Questi vengono introdotti per tappe successive a seconda delle necessità tecniche ed economiche. Alcuni esempi illustrano questo sviluppo. Vengono pure esaminati gli effetti di queste innovazioni sul sistema di lavoro e sull'equipaggiamento del laboratorio che tratta i problemi della telefonia automatica.

1. Heutiger Stand der Telephonautomatik in der Schweiz

Die heute in Betrieb stehenden automatischen Telephonzentralen unseres Landes beruhen fast ausschliesslich auf elektromagnetischen Prinzipien, mit Relais und Wählern oder Suchern als wichtigsten Bauteilen.

In der Art der Wählsysteme müssen zwei grundsätzlich verschiedene Gruppen erwähnt werden, die sowohl bei uns als auch in der übrigen Welt Eingang gefunden haben. Es sind dies die direkt gesteuerten und die indirekt gesteuerten oder Register-systeme.

Bei den *Direktwahl*systemen erfolgt der Verbindungsaufbau schritthaltend mit den Wählimpulsen, unter Verwendung von Hebdrehwählern oder Motorwählern in der Ausführung von Siemens.

In den *Systemen der indirekten Wahl* werden die Wahlimpulse von Registern aufgenommen. Diese Speicher- und zum Teil auch Umwerteeinrichtungen steuern hierauf den Verbindungsaufbau der Wahlorgane. Diese werden in verschiedenen Formen verwendet, wie maschinenangetriebene Drehwähler (Rotary-System) oder Crossbarschalter im Bell-System, Kulissensucher oder Drehwähler mit Selbstunterbrecherantrieb im Hasler-System, Schweizer-Kreuzschalter in Hausanlagen der Firmen Hasler und Gfeller.

Sämtliche Systeme besitzen ihre Vor- und Nachteile. Es liegt jedoch in der Natur jeder Einrichtung mit mechanisch bewegten Massen, dass sie Abnützungserscheinungen unterworfen ist und deshalb gepflegt werden muss. Die verhältnismässig langsame Arbeitsgeschwindigkeit der elektromechanischen Verbindungsorgane (mit Ausnahme der Crossbarschalter) wirkt sich namentlich im Fernbetrieb nachteilig aus. Auch ist ihre Fabrikation und Montage verhältnismässig aufwendig.

Hier zeigen sich nun für die neuen elektronischen Bauteile, wie Dioden, Transistoren und die Eisen- und Ferritkerne mit rechteckigen Hystereseeigenschaften, interessante Anwendungsgebiete. Gewisse Schaltungen können überhaupt erst mit elektronischen Mitteln vernünftig verwirklicht werden. Es wäre aber unrealistisch, alle elektromagnetischen Einrichtungen sofort durch elektronische ersetzen zu wollen. Die Einführung vollzieht sich vielmehr schrittweise nach Massgabe der technischen, betrieblichen und wirtschaftlichen Vorteile, die damit zu erzielen sind.

2. Wandlungen im Automatiklaboratorium der Abteilung Forschung und Versuche

Die neue Technik brachte es mit sich, dass das Automatiklaboratorium in den letzten Jahren eine umwandelnde Entwick-

lung durchmachen musste. Stellten in der klassischen elektromagnetischen Automatik Kopfhörer, Strom- und Spannungsmessgeräte, Lichtstrahl-Spiegeloszillograph und Impulsschreiber das wichtigste Instrumentarium dar, so haben nun Kathodenstrahloszillograph, Röhrenvoltmeter, Wellenanalysator, Frequenzmesser, besondere Speisegeräte usw. grosse Bedeutung erlangt.

Da die modernen elektronischen Bauteile, wie Transistoren, gegenüber den elektromechanischen eine viel grössere Abhängigkeit von den Umweltbedingungen aufweisen, gehören zur Ausrüstung des modernen Automatiklaboratoriums unbedingt auch Klimaschränke, in denen Untersuchungen unter extremen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen ausgeführt werden können (*Figur 1*).

Die nachstehenden Ausführungen behandeln einige der typischen Anwendungen elektronischer Schaltungen, die in unseren Laboratorien geprüft und untersucht wurden.

3. Elektronische Teileinrichtungen automatischer Telephonzentralen

3.1 Ruf- und Signalerzeugersätze

Der Rufstrom von 25 Hz und die 400-Hz-Signaltöne wurden bisher mit einem Einankerumformer, der Ruf- und Signalmaschine,

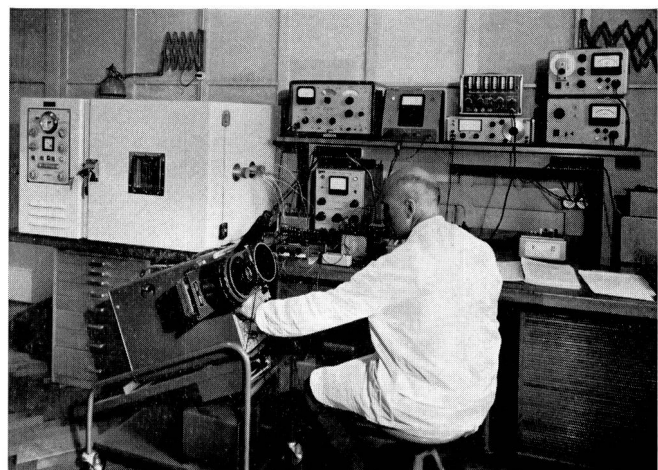


Fig. 1
Messungen an elektronischen Schaltungen. Die Prüflinge befinden sich im Klimaschrank (links)

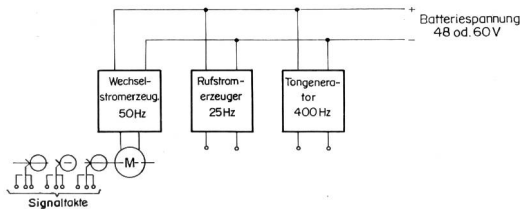


Fig. 2
Elektronischer Ruf- und Signalerzeugersatz

aus der Batteriespannung erzeugt, wobei die Zeichentakte über mitrotierende Nocken erhalten wurden. Jede rotierende Maschine ist am Kollektor und an den Schleifringen störungsanfällig und erheischt deshalb entsprechenden Unterhalt.

Diese Schwierigkeiten lassen sich durch rein statische Umformer vermeiden. *Figur 2* zeigt den grundsätzlichen Aufbau eines transistorisierten Ruf- und Signalerzeugers. Er enthält einen Zerkhacker für 25 Hz und einen Sinusgenerator 400 Hz. Beide haben gewisse Anforderungen an Spannungskonstanz und Klirrfaktor zu erfüllen. Da die Formung der verhältnismässig langsamen Signaltakte auf rein elektronischem Wege noch Schwierigkeiten bietet, ist vorläufig die bewährte und billige Nockensteuerung noch beibehalten worden. Sie wird von einem kollektor- und schleifringlosen Synchronmotor angetrieben und erhält ihre Speisung von einem zusätzlichen 50-Hz-Zerkhacker. Die künftige Entwicklungstendenz geht dahin, auch die Zeichentakte elektronisch zu erzeugen.

3.2 Elektronisch arbeitende und geregelte Stromversorgungs-einrichtungen

3.2.1 50-Hz-Wechselstromversorgung

In den Telephonzentralen werden unterbruchslos arbeitende 50-Hz-Stromversorgungen benötigt. Um den Betrieb bei Netzausfall sicherzustellen, benützte man bisher rotierende Umformer, die aus der Zentralenbatterie gespeist wurden. Ähnliche Einrichtungen haben auch den Betrieb von Verstärker- und Richtstrahlstationen zu sichern, wobei vorgeschriebene Spannungstoleranzen einzuhalten sind.

Auch hier gelangen neuerdings elektronische Zerkhacker (Wechselrichter) zum Einsatz. Als Schaltventile dienen dabei je nach Leistung Transistoren oder Thyristoren. Da in diesen Geräten primär Rechteckspannung erzeugt wird, sind überall dort, wo Sinusform verlangt ist, entsprechende Filter eingeschaltet.

3.2.2 Gleichspannungswandler

Für den Betrieb elektronischer Ausrüstungen sind Gleichspannungen von 6...30 V erforderlich. In der Telephonzentrale steht jedoch in der Regel nur die Zentralenbatterie von 48 oder 60 V zur Verfügung. Die direkte Anschaltung über einen Spannungsteiler ist nur bei elektronischen Verbrauchern mit kleinem und konstantem Stromverbrauch möglich. Bei höherer und veränderlicher Belastung versagt diese Methode, weil sie zu grosse Verluste und eine un stabile Spannung verursacht. Hier sind elektronische Gleichspannungswandler am Platze.

Ein solches Gerät besitzt einen Wechselrichter, dessen Ausgangsspannung auf die gewünschte Grösse transformiert und einem Gleichrichter zugeführt wird. Eine elektronische Regelschaltung sorgt für konstante Gleichspannungserzeugung bei veränderlicher Belastung. Ein vorgeschaltetes Filter verhindert das Eindringen von Geräuschspannungen auf die Zentralenbatterie, während die abgegebene Spannung ebenfalls durch ein Filter geglättet wird. Solche Gleichspannungswandler bieten zudem die Möglichkeit, die Eingangs- und Ausgangsseite galvanisch voneinander zu trennen.

3.3 Das 12-kHz-Gebührenmeldersystem

Eine beträchtliche Zahl von Telephonteilnehmern hat das Bedürfnis, die aufgelaufenen Gebühren abgehender Gespräche sofort zu kennen. Diesem Zweck dient seit Jahren der 50-Hz-Gebührenmelder, der in erdsimultaner Schaltung betrieben wird. Dem System hängen jedoch einige Mängel an, wie hohe Betriebsspannung, Brummstörungen der Gespräche bei unvollkommener Symmetrie und die Notwendigkeit einer guten Erdleitung beim Teilnehmer. Zudem verträgt sich dieses System kaum mit künftigen teil- oder vollelektronischen Vermittlungseinrichtungen.

Die erwähnten Gründe führten zur Entwicklung des 12-kHz-Gebührenmelders. *Figur 3* zeigt, wie die Übertragung vor sich geht. Jeder Schnurstromkreis der Zentrale erhält eine individuelle Sendeeinheit mit transistorisiertem 12-kHz-Generator, der vom Zählrelais getastet wird. Über einen Hochpass werden die 12-kHz-Gebührenmelderimpulse mit einer Spannung von etwa 2 V symmetrisch auf die Teilnehmerleitung eingekoppelt. Im Gebührenmelder des Teilnehmers gelangen die Zählimpulse wiederum über einen Hochpass auf die elektronische Empfangsschaltung, die die Impulse verstärkt, gleichrichtet und dem Rollenzähler zuführt. Beidseitige Tiefpässe sorgen dafür, dass die HF-Energie nicht über die Zentralenschaltung und die Teilnehmerstation abfliessen kann. Der Gebührenmelder beim Teilnehmer besitzt als Energiequelle einen kleinen gasdichten, alkalischen Akkumulator von 6 V. Er wird in den Gesprächspausen über einen hochohmigen Widerstand mit rund 0,6 mA aus der Teilnehmer-schaltung der Zentrale geladen.

3.4 Erdfreie Gemeinschaftsanschlüsse

Die bisherigen Zweier-Gemeinschaftsanschlüsse (GA) erfordern zur Ausscheidung im abgehenden Verkehr Erdleitungen bei den Teilnehmerstationen, was die Installation erschwert und

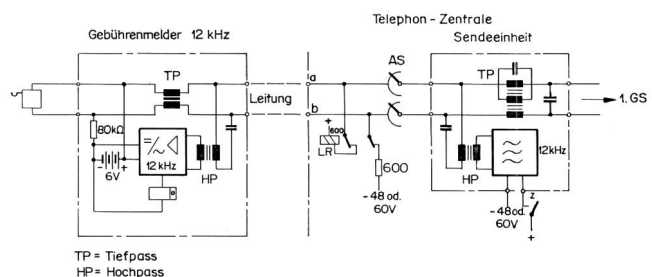


Fig. 3
Prinzip des Gebührenmelders 12 kHz

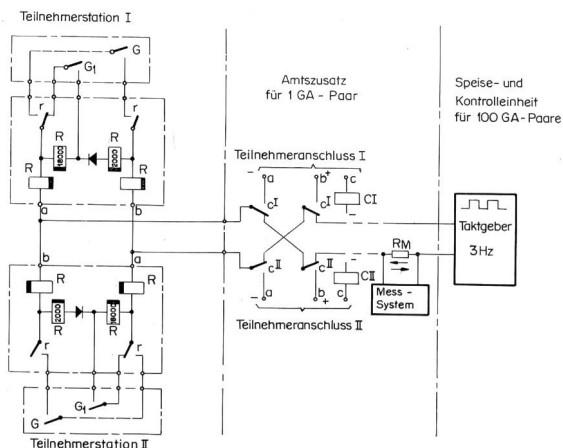


Fig. 4
Prinzip des erdfreien Gemeinschaftsanschlusses

Störungen durch Gewittereinflüsse begünstigt. Dies führte zur Konstruktion eines erdfreien Systems, dessen Prinzip *Figur 4* darstellt.

Ein zentralisierter Taktgeber erzeugt eine Rechteckschwingung von etwa 3 Hz, die im Ruhezustand dauernd an der Gemeinschaftsleitung liegt. Hebt einer der Partner das Mikrotelefon ab, so schliesst der Gabel-Zusatzkontakt die hochohmige Wicklung seines GA-Zusatzrelais kurz. Dadurch fliesst in der von einer Diode bestimmten Richtung ein grösserer Halbwellenstrom, der am Messwiderstand R_M des Amtszusatzes einen entsprechend höheren Spannungsabfall hervorruft. Ein elektronisches Messsystem bringt indirekt das zugeordnete C-Relais zum Anzug, das die Teilnehmerschleufe an den betreffenden Zentralenananschluss durchschaltet, unter gleichzeitiger Abtrennung des Kontrolltaktes. Das zugehörige GA-Relais spricht an und legt die

Station an die Leitung, während das Relais des Partners infolge der umgekehrt gepolten Diode gesperrt bleibt.

Bei dieser GA-Schaltung besteht immer noch die oft lästig empfundene gegenseitige Aussperrung der beiden Anschlüsse sowie die Unmöglichkeit, Gespräche miteinander zu führen. Diese Mängel vermeidet der sogenannte Träger-GA. Er arbeitet nach folgendem System (*Figur 5*): Der eine der beiden Partner hat seinen Sprechkanal im normalen NF-Band 300...3400 Hz. Dazu kommen Hilfsfrequenzen von 4 kHz für Belegung und Wahlübertragung in Richtung Zentrale und 1,05 kHz für die Rufübertragung zur Station. Durch Zerhackung der 1,05 kHz mit den negativen Halbwellen des 25-Hz-Rufes der Zentrale erzeugt man ein gut hörbares Rufzeichen, das in der Station von der Hörkapsel ausgestrahlt wird. Beim zweiten Teilnehmer erfolgt die Sprachübertragung vierdrahtmässig, wobei der Sprechkanal der einen Richtung durch Einseitenbandmodulation eines 8-kHz-Trägers in das Gebiet 8,3...11,4 kHz verschoben ist, während die andere Richtung mit dem unteren Seitenband eines 16-kHz-Trägers zwischen 12,6 und 15,7 kHz arbeitet. Der 8-kHz-Träger dient zugleich der Belegung und Wahlübertragung, der mit 1,05 kHz modulierte 16-kHz-Träger der Rufübertragung. Die Teilnehmerstationen und die Amtsausrüstung sind weitgehend elektronisch aufgebaut, mit transistorisierten Oszillatoren, Modulatoren, Demodulatoren, Verstärkern und verschiedenen Filtern. Dieses System ermöglicht sowohl die gleichzeitige und unabhängige Gesprächsführung beider Stationen als auch den Verkehr untereinander.

3.5 Taktgeber und Untersetzer der nationalen Zeitimpulszählung (ZIZ)

Für die Zeitimpulszählung des inländischen Fernverkehrs wird verlangt, dass der erste Zählimpuls in der 20-Rp.-Zone zwischen 0 und 6 s nach Gesprächsbeginn abgegeben wird. Zur Lösung dieses Problems wurde in den einzelnen Zeitimpulsgebern (ZIG) eine Untersetzung 16:1 vorgesehen, so dass der Taktgeber 16mal schneller arbeiten kann.

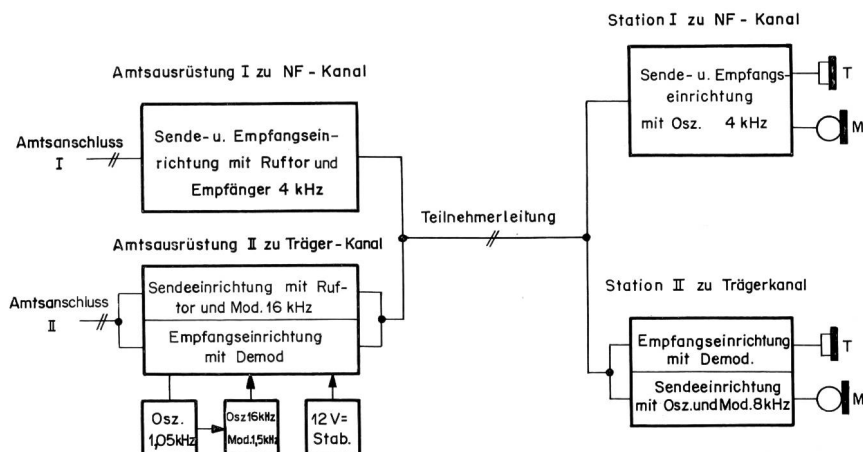


Fig. 5
Prinzip des Träger-Gemeinschaftsanschlusses

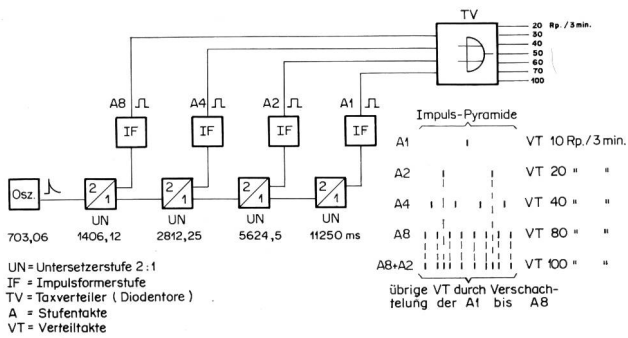


Fig. 6
Prinzip des Taktgebers für Zeitimpuls-Zählung

Figur 6 veranschaulicht den prinzipiellen Aufbau des elektronischen Taktgebers. Ein Oszillator erzeugt Nadelimpulse in Abständen von 703 ms. In vier nachgeschalteten Untersetzerstufen 2:1 (bistabilen Multivibratoren) werden Rechteckschwingungen mit den angegebenen Periodendauern hervorgebracht und je einer zugehörigen Impulsformerstufe zugeführt. Diese liefern die Stufentakte A1...A8, die so verschachtelt sind, dass jeder Takt in die Mitte jeder zweiten Lücke der vorangegangenen Impulsfolge

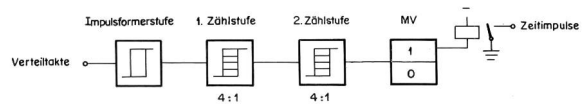


Fig. 7
Prinzip des Untersetzers 16:1 für ZIZ

fällt, was einen pyramidenförmigen Aufbau der Stufentakte ergibt. In der Taxverteilerstufe werden dann die benötigten Verteiltakte 10...150 Rp. je drei Minuten über einfache Diodentore kombiniert. Als Beispiel ist die 100-Rp.-Taxe dargestellt, die sich aus den Stufen A8 und A2 zusammensetzt. Die dabei entstehenden unregelmässigen Impulsabstände werden durch die nachfolgende Untersetzung 16:1 so weit ausgeglichen, dass sie praktisch in den Zeittakten nicht mehr ins Gewicht fallen.

Im ZIG ist der bereits erwähnte Untersetzer eingeschaltet, dem die Verteiltakte zugeführt werden. Als Zählelemente finden Ringbandkerne mit annähernd rechteckigen Hysteresekurven Verwendung (Figur 7). Der erste dieser Kerne formt als Schöpfkern durch vollständige Ummagnetisierung genau definierte Impulse für die nachfolgende erste Zählstufe. Diese ist so dimensioniert, dass sie mit vier Impulsen vollständig vom negativen in den positiven Sättigungszustand gebracht wird und einen Impuls an die

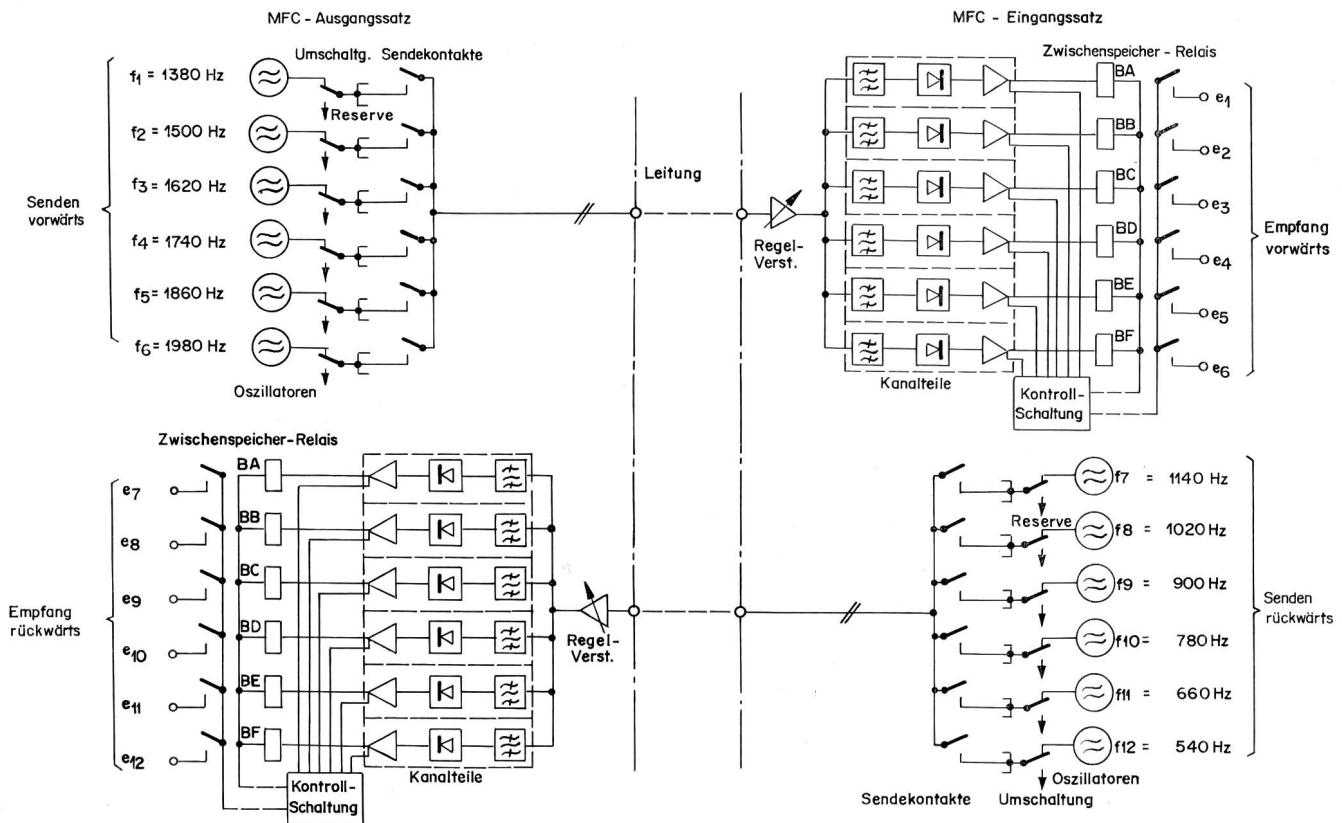


Fig. 8
Prinzip einer Mehrfrequenz-Code-Wahl-Ausrüstung im 4-Draht-Betrieb

zweite Zählstufe abgibt. Mit vier Impulsen befindet sich auch diese Stufe im positiven Sättigungszustand. Sie betätigt dann einen monostabilen Multivibrator, der den Zeitimpuls formt und über ein Relais ausgibt. Die Zählkerne der ersten und zweiten Stufe werden im Ruhezustand so vormagnetisiert, dass der erste Verteilimpuls maximal 5,6 s nach der Antwort einen ersten Zeitimpuls auslöst. Die folgenden 15 Verteilimpulse werden unterdrückt. Erst der 17. Eingangsimpuls bewirkt wieder die Ausgabe eines Zeitimpulses, womit man die gewünschte Unterersetzung 16:1 erreicht.

3.6 Mehrfrequenz-Codewahl-Ausrüstung

Im Leitungsnetz der internationalen Selbstwahl in Westeuropa sowie später auch im inländischen Fernwahlnetz ist für den Austausch der Registerinformationen ein Mehrfrequenz-Codewahl (MFC)-System gemäss Richtlinien vom August 1963 vorgesehen. Es arbeitet mit einem prüfbareren Code von 2 aus 6 Frequenzen, die im Sprachkanal liegen. *Figur 8* zeigt den grundsätzlichen Aufbau in der Ausführung der Firma *Albiswerk Zürich AG*.

Das MFC-Verfahren ist ein Zwangslaufverfahren, das heisst jedes Zeichen in Vorwärtsrichtung muss von der Empfangsstelle quittiert werden, bevor das nächste Zeichen gesendet werden kann. Jede Seite besitzt sechs Oszillatoren mit genormten Frequenzen von 120 Hz Abstand. Die Zeichen werden als Zweierkombinationen auf die Leitung eingetastet und auf der Empfangsseite zunächst einem Regelverstärker zugeführt. Die nachfolgenden Kanalteile sorgen für die Trennung der einzelnen Frequenzen, richten sie gleich und erregen nach einer Ausgangsverstärkung die Zwischenspeicherrelais. Die Ausgabe der empfangenen Zeichen geschieht erst nach einer Prüfung der rasch arbeitenden elektronischen Kontrollschaltung, ob wirklich zwei und nur zwei Frequenzen anliegen und ob nur zwei Relais angesprochen haben.

Mit Ausnahme der Sende- und der Zwischenspeicherrelais sowie einiger Relais der Kontrollschaltung, ist die Anlage vollständig aus elektronischen Bausteinen in Form steckbarer, gedruckter Schaltungen ausgeführt. Einen ähnlichen Aufbau besitzen auch die MFC-Anlagen der Firmen *Standard Telephon und Radio AG* und *Hasler AG*, nur mit dem Unterschied, dass sie je Einheit individuelle Oszillatoren verwenden.

3.7 Teilelektronische Fernbetriebszentrale mit ESK-Relais

Als modernstes Zentralensystem kann gegenwärtig das teilelektronische Fernbetriebssystem A60 angesprochen werden. *Figur 9* zeigt den prinzipiellen Aufbau. Die Aufgabe des Fernausgangsantes besteht darin, die vom Ortsamt und von der Netzgruppe auf die ZIG-Stromkreise gelangenden Verbindungen über ein dreistufiges Koppelfeld nach den abgehenden Leitungsübertragern, die nach Richtungen gebündelt sind, durchzuschalten. Dies geschieht mit einer End-zu-End-Markierung mit Hilfe schneller und zentralisierter elektronischer Steuerschaltungen. (Es würde hier zu weit führen, auf schaltungstechnische Details einzutreten, es sei deshalb auf die einschlägigen Veröffentlichungen verwiesen.)

Alle Koppelfelder sind mit dem Edelmetall-Schnellkontaktrelais (ESK) aufgebaut. Während ZIG und abg. Übertrager zum grössten Teil in Relaischnik gehalten sind, bestehen der Zeittaktgeber,

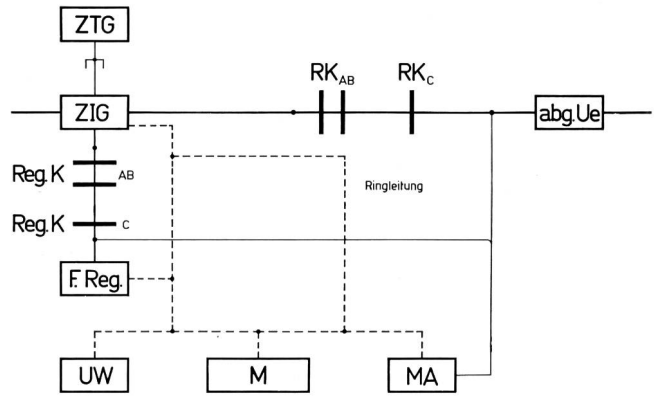


Fig. 9
Prinzip des teilelektronischen Fern-Ausgangsantes A60

M:	Markierer	UW:	Umwerter	F.Reg.:	Fernregister
ZIG:	Zählimpulsgeber	MA:	Markier-Anschaltung	RK:	Richtungskoppler
ZTG:	Zeittaktgeber	Reg.K.:	Registerkoppler	abg. Ue.:	Abgehender Übertrager

die Fernregister und die Markieranschlaltungen vorwiegend, Umwerter und Markierer vollständig aus elektronischen Logikschaltungen.

4. Schlussbemerkungen

Die grossen Fortschritte auf dem Gebiete der elektronischen Schaltungen beeinflussen zunehmend die Entwicklung in der automatischen Telephon-Vermittlungstechnik. Sowohl bei den Zentralen als auch bei den Teilnehmorausrüstungen finden laufend elektronische Bauteile Eingang, soweit dies technisch und wirtschaftlich gerechtfertigt ist. Besondere Probleme der Sicherheit stellen sich dort, wo elektronische Einrichtungen in hochkonzentrierter Form, wie Zeittaktgeber, Markierer, Umwerter usw., verwendet werden. Hier müssen Doppel- und Dreifachausrüstungen mit sorgfältig konzipierten Überwachungs- und Umschalt-einrichtungen die notwendige Sicherheit gewährleisten.

In messtechnischer Hinsicht erstreckt sich die Tätigkeit des Automatiklaboratoriums als neutrale Stelle von der Prüfung eingereicher Prototypen und Einzelbauteile bis zur Abnahmemessung an fertigen Anlagen. Es ergeben sich oft erhebliche Verbesserungs- und Änderungsvorschläge. Durch Mitarbeit bei der Herausgabe von Pflichtenheften, zusammen mit der Telephon- und Telegraphen-Abteilung der Fernmeldedienste der Generaldirektion PTT, tragen unsere Erkenntnisse wesentlich zur Beschaffung hochwertiger und zuverlässiger Telephon-Vermittlungseinrichtungen bei.

Bibliographie

- Killer P.* Ein elektronischer Ruf- und Signalerzeuger. *Albiswerk-Berichte*, 1960, Nr. 1/2, S. 14...20.
- Locher F.* Übersicht und allgemeine Anforderungen an Energieversorgungsanlagen der elektrischen Nachrichtentechnik. *Techn. Mitt. PTT*, 1962, Nr. 2, S. 34...48.
- Meier J.* Neuerungen in der Stromversorgung von Richtstrahl- und Koaxialanlagen. *Techn. Mitt. PTT*, 1966, Nr. 4, S. 104...112.

Schluss siehe Seite 291