

Integrierte elektronische Rundsteuerempfänger

Autor(en): **de Vries, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **67 (1976)**

Heft 10

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-915162>

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.

Integrierte elektronische Rundsteuerempfänger

Von H. de Vries

621.398 : 621.316

Nach der einleitenden Aufzählung der hauptsächlichsten Anwendungen der Rundsteuertechnik und der von den Empfängern zu erfüllenden Anforderungen werden die Gründe, die zur Entwicklung eines statischen, integrierten Empfängers geführt haben, dargelegt. Die Funktionsprinzipien der Rundsteuerempfänger werden analysiert. Anschliessend werden die Grundsätze beschrieben, welche zwecks Erreichung einer optimalen Signalverarbeitung in störtechnischer, wirtschaftlicher und technologischer Hinsicht zu beachten sind. Schliesslich werden die Probleme einer optimalen Stromversorgung sowie die für die Sicherung der hohen Zuverlässigkeit benötigten Massnahmen behandelt.

Après un bref rappel des applications principales de la télécommande centralisée et des exigences auxquelles doivent répondre les récepteurs, on expose les raisons qui ont conduit au développement d'un récepteur statique intégré. Les principes de fonctionnement des récepteurs sont analysés. Les options fondamentales sont justifiées en particulier en ce qui concerne un traitement optimal des signaux relatifs à l'insensibilité aux perturbations, à la technologie des circuits intégrés et à l'économie. On traite enfin le problème d'une alimentation optimum et des mesures prises pour assurer la haute fiabilité exigée de tels appareils.

1. Einleitung

Als Rundsteuerung (RST) werden Verfahren zur Befehlsübertragung bezeichnet, bei denen an einem zentralen Punkt eines Energieverteilnetzes tonfrequente Signale überlagert werden, die sich über das ganze Verteilnetz ausbreiten und bei den Abonnten Empfänger steuern. Die bisher wichtigste Anwendung der Rundsteuerung ist die Steuerung der Belastung zwecks Optimierung der Lastkurve, sei es direkt durch zeitliche Verschiebung der Energieaufnahme von Verbrauchern mit Speicherfähigkeit, sei es indirekt durch Steuerung des Preises der Energie. Im ersten Falle werden beispielsweise Raumheizungen und Heisswasserspeicher ein- und ausgeschaltet, im zweiten Falle Doppel- oder Mehrfachtarifzähler gesteuert. Dazu kommen Anwendungen zum Vorteil der Öffentlichkeit wie Strassenbeleuchtungssteuerung, Alarmübertragung u. a. m.

In Zukunft wird man die Rundsteuertechnik vermehrt für die Netzautomation einsetzen, dies nicht zuletzt deshalb, weil sich moderne Rundsteuersysteme durch hohe Übertragungssicherheit und hohe Informationsdichte auszeichnen, das gesamte Verteilnetz umfassen und neuerdings, durch ein komplementäres System der Meldungübertragung von der Peripherie zum Zentrum hin zu einem echten bidirektionalen Übertragungssystem ergänzen lassen.

2. Allgemeine Anforderungen an RST-Empfänger

Es ist für Rundsteueranlagen typisch, dass ein Sender sehr viele Empfänger steuert. Demzufolge muss der *Wirtschaftlichkeit* der Empfänger grosse Bedeutung beigemessen werden. Die gebräuchlichsten Empfänger kosten in ihrer einfachsten Ausführung Fr. 150.- bis Fr. 200.-.

Auch bezüglich *Zuverlässigkeit* werden an RST-Empfänger sehr hohe Anforderungen gestellt, wobei unter *Zuverlässigkeit* definitionsgemäss die Zweckeignung auf Zeit zu verstehen ist. Die meisten bisher verwendeten RST-Empfänger werden eine Einsatzdauer von etwa 20 Jahren erreichen, wobei die Ausfallrate pro Jahr etwa 1 % beträgt. Erschwerend dabei ist, dass die Empfänger dauernd an der Netzspannung angeschlossen sind.

3. Vorteile integrierter, elektronischer Empfänger

Die von der modernen Technologie der Halbleiter gebotenen Möglichkeiten wie hohe Funktionsdichte, hohe Schaltgeschwindigkeit, hohe Zuverlässigkeit, niedriger Energieverbrauch, Kombination von analogen und digitalen Funktionen auf der gleichen Schaltung sowie ein niedriger Preis bei

grossen Stückzahlen führten schon bald zum Gedanken eines integrierten, elektronischen RST-Empfängers. Die potentiellen Vorteile von solchen Empfängern gegenüber elektromechanischen und teilweise auch gegenüber transistorisierten RST-Empfängern lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Infolge der kleinen Anzahl Bauelemente und des Fehlens mechanischer Justierungen kann in Zukunft die Herstellung eines integrierten Empfängers preisgünstiger als diejenige eines elektromechanischen Empfängers werden.
- Die Prüfung kann mit Automaten durchgeführt werden, was ebenfalls zu einer Verbilligung der Herstellung beitragen wird.
- Die Arbeitsweise ist geräuschfrei.
- Die Ablaufzahl ist unbeschränkt, da keine Abnutzung stattfindet.
- Bedingt durch die hohe Integration kann die Anzahl der Bauelemente klein gehalten werden; dadurch wird die Zuverlässigkeit verbessert.
- Weil rotierende Teile fehlen, entfällt das Schmierungsproblem.

4. Wirkungsprinzipien von RST-Empfängern

Abgesehen von Systemen aus den Anfängen der RST-Technik arbeiten sämtliche bis anhin im grösseren Ausmass eingesetzten Rundsteuersysteme mit einem Zeitmultiplex, d. h. sie verwenden pro Sendeanlage nur eine Steuerfrequenz, so dass alle individuellen Befehle codiert werden müssen. Die bisher üblichen Codier-Methoden sind das Impulsintervallverfahren, das Impulskombinationsverfahren und das Impulsrhythmusverfahren. Der Synchronismus zwischen Sender und Empfänger wird dadurch erreicht, dass Codier- und Decodiervorrichtungen von der Netzfrequenz geführt werden. Empfänger, die nach einem dieser Verfahren arbeiten, weisen alle eine ähnliche Struktur auf (Fig. 1).

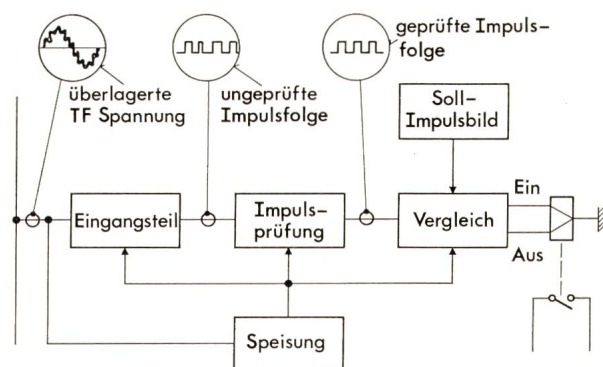


Fig. 1 Blockschema eines Rundsteuerempfängers

In einer ersten Stufe wird die modulierte Impulsfolge zurückgewonnen, wofür je nach Modulationsverfahren Bandpassfilter mit Envelope-Detektoren oder Diskriminatoren verwendet werden können. In einer zweiten Stufe werden die Impulse der von der ersten Stufe gelieferten Impulsfolge auf ihre Gültigkeit geprüft (Dauerprüfung), wozu Integratoren oder Zähler verwendet werden können. Anschließend wird die geprüfte Impulsfolge in einer dritten Stufe mit einem einstellbaren Sollimpulsbild verglichen. Da das Sollimpulsbild notwendigerweise in Hardware im Empfänger vorhanden sein muss, steht es grundsätzlich in paralleler Form zur Verfügung. Das über das Netz im Zeitmultiplex übertragene Impulstelegramm steht im Prinzip in serieller Form an. Deshalb benötigt die Impulsbildererkennung entweder die Serie-Parallelumformung des übertragenen Impulstelegrammes und einen Wortvergleich oder die Parallel-Serieumformung des Sollbildes und einen Bitvergleich.

Die Übermittlung eines Befehles beginnt mit der Aussendung eines ersten Signales, dem sogenannten Startimpuls (Fig. 2). Dieser Impuls stellt den Synchronismus zwischen Sender und Empfänger sicher. Anschliessend folgt die den

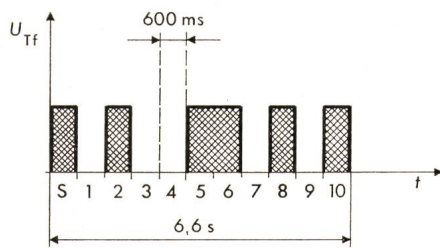


Fig. 2 Impulstelegramm eines Rundsteuersystems

U_{TF} Signalspannung
 t Zeit
 S Startimpuls

Befehl kennzeichnende Impulsfolge. Beim «Decabit»-System [1]¹⁾, z. B. besteht diese aus 5 weiteren Impulsen und 5 Impulslücken. Jeder der Schritte hat, wie der Startimpuls, eine Länge von 600 ms, so dass die vollständige Übermittlung eines Befehles, einschliesslich Startimpuls, 6,6 s beansprucht. Die Zahl der formulierbaren Befehle beträgt 252, womit sich 126 «Ein»-«Aus»-Befehls-paare (Doppelbefehle) bilden lassen.

Darüber hinaus gestatten sogenannte Sammelbefehle in einer einzigen Sendung von 6,6 s die Schaltung von mehreren wesensverwandten Anwendungsgruppen. Ferner besteht die Möglichkeit, durch Kombination von 2 Decabit-Befehlen den Befehls-vorrat wesentlich zu erhöhen. Ein theoretisches Maximum von 20 000 Ein-Aus-Befehls-paaren kann damit formuliert werden.

Eine weitere, wesentliche Eigenschaft dieses modernen Systems ist seine Kompatibilität mit anderen Rundsteuersystemen, insbesondere mit vorhandenen klassischen Rundsteuersystemen. Diese Kompatibilität ist so zu verstehen, dass man unter Verwendung der gleichen Frequenz von der gleichen Sendeanlage aus, sowohl klassische als auch elektronische Empfänger betreiben kann. Dies gestattet, nur noch moderne integrierte Empfänger einzubauen und so sukzessive eine Modernisierung des Rundsteuersystems zu erreichen. Die Zusammenarbeit zwischen dem Decabit- und dem

klassischen Zellweger-System erfolgt beispielsweise, indem gewisse Zeitintervalle der Impulsfolge für das klassische System nicht mehr verwendet werden, sondern für die Sendung von Decabit-Befehlen zur Verfügung stehen. Dies lässt sich sehr leicht realisieren, indem ein Decabit-Telegramm von 6,6 s Dauer in einem Schritt des klassischen Systems mit der Dauer von 7,5 s plaziert wird.

5. Der integrierte elektronische Empfänger

Nachfolgend werden die Anforderungen an die einzelnen Funktionsblöcke des Empfängers sowie einige mögliche Lösungen beschrieben.

5.1 Der Eingangsteil

Die Aufgabe des Eingangsteils besteht darin, die Impulsfolge, die vom Sender in Form von Tonfrequenzimpulsen auf die Netzspannung überlagert wird, unter Berücksichtigung der in der Praxis auftretenden Störsignale auf möglichst sichere und wirtschaftliche Art zurückzugewinnen. Die möglichen Störsignale sind mannigfaltig: Transiente Netzvorgänge beim Ein- oder Ausschalten von Verbrauchern und/oder Netzteilen bzw. bei Netzstörungen; Oberschwingungen der Netzspannungen verursacht durch Verbraucher mit nicht-linearer Strom-Spannungscharakteristik; Kurzunterbrechungen sowie tonfrequente Signale von anderen Rundsteueranlagen.

Im allgemeinen sind die transienten Netzvorgänge im Vergleich zu einem Impuls des Telegrammes sehr kurz, und demzufolge ist keine schwerwiegende Veränderung der Impulsfolge am Empfangsort zu erwarten. Wohl wird der Eingangsfiler durch einen solchen Netzvorgang anschwingen, aber die nachgeschaltete Impulsprüfstufe eliminiert solche Signalverzerrungen.

Die Pegel der zu erwartenden Harmonischen und tonfrequenten Signale anderer RST-Anlagen sind z. B. durch die VDEW-Empfehlungen [2] definiert, in welchen die maximal zu erwartenden Harmonischen-Pegel und die empfohlenen Rundsteuerfrequenzen mit deren Pegeln am Sendeort aufgeführt sind. Die Forderung lautet deshalb, dass Harmonische, welche die maximal zulässigen Werte erreichen, zu keinerlei Fehlern führen.

Die zwei wichtigsten zu bestimmenden Parameter sind die Signalpegel und die Modulationsart. Sind diese beiden gewählt, ergibt sich im praktischen Einsatz eine bestimmte Bitfehlerrate. Es wurde gezeigt [3], dass die Verwendung der schmalbandigen Frequenzmodulation (FM) anstelle der sonst üblichen Amplitudenmodulation (AM) eine beträchtliche Senkung der Signalpegel gestatten würde. Leider ist aber ein FM-Eingangskreis erheblich komplizierter als ein AM-Eingangskreis.

Da der beschriebene Decabit-Empfänger im wesentlichen für Massenanwendung bestimmt ist, wurde er für AM-Modulation konzipiert, wobei das Eingangsfiler aus 2 Kreisen je 2. Ordnung besteht. Der Ansprechpegel wurde auf 0,5 % der Netzspannung festgelegt. Der selektive Teil des Filters besteht aus 2 identischen aktiven Kreisen mit Mehrfachgegenkopplung, was den Vorteil einer inhärenten Stabilität und relativ niedrigen Sensitivität ergibt (Fig. 3). Dem selektiven Teil sind je ein Gleichrichter und ein Pegeldetektor nachgeschaltet, so dass dem Ausgang die demodulierte Impulsfolge entnommen werden kann.

¹⁾ Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes

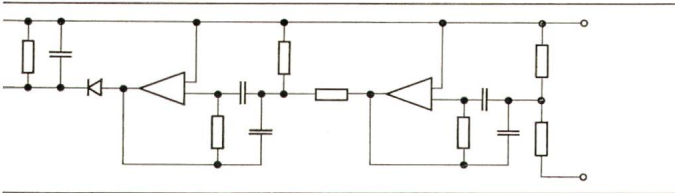


Fig. 3 Prinzipschema eines Aktivfilters für Rundsteuerempfänger

5.2 Die Impulsprüfstufe

Nachdem im Eingangsteil im wesentlichen eine Frequenz- und eine Amplituden-Selektion stattgefunden hat, soll die Impulsprüfstufe die Zeitselektion vornehmen. Sie muss entscheiden, ob die eintreffenden Signale als Impulse oder als Lücken zu betrachten sind. Dazu muss sie den Start ihrer Zeitbasis möglichst optimal gestalten.

Die einfachste Möglichkeit für die Ermittlung des Zeitbasisstarts besteht darin, dass, solange die Zeitbasis nicht bereits angelaufen ist, jedes Signal des Eingangsteils als Startbit betrachtet wird. Diese Methode hat den Vorteil des geringsten Aufwandes, aber den erheblichen Nachteil der höchsten Fehlanlauf- oder Maskierungswahrscheinlichkeit. Eine wesentliche Verbesserung dieses Verfahrens besteht darin, die Zeitbasis sofort wieder abzustellen, wenn der weitere Signalverlauf derartig ist, dass angenommen werden muss, es liege kein gültiger Startimpuls vor.

Nachdem die Impulsprüfstufe die Zeitbasis gestartet hat, müssen die Ausgangssignale des Eingangsteils darauf geprüft werden, ob es sich um Befehlsimpulse oder Befehlslücken handelt. Es gibt dafür 2 verschiedene Methoden: Die erste Methode prüft Bit für Bit, wobei der Übergang von einem Bit zum anderen von der Zeitbasis markiert wird. Bei der zweiten Methode wird die Impulsfolge als Ganzes geprüft, wobei das Ende der Impulsfolge von der Zeitbasis markiert wird.

Bei der Auswahl des Arbeitsprinzips der Impulsprüfstufe geht es darum, einen Kompromiss zwischen Chipfläche (Wirtschaftlichkeit) und Störunterdrückungsfähigkeit zu finden. Im Hinblick auf den Preis der Empfänger wurde die Lösung mit bitweiser Prüfung und rückstellbarer Zeitbasis gewählt. In Langzeitversuchen konnte damit eine sehr kleine Maskierungswahrscheinlichkeit von nur $3,2 \times 10^{-6}$ pro Empfänger pro Sendung erreicht werden. Dabei wurde keine einzige Fehlschaltung festgestellt. Die Decabit-Impulsprüfstufe hat im wesentlichen folgende Eigenschaften:

Sofern die Zeitbasis nicht bereits angelaufen ist, wird jedes Ausgangssignal des Eingangsteils die Stufe zu einem Anlauf veranlassen. Das erwähnte Ausgangssignal wird überwacht, und nach 600 ms (eine Bitlänge) veranlasst die Zeitbasis eine erste Prüfung, die darin besteht festzustellen, ob während diesen 600 ms das Ausgangssignal mindestens während 440 ms vorhanden war. Ergibt diese Prüfung ein positives Resultat, so darf die Zeitbasis weiterlaufen. Falls die Prüfung ein negatives Resultat ergibt, wird die Zeitbasis in ihre Ausgangslage gebracht, wo sie zu sofortigem Anlauf wieder bereit ist.

Wenn ein Ausgangssignal des Eingangsteils als Startimpuls eines Decabit-Codes erkannt worden ist, werden demzufolge anschliessend 5 Impulse und 5 Lücken erwartet. Das Weiterlaufen der Zeitbasis bewirkt, dass nun alle 600 ms eine ähnliche Prüfung des Ausgangssignals des Eingangsteils

durchgeführt wird. Weil die Erwartungswahrscheinlichkeit eines Impulses aber gleich ist wie diejenige einer Lücke, wird geprüft, ob das erwähnte Ausgangssignal während 600 ms mindestens 300 ms vorhanden war. Ergibt diese Prüfung ein positives Resultat, so wird das Ausgangssignal als Impuls anerkannt, andernfalls wird es als Lücke betrachtet.

Dieses Prüfungsprinzip lässt sich mit nur 2 Schieberegistern (22 resp. 30 Bit) und sehr wenig kombinatorischen Verknüpfungen realisieren, wobei die Netzfrequenz als Taktfrequenz für die Zeitbasis verwendet wird. Die Realisierung von langen Schieberegistern ist im Vergleich zu Zähler-Konfigurationen in integrierten Schaltungen besonders vorteilhaft, weil infolge ihrer regelmässigen Struktur relativ wenig Fläche für die Verbindungen gebraucht wird.

5.3 Die Vergleichsstufe

Es ist die Aufgabe der Vergleichsstufe, die von der Impulsprüfstufe abgegebenen Prüfergebnisse (Impuls oder Lücke) mit dem vom Elektrizitätsversorgungsunternehmen programmierten Sollimpulsbild zu vergleichen. Falls Soll- und Istimpulsbild übereinstimmen, muss die Vergleichsstufe einen Schaltbefehl an das bistabile Relais abgeben.

Die Programmiervorrichtung (Fig. 7, oben rechts) besteht z. B. aus einer kleinen, gedruckten Schaltung, auf der Verbindungen zwischen den Abtastleitern und 2 Sammelschienen durch Bohrungen nach Belieben unterbrochen werden können. Die Signalzu- und -abfuhr findet über Kontaktfedern statt.

Obleich sowohl für das Einschalten als auch für das Ausschalten eines Schalters grundsätzlich zwei verschiedene Codes mit je 10 Bit benötigt werden, ist es für das Programmieren der beiden nicht notwendig, tatsächlich zwei Programmiervorrichtungen zu verwenden, sofern die beiden Codes in einer vorgegebenen Beziehung stehen. Dabei spart man nicht nur eine Programmierereinrichtung, sondern benötigt auch weniger Anschlüsse an die Schaltung. Die Vergleichsstufe kann besonders einfach realisiert werden, wenn die Ein- und Ausschaltcodes komplementär gewählt werden.

6. Spezielle Probleme bei integrierten elektronischen RST-Empfängern

6.1 Spannungsrückkehr

Weit mehr als bei elektromechanischen RST-Empfängern ist bei elektronischen RST-Empfängern dem Verhalten bei Spannungsrückkehr Aufmerksamkeit zu schenken. Bei der Realisierung verschiedener Funktionsblöcke werden notgedrungen grossen Speicherzellen verwendet, deren Verhalten bei Spannungsrückkehr im allgemeinen nicht voraussehbar ist. Wenn m die Anzahl der Speicherzellen ist, können bei Spannungsrückkehr grundsätzlich 2^m verschiedene Zustände entstehen, worunter sich sowohl reguläre als auch nicht gebrauchte und sogar unerwünschte Zustände befinden können.

Eine erste Methode für die Lösung dieses Problems besteht darin, nach Feststellen der Spannungsrückkehr sämtliche Speicherzellen in eine vorbestimmte Lage zu bringen. Diese Methode hat zwar den Vorteil einer optimalen Übersichtlichkeit und Geschwindigkeit, aber auch den Nachteil, dass alle Speicherzellen mit einem zusätzlichen «Reset»-Eingang versehen sein müssen, was die benötigte Chipfläche wesentlich vergrössert.

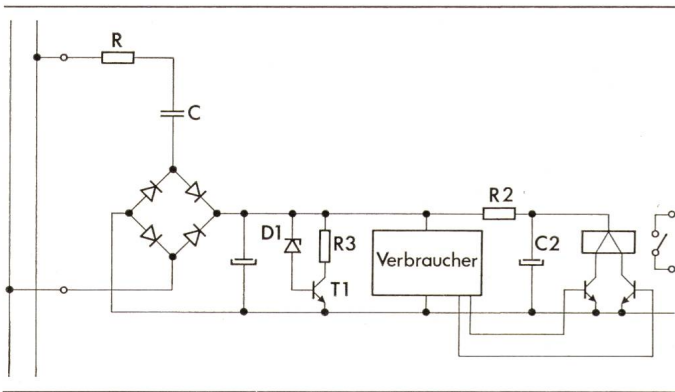


Fig. 4 Prinzipschema der Speisung des Decabit-Rundsteuerempfängers

Der zweiten, z. B. beim Decabit-Empfänger angewandten Methode, liegt folgende Überlegung zugrunde: Für Rundsteuerempfänger gibt es bei einer Spannungsrückkehr nur 2 mögliche Fehlerarten. Die eine besteht darin, dass der Anfang einer Sendung verpasst wird, die andere, dass der Ausgangsschalter ungewollt betätigt wird. Die Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens einer Sendung mit der Spannungsrückkehr ist jedoch sehr klein. Dies ergibt ein Nicht-Erkennen des Telegramms.

Fehlbetätigungen bei Spannungsrückkehr müssen auf jeden Fall verhindert werden. Sie lassen sich auch ohne Verwendung eines «Reset»-Eingangs pro Speicherzelle vermeiden, indem die Betätigung des Ausgangsschalters während einer bestimmten Zeitspanne nach der Spannungsrückkehr verunmöglicht und die Schaltung so konzipiert wird, dass sie innerhalb dieser Zeit aus irgendeiner unbekanntem Ausgangsposition in eine definierte Position übergeht.

6.2 Stromversorgung

Die verschiedenen Blöcke des Empfängers werden aus dem Netz gespeist. Der Energieverbrauch ist sehr gering. Nur beim Betätigen des Ausgangsschalters wird vorübergehend mehr Leistung benötigt.

Die Leistung der Empfängerspeisung kann z. B. verringert werden, indem berücksichtigt wird, dass die Übermittlung eines Decabit-Codes 6,6 s dauert, und dass die Schaltenergie höchstens einmal pro Impulsfolge benötigt wird. Es stehen deshalb 6,6 s zur Verfügung, um die Schaltenergie zu akkumulieren.

Eine Speisung für eine so geringe und relativ konstante Leistung lässt sich sehr wirtschaftlich ohne Transformator realisieren (Fig. 4). Die Spannungsreduktion findet über den Kondensator C statt, wobei dieser gegen Überspannungen durch den stoßspannungsfesten Widerstand R geschützt wird. C₂ ist der erwähnte Schaltenergieakkumulator, der über Widerstand R₂ aufgeladen wird. Weil die Stromversorgung, bedingt durch die hohe Spannung und die hohe Impedanz des Kondensators C, den Charakter einer Stromquelle besitzt, wurde ein Parallelregler bestehend aus D₁, T₁ und R₃ gewählt. Anstelle dieser Anordnung könnte auch eine Zenerdiode verwendet werden, mit dem Nachteil, dass diese die ganze Verlustleistung aufnehmen müsste. Vom Zuverlässigkeitsstandpunkt aus gesehen ist es besser, eine gegebene Leistung in einem Widerstand statt in einem Halbleiter in Wärme umzusetzen.

6.3 Qualität

Bei RST-Empfängern werden hohe Anforderungen an die Qualität und im besonderen an die Zuverlässigkeit gestellt, da einerseits die Reparatur- und Auswechselkosten durchaus vergleichbar mit dem Anschaffungspreis eines Empfängers sind, und andererseits die Abonnenten sehr empfindlich reagieren, wenn z. B. im Winter die Speicherheizung nicht eingeschaltet wird. Es ist deshalb notwendig, hohe Qualitätsziele festzulegen, beispielsweise uneingeschränkte Funktionstüchtigkeit unter verschiedensten klimatischen Bedingungen, eine durchschnittliche Lebenserwartung von 20 Jahren und eine durchschnittliche Fehlerrate von $\leq 1\%$ pro Jahr. Deshalb wurden folgende Erfahrungen und Regeln beachtet:

- Durch die Verwendung einer integrierten Schaltung, auf der möglichst viele der benötigten Funktionen implementiert sind, kann die Anzahl der übrigen elektronischen Komponenten gesenkt werden. Die Erfahrung zeigt, dass die Ausfallraten hochintegrierter Schaltungen nicht wesentlich höher sind als jene einfacher integrierter Schaltungen.

- Die Erfahrung zeigt zudem, dass die Ausfallraten elektronischer Bauteile durch die Belastung wesentlich beeinflusst werden können. Deshalb wurden verbindliche Entwurfsregeln aufgestellt, die beispielsweise festhalten, dass Widerstände höchstens mit 50% der spezifizierten Nennlast belastet werden dürfen, Strom und Spannung bei Halbleitern 80% der spezifizierten Werte und die Sperrschichttemperaturen der Siliziumhalbleiter 125 °C nicht überschreiten dürfen.

- Es wurde ein «Worst-case»-Schaltungsentwurf durchgeführt. Dadurch ist die Funktionstüchtigkeit sichergestellt, auch wenn sämtliche Parameter aller Komponenten gleichzeitig ihre extremen Werte, verursacht durch Anliefertoleranz, Änderung der Temperatur und Alterung, annehmen.

- Es wurden Bauelemente und Materialien bevorzugt, welche sich in ähnlichen Applikationen bewährt haben.

- Bauelemente, welche sich noch nicht in ähnlichen Anwendungen bewährt haben, wurden einem ausgedehnten Typentest unterworfen.

Mit dem praktischen Nachweis der Qualität mittels umfangreicher Tests an einer Vorserie wurde die qualitative Planungsphase abgeschlossen. Die Qualitätssicherung in der Produktion wird mit folgenden Mitteln durchgeführt:

- Eine 100%ige Eingangskontrolle aller Bauelemente.
- Mittels eines Testautomaten werden die Baugruppen eingehend geprüft; nicht nur die Funktion, sondern auch Parameter werden kontrolliert, wobei von letzteren auch statistische Angaben zur Verfügung stehen.

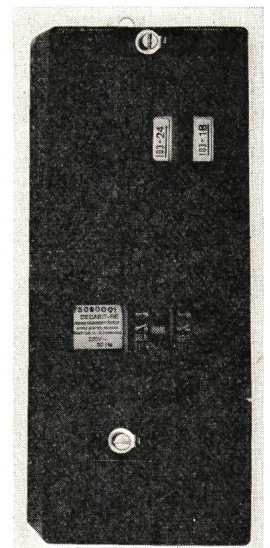


Fig. 5

Decabit-Empfänger Typ RE 2/2 für die Auswertung von zwei beliebig wählbaren Befehlen

Dimensionen ohne Klemmdeckel:
Breite 84 mm, Tiefe (inkl. Gehäusedeckel) 79 mm, Höhe 182 mm

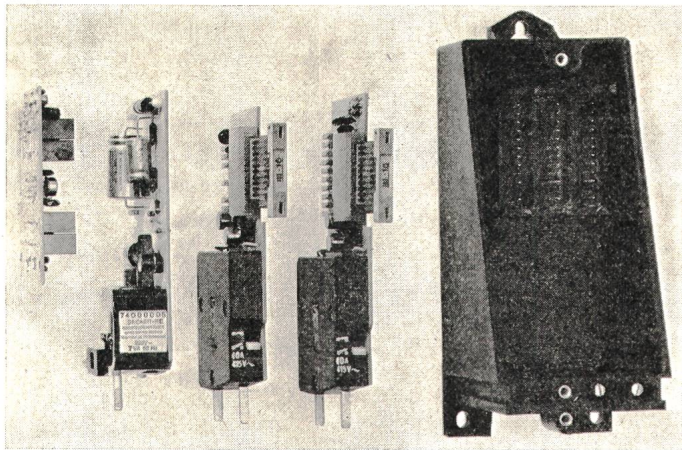


Fig. 6 Baugruppen des Decabit-Empfängers RE 2/2, von links nach rechts:
Eingangsteil, Speisung, Nebenkansatz, Hauptkansatz, Gehäuseunterteil mit Verbindungsstegen

– In regelmäßigen Abständen müssen Empfänger und Bauteile Typentests absolvieren.

– Vor der Schlussprüfung werden alle Empfänger einem «Burn-in» ausgesetzt, damit eventuelle Frühausfälle nicht beim Kunden auftreten.

7. Wahl der Technologie

Die CMOS-Technologie ist für den Einsatz in RST-Empfängern heute am besten geeignet, weil bei deren Anwendung die verlangte Komplexität noch zu einer wirtschaftlich herstellbaren Chipgröße führt, die Anforderungen an die Stromversorgung bescheiden sind, die Störsicherheit hoch und die Fertigung auf industrieller Basis möglich ist.

8. Aufbau und Konstruktion

Für die Konstruktion wurde eine Modular-Bauweise gewählt: Alle Komponenten, die steuernfrequenzabhängig sind, sind auf einer einzigen Printplatte, dem «Eingangskreis» konzentriert. Alle Komponenten, die netzfrequenz- oder netzspannungsabhängig sind, sind auf der Karte «Speisung» konzentriert (Fig. 6).

Die logischen Funktionen der Impulsprüfstufe, der Vergleichsstufe für den 1. Schalter sowie der Schalter selbst mit seiner Ansteuerung befinden sich auf der Karte «Grundkansatz». Dieser Ausgangsschalter ist ein bistabiles Relais mit permanent magnetischer Halterung. Sind weitere Funktionen im Empfänger vorgesehen, so kann auch nachträglich ein Nebenkansatz (inklusive Ausgangsschalter) eingebaut werden.

Sowohl der Grundkansatz (Fig. 7) als auch der Nebenkansatz tragen je eine Programmier Vorrichtung, die aus einer Codekarte mit Halter besteht. Diese Codekarte ermöglicht eine problemlose Einstellung des Empfängers.

Es stehen zwei Typen von Gehäuse zur Verfügung. Das schmalere Gehäuse (Fig. 5) kann einen Grundkansatz und

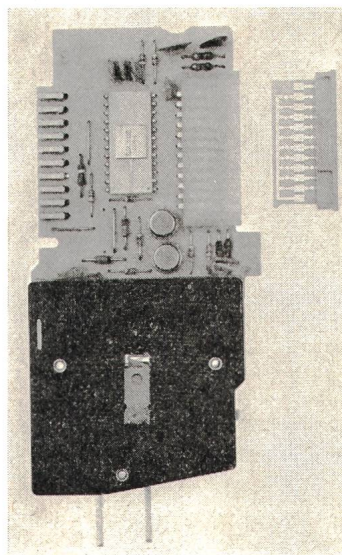


Fig. 7

Grundkansatz des Decabit-Empfängers

Oben rechts:
Programmier Vorrichtung mit ausgezogener Codekarte

Oben Mitte:
CMOS-integrierte Schaltung mit den Funktionen «Impulsprüfung» und «Vergleich»

Unmittelbar darunter:

Schalteransteuerung

Unten: Ausgangsschalter

einen Nebenkansatz aufnehmen. Dieser Typ gestattet demnach, zwei verschiedene, beliebig auswählbare Befehle auszuwerten. Die Form des Isolierstoffgehäuses wurde so gewählt, dass der Empfänger sowohl auf Zählertafeln aufgebaut, als auch in Kandelabern eingebaut werden kann. Das breitere Gehäuse kann einen Grundkansatz und bis zu 3 Nebenkansätze aufnehmen.

9. Schlussfolgerungen

Durch Anwendung einer CMOS-Schaltung, durch welche praktisch alle Funktionen des RST-Empfängers erfüllt werden, und durch Optimierung des Eingangskreises und der Speisung ist es möglich, einen RST-Empfänger ohne bewegliche Teile (mit Ausnahme des Ausgangsschalters) zu entwickeln, der auch den wirtschaftlichen Zielen entspricht. Ein solcher Apparat zeigt keinerlei Abnutzung und arbeitet geräuschfrei.

Die notwendigen hohen Zuverlässigkeitsziele werden erreicht durch möglichst weitgehende Integration, systematisches Befolgen von bewährten Entwurfsregeln, strenge Typentests, 100% ige Eingangskontrolle aller Bauelemente, automatische Prüfung der Baugruppen und «Burn-in» der fertigen Apparate.

Literatur

- [1] E. Baumann: Ein neues elektronisches Rundsteuersystem. Bull. SEV 62(1971)21, S. 1001...1008.
- [2] Empfehlungen für die Frequenzplanung bei Tonfrequenz-Rundsteueranlagen (TRA). Herausgegeben vom VDEW e. V. Frankfurt/Main, Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke, 1970.
- [3] R. Kniel: Möglichkeiten der Übertragung von Befehlen und Meldungen über das Mittel- und Niederspannungsverteilungsnetz. Ein Beitrag zur Netzautomatisierung. Bull. SEV/VSE 66(1975)2, S. 88...97.

Adresse des Autors

H. de Vries, Zellweger Uster AG, 8610 Uster.