

**Erfolgspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑬ Gesuchsnummer: 3427/80

⑭ Inhaber:  
LGZ Landis & Gyr Zug AG, Zug

⑮ Anmeldungsdatum: 02.05.1980

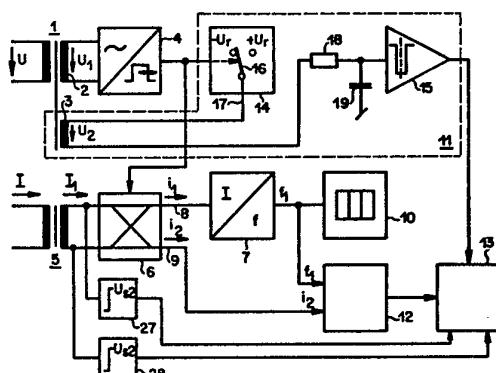
⑯ Patent erteilt: 15.01.1986

⑰ Patentschrift veröffentlicht: 15.01.1986

⑱ Erfinder:  
Halder, Mathis, Baar  
Widmer, Jakob, Zug  
De Vries, Jacob, Allenwinden

⑲ Schaltungsanordnung zur Ueberwachung eines statischen Elektrizitätszählers.

⑳ Der zu überwachende Elektrizitätszähler besteht aus einem Spannungsmesskreis (1), einem Strommesskreis (5), einem Mark-Space-Modulator (4), einem Amplitudenmodulator (6), einem Strom-Frequenzwandler (7) und einem Impulszähler (10). Ein erster, den Mark-Space-Modulator (4) überwachender Überwachungsschaltkreis (11) und ein zweiter, den Strom-Frequenzwandler (7) und einen Umpolschalter des Amplitudenmodulators (6) überwachender Überwachungsschaltkreis (12) sind an ein Störungsanzeigeglied (13) angeschlossen. Beim Aussetzen der Schwingungen des Mark-Space-Modulators (4), bei einem Linearitätsfehler desselben oder bei einem Linearitätsfehler des Strom-Frequenzwandlers (7) wird Alarm ausgelöst.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Schaltungsanordnung zur Überwachung eines statischen Elektrizitätszählers, der aus einem Spannungsmesskreis zur Bildung eines der Spannung proportionalen elektrischen Signals, aus einem Strommesskreis zur Bildung eines dem Strom proportionalen elektrischen Signals, einem vom einen der beiden elektrischen Signale gesteuerten Mark-Space-Modulator, einem vom anderen der beiden elektrischen Signale gesteuerten Amplitudenmodulator zur Modulation des vom Mark-Space-Modulator erzeugten Rechtecksignals, einem an den Amplitudenmodulator angeschlossenen Strom-Frequenzwandler und einem die Impulse des Strom-Frequenzwandlers zählenden Impulszähler besteht, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster, den Mark-Space-Modulator (4) überwachender Überwachungsschaltkreis (11; 20) und ein zweiter, mindestens den Strom-Frequenzwandler (7) überwachender Überwachungsschaltkreis (12; 29; 34; 55) an ein Störungsanzeigeglied (13) angeschlossen sind.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Überwachungsschaltkreis (20) aus einem an das Rechtecksignal angeschlossenen Spannungsverdoppler (21, 22, 23, 24) und einen diesem nachgeschalteten Schwellenschalter (25) besteht.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Überwachungsschaltkreis (11) aus einem an das Rechtecksignal angeschlossenen Demodulator (14), aus einem Vergleichsglied (3, 18) zum Vergleich des Ausgangssignals des Demodulators (14) mit einem dritten elektrischen Signal ( $U_2$ ), das zu dem den Mark-Space-Modulator (4) steuernden Signal ( $U_1$ ) proportional ist, und aus einem an das Vergleichsglied (3, 18) angeschlossenen Fensterkomparator (15) besteht.

4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Demodulator (14) einen durch das Rechtecksignal gesteuerten, an eine positive und eine negative Referenzspannungsquelle ( $+U_r$ ;  $-U_r$ ) angeschlossenen Umschalter (16) aufweist.

5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Umschalter (16) und die Referenzspannungsquellen ( $+U_r$ ;  $-U_r$ ) Bestandteil des Mark-Space-Modulators (4) sind.

6. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4 oder 5 zur Überwachung eines staatlichen Elektrizitätszählers, dessen Spannungsmesskreis aus einem Spannungswandler besteht und bei dem eine erste Sekundärwicklung des Spannungswandlers an einen Steuereingang des Mark-Space-Modulators angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, dass eine aus einer zweiten Sekundärwicklung (3) des Spannungswandlers (1) und einem Widerstand (18) bestehende Reihenschaltung einerseits über den Umschalter (16) an die Referenzspannungsquellen ( $+U_r$ ;  $-U_r$ ) und andererseits an den Fensterkomparator (15) angeschlossen ist.

7. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6 zur Überwachung eines statischen Elektrizitätszählers, dessen Strommesskreis aus einem Stromwandler und dessen Amplitudenmodulator aus einem Umpolschalter besteht, wobei eine Sekundärwicklung des Stromwandlers über den Umpolschalter an den Strom-Frequenzwandler gekoppelt und der erste ausgangsseitige Anschluss des Umpolschalters unmittelbar mit dem Eingang des Strom-Frequenzwandlers verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Überwachungsschaltkreis (12; 29; 34; 55) ein Vergleichsglied (31, 32, 33; 38, 39, 40; 59, 60, 62) zum Vergleich der Ausgangsfrequenz ( $f_1$ ) des Strom-Frequenzwandlers (7) oder einer aus dieser Ausgangsfrequenz ( $f_1$ ) abgeleiteten Grösse mit dem im zweiten ausgangsseitigen Anschluss (9) des Umpolschalters (6) fliessenden Strom ( $i_2$ ) oder einer aus diesem Strom abgeleiteten Grösse ( $f_2$ ) aufweist.

8. Schaltungsanordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite ausgangsseitige Anschluss (9) des Umpolschalters (6) mit einem weiteren Strom-Frequenzwandler (30) verbunden ist und dass das Vergleichsglied (31, 32, 33) eine Frequenzvergleichsschaltung aufweist.

9. Schaltungsanordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite ausgangsseitige Anschluss (9) des Umpolschalters (6) mit einem weiteren Strom-Frequenzwandler (35) verbunden ist, dass die beiden Strom-Frequenzwandler (7; 35) je an einen Frequenz-Spannungswandler (36; 37) angeschlossen sind und das Vergleichsglied eine Stromvergleichsschaltung (38, 39) sowie einen dieser nachgeschalteten Fensterkomparator (40) aufweist.

10. Schaltungsanordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite ausgangsseitige Anschluss (9) des Umpolschalters (6) mit einem Strom-Spannungswandler (56, 57) und der Strom-Frequenzwandler (7) mit einem Frequenz-Spannungswandler (58) verbunden ist und dass das Vergleichsglied eine Stromvergleichsschaltung (59, 60) sowie einen dieser nachgeschalteten Fensterkomparator (62) aufweist.

11. Schaltungsanordnung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Frequenz-Spannungswandler (36; 37) einen an eine Referenzspannungsquelle ( $+U_r$ ;  $-U_r$ ) angeschlossenen, von einem Zeitgeber (52) des Strom-Frequenzwandlers (7; 35) gesteuerten Schalter (41; 42; 58) aufweist.

12. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Wicklungen 30 enden der Sekundärwicklung des Stromwandlers (3) je an einen Schwellenschalter (27, 28) angeschlossen sind.

13. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass Referenzspannungsquellen des Mark-Space-Modulators (4) zur Überwachung des Strom-Frequenzwandlers (7) und Referenzspannungsquellen des Strom-Frequenzwandlers (7) zur Überwachung des Mark-Space-Modulators (4) dienen.

Statische Elektrizitätszähler der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Art sind z.B. bekannt aus Bull. SEV 62 (1971) 7, S. 371-377. Sie zeichnen sich durch eine hohe Genauigkeit in einem weiten Lastbereich aus. Allerdings besteht bei solchen Elektrizitätszählern die Gefahr, dass ein Ausfall eines der eingesetzten elektronischen Bauelemente zu einem grösseren Messfehler oder zu einem Stillstand des Elektrizitätszählers führt.

Es ist bekannt (DE-OS 2 738 117), solche Fehler dadurch zu erkennen, dass gleichzeitig oder abwechselnd mit den Messignalen Bezugssignale vorbestimmter Amplitude und Frequenz in den Elektrizitätszähler eingespeist werden und der durch die Bezugssignale entstehende Produktwert mit dem Produkt-Sollwert verglichen wird. Erfolgt die Aufschaltung der Bezugssignale gleichzeitig mit den Messsignalen, so ist für die Trennung des Bezugssignal-Produktwertes vom Messsignal-Produktwert ein grosser technischer Aufwand erforderlich. Werden dagegen die Bezugssignale abwechselnd mit den Messsignalen eingespeist, so ergeben sich unerwünschte Unterbrechungen der Messung. In beiden Fällen wird durch die Einspeisung der Bezugssignale unmittelbar in den Messkreis des Elektrizitätszählers eingegriffen, was zu einer Beeinträchtigung der Messgenauigkeit führen kann.

Der Erfundung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung zur Überwachung eines statischen Elektrizitätszählers zu schaffen, die einfach ist, keinen Eingriff in den eigentlichen Messkreis erfordert und ausbaufähig ist, um die

Überwachungssicherheit entsprechend den jeweiligen Anforderungen weiter zu steigern.

Die Erfindung ist im Anspruch 1 gekennzeichnet. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Nachfolgend werden einige Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Prinzipschaltbild eines statischen Elektrizitätszählers,

Fig. 2 bis 4 Überwachungsschaltkreise und Fig. 5 ein Teilschaltbild eines statischen Elektrizitätszählers.

In der Fig. 1 bedeutet 1 einen Spannungswandler mit zwei Sekundärwicklungen 2, 3, an denen ein zur Spannung  $U$  proportionales elektrisches Signal  $U_1$  bzw.  $U_2$  entsteht. Das Signal  $U_1$  steuert einen Mark-Space-Modulator 4. Dieser erzeugt ein Rechtecksignal, bei dem das Verhältnis der Differenz zur Summe aus Impulsdauer und Pausendauer dem Momentanwert der Spannung  $U$  proportional ist.

Der zu messende Strom  $I$  ist einem Stromwandler 5 zugeführt, in dessen Sekundärwicklung ein proportionaler Strom  $I_1$  fließt. Die Sekundärwicklung des Stromwandlers 5 ist über einen Umpolschalter 6 an einen Strom-Frequenzwandler 7 geschaltet. Der Umpolschalter 6 ist vom Mark-Space-Modulator 4 so gesteuert, dass während den Impulsen des Mark-Space-Modulators 4 das obere Wicklungsende der Sekundärwicklung mit dem ausgangsseitigen Anschluss 8 des Umpolschalters 6 und das untere Wicklungsende mit dem ausgangsseitigen Anschluss 9, während den Impulspausen dagegen das untere Wicklungsende mit dem Anschluss 8 und das obere Wicklungsende mit dem Anschluss 9 verbunden ist. Der Umpolschalter 6 arbeitet als Amplitudenmodulator, da die Amplitude des im Anschluss 8 bzw. 9 fließenden rechteckförmigen Stromes  $i_1$  bzw.  $i_2$  zum Momentanwert des Stromes  $I$  proportional ist. Der Mittelwert des Stromes  $i_1$  bzw.  $i_2$  entspricht der elektrischen Leistung.

Der Anschluss 8 des Umpolschalters 6 ist unmittelbar an den Eingang des Strom-Frequenzwandlers 7 geschaltet. Dieser erzeugt eine Pulsspannung mit zur Leistung proportionaler Frequenz  $f_1$ . Ein Impulszähler 10 zählt die Impulse des Strom-Frequenzwandlers 7. Der Zählerstand des Impulszählers 10 stellt ein Mass für die bezogene Energie dar.

Zur Überwachung des beschriebenen Elektrizitätszählers dienen ein den Mark-Space-Modulator 4 überwachender Überwachungsschaltkreis 11 und ein mindestens den Strom-Frequenzwandler 7 überwachender Überwachungsschaltkreis 12. Diese Überwachungsschaltkreise 11, 12 sind an ein Störungsanzeigeglied 13 angeschlossen. Der Überwachungsschaltkreis 11 spricht zumindest an, wenn der Mark-Space-Modulator 4 aus irgend einem Grund keine Schwingungen mehr erzeugt. Der Überwachungsschaltkreis 12 überwacht zumindest die Funktionstüchtigkeit und Linearität des Strom-Frequenzwandlers 7. Dadurch ist gewährleistet, dass die wichtigsten Fehlermöglichkeiten des Elektrizitätszählers erkannt werden. Spricht einer der Überwachungsschaltkreise 11, 12 an, soweit das Störungsanzeigeglied 13 angesteuert, von diesem die Störung angezeigt und gegebenenfalls Alarm ausgelöst. Vorteilhaft überwacht der Überwachungsschaltkreis 11 auch die Linearität des Mark-Space-Modulators 4 und der Überwachungsschaltkreis 12 die Funktionstüchtigkeit des Umpolschalters 6.

Der Überwachungsschaltkreis 11 besteht im Beispiel der Fig. 1 aus einem an das Rechtecksignal des Mark-Space-Modulators 4 angeschlossenen Demodulator 14, aus einem Vergleichsglied zum Vergleich des Ausgangssignals des Demodulators 14 mit der Spannung  $U_2$  und aus einem an das

Vergleichsglied angeschlossenen Fensterkomparator 15. Als Demodulator 14 dient ein durch das Rechtecksignal des Mark-Space-Modulators 4 gesteuerter Umschalter 16, der einen Demodulatorausgang 17 in der einen Schalterstellung 5 an eine positive Referenzspannungsquelle  $U_r$  und in der anderen Schalterstellung an eine negative Referenzspannungsquelle  $-U_r$  anschliesst. Am Demodulatorausgang 17 erscheint eine Rechteckspannung, deren Mittelwert zur Spannung  $U_2$  proportional ist, sofern der Mark-Space-Modulator 4 fehlerfrei arbeitet.

Eine aus der Sekundärwicklung 3 des Spannungswandlers 1 und einem Widerstand 18 bestehende Reihenschaltung ist einerseits an den Demodulatorausgang 17 und andererseits an den Eingang des Fensterkomparators 15 angeschlossen.

15 Diese Reihenschaltung bildet die Differenz aus dem Ausgangssignal des Demodulators 14 und der Spannung  $U_2$  und arbeitet somit als Vergleichsglied. Zwischen den Eingang des Fensterkomparators 15 und Masse ist eine Kondensator 19 geschaltet, der zusammen mit dem Widerstand 18 ein Filter 20 darstellt. Am Kondensator 19 bildet sich eine Gleichspannung, die der Differenz aus dem Mittelwert der Rechteckspannung am Demodulatorausgang 17 und der Spannung  $U_2$  entspricht. Diese Gleichspannung stellt ein Fehlersignal dar; sie geht gegen null, wenn der Mark-Space-Modulator 4 fehlerfrei arbeitet. Überschreitet sie einen vorgegebenen positiven oder negativen Schwellenwert, so spricht der Fensterkomparator 15 an und das Störungsanzeigeglied 13 zeigt eine Störung an.

Da Mark-Space-Modulatoren in der Regel kaum Linearfehler erzeugen, kann es genügen, wenn lediglich überwacht wird, ob der Mark-Space-Modulator 4 schwingt. Zu diesem Zweck eignet sich vorteilhaft der in der Fig. 2 dargestellte Überwachungsschaltkreis 20, der in der Schaltungsanordnung nach der Fig. 1 anstelle des Überwachungsschaltkreises 11 eingesetzt werden kann und eingangsseitig einen Kondensator 21 aufweist, der den Ausgang des Mark-Space-Modulators 4 mit einem aus zwei Dioden 22, 23 und einem Kondensator 24 bestehenden Spannungsverdoppler verbindet. Ein Schwellenschalter 25 überwacht die Spannung 40 am Kondensator 24.

Solange der Mark-Space-Modulator 4 schwingt, wird der Kondensator 24 bei jedem positiven Spannungssprung der Rechteckspannung über den Kondensator 21 und die Diode 23 nachgeladen. Setzen die Schwingungen des Mark-Space-Modulators 4 aus, so wird der Kondensator 24 über einen zu ihm parallel geschalteten Widerstand 26 entladen. Unterschreitet die Spannung am Kondensator 24 den Schwellenwert  $U_{s1}$  des Schwellenschalters 25, so spricht dieser an und gibt eine Fehlermeldung an das Störungsanzeigeglied 13 ab.

45 Zur Überwachung des Strom-Frequenzwandlers 7 kann im Überwachungsschaltkreis 12 die Frequenz  $f_1$  mit dem Eingangsstrom  $i_1$  des Strom-Frequenzwandlers 7 verglichen werden. Vorteilhafter ist es, auch den Umschalter 6 in die Überwachung einzubeziehen und im Überwachungsschaltkreis 12 mittels eines Vergleichsgliedes die Frequenz  $f_1$  oder eine aus dieser abgeleitete Größe mit dem im Anschluss 9 fließenden Strom  $i_2$  oder einer aus diesem abgeleiteten Größe zu vergleichen. Normalerweise ist nämlich  $i_2 = -i_1 = k \cdot f_1$ , wobei  $k$  eine Konstante bedeutet. Gewisse Störungen im 55 Umpolschalter 6 können bewirken, dass die Bedingung  $i_2 = -i_1$  nicht mehr erfüllt ist und daher der Überwachungsschaltkreis 12 anspricht.

Um auch solche Störungen im Umpolschalter 6 zu erkennen, die eine Unterbrechung des Sekundärstromkreises 65 des Stromwandlers 5 hervorrufen, sind vorteilhaft die beiden Wicklungsenden der Sekundärwicklung des Stromwandlers 5 an je einen Schwellenschalter 27, 28 angeschlossen. Überschreitet der Momentanwert der Spannung an einem der

Wicklungsenden der Sekundärwicklung des Stromwandlers 5 den Schwellenwert  $U_{s2}$  des Schwellenschalters 27 bzw. 28, so spricht dieser Schwellenschalter an und meldet dem Störungsanzeigeglied 13 eine Störung.

In der Fig. 3 ist ein Prinzipschaltbild eines Überwachungsschaltkreises 29 dargestellt, bei dem die Überwachung der Bedingung  $i_2 = -k \cdot f_1$  mittels eines an den Anschluss 9 des Umpolschalters 6 angeschlossenen Strom-Frequenzwandlers 30 und einer als Vergleichsglied arbeitenden Frequenzvergleichsschaltung erfolgt. Die Ausgangsimpulse des Strom-Frequenzwandlers 7 (Frequenz  $f_1$ ) gelangen zu einem Vorwärtszähleingang V und die Ausgangsimpulse des Strom-Frequenzwandlers 30 (Frequenz  $f_2$ ) zu einem Rückwärtszählereingang R eines Vorwärts-Rückwärts-Zählers 31, der mit einem Dekodierer 32 und einem Zeitglied 33 verbunden ist. Der Vorwärts-Rückwärts-Zähler 31 bildet die Differenz der während einer durch das Zeitglied 33 bestimmten Messperiode von den Strom-Frequenzwandlern 7, 30 abgegebenen Anzahl Impulse. Am Ende jeder Messperiode gibt das Zeitglied 33 den Dekodierer 32 frei. Dieser gibt ein Fehlersignal an das Störungsanzeigeglied 13 ab, sofern der Inhalt des Vorwärts-Rückwärts-Zählers 31 einen vorgegebenen Betrag überschreitet. Danach stellt das Zeitglied 33 den Vorwärts-Rückwärts-Zähler 33 auf null und der geschilderte Vorgang beginnt von neuem.

Die durch das Zeitglied 33 festgelegten Messperioden können konstant oder leistungsabhängig sein, so dass sich eine leistungsabhängige oder eine konstante Grenze für die zulässige Abweichung der Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  ergibt. Im erstgenannten Fall kann als Zeitglied 33 ein Taktgenerator mit konstanter Periodendauer und im zweitgenannten Fall ein Impulszähler dienen, der die Impulse des Strom-Frequenzwandlers 7 zählt und jeweils nach Erreichen einer vorbestimmten Impulszahl den Dekodierer 32 freigibt und danach den Vorwärts-Rückwärts-Zähler 31 zurückstellt.

Die Fig. 4 zeigt einen Überwachungsschaltkreis 34, bei dem die Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  zum anschliessenden Vergleich in je eine proportionale Spannung umgeformt werden. Der Anschluss 9 (Fig. 1) des Umpolschalters 6 ist wiederum mit einem zweiten Strom-Frequenzwandler 35 verbunden und die beiden Strom-Frequenzwandler 7, 35 sind je an einen Frequenz-Spannungswandler 36, 37 angeschlossen. Als Vergleichsglied dienen eine aus zwei Widerständen 38, 39 bestehende Stromvergleichsschaltung und ein Fensterkomparator 40. Die Frequenz-Spannungswandler 36, 37 bestehen im dargestellten Beispiel aus einem Schalter 41 bzw. 42, der während der konstanten Impulsdauer der vom Strom-Frequenzwandler 7 bzw. 35 erzeugten Impulse den einen Anschluss des Widerstandes 38 bzw. 39 mit der Referenzspannungsquelle  $+U_r$  bzw.  $-U_r$  verbindet, während der andere Anschluss der Widerstände 38, 39 an den Eingang des Fensterkomparators 40 und einen zwischen diesen Eingang und Masse geschalteten Kondensator 43 angeschlossen ist. Der Mittelwert der Spannung am Schalter 41 bzw. 42 ist zur Frequenz  $f_1$  bzw.  $f_2$  proportional. Am Kondensator 43 entsteht eine zur Differenz  $f_1-f_2$  proportionale Spannung. Der Fensterkomparator 40 gibt an das Störungsanzeigeglied 13 ein Fehlersignal ab, wenn die Spannung am Kondensator 43 einen vorgegebenen positiven oder negativen Schwellenwert überschreitet.

Anhand der Fig. 5 wird gezeigt, dass der Strom-Frequenzwandler 35 und der Frequenz-Spannungswandler 37 (Fig. 4) weggelassen werden können und dass der Umschalter 14 (Fig. 1) und die Referenzspannungsquellen  $+U_r$  und  $-U_r$  Bestandteil des Mark-Space-Modulators 4 sein können. In der Fig. 5 weisen gleiche Bezugszahlen wie in der Fig. 1 auf gleiche Teile hin. Der Mark-Space-Modulator 4 besteht aus Widerständen 44, 45, einem Verstärker 46, einem Kondensator 47, einem Schmitt-Trigger 48, dem Umschalter 16 und

den Referenzspannungsquellen  $+U_r$  und  $-U_r$ . Die Spannung  $U_1$  erzeugt im Widerstand 44 einen proportionalen Strom, der in einen aus dem Verstärker 46 und dem zwischen den Eingang und den Ausgang des Verstärkers 46 geschalteten Kondensator 47 bestehenden Miller-Integrator fliesst. Der an den Ausgang des Miller-Integrators 46, 47 angeschlossene Schmitt-Trigger 48 steuert den Umschalter 16 und den Umpolschalter 6. In der einen Stellung des Umschalters 16 ist der Eingang des Miller-Integrators 46, 47 über dem Widerstand 45 mit der Referenzspannungsquelle  $+U_r$  und in der anderen Stellung mit der Referenzspannungsquelle  $-U_r$  verbunden.

Am Ausgang des Miller-Integrators 46, 47 entsteht eine Dreieckspannung, die jeweils bis zum oberen Schwellenwert des Schmitt-Triggers 48 ansteigt, wonach der Schmitt-Trigger 48 umkippt, der Umschalter 16 umschaltet, der über den Widerstand 45 zum Miller-Integrator 46, 47 fliessende Referenzstrom seine Richtung umkehrt und die Dreieckspannung bis zum unteren Schwellenwert des Schmitt-Triggers 48 abfällt. Das Verhältnis der Differenz zur Summe aus Impulsdauer und Pausendauer der Rechteckspannung am Ausgang des Schmitt-Triggers 48 ist zum Momentanwert der Spannung  $U$  proportional.

Entsprechend der Fig. 1 ist in der Schaltungsanordnung 25 nach der Fig. 5 die aus dem Widerstand 18 und der Sekundärwicklung 3 des Spannungswandlers 1 bestehende Reihenschaltung an den Schalter 16 und den Eingangs des Fensterkomparators 15 angeschlossen. Der Schalter 16 und die Referenzspannungsquellen  $+U_r$  und  $-U_r$  stellen also einerseits ein 30 Bestandteil des Mark-Space-Modulators 4 dar und bilden andererseits den Demodulator 14 des Überwachungsschaltkreises 11.

Der Strom-Frequenzwandler 7 besteht in der Schaltungsanordnung nach der Fig. 5 aus einem an den Anschluss 8 des 35 Umpolschalters 6 gekoppelten Verstärker 49, einem zwischen den Eingang und den Ausgang des Verstärkers 49 geschalteten Kondensator 50, einem Schwellenschalter 51, einem Zeitgeber 52, einem von diesem gesteuerten Schalter 53 und einem Widerstand 54, der in Reihe mit dem Schalter 53 mit 40 dem Eingang des Verstärkers 49 und mit der Referenzspannungsquelle  $-U_r$  verbunden ist.

Der Verstärker 49 und der Kondensator 50 bilden einen Miller-Integrator, mit dem das Zeitintegral des Stromes  $i$  gebildet wird. Sobald die Spannung am Ausgang des Miller-Integrators 49, 50 den Schwellenwert  $U_{s3}$  des Schwellenschalters 51 unterschreitet, kippt dieser um, der Zeitgeber 52 erzeugt einen Impuls mit der Dauer  $T_0$ , der Schalter 53 wird während der Dauer  $T_0$  geschlossen und mit dem Kondensator 50 wird über den Widerstand 54 eine konstante Ladungs- 50 menge entzogen, wonach der Schwellenschalter 51 wieder zurückkippt. Dieser Vorgang wiederholt sich mit der Frequenz  $f_1$ .

Ein zweiter Überwachungsschaltkreis 55 der Schaltungsanordnung nach der Fig. 5 besteht aus einem an den Anschluss 9 des Umpolschalters 6 gekoppelten Verstärker 56, der zusammen mit einem Gegenkopplungswiderstand 57 einen Strom-Spannungswandler bildet, aus einem vom Zeitgeber 52 des Strom-Frequenzwandlers 7 gesteuerten Schalter 58, Widerständen 59, 60, einem Kondensator 61 und einem 60 Fensterkomparator 62. Der Widerstand 59 ist in Reihe mit dem Schalter 58 zwischen die Referenzspannungsquelle  $-U_r$  und den Eingang des Fensterkomparators 62, der Widerstand 60 zwischen den Ausgang des Strom-Spannungswandlers 56, 57 und den Eingang des Fensterkomparators 62 und 65 der Kondensator 61 zwischen den Eingang des Fensterkomparators 62 und Masse geschaltet.

Der Mittelwert des im Widerstand 59 fliessenden Stromes ist zur Frequenz  $f_1$  und der im Widerstand 60 fliessende Strom

zum Strom  $i_2$  proportional. Die Spannung am Kondensator 61 ist null, wenn die Bedingung  $i_2 = -k \cdot f_i$  erfüllt ist. Der Fensterkomparator 62 gibt ein Fehlersignal an das Störungsanzeigeglied 13 (Fig. 1) ab, wenn die Spannung am Kondensator 61 einen vorbestimmten positiven oder negativen Schwellenwert überschreitet.

Es ist möglich, den Verstärker 56 und die Widerstände 57 und 60 wegzulassen und den Anschluss 9 des Umpolschalters 6 unmittelbar mit dem Eingang des Fensterkomparators 62 zu verbinden. Die Schaltung wird dadurch einfacher, hin-gegen ist durch geeignete Dimensionierung dafür zu sorgen, dass durch die Spannung am Kondensator 61 die Ströme  $i_1$  und  $i_2$  nicht beeinflusst werden.

Wie in der Fig. 5 gestrichelt angedeutet, kann die Sekun-därwicklung 3 weggelassen werden und der Eingang des Fensterkomparators 15 unmittelbar an den Widerstand 18 sowie über einen Widerstand 63 an die Sekundärwicklung 2 ange-schlossen werden. Am Kondensator 19 bildet sich dann die Differenz aus dem Ausgangssignal des Demodulators 14 und dem im Widerstand 63 fliessenden Strom, der zur Spannung  $U_1$  proportional ist.

Werden, wie anhand der Fig. 5 gezeigt, für die Überwa-chung des Mark-Space-Modulators 4 und des Strom-Fre-quenzwandlers 7 jene Referenzspannungsquellen eingesetzt, die für den Mark-Space-Modulator 4 und für den Strom-Fre-quenzwandler 7 ohnehin erforderlich sind, so kann der tech-nische Aufwand für die Überwachung besonders niedrig gehalten werden. Die Sicherheit der Überwachung ist aller-dings grösser, wenn für die Überwachung gesonderte Refe-renzspannungsquellen eingesetzt werden. Besonders vorteil-haft ist es, mittels der Referenzspannungsquellen des Mark-Space-Modulators 4 den Strom-Frequenzwandler 7 und mit-tels der Referenzspannungsquellen des Strom-Frequenz-wandlers 7 den Mark-Space-Modulator 4 zu überwachen.

Zur Überwachung des Mark-Space-Modulators 4 kann anstelle des Überwachungsschaltkreises 20 (Fig. 2) auch ein Impulszähler Anwendung finden, der die Impulse eines Impulsgenerators zählt und durch die Impulse des Mark-Space-Modulators 4 jeweils auf null zurückgestellt wird. Setzen die Schwingungen des Mark-Space-Modulators 4 aus, so erreicht der Zählerstand des Impulszählers rasch einen vorgegebenen Grenzwert, wodurch Alarm ausgelöst wird.

Fig. 1

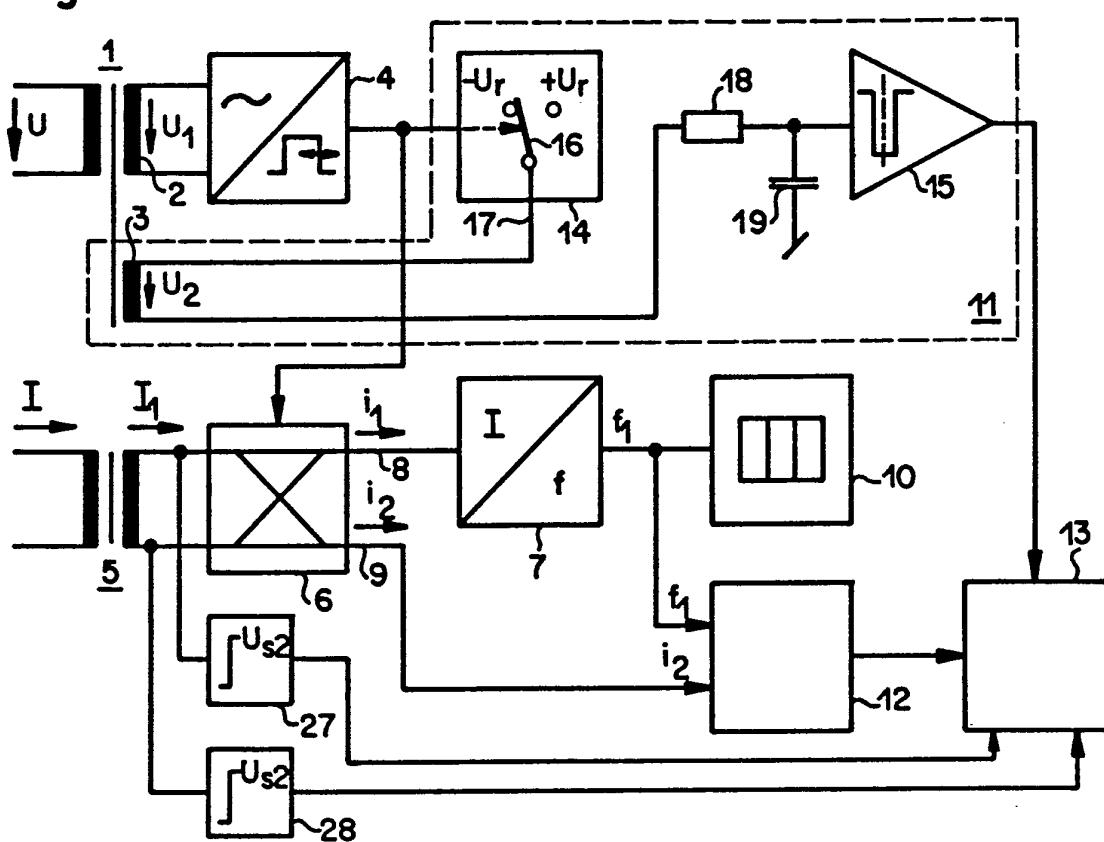


Fig. 2

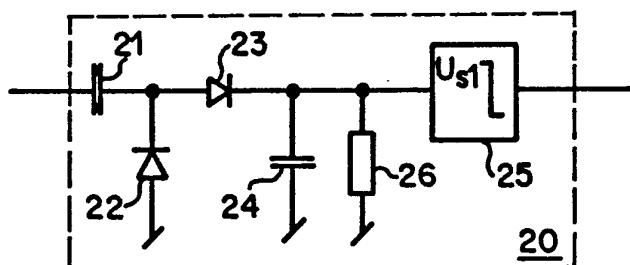


Fig. 3

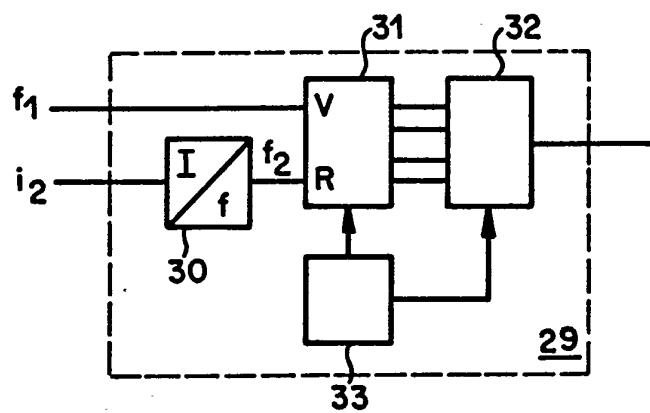


Fig. 4

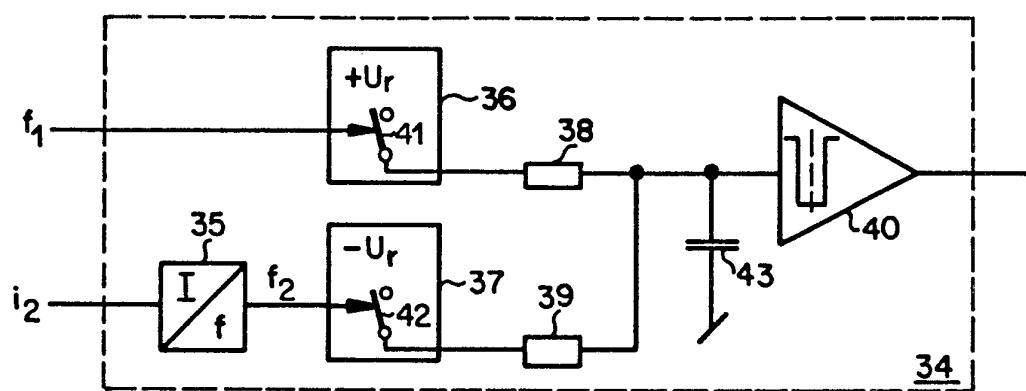


Fig. 5

