



(12) Wirtschaftspatent

Teilweise bestätigt gemäß § 18 Absatz 1
Patentgesetz

(19) **DD** (11) **134 146 B1**

4(51) G 05 F 1/00

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21)	WP G 05 F / 202 568 7	(22)	13.12.77	(45)	26.03.86
				(44)	07.02.79

(71)	VEB Robotron-Meßelektronik „O. Schön“ Dresden, 8010 Dresden, Lingnerallee 3, DD
(72)	Bühn, Uwe, Dr.-Ing.; Böhme, Rolf, Dr. sc. techn.; Knobloch, Gert, Dipl.-Ing.; Richter, Gottfried, Dipl.-Ing.; Kähler, Hans-Ingo, Dipl.-Ing., DD

(54)	Verfahren und Anordnung zur digitalen Frequenzregelung
------	---

Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zur digitalen Frequenzregelung mittels einer durch Vergleich einer Istinformation mit einer Sollinformation gewonnenen Korrekturgröße und zur diskreten Wobbelung eines aus einem durch Analogspannung frequenzsteuerbaren Generator, Universalfilter und Anzeigeteil bestehenden Übertragungsparameter-Meßplatzes, bei dem in einem ersten Schritt eines Zyklus das aktive Filter in einen instabilen, Selbsterregung auf der charakteristischen Frequenz bewirkenden Zustand versetzt wird und die Periodendauer oder Frequenz der sich erregenden Schwingung vorzugsweise durch ein digitales Zählverfahren ermittelt wird, in einem zweiten Schritt die Periodendauer oder Frequenz der Generatorschwingung vorzugsweise durch ein digitales Zählverfahren ermittelt wird, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Ergebnisse des ersten und zweiten Schrittes gespeichert werden und in einem dritten Schritt durch Vergleich der durch die beiden ersten Schritte bereitgestellten Ist-Frequenzinformationen rechnerisch ein Korrekturwert (ΔU_{1K}) gebildet wird, der nach D/A-Wandlung zu der den Generator (1 a) steuernden Analogspannung im Sinne eines Angleichens an die Filterfrequenz addiert wird, in einem vierten Schritt der zweite Schritt wiederholt wird, in einem fünften Schritt wie bekannt, durch Vergleich zwischen der durch den vierten Schritt bereitgestellten Istinformation und einer Sollfrequenzinformation ein zweiter Korrekturwert (ΔU_{2K}) gebildet wird, der nach D/A-Wandlung zu der den Generator (1 a), das Filter (1 b) und das Anzeigeteil (8) steuernden Analogspannungen addiert wird und in allen nachfolgenden, jeweils aus fünf Schritten bestehenden Zyklus der Vorgang mit gleicher oder geänderter Sollfrequenzinformation wiederholt wird, wobei die Ergebnisse des dritten und fünften Schrittes des jeweils vorangeegangenen Zyklus in die neue Korrekturrechnung einbezogen werden.
2. Anordnung zur Realisierung des Verfahrens zur digitalen Frequenzregelung und diskreten Wobbelung eines aus einem durch Analogspannung frequenzsteuerbaren Generator, Universalfilter und Anzeigeteil bestehenden Übertragungsparameter-Meßplatzes entsprechend Pkt. 1, wobei die Steuereingänge des Generators, des Filters und des Anzeigteils mit dem Ausgang eines DAU verbunden sind, dessen Digitaleingang mit dem Ausgang eines die digitale Sollfrequenz-Wortfolge liefernden Steuerteils verbunden ist, die Ausgänge des Generators und des Filters mit den Eingang eines die Istperiodendauer messenden Zeitmessers verbunden sind, dessen Ausgang mit einem ersten Eingang einer die Korrekturgrößen bildenden Einrichtung verbunden ist und Generator, Meßobjekt, Filter und Anzeigeteil in Kette geschaltet sind, **gekennzeichnet dadurch**, daß zwischen dem DAU (2) und dem Steuereingang, vorzugsweise mittels Umschalter (9) umschaltbar, des Generators (1 a) oder des Filters (1 b) sowie des Anzeigteils (8) zwei Summierstufen (6 a, 6 b) im Reihenschaltung angeordnet sind, wobei die Steuereingänge des Filters (1 b) sowie des Anzeigteils (8) oder umschaltbar der des Generators (1 a) am Verbindungspunkt zwischen beiden Summierstufen geschaltet ist, deren jeweils zweiter Eingang mit jeweils einem Ausgang von zwei Korrektur-Digital-Analog-Umsetzern (7 a, 7 b) verbunden ist, daß die Korrekturgrößen bildende Einrichtung ein Rechenschaltkreis ist, dessen zweiter Eingang mit dem Ausgang der Steuerschaltung (4), dessen Ergebnisausgang über einen digitalen De-Multiplexer (5 a) mit den Digital-Eingängen der beiden Korrektur-DAU (7 a, 7 b) verbunden ist und dessen Steuerausgänge mit den Steuereingängen eines zwischen Ausgängen des Generators bzw. Filters und dem Zeitmesser eingefügten Analogschalters (3 a), des Digital De-Multiplexers (5 a) und des Filters (1 b) verbunden sind, und als Filter (1 b) ein durch Steuersignal auf Oszillatorbetrieb umschaltbares aktives Universalfilter verwendet ist.
3. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß Schritt 1 und Schritt 2 in ihrer zeitlichen Reihenfolge vertauscht werden.
4. Verfahren nach Punkt 1 oder 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß im vierten Schritt anstelle der Wiederholung des zweiten Schrittes nach dem Grundverfahren bzw. des ersten Schrittes nach dem Zwei-Eins-Verfahren die neue Istfrequenz rechnerisch aus dem Ergebnis von Schritt 3 gebildet wird.
5. Verfahren nach Punkt 1 oder 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß im vierten Schritt anstelle der Wiederholung des zweiten Schrittes nach dem Grundverfahren bzw. des ersten Schrittes nach dem Zwei-Eins-Verfahren das Ergebnis des ersten Schrittes nach dem Grundverfahren bzw. des zweiten Schrittes nach dem Zwei-Eins-Verfahren als Istinformation übernommen wird.
6. Verfahren nach Punkt 1, 3, 4 oder 5, **gekennzeichnet dadurch**, daß im dritten Schritt die Korrekturspannung zu der das Filter (1 b) steuernden Analogspannung und im fünften Schritt die Korrekturspannung zu den das Anzeigeteil und den Generator (1 a) steuernden Analogspannungen addiert wird.
7. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß in einem verkürzten Verfahren nur die Schritte 1 bis 3 durchgeführt werden, wobei im dritten Schritt durch Vergleich der durch den ersten Schritt bereitgestellten Istinformation mit der Sollfrequenzinformation rechnerisch eine erste Korrekturgröße gebildet und nach D/A-Wandlung zu der nur das Filter (1 b) oder der Filter (1 b) und Generator (1 a) steuernden Analogspannung addiert wird und durch Vergleich der durch den zweiten Schritt bereitgestellten Istinformation mit der Sollfrequenzinformation eine zweite Korrekturgröße gebildet und nach D/A-Wandlung zu den nur den Generator (1 a) und Anzeigeteil (8) steuernden Analogspannung addiert wird.
8. Verfahren nach Punkten 1, 2 und 7, **gekennzeichnet dadurch**, daß bei dem verkürzten Zwei-Eins-Verfahren die erste Korrekturgröße nach D/A-Wandlung zu der nur den Generator (1 a) oder der Filter (1 b) und Generator (1 a) steuernden Analogspannung addiert wird und die zweite Korrekturgröße nach D/A-Wandlung zu den nur das Filter (1 b) und Anzeigeteil (8) steuernden Analogspannungen addiert wird.
9. Verfahren nach Punkt 1, 2, 7 und 8, **gekennzeichnet dadurch**, daß der dritte Schritt in zwei Teilschritte aufgegliedert wird, wobei sich der erste Teilschritt an den ersten Schritt und der zweite Teilschritt an den zweiten Schritt anschließt.
10. Verfahren nach Punkten 1, 2, 7 und 8 zur Durchführung der Ordnungsanalyse mit Bezug auf die Generatorfrequenz, **gekennzeichnet dadurch**, daß in einem ersten Vorbereitungsschritt aus der anliegenden Sollfrequenzinformation (f_s) und einer zusätzlich digital eingegebenen Ordnungszahl n die n-fache Sollfrequenz errechnet und gespeichert wird, in einem zweiten Vorbereitungsschritt aus der Umkehrfunktion der Filter-Steuerkennlinie unter Einbeziehung der im ersten Vorbereitungsschritt errechneten n-fachen Sollfrequenz ($n f_s$) eine solche Korrekturspannung (ΔU_o) errechnet wird, die nach D/A-Wandlung und Addition zu den das Filter (1 b) und das Anzeigeteil (8) steuernden Analogspannung eine Abstimmung des Filters (1 b) auf die n-te Harmonische bewirkt, in einem ersten und zweiten Hauptschritt der im Grundverfahren geschilderte erste und zweite Schritt durchgeführt wird, in einem dritten Hauptschritt durch Vergleich der durch den ersten Hauptschritt bereitgestellten Istinformation mit der im ersten Vorbereitungsschritt ermittelten n-fachen Sollfrequenz ($n f_s$) rechnerisch eine erste Korrekturgröße (ΔU_{1K}) gebildet und nach D/A-Wandlung zu den das Filter (1 b) und das Anzeigeteil (8) steuernden Analogspannungen addiert wird und durch Vergleich der durch den zweiten Hauptschritt bereitgestellten Istinformation mit der Sollfrequenzinformation eine zweite Korrekturgröße (ΔU_{2K}) gebildet und nach D/A-Wandlung zu der

den Generator (1 a) steuernden Analogspannung addiert wird und in allen nachfolgenden, jeweils aus zwei Vorbereitungs- und 3 Hauptschritten bestehende Zyklus der Vorgang mit gleicher oder geänderter Sollfrequenzinformation wiederholt wird, wobei die Ergebnisse des dritten Schrittes des jeweils vorangegangenen Zyklus in die neue Korrekturrechnung einbezogen werden.

11. Verfahren nach Punkt 1, 2, 7 und 8 zur Durchführung der Ordnungsanalyse mit Bezug auf die Filterfrequenz, **gekennzeichnet dadurch**, daß in einem ersten Vorbereitungsschritt aus der anliegenden Sollfrequenzinformation (f_s) und einer zusätzlich digital eingegebenen Ordnungszahl n die $(\frac{1}{n})$ -fache

Sollfrequenz, nachfolgend als n -te Subharmonische bezeichnet, errechnet und gespeichert wird, ein einem zweiten Vorbereitungsschritt aus der Umkehrfunktion der Generator-Steuerkennlinie unter Einbeziehung der im ersten Vorbereitungsschritt errechneten n -ten Subharmonischen (f_s/n) eine solche Korrekturspannung (ΔU_0) errechnet wird, die nach D/A-Wandlung und Subtraktion von der den Generator steuernden Analogspannung eine Abstimmung des Generators auf die n -te Subharmonische bewirkt, in einem ersten und zweiten Hauptschritt der im Grundverfahren geschilderte erste und zweite Schritt durchgeführt wird, in einem dritten Hauptschritt durch Vergleich der durch den zweiten Schritt bereitgestellten Istinformation mit der im ersten Vorbereitungsschritt ermittelten $(\frac{1}{n})$ -fachen

Sollfrequenz (f_s/n) rechnerisch eine erste Korrekturgröße (ΔU_{1K}) gebildet und nach D/A-Wandlung zu der den Generator steuernden Analogspannung addiert wird und durch Vergleich der durch ersten Hauptschritt bereitgestellten Istinformation mit der Sollfrequenzinformation eine zweite Korrekturspannung (ΔU_{2K}) gebildet und nach D/A-Wandlung zu den das Filter und das Anzeigeteil steuernden Analogspannung addiert wird, und in allen nachfolgenden, jeweils aus zwei Vorbereitungs- und 3 Hauptschritten bestehenden Zyklus der Vorgang mit gleicher oder geänderter Sollfrequenzinformation wiederholt wird, wobei die Ergebnisse des dritten Schrittes des jeweils vorangegangenen Zyklus in die neue Korrekturrechnung einbezogen werden.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur digitalen Regelung und diskreten Wobbelung eines aus einem durch Analogspannung frequenzsteuerbaren Generator, Universalfilter und Anzeigeteil bestehenden Übertragungsparameter-Meßplatzes, vorzugsweise für das Gebiet tiefer Frequenzen. Hauptanwendungsgebiete der Erfindung sind die Schall- und Schwingungmeßtechnik, die NF-Technik, die elektrische Labormeßtechnik sowie die Prüffeldautomatisierung in der elektronischen Geräteindustrie.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

es sind zahlreiche Schaltungsanordnungen bekannt, bei denen die Frequenz eines spannungsabgestimmten Generators aus die Frequenz eines quarzstabilisierten Referenzgenerators synchronisiert wird. Diese Schaltungen unterscheiden sich nur durch die Art der Synchronisation voneinander. So gibt es beispielsweise Schaltungsanordnungen mit Frequenzdiskriminator und Fangeinrichtung (OS 2344078), mit kombinierter Frequenz-Phasenregelung (OS 2411405 und OS 2527263), mit selbstanpassendem Teiler (OS 2339297), mit Phasenregelschleife und Rastkontrolle (OS 2344278) und mit Phasenfangdetektor (OS 2649225). Es sind ferner Schaltungsanordnungen bekannt, bei denen die Frequenzen bzw. Periodendauern von Bezugsgenerator und spannungsabgestimmten Generator durch Zählfrequenzmessung (OS 2543171, OS 1958802) oder Zeitmessung (OS 2454334/OS 2513339) miteinander verglichen werden und die Differenz beider Ergebnisse nach einfacher D/A-Wandlung zur Regelung des spannungsabgestimmten Generators verwendet wird. Ein erster Nachteil der geschilderten technischen Lösungen besteht darin, daß sie nur zur Synchronisation auf eine konstante Bezugsfrequenz geeignet sind. Die der Erfindung zu grundlegende Aufgabe der hochgenauen Synchronisation auf eine gleitende Sollfrequenz ist mit den geschilderten Mitteln nicht möglich.

Um diesen Mangel teilweise zu beheben, wurde eine Schaltungsanordnung bekannt, die die Synchronisation auf eine veränderliche Bezugsfrequenz gestattet (OS 2156927). Da diese veränderliche Bezugsfrequenz jedoch nicht quarzstabilisiert realisiert werden kann, wird keine wesentliche Verbesserung der Regelgenauigkeit erzielt.

Ein weiterer Mangel der geschilderten technischen Lösungen besteht darin, daß durch das Einschwingverhalten der Diskriminatoren bei tiefen Frequenzen unzulässig hohe Zeitkonstanten bedingt sind.

Dieser Mangel wird zwar durch Schaltungsanordnungen mit zweifacher Zeitmessung (OS 2523339, OS 1958802) behoben, jedoch weisen diese Lösungen wieder den zuerst geschilderten Mangel auf.

Seit langer Zeit sind Schaltungsanordnungen zur Signalfilterung mit Bandpaß- (BP-), Bandsperre- (BS-), Tiefpaß- (TP-) oder Hochpaß- (HP-) Charakter bekannt, bei denen die Änderung der charakteristischen Filterfrequenz durch beispielsweise spannungsgezielte Reaktanzen oder Leitwerte vorgenommen wird und die für die Regelung erforderliche Stellgröße durch Phasenvergleich zwischen einem unbewerteten Bezugssignal und einem durch den Filter bezüglich seiner Phase bewerteten Bezugssignal gleichen Ursprungs gewonnen und dem Stellglied z. B. Kapazitätsdiode zugeführt wird.

Derartige Schaltungen finden in Rundfunk-, Fernseh- und Meßgeräten Anwendung und gehören zum allgemeinen bekannten Stand der Technik.

Der grundsätzliche Mangel der bekannten technischen Lösungen, der ihre Verwendbarkeit bei Universalfiltern stark einschränkt, besteht darin, daß ein Bezugssignal vorhanden sein muß, dessen Frequenz der Mittenfrequenz eines BP- oder BS-Filters entspricht, da die Stellgröße durch Phasenvergleich oder Extremalwertbildung bereitgestellt wird. Ein derartiges Bezugssignal ist im vorgegebenen Anwendungsfall nicht in jedem Fall gegeben, da beispielsweise bei einer Ordnungsanalyse Filter- und Generatorfrequenz nicht übereinstimmen.

Ein weiterer Mangel der bekannten technischen Lösungen besteht darin, daß sie zur Regelung von Tief- und Hochpässen nicht verwendet werden können.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, ein Verfahren und eine Anordnung zur digitalen Regelung und diskreten Wobbelung eines Übertragungsparameter-Meßplatzes insbesondere bestehend aus Generator, Universalfilter und Anzeigeteil, vorzugsweise für das Gebiet tiefer Frequenzen, vorzuschlagen bei der kostengünstige Bauteile, wie z. B. ein Taschenrechnerschaltkreis Verwendung finden und gegenüber dem Stand der Technik kurzzeitige Sollfrequenzänderungen infolge extrem kurzer Einschwingzeit oder gleitende Sollfrequenz beliebiger Frequenz-Zeit-Charakteristik möglich sind.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Ausgehend von vorstehendem Ziel liegt der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, die Nachteile des Standes der Technik zu vermeiden, deren Ursachen durch die Notwendigkeit eines frequenzgenauen analogen Bezugssignal und die bei tiefen Frequenzen extrem großen Zeitkonstanten der meist verwendeten Diskriminatoren begründet sind.

Bei einem Verfahren, bei dem Generator, Universalfilter als auch Anzeigeteil mittels Analogspannungen auf digital programmierte Soll-Frequenzen abgestimmt und frequenzgenau geregelt werden soll es auch möglich sein, das Universalfilter auf eine Harmonische der Generatorfrequenz oder den Generator auf eine Subharmonische der Filterfrequenz auszuregeln. Bei einem jeweils aus fünf Schritten bestehenden Zyklus wird in einem ersten Schritt das aktive Filter in einen instabilen, Selbsterregung auf der charakteristischen Frequenz bewirkenden Zustand versetzt und die Periodendauer oder Frequenz der sich erregenden Schwingung vorzugsweise durch ein digitales Zählverfahren ermittelt und gespeichert.

In einem zweiten Schritt wird die Periodendauer oder Frequenz der Generatorschwingung vorzugsweise durch ein digitales Zählverfahren ermittelt und gespeichert.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß in einem dritten Schritt durch Vergleich der durch die beiden ersten Schritte bereitgestellten Ist-Frequenzinformationen rechnerisch ein Korrekturwert gebildet wird, der nach D/A-Wandlung zu der den Generator steuernden Analogspannung addiert wird, wobei die Korrekturgröße so bemessen ist, daß Generator- und Filterfrequenz am Ende des dritten Schrittes übereinstimmen.

In einem vierten Schritt wird der zweite Schritt wiederholt und in einem fünften Schritt wird, wie bekannt, durch Vergleich zwischen der durch den vierten Schritt bereitgestellten Istinformation und einer Sollfrequenzinformation ein zweiter Korrekturwert gebildet, der nach D/A-Wandlung zu der den Generator, das Filter und das Anzeigeteil steuernden Analogspannungen addiert wird.

In allen nachfolgenden, jeweils aus fünf Schritten bestehenden Zyklus wird der Vorgang mit gleicher oder geänderter Sollfrequenzinformation wiederholt, wobei die Ergebnisse des dritten und fünften Schrittes des jeweils vorangegangenen Zyklus in die neue Korrekturrechnung einbezogen werden.

Eine bevorzugte Anordnung zur Durchführung des Verfahrens bei der die Steuereingänge des Generators, des Filters und des Anzeigeteils mit dem Ausgang eines DAU verbunden sind, dessen Digitaleingang mit dem Ausgang eines die digitale Sollfrequenz-Wertfolge liefernden Steuerteils verbunden ist und Generator, Meßobjekt, Filter und Anzeigeteil in Kette geschaltet sind, sieht erfindungsgemäß vor, daß zwischen dem DAU und dem Steuereingang des Generators oder des Filters sowie des Anzeigeteils, vorzugsweise mittels Umschalter umschaltbar, zwei Summierstufen in Reihenschaltung angeordnet sind. Der Steuereingang des Filters sowie des Anzeigeteils oder umschaltbar der des Generators ist dann am Verbindungspunkt zwischen beiden Summierstufen angeschaltet. Der jeweils zweite Eingang der Summierstufen ist mit jeweils einem Ausgang von zwei Korrektur-Digital-Analog-Umsetzern verbunden. Die Ausgänge des Generators und des Filters sind weiterhin über einen steuerbaren Analog-Umschalter mit dem Eingang eines die Istperiodendauer messenden Zeitmessers verbunden, dessen Ausgang mit einem ersten Eingang einer die Korrekturgrößen bildenden Rechenschaltung verbunden ist. Der zweite Eingang der Rechenschaltung ist mit dem Ausgang der die digitale Frequenzwortfolge liefernden Steuerschaltung verbunden. Der Rechnerergebnisausgang liegt über einen digitalen DE-Multiplexer an den Digital-Eingängen der beiden Korrektur DAU. Jeweils einer von mehreren Steuerausgängen der Rechenschaltung ist mit dem Steuereingang des Analogschalters, des Digital-DE-Multiplexers und des Filters verbunden, wodurch die Rechenschaltung je nach programmierter Verfahrensvariante, die für die einzelnen Verfahrensschritte notwendigen Umschaltungen der vorgenannten Baugruppen steuert.

Als Filter dient ein durch Steuersignal auf Oszillatorbetrieb umschaltbares aktives Universalfilter.

Das Grundverfahren kann jedoch auch so abgewandelt werden, daß Schritt 1 und Schritt 2 in ihrer zeitlichen Reihenfolge vertauscht werden.

(Zwei-Eins-Verfahren).

Eine Abwandlung des Grundverfahrens, bei der Meßzeit auf Kosten von Rechenzeit eingespart wird, sieht vor, daß im vierten Schritt anstelle der Wiederholung des zweiten Schritts nach dem Grundverfahren bzw. des ersten Schritts nach dem Zwei-Eins-Verfahren die neue Istfrequenz rechnerisch aus dem Ergebnis von Schritt 3 gebildet wird.

Insbesondere bei tiefen Frequenzen ist die Meßzeit vorherrschend, so daß der Wegfall eines Meßvorganges die Zykluszeit wesentlich verkürzt. Zu diesem Zweck kann das Grundverfahren derart abgewandelt werden, daß im vierten Schritt anstelle der Wiederholung des zweiten Schrittes nach dem Grundverfahren das Ergebnis des ersten Schrittes nach dem Grundverfahren bzw. des zweiten Schrittes nach dem Zwei-Eins-Verfahren als Istinformation übernommen wird.

Eine Modifikation der Verfahrensschritte kann auch so erfolgen, daß im dritten Schritt die Korrekturspannung zu der das Filter steuernden Analogspannung und im fünften Schritt die Korrekturspannung zu der das Anzeigeteil und den Generator steuernden Analogspannungen addiert wird.

Die Zykluszeit kann wesentlich dadurch verringert werden, daß in einem verkürzten Verfahren nur die Schritte 1 bis 3 durchgeführt werden, wobei im dritten Schritt durch Vergleich der durch den ersten Schritt bereitgestellten Istinformation mit der Sollfrequenzinformation rechnerisch eine erste Korrekturgröße gebildet und nach D/A-Wandlung zu der nur das Filter oder zu der Filter und Generator steuernden Analogspannung addiert wird und durch Vergleich der durch den zweiten Schritt bereitgestellten Istinformation mit der Sollfrequenzinformation eine zweite Korrekturgröße gebildet und nach D/A-Wandlung zu der nur den Generator und Anzeigeteil steuernden Analogspannung addiert wird.

Diese zwei Kurzverfahrensvarianten ergeben beim Zwei-Eins-Verfahren durch Vertauschen von Generator und Filter bei der Istfrequenzmessung zwei weitere Verfahrensvarianten derart, daß die erste Korrekturgröße nach D/A-Wandlung zu der nur den Generator oder zu der Filter und Generator steuernden Analogspannung addiert wird und die zweite Korrekturgröße nach D/A-Wandlung zu der nur das Filter und Anzeigeteil steuernden Analogspannungen addiert wird.

Zur Verkürzung der Zykluszeit ist es erfindungsgemäß auch möglich, in der Zeit, während der Generator noch korrigiert wird,

dem Filter Zeit zum Abklingen von Einschwingungsvorgängen zu gewähren, in dem der dritte Schritt in zwei Teilschritte aufgliedert wird, wobei sich der erste Teilschritt an den ersten Schritt und der zweite Teilschritt an den zweiten Schritt anschließt.

Zur Durchführung einer Ordnungsanalyse mit Bezug auf die Generatorfrequenz ist vorgesehen, daß in einem ersten Vorbereitungsschritt aus der anliegenden Sollfrequenzinformation und einer zusätzlich digital eingegebenen Ordnungszahl n die n -fache Sollfrequenz errechnet und gespeichert wird.

In einem zweiten Vorbereitungsschritt wird aus der Umkehrfunktion der Filter-Steuerkennlinie unter Einbeziehung der im ersten Vorbereitungsschritt errechneten n -fachen Sollfrequenz eine solche Korrekturspannung errechnet, die nach D/A-Wandlung und Addition zu den zu den das Filter und das Anzeigeteil steuernden Analogspannung eine Abstimmung des Filters auf die n -te Harmonische bewirkt.

In einem ersten und zweiten Hauptschritt wird der im Grundverfahren beanspruchte erste und zweite Schritt durchgeführt.

In einem dritten Hauptschritt wird durch Vergleich der durch den ersten Hauptschritt bereitgestellten Istinformation mit der im ersten Vorbereitungsschritt ermittelten n -fachen Sollfrequenz rechnerisch eine erste Korrekturgröße gebildet. Diese wird nach D/A-Wandlung zu den das Filter und das Anzeigeteil steuernden Analogspannungen addiert. Durch Vergleich der durch den zweiten Hauptschritt bereitgestellten Istinformation mit der Sollfrequenzinformation wird eine zweite Korrekturgröße gebildet. Diese wird nach D/A-Wandlung zu der den Generator steuernden Analogspannung addiert.

In allen nachfolgenden, jeweils aus zwei Vorbereitungs- und 3 Hauptschritten bestehenden Zyklen wird der Vorgang mit gleicher oder geänderter Sollfrequenzinformation wiederholt, wobei die Ergebnisse des dritten Schrittes des jeweils vorangegangenen Zyklus in die neue Korrekturrechnung einbezogen werden.

Zur Durchführung einer Ordnungsanalyse mit Bezug auf die Filterfrequenz ist vorgesehen, daß in einem ersten Vorbereitungsschritt aus der anliegenden Sollfrequenzinformation und einer zusätzlich digital eingegebenen Ordnungszahl n die $(\frac{1}{n})$ -fache

Sollfrequenz, nachfolgend als n -te Subharmonische bezeichnet, errechnet und gespeichert wird.

In einem zweiten Vorbereitungsschritt wird aus der Umkehrfunktion der Generator-Steuerkennlinie unter Einbeziehung der im ersten Vorbereitungsschritt errechneten n -ten Subharmonischen eine solche Korrekturspannung errechnet, die nach D/A-Wandlung und Subtraktion von der den Generator steuernden Analogspannung eine Abstimmung des Generators auf die n -te Subharmonische bewirkt.

In einem ersten und zweiten Hauptschritt wird der im Grundverfahren beanspruchte erste und zweite Schritt durchgeführt.

In einem dritten Hauptschritt wird durch Vergleich der durch den zweiten Schritt bereitgestellten Istinformation mit der im ersten Vorbereitungsschritt ermittelten $(\frac{1}{n})$ -fachen

Sollfrequenz rechnerisch eine erste Korrekturgröße gebildet und nach D/A-Wandlung zu der den Generator steuernden Analogspannung addiert und ferner durch Vergleich der durch den ersten Hauptschritt bereitgestellten Istinformation mit der Sollfrequenzinformation eine zweite Korrekturspannung gebildet und nach D/A-Wandlung zu den das Filter und das Anzeigeteil steuernden Analogspannungen addiert.

In allen nachfolgenden, jeweils aus zwei Vorbereitungs- und 3 Hauptschritten bestehenden Zyklen wird der Vorgang mit gleicher oder geänderter Sollfrequenzinformation wiederholt, wobei die Ergebnisse des dritten Schrittes des jeweils vorangegangenen Zyklus in die neue Korrekturrechnung einbezogen werden. Diese Verfahrensvariante ist vorzugsweise mit einem Generator durchzuführen, der einen zusätzlichen Wobbeleingang besitzt.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachfolgend an Hand des Blockschaltbildes einer zweckmäßigen Anordnung erläutert werden, wobei nicht alle beanspruchten Verfahrensvarianten geschildert werden, jedoch dem Fachmann die Richtung zur Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens gewiesen ist. Die Figur zeigt das Blockschaltbild eines digital geregelten und diskret gewobbelten Übertragungsparameter-Meßplatzes.

Ein Steuerteil 4 liefert in vorgegebener Zeitfolge digitale Worte, deren Zahlenwerte der geforderten Sollfrequenz-Zeitfolge direkt entsprechen oder in fester Beziehung zu ihr stehen.

Diese Zahlenfolge wird in einem nachgeschalteten D/A 2 in eine Folge analoger Steuerspannungswerte U_{STK} ($K = 1, 2, 3 \dots$) umgesetzt. Mit diesen Steuerspannungswerten werden gleichzeitig ein Generator 1 a und ein aktives Filter 1 b frequenzgesteuert und außerdem wird ein Anzeigeteil 8 hinsichtlich seiner frequenzabhängigen Zeitkonstanten gesteuert.

Der Zusammenhang zwischen Steuerspannung und Generatorfrequenz bzw. charakteristischer Filterfrequenz ist durch die theoretische Steuerkennlinie

$$f_K = W(U_{STK})$$

gegeben. Bedingt durch Bauelementtoleranzen und Umgebungseinflüsse (z. B. Temperatur) weichen die tatsächlichen Frequenzen f_{KG} und f_{KF} von dem durch das Steuerteil 4 gegebenen Wert f_{KS} ab.

Zur Durchführung einer digitalen Regelung wird daher in einem ersten Schritt eines beispielweise aus fünf Schritten bestehenden Zyklus das Filter 1 b durch ein von einer Rechenschaltung 5 abgegebenes Steuersignal kurzfristig in einen instabilen Zustand versetzt, wobei es eine Schwingung erzeugt, deren Frequenz der charakteristischen Filterfrequenz entspricht. Die Periodendauer T_{KF} dieser Schwingung wird in einem Zeitmesser 3 gemessen, durch die Rechenschaltung 5 in die Frequenz $f_{KF} = 1/T_{KF}$ umgerechnet und gespeichert.

Dieser Vorgang wird in einem zweiten Schritt für die Frequenz des Generators 1 a wiederholt, wobei der Analog-Umschalter 3 a, der zuvor das Filter 1 b mit dem Zeitmesser 3 verband, durch ein von der Rechenschaltung 5 gelieferten Steuersignal umgeschaltet wird.

In einem dritten Schritt vergleicht die Rechenschaltung die Ergebnisse der ersten beiden Schritte und bildet mit Hilfe der Rechenvorschrift

$$\Delta U_{1K} = W^{-1}(f_{KGI}) - W^{-1}(f_{KFI}) + \Delta U_{1K-1}$$

eine erste Korrekturgröße ΔU_{1K} , wobei mit $W^{-1}(f_K)$ die zu $W(f_K)$ gehörige Umkehrfunktion bezeichnet ist. Diese Korrekturgröße wird über einen De-Multiplexer 5 a auf einen ersten Korrektur — DAU 7 a geschaltet und in eine Analogspannung umgesetzt, die in einer von zwei in Reihe liegenden Summierstufen 6 a zu der den Generator 1 a steuernden Analogspannung addiert wird.

Damit gilt am Schluß des dritten Schrittes mit ausreichender Näherung $f_{KGI} = f_{KFI} = f_{Ki}$

In einem vierten Schritt wird nun der zweite Schritt wiederholt, so daß am Schluß dieses Schrittes die neue Ist-Frequenz-Information zur Verfügung steht.

In einem fünften Schritt vergleicht die Rechenschaltung, die nunmehr gleichgroße Ist-Frequenz von Filter 1 b und Generator 1 a mit der Soll-Frequenz f_{KS} und bildet mit Hilfe der Rechenvorschrift

$$\Delta U_{2K} = W^{-1}(f_{KS}) - W^{-1}(f_{Ki}) + \Delta U_{2K-1}$$

eine zweite Korrekturgröße ΔU_{2K} . Diese Korrekturgröße wird in einem zweiten Korrektur — DAU 7 b in eine Analogspannung umgesetzt und mit Hilfe der anderen Summierstufe 6 b zur Ausgangsspannung des DAU 2 addiert.

Der gesamte Vorgang wiederholt sich in allen nachfolgenden Zyklen, wobei wahlweise die gleiche oder eine geänderte Soll-Frequenzinformation verwendet ist.

Mit Hilfe des Umschalters 9 kann wahlweise zur Durchführung weiterer Verfahrensvarianten jeweils der Steuereingang des Generators 1 a an die eine der beiden in Reihe liegenden Summierstufen 6 a und der des Filters 1 b sowie des Anzeigeteils 8 an die andere Summierstufe 6 b und umgekehrt geschaltet werden.

