



(10) **DE 10 2006 005 595 B4** 2015.01.22

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2006 005 595.0**
(22) Anmeldetag: **06.02.2006**
(43) Offenlegungstag: **27.09.2007**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **22.01.2015**

(51) Int Cl.: **G01R 23/16** (2006.01)
G01R 31/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(62) Teilung in:
10 2006 062 995.7

(73) Patentinhaber:
GAUSS INSTRUMENTS Vertriebs GmbH, 80992 München, DE

(74) Vertreter:
ANDRAE WESTENDORP Patentanwälte Partnerschaft, 80336 München, DE

(72) Erfinder:
gleich Patentinhaber

(56) Ermittelte Stand der Technik:

DE 10 2005 032 982 B4
DE 101 03 481 A1
DE 101 36 626 A1
DE 103 15 372 A1

DE 10 2005 026 928 A1
DD 2 33 872 A1
WO 2003/ 102 610 A2
JP H05- 2 038 A

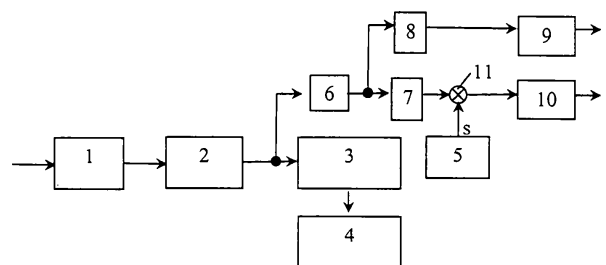
DIN EN 55016-1-1:2004, Stand September 2005, VDE Verlag GmbH, S. 1, 3-6, 14, 26, 28, 31, 39-43

JP H05- 2 038 A englische Maschinen-Übersetzung vom JPO [abgerufen am 25.04.13]

LDS Ltd. Application Note ANO14: Understanding FFT Windows, 2003. URL: <http://www.physik.uni-wuerzburg.de/~praktiku/Anleitung/Fremde/ANO14.pdf> [abgerufen am 25.03.2013]

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Messung von Störemissionen in Echtzeit**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Messung von Störemissionen in Echtzeit, enthaltend einen oder mehrere Analog-Digital-Wandler, mit welchen das Störsignal digitalisierbar ist, und einen Abtastratenreduzierer (1), welcher dazu eingerichtet ist, die Abtastrate des digitalisierten Störsignals zu reduzieren, wobei der Ausgang des Abtastratenreduzierers (1) mit einem Modul (2) verbunden ist, mit welchem Fourierspektren als serielle Ausgangsdaten (A[k]) und Frequenzpunktindex (k) ausgebenbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass dem Modul (2) Eingangsdaten kontinuierlich zuführbar sind und Ausgangsdaten kontinuierlich ausgebenbar sind, wobei die Einrichtung unmittelbar mit einem oder mehreren Detektoren (3) verbunden ist, mit welchen das Störsignal auswertbar ist.



Beschreibung

[0001] Zur Messung der Störaussendungen elektrischer und elektronischer Systeme werden gegenwärtig hauptsächlich Messempfänger verwendet. Die Messempfänger messen sequenziell enge Frequenzbänder der Störaussendung. Dadurch ist eine genaue Messung des Leistungsspektrums der Störaussendungen möglich. Aufgrund der sequenziellen Messung ist diese Methode allerdings mit dem Nachteil verbunden, dass die Messzeiten sehr lang sind. Ein bekanntes Verfahren, welches zu wesentlich verkürzten Messzeiten führt, besteht darin, die zu messenden Störsignale breitbandig zu digitalisieren und durch digitale Signalauswertung das Leistungsspektrum zu berechnen. Ein Nachteil dieser Methode besteht darin, dass aufgrund der hohen Datenraten beim gegenwärtigen Stand der Technik das gemessene Signal nicht kontinuierlich ausgewertet werden kann. Aufgrund der hohen Datenraten können nur zeitlich eng begrenzte Abschnitte des gemessenen und digitalisierten Signals aufgenommen und weiterverarbeitet werden. Die möglichen Aufzeichnungintervalle betragen gegenwärtig einige Millisekunden. Mit Fortschritten in der Speichertechnologie werden sich diese Intervalle vergrößern lassen, ohne dass dies an der Vorteilhaftigkeit des hier vorgestellten Verfahrens etwas ändert.

[0002] Die internationale EMV-Norm IEC CISPR 16-1-1 (Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Measuring apparatus, Nov 2003) beschreibt unter anderem die Anforderungen an Messgeräte zur Störemissionsmessung. Eine Anforderung an ein Messgerät zur Störemissionsmessung ist ein analoger Ausgang des Zwischenfrequenzsignals, sowie ein analoger Ausgang des Quasi-Spitzenwertdetektors.

[0003] In der EMV-Norm IEC CISPR 14-1 (Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus – Part 1: Emission, Nov. 2005) werden Messverfahren zur Knackbewertung von Haushaltsgeräten wie, z. B. Waschmaschinen beschrieben. Zur Knackbewertung wird das Zwischenfrequenzsignal sowie der analoge Ausgang des Quasi-Spitzenwertdetektors mit einem Knackratenanalysegerät verbunden. Aufbau und Funktionsweise eines Knackratenanalysegeräts sind in CISPR 16-1-1 beschrieben. Sowohl CISPR 16-1-1 als auch CISPR 14 fordern, dass die Auswertung durch einen Detektor oder durch das Knackratenanalysegerät während der Beobachtungsdauer kontinuierlich erfolgen muss.

[0004] Ein Verfahren zur Berechnung des Spektrums und Bestimmung des Spitzenwerts, Mittelwerts und Effektivwerts wurde in der internationalen PCT-Schrift WO 03/102610 A2 vorgestellt. Das Verfahren

hat den Nachteil, dass das Eingangssignal nicht kontinuierlich ausgewertet wird. Mit dem Verfahren kann die derzeitige EMV-Norm CISPR 16-1-1 nicht erfüllt werden.

[0005] Ein Verfahren zur Quasi-Spitzenwertdetektion wurde in der Offenlegungsschrift DE 103 15 372 A1 beschrieben. Das Verfahren wertet die Abstände zwischen Impulsen des gemessenen Störsignals sowie digitalisierte Signalabschnitte des Störsignals aus zur Erzeugung eines Signals, welches einem digitalen Quasi-Spitzenwertdetektor zugeführt wird. Dieses Verfahren hat den Nachteil, dass das Eingangssignal nicht kontinuierlich ausgewertet wird. Mit diesem Verfahren kann die derzeitige EMV-Norm CISPR 16-1-1 nicht erfüllt werden.

[0006] In der Offenlegungsschrift DE 101 03 481 A1 wird eine Anordnung eines digitalen Quasi-Spitzenwertdetektors beschrieben.

[0007] In der Offenlegungsschrift DE 101 36 626 A1 wird ein Verfahren zur Störemissionsmessung und eine Anordnung zur Durchführung des Verfahrens beschrieben. Das gemessene Störsignal wird mittels eines Messempfängers bandbegrenzt und auf eine Zwischenfrequenz heruntergemischt. Das analoge Zwischenfrequenzsignal wird mit einem Speicheroszilloskop über ein wählbares Zeitintervall aufgezeichnet. Mittels Kurzzeit-Fouriertransformation erfolgt die Berechnung des Spektrogramms. Ein Nachteil des Systems ist die durch die Speichertiefe des Oszilloskops begrenzte zusammenhängende Aufnahmelänge. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass zusätzlich ein Messempfänger verwendet wird, welcher die Komplexität und die Kosten des Aufbaus erhöht. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass die Bandbreite des ZF-Signals eines Messempfängers auf wenige MHz begrenzt ist. Mit einer einzelnen Messung und Auswertung kann deshalb nur ein Frequenzbereich von wenigen MHz gleichzeitig ausgewertet werden. Zur Messung eines Frequenzbereichs von einigen hundert MHz muss die Messung und Auswertung einige hundert mal wiederholt werden. Dadurch ist die Messgeschwindigkeit des Systems deutlich begrenzt.

[0008] Ein Verfahren und eine Anordnung, welche es ermöglicht Störemissionssignale mit einer hohen Dynamik durch die Verwendung mehrerer Analog-Digital-Wandler zu digitalisieren sind in der Offenlegungsschrift DE 10 2005 026 928 A1 gezeigt. Dabei wird der Amplitudenbereich in mehrere Bereiche unterteilt, und jeder Bereich mittels eines Analog-Digital-Wandlers digitalisiert. Ein Verfahren und eine Anordnung, welche es ermöglichen dabei einen maximalen Signal-Rausch-Abstand zu erreichen sind in der Offenlegungsschrift DE 10 2004 032 982 A1 dargestellt. Dabei werden die Amplitudenbereiche der einzelnen Analog-Digital-Wandler so gewählt, dass das Quan-

tisierungsrauschen für ein bekanntes Eingangssignal minimal wird.

[0009] Aus der japanischen Offenlegungsschrift JP H05 2038 A ist eine digitale Filterbank bekannt, welche eine Anordnung von Polyphasen-Filtern enthält, welche einer Fast-Fourier-Transformation vorgeschaltet sind.

[0010] Aus der Applikationsschrift ANO14 der LDS Ltd. mit dem Titel „Understanding FFT Windows“ ist bekannt, dass eine Fast-Fourier-Transformation falsche Ergebnisse liefert, wenn das betrachtete Signal in dem für die Berechnung verwendeten Datenblock nicht periodisch ist.

[0011] Die DD 233 872 A1 zeigt eine Anordnung zur Spektralanalyse digitaler Zeitfolgen. Das Ziel dieser Druckschrift besteht darin, die Auflösung, welche durch die diskrete Fourier-Transformation gegeben ist, zu erhöhen.

[0012] Die US 6,377,617 B1 und die DE 698 25 735 T2 offenbaren einen Echtzeit-Signalanalysator, bei welchem Zeit- und Frequenzsignale in einem Speicherbaustein abgelegt werden.

[0013] Ferner wird im Buch „Grundlagen der Spektralanalyse“ von Christoph Rauscher, Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG, 1. Auf 1., München, 2000 Aufbau und Funktionsweise von Messempfängern dargestellt. Dabei wird auch der Aufbau und die Funktionsweise des analogen Quasi-Spitzenwertdetektor vorgestellt. Aufbau und Funktionsweise von digitalen und analogen Zwischenfrequenzfiltern werden dargestellt.

[0014] Die vorgestellten Verfahren und Anordnungen können keine kontinuierliche zeitlich unbegrenzte Auswertung des gemessenen Signals durchführen. Mittels breitbandiger Analog-Digital Wandlung und Berechnung des Spektrogramms über den gesamten Bandbereich und kontinuierlicher Auswertung mittels mehrerer Detektoren wäre es möglich, die Anforderungen der EMV Normen CISPR 16-1-1 und CISPR 14-1 zu erfüllen. Jedoch ergeben sich durch die hohe Anzahl, typischerweise ca. 20000 (zwanzigtausend) Frequenzpunkte für die Fouriertransformation, sowie Abtastraten von mehreren Giga-samples pro Sekunde eine so hohe Rechengeschwindigkeit, dass eine Realisierung nicht wirtschaftlich ist.

[0015] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, Störaussendungen elektrischer oder elektronischer Systeme in kürzerer Zeit und/oder mit geringerem Aufwand zu bestimmen.

[0016] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren nach Anspruch 14 gelöst.

[0017] Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, das analoge Störsignal mittels einer Analog-Digital-Wandler-Einheit zu digitalisieren, und anschließend einen Bandbereich digital herauszufiltern und die Abtastfrequenz mittels eines Abtastratenreduzierers zu verringern. Eine Anordnung aus einem Tiefpassfilter und einem Abtastratenreduzierer ist z. B. in dem Buch „Zeitdiskrete Signalverarbeitung“ von A. V. Oppenheim; R. W. Schaffer 1999, Oldenbourg Verlag, S. 121–125 beschrieben. Vorzugsweise wird zur Realisierung des digitalen Filters ein Finite Impulse Response (FIR) Filter verwendet.

[0018] Aus dem abtastratenreduzierten Signal wird auf bekannte Weise mittels Kurzzeit-Fouriertransformation ein Spektrogramm berechnet. Die Berechnung von Spektrogrammen mittels Kurzzeit-Fouriertransformation ist z. B. in dem Buch „Zeitdiskrete Signalverarbeitung“ von A. V. Oppenheim; R. W. Schaffer 1999, Oldenbourg Verlag, S. 866–885 beschrieben.

[0019] Bei der Berechnung des Spektrogramms wird das Eingangssignals der einzelnen Abschnitte auf bekannte Weise mit einer Fensterfunktion multipliziert und fouriertransformiert. Die Äquivalenz zwischen einer Filterbank und der Kurzzeit-Fourieranalyse ist z. B. in dem Buch „Zeitdiskrete Signalverarbeitung“ von A. V. Oppenheim; R. W. Schaffer 1999, Oldenbourg Verlag, S. 873 beschrieben. Dabei bestimmt die Fensterfunktion die Bandbreite der einzelnen Filter einer Filterbank. Die Fensterfunktion ist vorzugsweise so zu wählen, dass die erreichte Filtercharakteristik den Anforderungen an ein Zwischenfrequenzfilter gemäß CISPR 16-1-1 genügt. Vorzugsweise wird hierbei ein Gaussfenster verwendet.

[0020] Ein Spektrogramm zeigt eine Diskretisierung in Zeit- und Frequenzbereich. Das Produkt aus zeitlicher Auflösung und Frequenzauflösung des Spektrogramms ist der Überlappungsfaktor der Kurzzeit-Fouriertransformation. Im Allgemeinen genügt eine Überlappung um das 5-fache um eine genügend hohe zeitliche Auflösung zu erhalten. Vorzugsweise wird eine Kurzzeit-Fouriertransformation durch eine parallele Anordnung von mehreren FFT Modulen realisiert. Die Überlappung wird vorzugsweise derart realisiert, dass die Eingangssignale der FFT Module durch ein Schieberegister entsprechend dem Überlappungspunkt verzögert werden.

[0021] Vorzugsweise werden FFT Module verwendet deren Eingangsdaten seriell eingelesen werden. Die berechneten Fourierspektren werden als serielle Ausgangsdaten $A[k]$ und Frequenzpunktindex k ausgegeben. Vorzugsweise werden FFT Module ver-

wendet deren Eingangsdaten kontinuierlich eingelesen werden, und die Ausgangsdaten kontinuierlich ausgegeben werden.

[0022] Vorzugsweise werden mittels einer digitalen Einheit die seriellen Signale der parallelen FFT-Module zu einem seriellen Signal zusammengefügt. Die Ausgangsdaten werden mittels einer Detektoreinheit ausgewertet.

[0023] Eine Detektoreinheit besteht aus einem oder mehreren Detektormodulen. Vorzugsweise besteht ein Detektormodul aus einer Recheneinheit und einem Speicher. Mögliche Realisierungen der Detektormodule werden in den Ausführungsbeispielen dargestellt.

[0024] Eine vorteilhafte Weiterentwicklung ist eine ergänzende Anordnung zur Ausgabe eines analogen Zwischenfrequenzsignals. Da wie bereits beschrieben eine Kurzzeit-Fouriertransformation äquivalent zu einer Filterbank ist, entspricht das komplexe Signal im Zeitbereich an einem Frequenzpunkt des Spektrogramms dem basisbandtransformierten ZF-Signal eines Messempfängers. Zur Erzeugung eines analogen ZF-Signals aus dem Spektrogramm wird an einen wählbaren Frequenzpunkt das komplexe Signal im Zeitbereich extrahiert, und mit dem komplexen Signal s multipliziert und der Realteil gebildet. Das Signal s wird so gewählt, dass durch die Multiplikation das Signal auf eine gewünschte Zwischenfrequenz gemischt wird und mittels eines Digital-Analog-Wandlers in ein analoges Ausgangssignal gewandelt wird.

[0025] Vorzugsweise wird das serielle Signal der Einheit zur Kurzzeit-Fouriertransformation einer digitalen Einheit zugeführt, welche jeweils den Spektralwert für einen wählbaren Frequenzindex entnimmt, in bekannter Weise auf eine höhere Abtastfrequenz interpoliert und an einen Multiplizierer weiterleitet. Das Signal s wird vorzugsweise als werte- und zeitdiskretes Signal aus einem Speicher geladen. Das digitale Zwischenfrequenzsignal wird mittels eines Digital-Analog Wandlers in ein analoges Signal gewandelt.

[0026] Eine weitere vorteilhafte Weiterentwicklung ist die Hinzufügung einer Anordnung zur analogen Ausgabe des Ausgangssignals des Quasi-Spitzenwertdetektors. Zur Erzeugung des Ausgangssignals eines Quasi-Spitzenwertdetektors werden aus dem Spektrogramm an einen wählbaren Frequenzpunkt das komplexe Signal im Zeitbereich extrahiert, und einem digitalen Quasi-Spitzenwertdetektor zugeführt. Die Ausgangsantwort des Quasi-Spitzenwertdetektors wird mittels eines Digital-Analog-Wandlers in ein analoges Signal gewandelt.

[0027] Eine besonders vorteilhafte Anordnung ergibt sich mit der zusätzlichen Kombination mit einem Ana-

log-Digital-Wandler System welches das zu messende Signal mit hoher Dynamik und hohem Signal-Rausch-Abstand digitalisiert. Hierbei wird die Analog-Digital-Wandlung durch mehrere Analog-Digital-Wandler durchgeführt, wobei die Amplitudenbereiche so eingestellt werden, dass das Eingangssignal mit einem maximalen Signal-Rausch-Abstand digitalisiert wird.

[0028] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, die in Figuren schematisch dargestellt sind. Im Einzelnen zeigt:

[0029] Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Anordnung.

[0030] Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer vorteilhaften Weiterentwicklung der Anordnung.

[0031] Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel einer digitalen Einheit die das zu messende Signal bandbegrenzt und die Abtastrate reduziert.

[0032] Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel zur Durchführung der Kurzzeit-Fouriertransformation.

[0033] Fig. 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Spitzenwertdetektormoduls

[0034] Fig. 6 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Mittelwertdetektormoduls

[0035] Fig. 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Effektivwertdetektormoduls

[0036] Fig. 8 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Moduls zur Bestimmung des Quasi-Spitzenwerts

[0037] Fig. 9 zeigt das Blockschaltbild einer vorteilhaften Kombination des erfindungsgemäßen System mit einem Analog-Digital Wandler System welches das Eingangssignal mit höherer Dynamik digitalisiert.

[0038] Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Messsystems. Das digitalisierte Störsignal wird mittels einer digitalen Einheit **1** bandbegrenzt und die Abtastfrequenz reduziert. Das Modul **2** berechnet mittels Kurzzeit Fouriertransformation ein Spektrogramm wobei die Ausgangsdaten seriell ausgegeben werden. Die seriellen Ausgangsdaten werden mittels einer Detektoreinheit **3** von einem oder mehreren Detektoren ausgewertet. Das ausgewertete Spektrum wird in einem Speicher **4** gespeichert.

[0039] Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer vorteilhaften Weiterentwicklung der Anordnung zur Ausgabe eines Zwischenfrequenzsignals, sowie zur Ausgabe der Antwort des Quasi-Spitzenwertdetektors. Die seriellen Ausgangsdaten des Spektro-

gramms werden zum digitalen Abtastmodul **6** geleitet. Das Abtastmodul **6** tastet die Spektralwerte, deren Frequenzindex einem gewählten Frequenzindex entspricht. Die seriellen Ausgangsdaten werden an einen digitalen Quasi-Spitzenwertdetektor **8** weitergeleitet. Das Ausgangssignal des Quasi-Spitzenwertdetektors **8** wird einem Digital-Analog-Wandler **9** zugeführt. Das Ausgangssignal des Digital-Analog-Wandlers **9** ist das analoge Ausgangssignal des Quasi-Spitzenwertdetektors.

[0040] Zur Erzeugung eines analogen Zwischenfrequenzsignals wird das Ausgangssignal des Moduls **6** dem Modul **7** zugeführt. Das Modul **7** erhöht die Abtastrate des Signals durch Interpolation. Es erfolgt die Multiplikation mit dem Signal s welches aus dem Speicher **5** ausgelesen wird. Das Ausgangssignal der Multipliziereinheit **11** wird mittels des Digital-Analog-Wandlers digitalisiert und als analoges Zwischenfrequenzsignal ausgegeben.

[0041] Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine digitale Einheit, welche das Eingangssignal bandbegrenzt und die Abtastrate reduziert. Anordnungen von Dezimationsfiltern sind z. B. in dem Buch „Multirate Digital Signal Processing“ von P. P. Vaidyanathan, Prentice-Hall 1993 dargestellt. Das Eingangssignal wird mittels einer Multiplexereinheit **12** auf mehrere Kanäle aufgeteilt, und gleichzeitig die Datenrate reduziert. Dabei werden die Abtastwerte zyklisch auf alle Kanäle verteilt. Jedem Kanal ist ein FIR Filter **13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20** nachgeschaltet. Die Ausgangssignale werden durch einen Addierer **21** zu einem Kanal zusammengefügt, wobei die Ausgangssignale addiert werden. Das resultierende Signal ist ein bandbegrenztes Signal mit reduzierter Abtastfrequenz.

[0042] Fig. 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer digitalen Einheit zur Durchführung der Kurzzeit-Fouriertransformation. Das Signal wird mittels vier Schieberegistern **22, 23, 24, 25**, welche ein Fünftel der Länge der Länge der Fouriertransformierten haben, verzögert. Dabei werden die Signale zwischen den Schieberegistern, sowie das Eingangssignal zu fünf Multiplizierern **27, 28, 29, 30, 31** weitergeleitet. Die Signale werden jeweils mit der Fensterfunktion **26** multipliziert und seriell den FFT Modulen **32, 33, 34, 35, 36** zugeführt. Mittels der digitalen Einheit **37** werden die seriellen Daten der FFT Module zu einem seriellen Datenstrom zusammengefasst.

[0043] Fig. 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines digitalen Spitzendetektormoduls, welches die seriellen Daten des Spektrogramms des Moduls **2** verarbeitet. Das Modul **2** gibt die seriellen Daten als Spektralwerte $A[k]$ und Frequenzindexwerte k aus. Die digitale Einheit **38** bildet den Betragswert des Eingangswerts $A[k]$. Über den Frequenzindex k wird ein bereits gespeicherter Amplitudenwert aus dem Speicher **39**

geladen und durch den Komparator **40** mit dem Betrag des Eingangswerts verglichen. Ist der Amplitudenwert $|A[k]|$ größer als der aus dem Speicher geladene Wert, so wird der Amplitudenwert $|A[k]|$ unter der Speicheradresse k gespeichert. Dies geschieht so, dass der Schalter **41** das Eingangssignal zum Einleseanschluss des Speichers **39** leitet.

[0044] Fig. 6 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines digitalen Mittelwertdetektormoduls, welches die seriellen Daten des Spektrogramms des Moduls **2** verarbeitet. Das Modul **2** gibt die seriellen Daten als Spektralwerte $A[k]$ und Frequenzindexwerte k aus. Die digitale Einheit **42** bildet den Betragswert des Spektralwertes $A[k]$. Über den Frequenzindex k wird ein Wert aus einem Speicher **43** geladen und durch den Addierer **44** zum Betrag des Spektralwertes addiert. Der Summenwert wird unter der Speicheradresse k im Speicher **43** gespeichert.

[0045] Fig. 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines digitalen Effektivwertdetektormoduls, welches die seriellen Daten des Spektrogramms des Moduls **2** verarbeitet. Das Modul **2** gibt die seriellen Daten als Spektralwerte $A[k]$ und Frequenzindexwerte k aus. Die digitale Einheit **45** bildet das Betragsquadrat des Spektralwertes $A[k]$. Über den Frequenzindex k wird ein Wert aus einem Speicher **47** geladen und durch den Addierer **46** zum Betrag des Spektralwertes addiert. Der Summenwert wird unter der Speicheradresse k im Speicher **47** gespeichert.

[0046] Fig. 8 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Quasi-Spitzenwertdetektors. Aus dem Eingangssignal wird durch die digitale Einheit **57** der Betrag berechnet. Das Signal wird mittels eines Komparators **53** mit dem Zwischensignal s_2 verglichen. Ist das Zwischensignal s_2 größer als das Eingangssignal so erfolgt durch die Multipliziereinheit **48** eine Multiplikation mit 0 . Ist das Zwischensignal s_2 kleiner als das Eingangssignal so erfolgt eine Multiplikation mit einem Faktor der abhängig von der Ladekonstante des Quasi-Spitzenwertdetektors ist. Die Multipliziereinheit **50** führt eine Multiplikation des Zwischensignals mit einem Faktor durch, der durch den Komparator bestimmt wird. Falls das Zwischensignal kleiner als das Eingangssignal ist, so erfolgt die Multiplikation mit einem Wert der abhängig von der Ladekonstante des Quasi-Spitzenwertdetektors ist. Falls das Zwischensignal s_2 größer als das Eingangssignal ist, erfolgt die Multiplikation mit einem Faktor der abhängig von der Entladekonstante des Quasi-Spitzenwertdetektors ist. Das Zwischensignal wird als Eingangssignal für zwei identische kaskadierte IIR-Filter (Infinite Impulse Response Filter) **54, 55** weitergeleitet. Die Koeffizienten können auf bekannte Weise aus der mechanischen Zeitkonstante des Zeigerinstruments eines Quasi-Spitzenwert Detektors hergeleitet werden. Das Ausgangssignal des IIR Filters **55** ist das Ausgangssignal des Quasi-Spitzenwert Detek-

tors. Zur Bestimmung des Quasi-Spitzenwertes wird ein Spitzenwertdetektor **56** nachgeschaltet.

[0047] Fig. 9 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer vorteilhaften Kombination eines Analog-Digital-Wandler Systems zur Digitalisierung von Störsignalen mit einer höheren Dynamik und dem erfindungsgemäßen System.

[0048] Die Erfindung bietet gegenüber dem Stand der Technik Vorteile zur Reduktion der Messzeit, und ermöglicht eine kostengünstige Realisierung. Gegenüber konventionellen Messempfängern lässt sich somit die Messzeit um derzeit 4 Größenordnungen reduzieren, wobei es möglich ist alle Eigenschaften die derzeit in den Normen gefordert sind zu erfüllen. Damit kann ein solches EMV-Zeitbereichsmesssystem für Abnahmemessungen eingesetzt werden. Mit dem gezeigten Verfahren lassen sich somit die Messzeiten für Abnahmemessungen um derzeit 4 Größenordnungen reduzieren. Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens kann durch einen Aufbau in digitaler Logik kostengünstig realisiert werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Messung von Störemissionen in Echtzeit, enthaltend einen oder mehrere Analog-Digital-Wandler, mit welchen das Störsignal digitalisierbar ist, und einen Abtastratenreduzierer (1), welcher dazu eingerichtet ist, die Abtastrate des digitalisierten Störsignals zu reduzieren, wobei der Ausgang des Abtastratenreduzierers (1) mit einem Modul (2) verbunden ist, mit welchem Fourierspektren als serielle Ausgangsdaten (A[k]) und Frequenzpunktindex (k) ausgebar sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Modul (2) Eingangsdaten kontinuierlich zuführbar sind und Ausgangsdaten kontinuierlich ausgebar sind, wobei die Einrichtung unmittelbar mit einem oder mehreren Detektoren (3) verbunden ist, mit welchen das Störsignal auswertbar ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, weiterhin enthaltend ein Abtastmodul (6), welches dazu eingerichtet ist, das Signal im Zeitbereich an einem wählbaren Frequenzpunkt aus dem Spektrogramm zu extrahieren und mittels digitaler Signalverarbeitung weiter zu verarbeiten.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, weiterhin enthaltend eine Einrichtung (7, 5, 11), welche dazu eingerichtet ist, das extrahierte Signal im Zeitbereich digital auf eine Zwischenfrequenz zu mischen und mittels Digital-Analog-Wandler (10) analog bereit zu stellen.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abtastratenreduzierer (1) einen Multiplexer (12) enthält, welchem das digitalisier-

te Störsignal zuführbar ist und mit welchem das Störsignal auf mehrere Kanäle aufteilbar ist, wobei jeder Kanal einen FIR-Filter (13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20) enthält und die Ausgänge der FIR-Filter (13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20) mit einem Addierer (21) verbunden sind, und der Ausgang des Addierers (21) den Ausgang des Abtastratenreduzierers (1) bildet.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, weiterhin enthaltend einen digitalen Quasi-Spitzenwertdetektor (8), welchem das extrahierte Signal zuführbar ist und einen Digital-Analog-Wandler (9), mit welchem das Ausgangssignal des Quasi-Spitzenwertdetektors (8) analog bereitgestellt werden kann.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Modul (2) enthält: eine Mehrzahl von Schieberegistern (22, 23, 24, 25), welche dazu eingerichtet sind, das Signal jeweils um eine vorgebbare Zeit zu verzögern, und eine Mehrzahl von Multiplizierern (27, 28, 29, 30, 31) welchen die verzögerten Signale und das Eingangssignal zuführbar sind, eine Einrichtung (26) zur Erzeugung einer Fensterfunktion, welche den Multiplizierern (27, 28, 29, 30, 31) zuführbar ist, eine Mehrzahl von FFT-Modulen (32, 33, 34, 35, 36), welchen die Ausgangssignale der Multiplizierern (27, 28, 29, 30, 31) zuführbar sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Modul (2) weiterhin eine digitale Einheit (37) enthält, mit welcher die Daten der FFT-Module (32, 33, 34, 35, 36) zu einem seriellen Datenstrom zusammenführbar sind.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Detektor (3) einen Spitzenwertdetektor enthält.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Detektor (3) einen Mittelwertdetektor enthält.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Detektor (3) einen Effektivwertdetektor enthält.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Detektor (3) einen Quasi-Spitzenwertdetektor enthält.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Detektor (3) einen CISPR-Average Detektor enthält.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, welche dazu eingerichtet ist, das Signal einer Knackratenanalyse zu unterziehen.

14. Verfahren zur Messung von Störemissionen in Echtzeit, wobei das Störsignal mittels einem oder mehrerer Analog-Digital-Wandler digitalisiert wird, nachfolgend die Abtastrate des digitalisierten Störsignals reduziert wird und mittels Kurzzeit-Fouriertransformation ein kontinuierliches Spektrogramm mit seriellen Ausgangsdaten ($A[k]$) und Frequenzpunktindex (k) berechnet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Spektrogramm kontinuierlich ausgegeben und unmittelbar mittels eines oder mehrerer Detektoren ausgewertet wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei das Signal im Zeitbereich an einem wählbaren Frequenzpunkt aus dem Spektrogramm extrahiert und mittels digitaler Signalverarbeitung weiterverarbeitet wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei das extrahierte Signal im Zeitbereich digital auf eine Zwischenfrequenz gemischt und mittels Digital-Analog-Wandler (10) analog bereitgestellt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Abtastratenreduktion das digitalisierte Störsignal einem Multiplexer (12) zugeführt und auf mehrere Kanäle aufgeteilt wird, wobei jeder Kanal einen FIR-Filter (13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20) enthält und die Ausgänge der FIR-Filter (13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20) mit einem Addierer (21) zusammengeführt werden, wobei das Ausgangssignal des Addierers (21) der Kurzzeit-Fouriertransformation zugeführt wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, wobei das extrahierte Signal einem digitalen Quasi-Spitzenwertdetektor (8) zugeführt wird und das Ausgangssignal des digitalen Quasi-Spitzenwertdetektors (8) mittels eines Digital-Analog-Wandlers (9) analog bereitgestellt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 14 bis 18, wobei die zeitliche Diskretisierung des Spektrogramms so gewählt wird, dass für jedes extrahierte Signal im Zeitbereich an jedem Frequenzpunkt das Abtasttheorem erfüllt ist.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswertung des Spektrogramms mit einem Spitzenwertdetektor durchgeführt wird.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswertung des Spektrogramms mit einem Mittelwertdetektor durchgeführt wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswertung des Spektrogramms mit einem Effektivwertdetektor durchgeführt wird.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswertung des Spektrogramms mit einem Quasi-Spitzenwertdetektor durchgeführt wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswertung des Spektrogramms mit einem CISPR-Average Detektor durchgeführt wird.

25. Verfahren nach Anspruch 14 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Signal einer Knackratenanalyse unterzogen wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

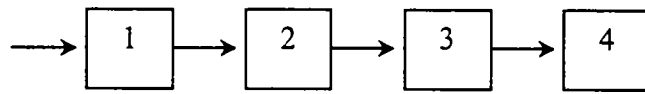


Fig. 1

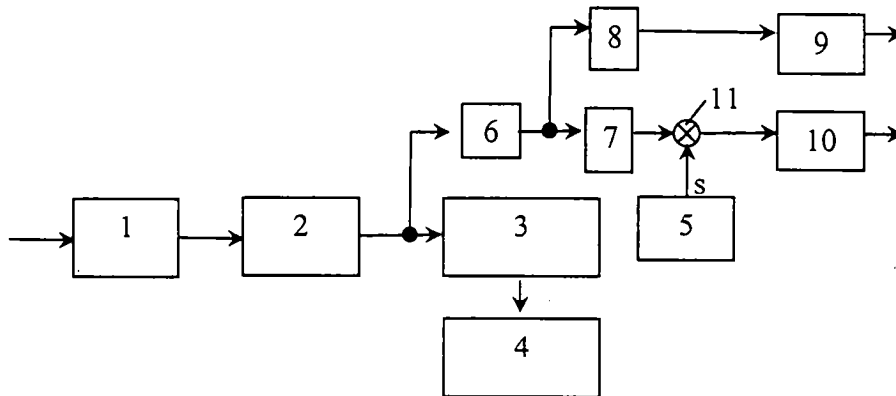


Fig. 2

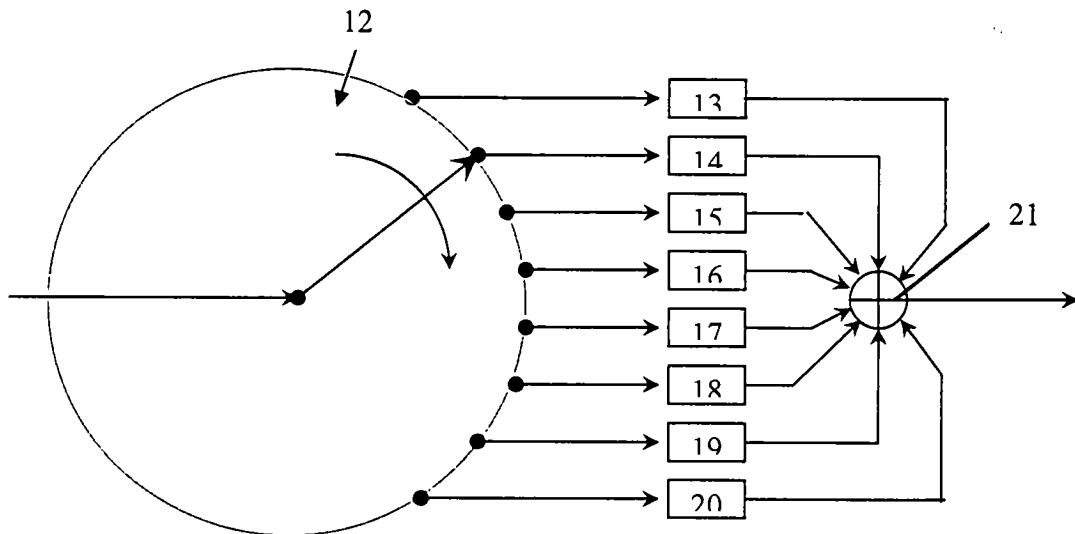


Fig. 3

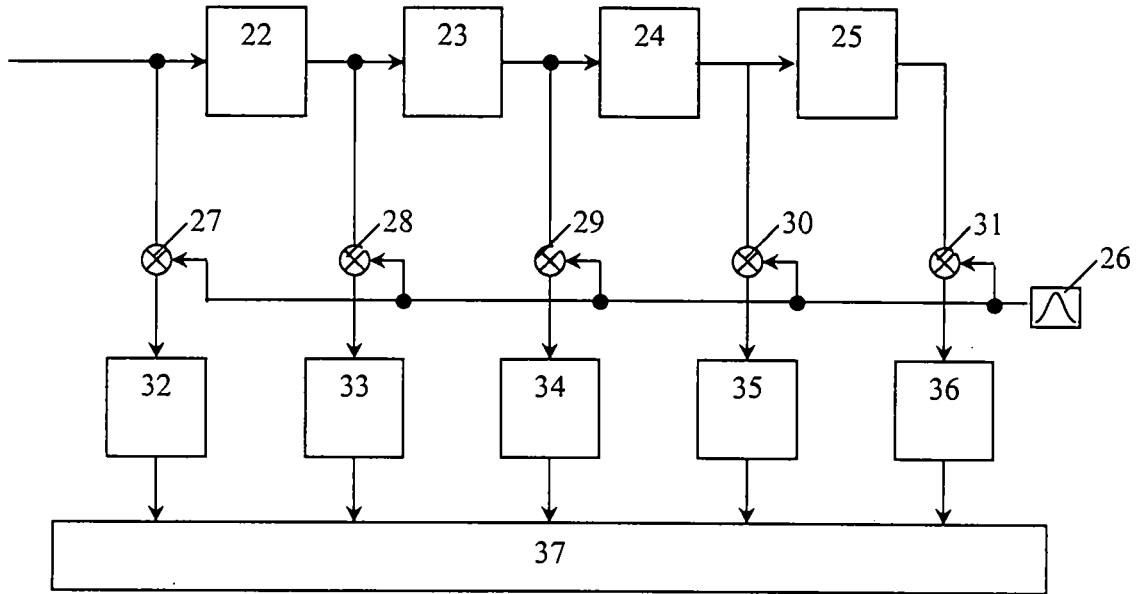


Fig. 4

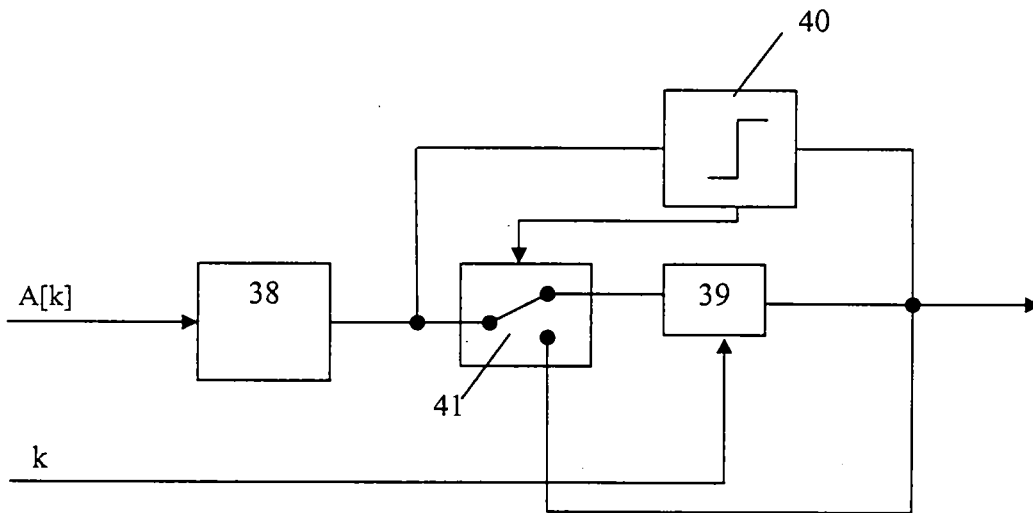


Fig. 5

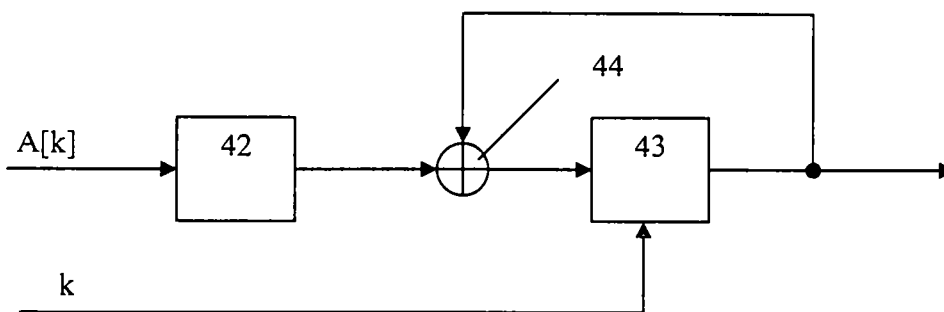


Fig. 6

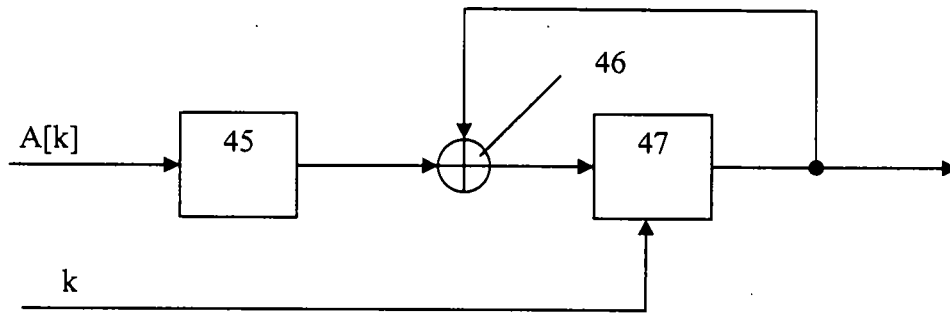


Fig. 7

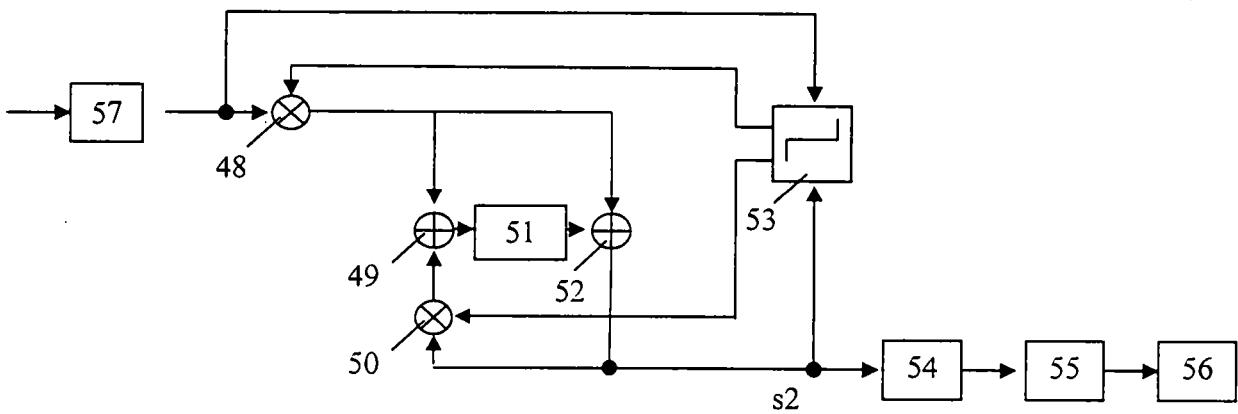


Fig. 8

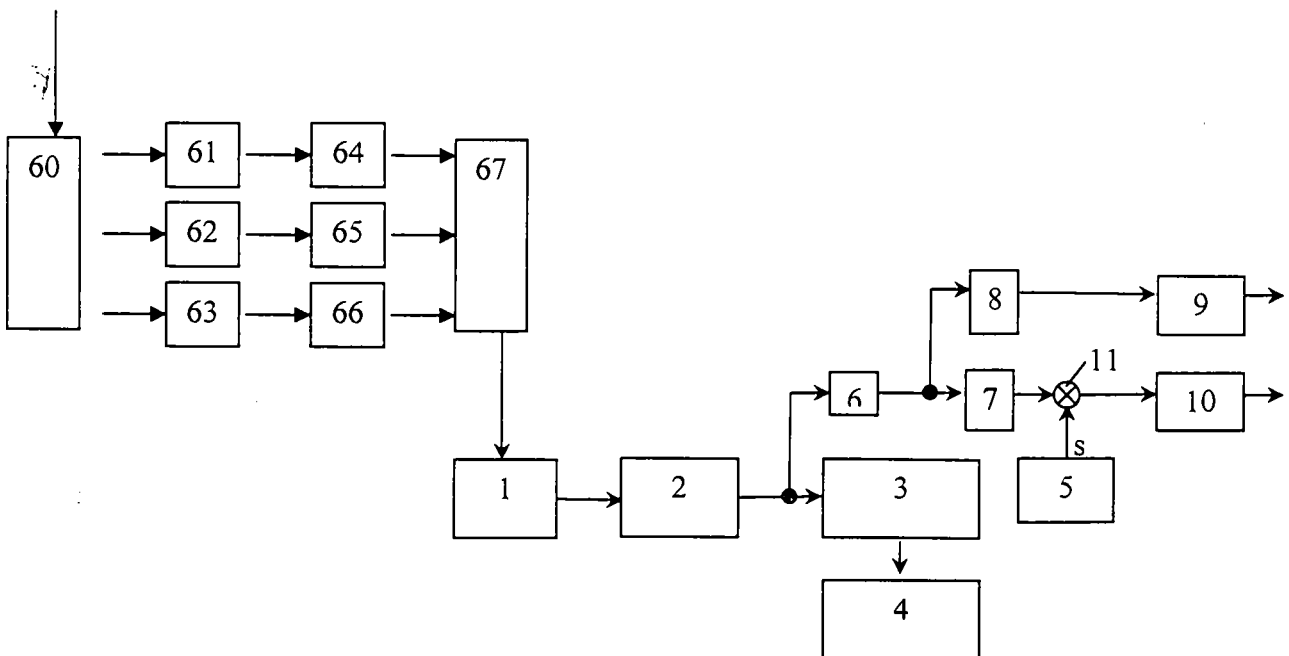


Fig. 9