



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

CH 667 926 A5

Int. Cl.⁴: G 01 R 35/02

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

PATENTCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer: 5897/84

(22) Anmeldungsdatum: 11.12.1984

(30) Priorität(en): 16.12.1983 DE 3345534

(24) Patent erteilt: 15.11.1988

(45) Patentschrift
veröffentlicht: 15.11.1988

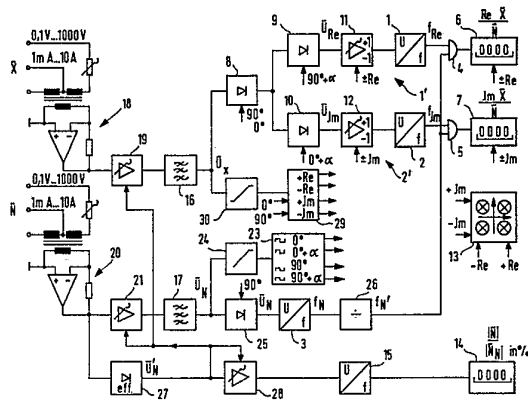
(73) Inhaber:
MWB Messwandler-Bau Aktiengesellschaft,
Bamberg (DE)

(72) Erfinder:
Braun, Andreas, Dr.-Ing., Braunschweig (DE)

(74) Vertreter:
E. Blum & Co., Zürich

(54) Elektronischer Vektormesser.

(57) Der Vektormesser dient zur Bestimmung des Realteils ($\text{Re } X$) und des Imaginärteils ($\text{Im } X$) einer Messgrösse (X) im Vergleich zu einer Bezugsgrösse (N). Durch eine Eingangsschaltung wird eine Messspannung (U_X) erzeugt, aus welcher in einem mit Abtast-/Halte-Verstärkern (8, 9, 10) ausgerüsteten Messwertumformer der Real- und der Imaginärteil ermittelt werden. Durch von einem Regelkreis (23) erzeugte Rechtecksignale wird mit den Abtast-/Halte-Verstärkern (8, 9, 10) eine hohe Abtastgeschwindigkeit bei langer Speicherzeit erzielt. Die gespeicherten Spannungen (U_{Re} , U_{Im}) werden in Frequenzfolgen (f_{Re} , f_{Im}) umgesetzt, welche durch die von der Bezugsgrösse (U_N) abgeleitete Frequenzfolge (f_N) digital dividiert werden. Die auf die Bezugsgrösse (N) bezogenen Real- und Imaginärteile werden als $\text{Re } X/N$ und $\text{Im } X/N$ durch Impulszähler (6, 7) angezeigt. Ausserdem wird das relative Verhältnis aus der Bezugsgrösse (N) zum Endwert des eingestellten Messbereiches (N_N) durch einen weiteren Impulszähler (14) wiedergegeben.



PATENTANSPRÜCHE

1. Elektronischer Vektormesser zur Bestimmung des Real- und des Imaginärteils einer elektrischen Messgrösse im Vergleich zu einer Bezugsgrösse mit einer zur Aufnahme der Mess- und Bezugsgrösse vorgesehenen Eingangsschaltung zur Erzeugung einer Mess- und Bezugsspannung, mit einem der Eingangsschaltung nachgeschalteten Messwertumformer und einer Abtast-/Halte-Verstärkerschaltung, welche zur Ermittlung des Real- und Imaginärteils der Messspannung von Rechtecksignalen angesteuert wird, welche Rechtecksignale von der Bezugsspannung abgeleitet sind und gegenüber dieser Phasenwinkel von 0° und 90° aufweisen, mit einer Divisionsschaltung zur Bildung des Quotienten aus der Messspannung und der Bezugsspannung sowie mit einer digitalen Anzeigeeinrichtung für den Real- und Imaginärteil, dadurch gekennzeichnet, dass für den Realteil und den Imaginärteil der Messspannung ($\tilde{U}_x$) getrennte digitale Divisionen durch die Bezugsspannung ($\tilde{U}_N$) vorgesehen sind, bei welchen die Ausgangsspannungen ($\tilde{U}_{Re}$, $\tilde{U}_{Im}$) der Abtast-/Halte-Verstärkerschaltung jeweils mittels eines Analog-Digital-Umsetzers ($1'$, $2'$) in eine Impulsfolge (f_{Re} , f_{Im}) umgewandelt werden, welche jeweils zusammen mit einer weiteren, von der gleichgerichteten Bezugsspannung ($\tilde{U}_N$) mittels eines Spannungs-Frequenz-Umsetzers (3) erzeugten Impulsfolge (f_N) den Eingängen jeweils eines Und-Gatters (4, 5) zugeführt sind, dessen Ausgang mit einem Impulszähler (6, 7) als digitale Anzeigeeinrichtung verbunden ist, dass die Abtast-/Halte-Verstärkerschaltung aus drei Abtast-/Halte-Verstärkern (8, 9, 10) besteht, wobei die Messspannung ($\tilde{U}_x$) dem Eingang des ersten Abtast-/Halte-Verstärkers (8) und dessen Ausgangsspannung den Eingängen der weiteren Abtast-/Halte-Verstärker (9, 10) zugeführt ist, welche durch gegenüber den 0° - und 90° -Rechtecksignalen, um einen Winkel (α) nacheilende Signale gesteuert sind und deren Haltezeitkonstante grösser als diejenige des ersten Abtast-/Halte-Verstärkers (8) ist.
2. Vektormesser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Analog-Digital-Umsetzer ($1'$, $2'$) als Spannungs-Frequenz-Umsetzer (1, 2) mit einem vorgeschalteten invertierbaren Verstärker (11, 12) ausgebildet ist, welcher in Abhängigkeit von den Vorzeichen des Realteils und des Imaginärteils der Messspannung ($\tilde{U}_x$) durch Schaltsignale ($\pm Re$, $\pm Im$) umschaltbar ist.
3. Vektormesser nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Analog-Digital-Umsetzer ($1'$, $2'$) als bipolarer Spannungs-Frequenz-Umsetzer mit einem Eingangssignalumschalter ausgebildet ist, welcher in Abhängigkeit von den Vorzeichen des Real- und des Imaginärteils der Messspannung ($\tilde{U}_x$) durch Schaltsignale ($\pm Re$, $\pm Im$) umschaltbar ist.
4. Vektormesser nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltsignale ($\pm Re$, $\pm Im$) in zwei Flip-Flops (29) erzeugt werden, deren Dateneingängen eine von der Messspannung ($\tilde{U}_x$) abgeleitete und gegen diese Spannung um 0° phasenverschobene rechteckförmige Spannung und deren Takteingängen die von der Bezugsspannung ($\tilde{U}_N$) abgeleiteten 0° - und 90° -Rechtecksignale zugeführt sind.
5. Vektormesser nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass den Anzeigeeinheiten der Impulszähler (6, 7) die Schaltsignale ($\pm Re$, $\pm Im$) für die Vorzeichen der Messspannung ($\tilde{U}_x$) zugeführt sind.
6. Vektormesser nach einem der Ansprüche 2 oder 3, gekennzeichnet durch eine mit vier lichtemittierenden Dioden versehene Quadrantenanzeige (13), welcher die Schaltsignale ($\pm Re$, $\pm Im$) zur Darstellung der Messgrösse ($\tilde{X}$) in der komplexen Ebene zugeführt sind.
7. Vektormesser nach einem der vorhergehenden

Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine dem Effektivwert der Bezugsgrösse ($\tilde{N}$) entsprechende Gleichspannung ($\tilde{U}_N$) von einer weiteren digitalen Anzeigeeinrichtung (14) als Prozentwert des Messbereichsendwertes der Bezugsgrösse ($\tilde{N}$) anzeigbar ist.

8. Vektormesser nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem Messwertumformer an den Eingängen für die Messspannung ($\tilde{U}_x$) und die Bezugsspannung ($\tilde{U}_N$) jeweils ein Oberschwingungsfilter (16, 17) vorgeschaltet ist.

9. Vektormesser nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem Messwertumformer an den Eingängen für die Messspannung ($\tilde{U}_x$) und die Bezugsspannung ($\tilde{U}_N$) jeweils ein von der Bezugsgrösse ($\tilde{N}$) gesteuerter Verstärker (19, 21) vorgeschaltet ist.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft einen elektronischen Vektormesser zur Bestimmung des Real- und Imaginärteils einer elektrischen Messgrösse im Vergleich zu einer Bezugsgrösse mit einer zur Aufnahme der Mess- und Bezugsgrösse vorgesehenen Eingangsschaltung zur Erzeugung einer Mess- und Bezugsspannung, mit einem der Eingangsschaltung nachgeschalteten Messwertumformer mit einer Abtast-/Halte-Verstärkerschaltung, welche zur Ermittlung des Real- und Imaginärteils der Messspannung von Rechtecksignalen angesteuert wird, welche Rechtecksignale von der Bezugsspannung abgeleitet sind und gegenüber dieser Phasenwinkel von 0° und 90° aufweisen, mit einer Divisionsschaltung zur Bildung des Quotienten aus der Messspannung und der Bezugsspannung sowie mit einer digitalen Anzeigeeinrichtung für den Real- und Imaginärteil.

In der DE-AS 2 746 912 ist ein Vektormesser zur Fehlerbestimmung an Strom- und Spannungswandlern beschrieben. Bei dieser nach dem Differenzverfahren arbeitenden Messeinrichtung wird die komplexe Messspannung von einem Differenzstromwandler und die Bezugsspannung von einem Referenzstromwandler in der Eingangsschaltung erzeugt. Die Divisionsschaltung ist dem Messwertumformer vorgeschaltet und erzeugt mittels eines Zwei-Quadranten-Dividierers den Quotienten aus Mess- und Bezugsspannung, welcher als analoge Messgrösse jeweils den Eingängen von zwei Abtast-/Halte-Verstärkern zugeführt wird.

Zur Erzeugung der Rechtecksignale dient bei dem bekannten Vektormesser vorzugsweise ein phasenstarrer PLL-Regelkreis (Phase Locked Loop). Diese gegenüber der Bezugsspannung um Phasenwinkel von 0° und 90° verschobenen Rechtecksignale steuern jeweils einen der Abtast-/Halte-Verstärker derart, dass die Augenblickswerte der Messspannung zum Zeitpunkt des Scheitelwerts und des Nulldurchgangs der Bezugsspannung gespeichert und als Real- und Imaginärteil der Messspannung von jeweils einem digitalen Spannungsmesser angezeigt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den einleitend beschriebenen Vektormesser so weiterzubilden, dass bei Verwendung kostengünstiger Bauteile ein kleiner Messfehler ohne grossen Aufwand erzielt wird.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass für den Realteil und den Imaginärteil der Messspannung getrennte digitale Divisionen durch die Bezugsspannung vorgesehen sind, bei welchen die Ausgangsspannungen der Abtast-/Halte-Verstärkerschaltung jeweils mittels eines Analog-Digital-Umsetzers in eine Impulsfolge umgewandelt werden, welche jeweils zusammen mit einer weiteren, von der gleichgerichteten Bezugsspannung mittels eines Spannungs-Frequenz-

Umsetzers erzeugten Impulsfolge, den Eingängen jeweils eines Und-Gatters zugeführt sind, dessen Ausgang mit einem Impulzzähler als digitale Anzeigeeinrichtung verbunden ist, dass die Abtast-/Halte-Verstärkerschaltung aus drei Abtast-/Halte-Verstärkern besteht, wobei die Messspannung dem Eingang des ersten Abtast-/Halte-Verstärkers und dessen Ausgangsspannung den Eingängen der weiteren Abtast-/Halte-Verstärker zugeführt ist, welche durch gegenüber den 0°- und 90°-Rechtecksignalen um einen Winkel α nach-eilende Signale gesteuert sind und deren Haltezeitkonstante grösser als diejenige des ersten Abtast-/Halte-Verstärkers ist.

Bei dem erfindungsgemässen Vektormesser wird die Messspannung ohne vorherige Division einem Abtast-/Halte-Verstärker zugeführt, dessen Ausgang mit den Eingängen zweier weiterer Abtast-/Halte-Verstärker verbunden ist. Sämtliche Abtast-/Halte-Verstärker werden von Rechteckspannungen gesteuert, die von der Bezugsspannung abgeleitet sind und gegenüber dieser definierte Phasenwinkel aufweisen. Hierbei werden die Augenblickswerte der Messspannung zur Zeit des positiven Nulldurchgangs und des positiven Scheitelwerts der Bezugsspannung nacheinander im ersten Abtast-/Halte-Verstärker gespeichert und nach einer durch den Phasenwinkel gegebenen Verzögerung von einem der beiden weiteren Abtast-/Halte-Verstärker übernommen. Die gespeicherten Real- und Imaginärteile der Messspannung werden einem Analog-Digital-Umsetzer zugeführt, dessen Ausgang mit je einem Und-Gatter verbunden ist, welches ausserdem von einer zur Bezugsspannung proportionalen Frequenzfolge angesteuert wird. Nach der auf diese Weise durchgeführten digitalen Division der Messspannung durch die Bezugsspannung werden die Ausgangsfrequenzen der Und-Gatter von den beiden Impulzzählern als Real- und Imaginärteil der Messgrösse angezeigt.

Durch die erfindungsgemässe Anordnung kann gegenüber der bekannten Anordnung auf einen analogen Dividierer verzichtet werden. Folglich kann der durch die Betriebseigenschaften der Analogbauelementen bedingte Messfehler erheblich verringert werden. Die Kosten für die zusätzlichen Digitalbausteine sind geringer als die des analogen Dividierers, so dass der erfindungsgemässe Vektormesser mit kleinerem Messfehler kostengünstiger hergestellt werden kann.

Ein geringer Messfehler wird auch dadurch ermöglicht, dass zur Erzeugung der unipolaren Signale für die Spannungs-Frequenz-Umsetzer keine Präzisionsgleichrichter auf der Wechselspannungsseite eingesetzt werden, sondern einfache Verstärker auf der Gleichspannungsseite vorgesehen sind, welche die Ausgangssignale der Abtast-/Halte-Verstärker gegebenenfalls invertieren. Die bei Gleichrichtern im Nulldurchgang der Spannung auftretenden Probleme werden somit vermieden.

Eine vorteilhafte Ausführungsvariante der Erfindung besteht darin, dass der Analog-Digital-Umsetzer als Spannungs-Frequenz-Umsetzer mit einem vorgeschalteten invertierbaren Verstärker ausgebildet ist, welcher in Abhängigkeit von den Vorzeichen des Realteils und des Imaginärteils der Messspannung durch Schaltsignale umschaltbar ist. Durch diese Ansteuerung des vorgeschalteten Verstärkers werden die Eingangssignale gegebenenfalls invertiert, so dass der Spannungs-Frequenz-Umsetzer ausschliesslich unipolare Eingangssignale erhält.

Es ist aber auch möglich, den Analog-Digital-Umsetzer als bipolaren Spannungs-Frequenz-Umsetzer mit einem Eingangssignalumschalter auszubilden, welcher in Abhängigkeit von den Vorzeichen des Real- und des Imaginärteils der Messspannung durch Schaltsignale umschaltbar ist. Hierbei wird die Messspannung je nach Polarität auf einen der Eingänge des Spannungs-Frequenz-Umsetzers umgeschaltet. Diese Anordnung ist gegenüber der vorgenannten Lösung

mit invertierbaren Verstärkern einfacher und kostengünstiger herstellbar.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemässen Vektormessers werden die Schaltsignale in zwei Flip-Flops erzeugt, deren Dateneingängen eine von der Messspannung abgeleitete und gegen diese Spannung um 0° phasenverschobene rechteckförmige Spannung und deren Takteingängen die von der Bezugsspannung abgeleiteten 0°- und 90°-Rechtecksignale zugeführt sind. Zur Erzeugung der den Dateneingängen zugeführten Rechteckspannung dient eine Amplitudenbegrenzerschaltung.

Weiterhin ist es zweckmässig, den Anzeigeeinheiten der Impulzzähler die Schaltsignale für die Vorzeichen der Messspannung zuzuführen. Somit dienen die Schaltsignale einerseits zur Ansteuerung der Verstärker oder des Eingangssignalumschalters und andererseits zur Anzeige der Vorzeichen von Real- und Imaginärteil der Messspannung.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel ist vorteilhafterweise durch eine mit vier lichtemittierenden Dioden versehene Quadrantenanzeige gekennzeichnet, welcher die Schaltsignale zur Darstellung der Messgrösse in der komplexen Ebene zugeführt sind. Hierbei ist jeder Quadrant der komplexen Ebene durch eine Leuchtdiode dargestellt. Auf diese Weise kann die Vektorlage der Messgrösse unmittelbar abgelesen und beurteilt werden.

Günstig ist es auch, wenn eine dem Effektivwert der Bezugsgrösse entsprechende Gleichspannung von einer weiteren digitalen Anzeigeeinrichtung als Prozentwert des Messbereichsendwertes der Bezugsgrösse anzeigbar ist. Auf diese Weise kann die Forderung nach dem Umschalten in den nächsten Messbereich sofort erkannt werden, so dass fehlerhafte Messungen verhindert werden.

Es empfiehlt sich, dem Messwertumformer an den Eingängen für die Messspannung jeweils ein Oberschwingungsfilter vorzuschalten. Auch durch diese Massnahme werden ungenaue Messungen infolge Oberschwingungen in der Messspannung oder in der Bezugsspannung vermieden.

Vorteilhaft ist es schliesslich auch, wenn dem Messwertumformer an den Eingängen für die Messspannung und die Bezugsspannung jeweils ein von der Bezugsgrösse gesteuerter Verstärker vorgeschaltet ist. Hierdurch ergibt sich eine automatische Messbereichsumschaltung und damit eine erhöhte Betriebssicherheit.

Die Erfindung wird anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels nachstehend näher erläutert.

Die einzige Figur der Zeichnung zeigt ein Blockschaltbild des erfindungsgemässen Vektormessers.

Der in der Zeichnung dargestellte Vektormesser dient zur Bestimmung des Real- und des Imaginärteils sinusförmiger Wechselspannungen oder Wechselstromstärken im Frequenzbereich von vorzugsweise 15 Hz bis 400 Hz. Die Eingangsschaltung zur Aufnahme der Messgrösse $\tilde{X}$ besteht im wesentlichen aus einem elektronisch-fehlerkompensierten Stromwandler 18, durch den eine Eingangsspannung oder ein Eingangsstrom in eine zur Weiterverarbeitung geeignete Spannung umgewandelt wird. Diese Spannung wird einem umschaltbaren Verstärker 19 und einem Oberschwingungsfilter 16 zugeführt, so dass sich eine Messspannung $\tilde{U}_x$ am Eingang eines Messwertumformers ergibt.

In gleicher Weise ist die Eingangsschaltung für die Bezugsgrösse $\tilde{N}$ aufgebaut. Die Bezugsgrösse $\tilde{N}$ wird über einen elektronisch-fehlerkompensierten Stromwandler 20, einen nachgeschalteten Verstärker 21 sowie einen weiteren Oberschwingungsfilter 17 in eine Bezugsspannung $\tilde{U}_N$ umgewandelt. Von der Bezugsspannung $\tilde{U}_N$ werden mittels eines phasenstarken Regelkreises 23 (Phase Locked Loop), dem ein Amplitudenbegrenzer 24 vorgeschaltet ist, Rechtecksignale abgeleitet,

deren Phasenlage gegenüber der Bezugsspannung $\bar{U}_N$ um Phasenwinkel von 0° , $0^\circ + \alpha$, 90° und $90^\circ + \alpha$ verschoben sind. Diese Rechteckspannungen dienen zur Ansteuerung einer mit den Abtast-/Halte-Verstärkern 8, 9 und 10 versehenen Schaltung.

Mit dem Ausgang des Oberschwingungsfilters 17 sind ein phasengesteuerter Gleichrichter 25, ein Spannungs-Frequenz-Umsetzer 3 mit einer Konstante 10,24 kHz/V sowie eine Teilerschaltung 26 mit einem Teilungswert 1024 in Reihe geschaltet.

Am Ausgang des Stromwandlers 20 ist weiterhin die Reihenschaltung eines Effektivwertgleichrichters 27, eines umschaltbaren Verstärkers 28 mit den Verstärkungsfaktoren $\times 1$ und $\times 10$, eines Spannungs-Frequenz-Umsetzers 15 und einer digitalen Anzeigeeinrichtung 14 angeschlossen. Die zur Bezugsgrösse $\bar{N}$ proportionale Gleichspannung $\bar{U}_N$ am Ausgang des Effektivwertgleichrichters 27 wird einerseits von der Anzeigeeinrichtung 14 digital angezeigt und dient andererseits zur Ansteuerung und automatischen Umschaltung der Verstärker 19 und 21 auf die Verstärkungsfaktoren $\times 1$, $\times 4$, $\times 16$ und $\times 64$.

Der am Ausgang des Oberschwingungsfilters 16 angeschlossene Messwertumformer besteht im wesentlichen aus einem Abtast-/Halte-Verstärker 8, dessen Ausgang in einen Zweig für den Realteil und in einen weiteren Zweig für den Imaginärteil der Messspannung $\bar{U}_x$ aufgegliedert ist. Der Zweig für den Realteil umfasst die Reihenschaltung eines weiteren Abtast-/Halte-Verstärkers 9, eines invertierbaren Verstärkers 11 und eines Spannungs-Frequenz-Umsetzers 1 mit der Konstanten 10 Hz/V. Der Ausgang des Spannungs-Frequenz-Umsetzers 1 ist mit dem Eingang eines Und-Gatters 4 verbunden, an dessen zweitem Eingang der Ausgang der Teilerschaltung 26 angeschlossen ist. Der Ausgang des Und-Gatters 4 ist zu einem Impulszähler 6 geführt.

Der Zweig für den Imaginärteil ist in gleicher Weise ausgeführt und besteht aus einem Abtast-/Halte-Verstärker 10, einem invertierbaren Verstärker 12 sowie einem Spannungs-Frequenz-Umsetzer 2 (10 kHz/V), welcher mit einem weiteren Und-Gatter 5 verbunden ist, dessen zweiter Eingang ebenfalls mit der Teilerschaltung 26 in Verbindung steht. Der Zweig für den Imaginärteil endet mit einem Impulszähler 7.

Zur Steuerung der Komponenten des Messwertumformers sind zwei Flip-Flop 29 vorgesehen, deren Dateneingänge über einen Amplitudenbegrenzer 30 mit dem Ausgang des Oberschwingungsfilters 16 und deren Takteingänge mit den Ausgängen für die 0° - und 90° -Signale des Regelkreises 23 verbunden sind. Die von den Flip-Flops 29 erzeugten Schaltsignale $\pm Re$, $\pm Im$ werden den Verstärkern 11, 12 sowie den Impulszählern 6, 7 zugeführt. Zur Steuerung des Messwertumformers werden ausserdem die 0° - und 90° -Rechtecksignale zum Abtast-/Halte-Verstärker 8 und die $(0^\circ + \alpha)$ - und $(90^\circ + \alpha)$ -Rechtecksignale des Regelkreises 23 zu den Abtast-/Halte-Verstärkern 10 bzw. 9 geführt.

Weiterhin ist der Vektormesser mit einer Quadrantenanzeige 13 ausgerüstet, welche zur optischen Lageanzeige von $\bar{U}_x$ zu $\bar{U}_N$ mit jeweils einer von den Schaltsignalen $\pm Re$, $\pm Im$ angesteuerten Matrix aus vier Und-Gattern und vier Leuchtdioden versehen ist.

Zur Anzeige der Vorzeichen des Real- und des Imaginärteils der durch die Bezugsgrösse $\bar{N}$ dividierten Messgrösse $\bar{X}$ werden die Schaltsignale $\pm Re$ zum Impulszähler 6 und die Schaltsignale $\pm Im$ zum Impulszähler 7 geführt.

Bei dem erfindungsgemässen Vektormesser können die Messgrösse $\bar{X}$ und die Bezugsgrösse $\bar{N}$ als Spannungen zwischen 0,1 V und 1000 V oder als Ströme mit Stromstärken zwischen 1 mA und 10 A den jeweiligen Eingangsschaltungen zugeführt werden. Aus diesen Eingangsgrössen wird

die an den Ausgängen der Oberschwingungsfilter 16 und 17 abgreifbare Messspannung $\bar{U}_x$ bzw. Bezugsspannung $\bar{U}_N$ erzeugt. Die Amplituden dieser Wechselspannungen erhalten durch die automatisch umschaltbaren Verstärker 19 bzw. 21 einen für die Weiterverarbeitung geeigneten Wert.

Zur Darstellung des Realteils $Re \bar{X}/\bar{N}$ im oberen Zweig des Messwertumformers gemäss der Zeichnung wird der Momentanwert der Messspannung $\bar{U}_x$ durch den Abtast-/Halte-Verstärker 8 zum Zeitpunkt des positiven Scheitelwerts der Bezugsspannung $\bar{U}_N$ gespeichert. Dieser Augenblick entspricht dem vom Regelkreis 23 gelieferten Phasenwinkel von 90° . Nach einer Phasenverschiebung wird dieser Momentanwert vom Abtast-/Halte-Verstärker 9 gespeichert und steht dort als Gleichspannung $\bar{U}_{Re}$ für die Weiterverarbeitung zur Verfügung.

Die Ermittlung des Imaginärteils $Im \bar{X}/\bar{N}$ erfolgt im unteren Zweig des Messwertumformers gemäss der Zeichnung. Der vom Abtast-/Halte-Verstärker 8 gespeicherte Momentanwert der Messspannung $\bar{U}_x$ zum Zeitpunkt des positiven Nulldurchgangs der Bezugsspannung $\bar{U}_N$, also beim Phasenwinkel 0° , wird ebenfalls nach einer Phasenverschiebung α vom Abtast-/Halte-Verstärker 10 als Gleichspannung $\bar{U}_{Im}$ übernommen. In dem gewählten Beispiel beträgt der Winkel $1/16$ der Periodendauer der Bezugsspannung $\bar{U}_N$. Hierdurch ist gewährleistet, dass die Abtast-/Halte-Verstärker 9 und 10 bei ausreichender Zeit für den Speichervorgang im Abtast-/Halte-Verstärker 8 die vorgenannten Momentanwerte nacheinander übernehmen können.

Während dem Abtast-/Halte-Verstärker 8 nur eine vergleichsweise kurze Abtast- bzw. Speicherzeit zur Verfügung steht, sind die Gleichspannungen $\bar{U}_{Re}$ und $\bar{U}_{Im}$ längere Zeit unveränderlich, so dass diese von den nachgeschalteten Bauelementen sicher weiterverarbeitet werden können. Bei negativer Polarität der Gleichspannung $\bar{U}_{Re}$ oder $\bar{U}_{Im}$ wird die Spannung von den Verstärkern 11 bzw. 12 invertiert, so dass an den Eingängen der Spannungs-Frequenz-Umsetzer 1 und 2 nur positive Signale anliegen. Durch die Spannungs-Frequenz-Umsetzer 1 und 2 werden die Gleichspannungen $\bar{U}_{Re}$ und $\bar{U}_{Im}$ proportionale Folgefrequenzen f_{Re} und f_{Im} erzeugt, welche zu den Eingängen der Und-Gatter 4 bzw. 5 geführt werden. Dem jeweils zweiten Eingang der Und-Gatter 4 und 5 wird die Frequenzfolge f_N zugeführt, welche von der Bezugsspannung $\bar{U}_N$ mittels Gleichrichtung und Spannungs-Frequenz-Umformung in bekannter Weise abgeleitet wird. Auf diese Weise findet eine digitale Division des $Re \bar{X}$ bzw. $Im \bar{X}$ durch $\bar{N}$ statt. Eine geeignete Taktfrequenz der Gatter ermöglicht somit die Anzeige von $Re \bar{X}/\bar{N}$ und $Im \bar{X}/\bar{N}$ durch die Impulszähler 6 und 7.

Zur Bestimmung der Absolutwerte des Real- und des Imaginärteils ist der Betragswert der Bezugsgrösse $\bar{N}$ erforderlich. Dieser Betragswert wird aus dem gleichgerichteten Effektivwert $\bar{U}_N$ der Bezugsgrösse $\bar{N}$ und dem Verstärkungsfaktor des Verstärkers 28 ermittelt und von der digitalen Anzeigeeinrichtung 14 relativ zum eingestellten Bereichswert $\bar{N}_N$ als $\bar{N}/\bar{N}_N$ in % angezeigt.

Insbesondere durch den weitgehenden Verzicht auf Analogbausteine und durch die digitale Division konnte mit dem erfindungsgemässen Vektormesser eine Messunsicherheit von zumindest 0,1% erreicht werden. Da der Vektormesser die Messung von Spannungs- und Stromstärkeverhältnissen, Impedanzen und Admittanzen gestattet, ergeben sich als Anwendungsbeispiele die Bestimmung von Scheinwiderstand bzw. -leitwert von Messwandlerbürden, Übersetzungsfehlern von Messwandlern, Kapazitäten und Verlustfaktoren von Kondensatoren, Leistungsfaktoren in Drehstromnetzen, Leerlaufverlusten von Transformatoren und Motoren sowie Frequenzgängen von Filtern.

