



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

51 Int. Cl.³: G 06 G
// G 01 R

7/20
21/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



12 **PATENT SCHRIFT** A5

11

620 534

21 Gesuchsnummer: 11390/77

22 Anmeldungsdatum: 19.09.1977

30 Priorität(en): 30.09.1976 DE 2644247

24 Patent erteilt: 28.11.1980

45 Patentschrift
veröffentlicht: 28.11.1980

73 Inhaber:
Siemens Aktiengesellschaft, Berlin und München,
München 2 (DE)

72 Erfinder:
Gerhard Spiesberger, Karlsruhe (DE)

74 Vertreter:
Siemens-Albis Aktiengesellschaft, Zürich

54 **Schaltungsanordnung zum analogen Errechnen des Leistungsfaktors.**

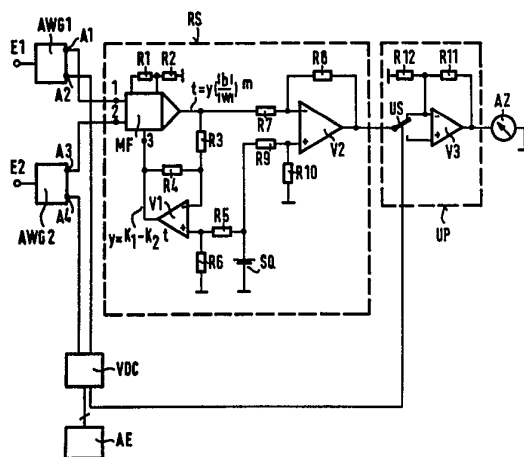
57 Zum analogen Errechnen des Leistungsfaktors $\cos \varphi$ wird nicht die exakte Formel, sondern die Näherungsformel

$$E = K_0 - \frac{K_1 \left(\frac{b}{w}\right)^m}{1 + K_2 \left(\frac{b}{w}\right)^m}$$

nachgebildet. Hierzu wird ein Baustein eingesetzt, der in Abhängigkeit des elektrischen Signals b für die Blindleistung, des Signals w für die Wirkleistung sowie des Ausgangssignals y einer ersten Subtrahierschaltung ein Signal mit dem Wert

$$t = y \left(\frac{b}{w}\right)^m$$

abgibt, wobei der Exponent m durch die Werte von zwei an den Baustein (MF) angeschlossenen Widerständen (R_1 , R_2) bestimmt ist. Die erste Subtrahierschaltung (V_1) bildet die Differenz zwischen einer konstanten Spannung K_1 und der mit einem Faktor K_2 multiplizierten Ausgangsspannung t des Bausteins (MF), und eine zweite Subtrahierschaltung gibt als Näherungssignal für den Leistungsfaktor $\cos \varphi$ die Differenz zwischen einer weiteren konstanten Spannung K_0 und der Ausgangsspannung t des Bausteins (MF) ab.



PATENTANSPRÜCHE

1. Schaltungsanordnung zum analogen Errechnen des Leistungsfaktors $\cos \varphi$ aus einem elektrischen Signal b für die Blindleistung und einem elektrischen Signal w für die Wirkleistung unter Verwendung von Rechenbausteinen, dadurch gekennzeichnet, dass ein Baustein (MF) vorgesehen ist, dessen erstem Eingang (1) das der Blindleistung entsprechende Signal b , dessen zweitem Eingang (2) das der Wirkleistung entsprechende Signal w und dessen drittem Eingang (3) von einer ersten Subtrahierschaltung (V1) ein Signal y zugeführt ist und der ein Signal mit dem Wert

$$t = y \left(\frac{b}{w} \right)^m$$

abgibt, wobei der Exponent m durch die Werte von zwei an den Baustein (MF) angeschlossenen Widerständen (R_1 , R_2) bestimmt ist, dass der invertierende Eingang (-) der Subtrahierschaltung (V1) mit dem Ausgang des Bausteins (MF) verbunden ist und die Subtrahierschaltung (V1) als Ausgangssignal y die Differenz zwischen einer konstanten Spannung K_1 und der mit einem Faktor K_2 multiplizierten Ausgangsspannung t des Bausteins (MF) liefert, und dass eine zweite Subtrahierschaltung (V2) vorgesehen ist, deren invertierender Eingang (-) an den Ausgang des Bausteins (MF) angeschlossen ist und welche die Differenz zwischen einer weiteren konstanten Spannung K_0 und der Ausgangsspannung t des Bausteins (MF) als Näherungssignal für den Leistungsfaktor $\cos \varphi$ abgibt.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die konstante Spannung K_0 den Wert Eins hat.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die konstante Spannung K_1 etwa gleich 0,46, der Faktor K_2 etwa gleich 0,58 und der Exponent m etwa gleich 1,93 ist.

4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die konstante Spannung K_1 und der Faktor K_2 etwa gleich 0,4 und der Exponent m etwa 1,5 ist.

5. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass den Eingängen (1, 2) des Rechenbausteins (MF), denen die Signale für die Blind- und die Wirkleistung zugeführt sind, Absolutwertgeber (AWG1, AWG2) vorgeschaltet sind.

6. Schaltungsanordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Absolutwertgeber (AWG1, AWG2) Vorzeichendiskriminatoren enthalten, die das Vorzeichen der den Absolutwertgebern (AWG1, AWG2) zugeführten Signale kennzeichnende Signale erzeugen und an die eine Vorzeichenlogik (VDC) angeschlossen ist.

7. Schaltungsanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass an die zweite Subtrahierschaltung (V2) eine von der Vorzeichenlogik (VDC) gesteuerte Umpolschaltung (UP) angeschlossen ist.

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zum analogen Errechnen des Leistungsfaktors $\cos \varphi$ aus einem elektrischen Signal b für die Blindleistung und einem elektrischen Signal w für die Wirkleistung unter Verwendung von Rechenbausteinen.

Bezeichnet man die Grösse der Wirkleistung mit w und die der Blindleistung mit b , so beträgt der Leistungsfaktor bekanntlich

$$\cos \varphi = \frac{w}{\sqrt{w^2 + b^2}}$$

Schaltungen zum Errechnen des Leistungsfaktors stellen im allgemeinen eine Nachbildung dieser Formel dar. Sie enthalten daher Quadrier-, Dividier-, Addier- und Radizierschaltungen. Da sich die Fehler der einzelnen Bausteine von Rechenschaltungen addieren können, müssen wegen der grossen Zahl der eingesetzten Rechenbausteine an diese hohe Genauigkeitsanforderungen gestellt werden, damit der Leistungsfaktor mit ausreichender Genauigkeit errechnet wird.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung zum Errechnen des Leistungsfaktors $\cos \varphi$ zu schaffen, die sich durch ihre Einfachheit bei ausreichender Genauigkeit auszeichnet.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe mit den im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Schaltungsmassnahmen gelöst.

Rechenbausteine, welche bei Zufuhr von Signalen y , b , w , m ein Ausgangssignal mit dem Wert

$$t = y \left(\frac{b}{w} \right)^m$$

abgeben, sind als sogenannte multifunction-Bausteine im Handel. Die gemäss dem Anspruch 1 aufgebaute Schaltung gibt ein Signal a , dessen Wert E beträgt:

$$E = K_0 - \frac{K_1 \left(\frac{b}{w} \right)^m}{1 + K_2 \left(\frac{b}{w} \right)^m}$$

Der Erfindung liegt somit der Gedanke zugrunde, dass es in der Praxis nicht erforderlich ist, den Leistungsfaktor mathematisch exakt und im gesamten möglichen Wertebereich zu errechnen, sondern dass es genügt, eine Schaltungsanordnung zu verwenden, deren Übertragungsfunktion der exakten mathematischen Funktion nur angenähert ist, und dies gegebenenfalls nur in einem beschränkten Wertebereich, z. B. im Bereich von $\cos \varphi = 0,5$ bis 1.

Die Konstantenspannungen werden zweckmässig in der Weise bestimmt, dass für bestimmte Werte des Verhältnisses b/w die Näherungsfunktion gleich der exakten Funktion ist. Soll z. B. für das Verhältnis $b/w = 0$ die Näherungsfunktion ebenso wie die exakte Funktion Eins sein, so hat die Konstantenspannung K_0 den Wert 1. Soll die Näherungsfunktion für Verhältnisse b/w von 0 bis ∞ gelten, so betragen vorteilhaft die konstante Spannung K_1 und der Faktor K_2 etwa 0,4 und der Exponent m etwa 1,5. Die maximale Abweichung der Näherungsfunktion von der exakten Funktion beträgt in diesem Falle etwa 2,5%. Mit bekannten Iterationsverfahren lassen sich die Konstanten genauer bestimmen. Man erhält dann für die Spannung K_1 und den Faktor K_2 0,4035 und für den Exponenten m 1,4762.

Je enger man den Bereich wählt, in dem die Näherungsfunktion gültig sein soll, um so geringer wird die Abweichung. Beschränkt man sich auf den in der Praxis ausreichenden Bereich des Verhältnisses b/w von 0 bis 1,7 und wählt man $K_1 = 0,46$, $K_2 = 0,58$ und $m = 1,93$, so sind die Abweichungen kleiner als 0,085%.

Anhand der Zeichnung, in der das Schaltbild eines Ausführungsbeispiels dargestellt ist, werden im folgenden die Erfindung sowie weitere Vorteile und Ausgestaltungen näher beschrieben und erläutert.

Über einen Eingang E1 wird ein elektrisches Signal, dessen Wert b der an einen Verbraucher abgegebenen Blindleistung entspricht, einem Absolutwertgeber AWG1 zugeführt, der an einem Ausgang A1 unabhängig von der Polarität des Eingangssignals stets ein positives Ausgangssignal, dessen Grösse $|b|$ zur Grösse des Eingangssignals proportional ist, und an einem zweiten Ausgang A2 ein binäres, das Vorzeichen des Eingangssignals kennzeichnendes Signal abgibt. Er besteht im wesentli-

chen aus einem Gleichrichter, an den der Ausgang A1 angeschlossen ist, und aus einem Vorzeichendiskriminator, mit dessen Ausgang der Ausgang A2 verbunden ist.

Einem Eingang E2 wird ein Signal zugeführt, dessen Grösse w der Wirkleistung entspricht. Dieses Signal gelangt auf einen zweiten Absolutwertgeber AWG2, der in gleicher Weise wie der Absolutwertgeber AWG1 aufgebaut ist, der also über einen Ausgang A3 ein positives Signal der Grösse $|w|$ und über einen Ausgang A4 ein das Vorzeichen des Eingangssignals kennzeichnendes binäres Signal abgibt.

Die Signale mit den Grössen $|b|$ und $|w|$ werden Eingängen 1 und 2 eines in einer gestrichelt gezeichneten Rechenschaltung RS enthaltenen Rechenbausteins MF zugeführt, der von einem Verstärker V1 über einen dritten Eingang 3 ein weiteres Signal der Grösse y erhält. Er ist mit zwei Widerständen R1 und R2 beschaltet. Aus den drei ihm zugeführten Signalen bildet er ein Ausgangssignal, dessen Grösse

$$t = y \left(\frac{|b|}{|w|} \right)^m$$

ist. Die Grösse des Exponenten m ist durch die Werte der Widerstände R1 und R2 bestimmt. Derartige Bausteine sind handelsüblich.

An den Ausgang des Rechenbausteins MF ist über einen Widerstand R3 der invertierende Eingang des Verstärkers V1 angeschlossen, der über einen Widerstand R4 gegengekoppelt ist. Sein nichtinvertierender Eingang liegt am Abgriff eines Spannungsteilers mit Widerständen R5 und R6, der von einer Spannungsquelle SQ gespeist ist. Die Grösse y des Ausgangssignals des Verstärkers V1 beträgt demnach $K_1 - K_2 t$, wobei die Konstante K_2 durch das Verhältnis des Widerstandes R4 zum Widerstand R3 und die Konstante K_1 durch die Widerstände R3, R4, R5 und R6 bestimmt ist.

Das Ausgangssignal des Rechenbausteins MF ist ferner über einen Widerstand R7 dem invertierenden Eingang eines weiteren Verstärkers V2 zugeführt, der über einen Widerstand R8 gegengekoppelt ist und dessen nichtinvertierender Eingang am Abgriff eines Spannungsteilers mit Widerständen R9 und R10 liegt. Dieser ist mit dem Widerstand R9 an die Spannungsquelle SQ, deren Ausgangsspannung den Wert Eins hat, und andererseits mit dem Widerstand R10 an Masse angeschlossen. Im Ausführungsbeispiel sind die Werte der Widerstände R7 und R8 gleich, so dass der Verstärker V2 den Verstärkungsgrad Eins hat. Sind die Werte der Widerstände R7 und R8 sowie die der Widerstände R9 und R10 gleich, so hat das Ausgangssignal des Verstärkers V2 den Wert

$$E = 1 - \frac{K_1 \left(\frac{|b|}{|w|} \right)^m}{1 + K_2 \left(\frac{|b|}{|w|} \right)^m}.$$

Die Rechenschaltung RS gibt ein Signal ab, dessen Grösse vom Verhältnis der Blindleistung b zur Wirkleistung w nach einer Funktion abhängt, die der Funktion

$$\cos \varphi = \frac{w}{\sqrt{w^2 + b^2}}$$

angenähert ist. Die Konstanten K_1 , K_2 und m dieser Näherungsfunktion werden so gewählt, dass die mathematischen Abweichungen der Näherungsfunktion von der exakten Funktion $\cos \varphi$ möglichst gering sind. In der Praxis ist es ausreichend, die exakte Funktion in einem Bereich des Verhältnisses b/w anzunähern, der von 0 bis etwa 1,7 reicht. Dies entspricht einem Bereich des $\cos \varphi$ von 1 bis 0,5. In einem Ausführungsbeispiel wurde für diesen Fall $K_1 = 0,4628$, $K_2 = 0,5805$ und $m = 1,9287$ gewählt und damit ein maximaler Fehler von 0,085% erzielt. Werden einer Rechenschaltung mit diesen Konstanten Eingangssignale zugeführt, deren Verhältnis b/w grösser als 1,7 ist, so steigt zwar die Abweichung von der exakten Funktion an, die Näherungsfunktion fällt aber wie die exakte Funktion stetig ab, so dass, wenn der Ausgangswert der Rechenschaltung kleiner als 0,5 sein sollte, dies am Ausgangssignal erkannt werden kann.

Bei Vergrössern oder Verkleinern des Messbereiches für das Verhältnis b/w sind die Konstanten K_1 , K_2 und m dem neuen Messbereich anzupassen. Bei Verkleinern des Messbereichs ergibt sich dadurch ein kleinerer maximaler Fehler, bei Vergrössern des Messbereichs ein grösserer maximaler Fehler. Bei einem Messbereich von 0 bis ∞ ist der Fehler kleiner als 2,5%.

Die Rechenschaltung RS kann nur positive Werte verarbeiten. Aus diesem Grunde sind ihr die Absolutwertgeber AWG1 und AWG2 vorgeschaltet. Die an den Ausgängen A2 und A4 auftretenden, die Vorzeichen der Eingangssignale kennzeichnenden binären Signale sind einem Vorzeichendecoder VDC zugeführt, der aus der ihm zugeführten Signalkombination erkennt, welche Polaritäten die Signale für die Blind- und die Wirkleistung haben. An ihn ist eine Anzeigeeinheit AE angeschlossen, welche den Quadranten, in welchem sich die Eingangssignale befinden, anzeigen kann.

Der Vorzeichendecoder VDC steuert ferner einen Umschalter US an, der in einer Umpolschaltung UP enthalten ist. Je nach Schalterstellung ist das Ausgangssignal der Rechenschaltung RS dem invertierenden oder nichtinvertierenden Eingang eines Verstärkers V3 zugeführt, der über Widerstände R11, R12 gegengekoppelt ist. Je nach Polarität der Eingangssignale ist daher das Ausgangssignal der Umpolschaltung UP, das einem Anzeigegerät AZ zugeführt ist, positiv oder negativ.

Fehler von Rechenschaltungen entstehen u. a. dadurch, dass die Bausteine die gewünschte mathematische Funktion nicht exakt realisieren und dass Verschiebungen des Nullpunkts und von Konstanten auftreten können. Wegen der geringen Anzahl von Bauelementen der Rechenschaltung RS im Vergleich zu den Schaltungen, mit welchen die Funktion

$$\cos \varphi = \frac{w}{\sqrt{w^2 + b^2}}$$

exakt nachgebildet wird, werden diese Fehler derart verringert, dass der Fehler, der durch die Realisierung einer Näherungsfunktion entsteht, zumindest kompensiert wird.

