



⑫ FASCICULE DU BREVET A5

615 279

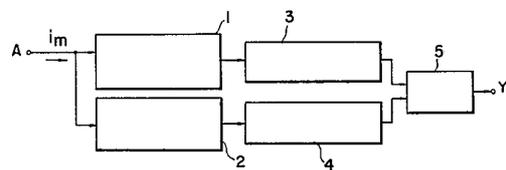
<p>⑲ Numéro de la demande: 10874/76</p> <p>⑳ Date de dépôt: 27.08.1976</p> <p>㉓ Priorité(s): 29.08.1975 JP 50-104054 29.08.1975 JP 50-104055</p> <p>㉔ Brevet délivré le: 15.01.1980</p> <p>④⑤ Fascicule du brevet publié le: 15.01.1980</p>	<p>⑦③ Titulaire(s): Tokyo Shibaura Denki Kabushiki Kaisha, Kawasaki-shi/Kanagawa-ken (JP) Tokyo Denryoku Kabushiki Kaisha, Chiyoda-ku/Tokyo-to (JP)</p> <p>⑦② Inventeur(s): Fumio Andow, Tokyo-to (JP) Tetsuo Matsushima, Tokyo-to (JP) Minoru Iwasaki, Tokyo-to (JP)</p> <p>⑦④ Mandataire: William Blanc & Cie conseils en propriété industrielle S.A., Genève</p>
---	---

⑤④ Appareil pour calculer la valeur absolue de l'amplitude d'une onde sinusoïdale.

⑤⑦ La borne d'entrée (A) de l'appareil reçoit des signaux électriques correspondant à des couples d'information (i_m) provenant de mesures d'amplitude instantanée d'un courant alternatif recueillies avec un déphasage de 90° . Ces signaux sont transmis en parallèle à un totalisateur (1) et un soustracteur (2) dont les signaux de sortie sont multipliés au moyen des multiplieurs (3 et 4) par des coefficients réglables. Les signaux de sortie des multiplieurs (3) et (4) sont additionnés au moyen d'un totalisateur (5), de façon à produire un signal Y proportionnel à la valeur absolue de l'amplitude du courant alternatif.

Cet appareil permet de calculer la valeur de l'amplitude d'une onde électrique sinusoïdale sans devoir effectuer un calcul de racines carrées.

Il s'utilise pour assurer un bon fonctionnement des relais destinés à protéger les installations de distribution d'énergie électrique.



REVENDEICATIONS

1. Appareil pour calculer la valeur de l'amplitude d'une onde électrique sinusoïdale, comprenant des moyens de traitement d'informations sous forme de signaux électriques, caractérisé par le fait que ces moyens de traitement sont constitués par des circuits agencés de manière à permettre d'engendrer, en réponse à un couple de signaux d'entrée correspondant à des valeurs absolues de l'amplitude instantanée de l'onde sinusoïdale, recueillies avec un déphasage de 90°, un signal électrique proportionnel à l'amplitude de cette onde sinusoïdale.

2. Appareil selon la revendication 1, caractérisé par le fait que lesdits moyens de traitement comprennent un premier totalisateur permettant d'obtenir la somme des valeurs absolues des deux points présentant entre eux un déphasage de 90 degrés, un sous-tracteur permettant d'obtenir la différence entre lesdites valeurs absolues, au moins un multiplicateur de réglage de coefficients permettant de multiplier au moins l'un des signaux de sortie dudit totalisateur et dudit soustracteur par un coefficient prédéterminé, et un second totalisateur permettant d'additionner le signal de sortie dudit multiplicateur de réglage de coefficients avec le signal de sortie dudit totalisateur, ou dudit soustracteur, qui n'est pas multiplié par ledit coefficient.

3. Appareil selon la revendication 1, caractérisé par le fait que lesdits moyens de traitement comprennent un comparateur permettant de comparer les valeurs absolues de deux informations recueillies sur ladite onde sinusoïdale en deux points présentant entre eux un déphasage de 90 degrés, de façon à engendrer deux signaux correspondant respectivement à la plus grande et à la plus petite de ces deux valeurs absolues, ainsi classées en plus grande et en plus petite, par un coefficient prédéterminé et un totalisateur permettant d'additionner le signal de sortie dudit multiplicateur de réglage des coefficients avec ladite plus grande ou plus petite valeur absolue qui n'est pas multipliée par ledit coefficient.

4. Appareil selon la revendication 1, caractérisé par le fait que lesdits moyens de traitement comprennent un comparateur permettant d'engendrer un signal de sortie correspondant à la plus petite des valeurs absolues desdites informations recueillies sur l'onde sinusoïdale, un premier totalisateur permettant d'additionner l'une avec l'autre lesdites deux valeurs absolues, au moins un multiplicateur de réglage des coefficients permettant de multiplier au moins l'un des signaux de sortie dudit comparateur et dudit totalisateur par un coefficient prédéterminé et un second totalisateur permettant d'additionner le signal de sortie dudit multiplicateur de réglage des coefficients avec le signal de sortie dudit comparateur, ou dudit premier totalisateur, qui n'est pas multiplié par ledit coefficient.

5. Appareil selon la revendication 1, caractérisé par le fait que lesdits moyens de traitement comprennent un comparateur permettant d'engendrer un signal de sortie correspondant à la plus grande des valeurs absolues desdites informations recueillies sur l'onde sinusoïdale, un premier totalisateur permettant d'additionner l'une avec l'autre lesdites deux valeurs absolues, au moins un multiplicateur de réglage des coefficients permettant de multiplier au moins l'un des signaux de sortie dudit comparateur et dudit totalisateur par un coefficient prédéterminé et un second totalisateur permettant d'additionner le signal de sortie dudit multiplicateur de réglage des coefficients avec le signal de sortie dudit comparateur, ou dudit premier totalisateur, qui n'est pas multiplié par ledit coefficient.

La présente invention concerne un appareil pour calculer la valeur absolue de l'amplitude d'une onde sinusoïdale.

Plus particulièrement, cette onde sinusoïdale peut consister

en un courant ou en une tension sinusoïdale, engendrée par une installation de distribution d'énergie électrique.

Afin d'obtenir un bon fonctionnement d'un certain type de relais destinés à protéger des installations de distribution d'énergie électrique, il est nécessaire de calculer la valeur d'amplitude de la tension ou du courant alternatif fournis par cette installation. A cet effet, il est de pratique courante de recueillir à des intervalles prédéterminés des valeurs de mesure de la tension et ou du courant sinusoïdaux délivrés par l'installation de distribution d'énergie électrique, de transformer les valeurs de mesure ainsi recueillies en signaux digitaux, de mettre ces signaux digitaux sous forme codée et de transmettre ensuite les signaux digitaux ainsi codés à l'appareil récepteur destiné à calculer la valeur d'amplitude de la tension ou du courant sinusoïdaux. Les deux méthodes suivantes ont été utilisées pour effectuer ce calcul.

A. Méthode d'addition.

Conformément à cette méthode, on ajoute les valeurs absolues d'une pluralité d'informations recueillies au cours d'une demi période du courant alternatif d'entrée et on multiplie la somme ainsi obtenue par un coefficient prédéterminé. Dans un exemple représenté à la fig. 1, on recueille un courant alternatif ayant une fréquence de 50 Hz avec une fréquence de prélèvement de 600 Hz, les valeurs d'information recueillies au cours d'une demi période étant représentées par les symboles i_{m-5} à i_m , et on calcule la valeur d'amplitude de I au moyen de l'équation suivante:

$$I = \frac{1}{3,798} \sum_{k=m-5}^m |i_k| \quad (1)$$

dans laquelle i représente une valeur instantanée, m une série de temps et k une constante.

L'erreur de calcul dans l'équation (1) provoquée par la phase de prélèvement est inférieure à $\pm 1,7\%$.

B. Méthode des carrés.

Une fonction trigonométrique peut-être représentée au moyen de l'équation suivante (2)

$$\sin^2 \Theta + \cos^2 \Theta = \sin^2 \Theta + \sin^2 \left(\Theta - \frac{\pi}{2} \right) = 1 \quad (2)$$

Cette équation montre que la somme des carrés de deux informations ayant des déphasages de 90 degrés est égale au carré des valeurs d'amplitude d'un courant alternatif d'entrée. Dans le cas représenté à la fig. 1, dans lequel un courant d'entrée ayant une fréquence de 50 Hz recueillie à une fréquence de 600 Hz, le carré de la valeur d'amplitude est déterminé au moyen de l'équation suivante

$$I^2 = i_m^2 + i_{m-3}^2 \quad (3)$$

En utilisant cette équation la phase de prélèvement de l'information ne provoque aucune erreur.

La méthode d'addition et la méthode de carré décrite ci-dessus présentent les avantages et les inconvénients suivants.

Conformément à la méthode de carré, la valeur d'amplitude est déterminée au moyen de deux informations présentant entre elles un déphasage de 90 degrés, alors que, en utilisant la méthode d'addition, il est nécessaire d'utiliser une pluralité d'informations recueillies au cours d'une demi période du courant alternatif d'entrée, comme les six informations recueillies conformément à l'exemple représenté à la fig. 1. Ceci signifie que le dispositif de mesure utilisé doit comprendre un nombre plus grand d'éléments de mémoire et qu'il est nécessaire d'utiliser une fréquence de prélèvement d'informations plus élevée en vue de l'obtention du résultat désiré.

Bien que la méthode d'addition soit avantageuse grace au fait qu'elle permet l'obtention facile d'une quantité proportionnelle à la valeur de l'amplitude au moyen d'une simple opération d'addition, la méthode de carré nécessite d'effectuer une opération mathématique pour obtenir une racine carrée conformément à l'équation (3). Lorsqu'on effectue la protection d'une installation de distribution d'énergie électrique en utilisant un calculateur électronique commandé par des signaux digitaux, l'opération de calcul de sept racines carrées nécessite un temps beaucoup plus long que l'opération d'addition.

La présente invention a pour but de fournir un appareil permettant de calculer la valeur de l'amplitude d'une onde électrique sinusoïdale et d'engendrer un signal électrique proportionnel à la valeur de cette amplitude, cet appareil présentant, par rapport aux appareils connus dans lesquels le calcul de l'amplitude est effectué selon la méthode d'addition, l'avantage d'être exempt d'erreur lors de la phase de prélèvement de l'information et, par rapport aux appareils connus dans lesquels le calcul de l'amplitude se fait selon la méthode des carrés, l'avantage de comporter un nombre réduit d'éléments de mémoire grâce à la suppression de la nécessité d'effectuer un calcul de racines carrées.

A cet effet, l'appareil selon l'invention, qui comprend des moyens de traitement d'informations sous forme de signaux électriques, est caractérisé par le fait que ces moyens de traitement sont constitués par des circuits agencés de manière à permettre d'engendrer, en réponse à un couple de signaux d'entrée correspondant à des valeurs absolues de l'amplitude instantanée de l'onde sinusoïdale, recueillies avec un déphasage de 90°, un signal électrique proportionnel à l'amplitude de cette onde sinusoïdale.

Dans une forme d'exécution particulière de l'appareil, lesdits moyens de traitement comprennent un comparateur permettant d'engendrer deux signaux correspondant respectivement à la plus grande et à la plus petite des valeurs absolues des deux informations recueillies, ou bien une combinaison d'un totalisateur et d'un soustracteur, ou bien une combinaison d'un comparateur permettant d'engendrer deux signaux de sortie correspondant respectivement à la plus grande et la plus petite des valeurs absolues des informations recueillies et d'un totalisateur. Dans tous les cas, les signaux de sortie du comparateur et du totalisateur ou du soustracteur sont multipliés par des coefficients prédéterminés et additionnés ensuite l'un avec l'autre, de façon à produire un signal électrique proportionnel à l'amplitude.

L'invention sera mieux comprise grâce à la description détaillée ci-dessous, dans laquelle on se réfère aux figures du dessin annexé.

La fig. 1 est un schéma illustrant la méthode antérieurement connue pour calculer la valeur d'amplitude d'une onde sinusoïdale;

La fig. 2 est un schéma synoptique montrant une forme d'exécution de l'appareil conforme à la présente invention;

Les fig. 3A et fig. 3B sont des schémas vectoriels montrant le domaine de variation du signal de sortie Y de l'appareil illustré à la fig. 2;

La fig. 4 est un schéma synoptique montrant une autre forme d'exécution de l'appareil conforme à l'invention;

Les fig. 5A et 5B sont des diagrammes vectoriels montrant le domaine de variation du signal de sortie Y de l'appareil représenté à la fig. 4; et

Les fig. 6 et 7 sont des schémas synoptiques représentant une autre forme d'exécution de l'appareil conforme à l'invention.

La fig. 2 montre une forme d'exécution préférentielle de l'appareil conforme à l'invention selon laquelle les informa-

tions recueillies à une fréquence de 600 Hz à partir d'un courant alternatif ayant une fréquence de 50 Hz sont transmises sous forme d'un signal électrique à la borne d'entrée A. Ces informations sont transmises en parallèle à un totalisateur 1 et un soustracteur 2. Les signaux de sortie provenant de ce totalisateur et de ce soustracteur sont respectivement multipliés par les coefficients K₁ et K₂, au moyen respectivement de multiplieurs de réglage de coefficient 3 et 4, et les signaux de sortie provenant de ces multiplieurs de réglage de coefficient sont additionnés l'un avec l'autre au moyen d'un deuxième totalisateur 5 de façon à produire un signal de sortie Y

$$Y = K_1 \{ |i_m| + |i_{m-3}| \} + K_2 \{ |i_m| - |i_{m-3}| \} \quad (4)$$

dans laquelle i_m et i_{m-3} représentent deux informations recueillies ayant une différence de phase de 90°.

En représentant l'amplitude du courant alternatif d'entrée par I, les informations i_m et i_{m-3} sont représentées par l'équation suivante (5)

$$i_m = I \sin \omega t, \quad i_{m-3} = 1 \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \quad (5)$$

En substituant l'équation (5) dans l'équation (4) on obtient l'équation (6):

$$\begin{aligned} Y &= K_1 I \left\{ |\sin \omega t| + \left| \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \right| \right\} + K_2 I \\ &\left\{ |\sin \omega t| - \left| \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \right| \right\} \\ &= K_1 I \{ |\sin \omega t| + |\cos \omega t| \} + K_2 I \{ |\sin \omega t| - |\cos \omega t| \} \quad (6) \end{aligned}$$

Compte tenu de la périodicité de l'équation (6), la valeur Y est comprise dans un domaine exprimé par l'équation suivante (7)

$$Y = K_1 I (\sin \omega t + \cos \omega t) + K_2 I (\cos \omega t - \sin \omega t) \quad (7)$$

où $0 \leq \omega t \leq \frac{\pi}{4}$

En modifiant l'équation (7) en posant $k = \frac{K_1}{K_2}$

on obtient l'équation suivante (8):

$$\begin{aligned} Y &= K_2 I \{ (k-1) \sin \omega t + (k+1) \cos \omega t \} \\ &= K_2 I \sqrt{(k-1)^2 + (k+1)^2} \cdot \sin(\omega t + \alpha) \quad (8) \end{aligned}$$

dans laquelle

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \frac{k+1}{\sqrt{(k-1)^2 + (k+1)^2}} \\ \cos \alpha &= \frac{k-1}{\sqrt{(k-1)^2 + (k+1)^2}} \quad (9) \end{aligned}$$

La fig. 3A est un diagramme vectoriel représentant le domaine de variation de Y lorsque

$$0 \leq \omega t \leq \frac{\pi}{4}$$

dans l'équation (8). La variation de la valeur de Y est minimale pour

$$\alpha = \frac{3}{8}$$

comme représenté à la fig. 3B. Lorsque

$$\alpha = \frac{3}{8}$$

la valeur de k est égale à 2,41 d'après l'équation (9) et le domaine de variation de la valeur de Y peut-être représenté par l'équation suivante (10)

$$\sin \frac{3}{8} \pi = 0,924 \cong Y / \{K_2 I \sqrt{(k-1)^2 + (k+1)^2}\} \cong 1,0 \quad (10)$$

Comme le montre cette équation, le domaine de variation est égal à $\pm 3,95\%$ vers le centre de variation. En prenant une valeur de $k_2 = 0,282$, le coefficient de l'équation (8) devient 20

$$k_2 I = \sqrt{(k-1)^2 + (k+1)^2} = 1.03951.$$

Ainsi en utilisant le signal de sortie Y fourni par le totalisateur 5, on peut déterminer la valeur d'amplitude I avec une erreur de $\pm 3,95\%$. Lorsqu'on doit déterminer une valeur proportionnelle à la valeur d'amplitude de I , on peut déterminer cette valeur avec une erreur de $\pm 3,95\%$ en choisissant le coefficient K_2 de manière à satisfaire à la condition $k = 2,41$. En négligeant l'erreur, on peut effectuer de manière plus simple l'opération.

Par exemple, lorsqu'on choisit $k_1 = 2$ et $k_2 = 1$, $k_2 = 2$. Il en résulte, d'après l'équation (9) $\alpha = 71,5^\circ$ et on peut calculer l'erreur sur la valeur de Y à partir de l'équation (8), cette erreur étant inférieure à $\pm 5,5\%$ vers le centre.

Comme il vient d'être décrit, conformément à la présente invention, il est possible de calculer de manière simple la valeur d'amplitude d'une onde sinusoïdale en utilisant deux informations déphasées l'une par rapport à l'autre de 90° , sans effectuer d'opération destinée à déterminer une racine carrée bien que l'erreur soit légèrement augmentée, ce qui permet d'éliminer les inconvénients de la méthode d'addition aussi bien que ceux de la méthode de carré.

Bien que dans la fig. 2 on ait représenté deux multiplicateurs de réglage de coefficients 3 et 4, on peut supprimer l'un quelconque de ces deux multiplicateurs grâce à un choix convenable du coefficient.

Dans une forme d'exécution modifiée de l'appareil conforme à l'invention, représentée à la fig. 4, on utilise un comparateur 11 pour comparer les valeurs absolues de deux informations i_m et i_{m-3} recueillies avec un déphasage de 90° . On multiplie respectivement la plus petite de ces valeurs Min

$$\{|i_m|, |i_{m-3}|\}$$

et la plus grande de ces valeurs Max

$$\{|i_m|, |i_{m-3}|\}$$

sélectionnés par le comparateur 11, par les coefficients k_1 et k_2 respectivement au moyen des multiplicateurs de réglage des coefficients 12 et 13 et on additionne l'un avec l'autre les signaux de sortie fournis par ces multiplicateurs de réglage de coefficients 12 et 13 au moyen d'un totalisateur 14 de façon à obtenir un signal de sortie Y

$$Y = K_1 \text{Min} \{|i_m|, |i_{m-3}|\} + K_2 \text{Max} \{|i_m|, |i_{m-3}|\} \quad (11)$$

En substituant l'équation (5) dans l'équation (11) on modifie l'équation (11) de la manière suivante

$$Y = K_1 I \text{Min} \left\{ |\sin \omega t|, \left| \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \right| \right\}$$

$$+ K_2 I \text{Max} \left\{ |\sin \omega t|, \left| \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \right| \right\}$$

$$= K_1 I \text{Min} \{ |\sin \omega t|, |\cos \omega t| \}$$

$$+ K_2 I \text{Max} \{ |\sin \omega t|, |\cos \omega t| \} \quad (12)$$

Compte tenu de la périodicité de l'équation (12), le domaine de variation de Y est exprimé par l'équation

$$Y = K_1 I \sin \omega t + K_2 I \cos \omega t \quad (13)$$

$$\text{dans laquelle } 0 \leq t \leq \frac{\pi}{4}$$

On peut modifier l'équation (13) de la manière suivante en posant $k = k_1/k_2$

$$Y = K_2 I (k \sin \omega t + \cos \omega t)$$

$$= K_2 I \sqrt{k^2 + 1} \sin(\omega t + \alpha) \quad (14)$$

$$\text{dans laquelle } \sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{k^2 + 1}}$$

$$\cos \alpha = \frac{k}{\sqrt{k^2 + 1}} \quad (15)$$

dans laquelle

$$0 \geq \omega t \geq \frac{\pi}{4}$$

le domaine de variation de Y exprimé par l'équation (14) est représenté par la fig. 5A et la variation de Y est minimale quand

$$\alpha = \frac{3}{8} \pi \text{ comme}$$

représenté sur la fig. 5B. Dans ces conditions, la valeur de k est déterminée au moyen de l'équation (15) et est égale à 0,414.

En outre d'après l'équation (14)

$$\sin \frac{3}{8} \pi = 0,924 \cong \frac{Y}{K_2 I \sqrt{k^2 + 1}} \cong 1,0 \quad (16)$$

Ceci signifie que le signal de sortie Y varie dans un domaine de $\pm 3,96\%$. En supposant maintenant que $k_2 = 0,9605$, le coefficient de l'équation (14) devient égal à 1,03961 de sorte qu'il est possible de déterminer la valeur d'amplitude avec une marge d'erreur de $\pm 3,96\%$.

Lorsque l'on doit déterminer une valeur proportionnelle à une valeur d'amplitude on peut déterminer cette valeur avec une erreur de $\pm 3,96\%$ en choisissant le coefficient K_2 de manière à satisfaire à la condition $k = 0,414$. On remarquera que cette erreur est à peu près égale à l'erreur de $\pm 3,95\%$ correspondant à la première forme d'exécution de l'appareil. Si

l'on néglige cette erreur on peut effectuer de manière plus pratique l'opération. Par exemple, lorsqu'on choisit $k_1 = 1$ et $k_2 = 2$, $k = 0.5$. Par conséquent, d'après l'équation (15) $\alpha = 63,4^\circ$ et le domaine de variation de Y peut-être limité à $\pm 5,6\%$.

La fig. 6 montre encore une autre forme d'exécution de l'appareil conforme à l'invention. Cette forme d'exécution comprend un comparateur 20 qui compare les valeurs absolues des deux informations i_m et i_{m-3} qui sont également recueillies avec un déphasage de 90° en produisant un signal de sortie qui correspond à la plus petite de ces deux valeurs absolues

$$\text{Min}\{|i_m|, |i_{m-3}|\},$$

et un totalisateur 21 qui engendre un signal de sortie correspondant à la somme des valeurs absolues des informations i_m et i_{m-3} .

Les signaux de sortie du comparateur 20 et du totalisateur 21 sont respectivement multipliés par les coefficients K_{11} et K_{12} , au moyen des multiplicateurs de réglage de coefficients 22 et 23, respectivement, et les signaux de sortie de ces multiplicateurs de réglage de coefficients sont additionnés l'un avec l'autre au moyen d'un totalisateur 24 de façon à produire un signal de sortie Y qui est représenté par l'équation suivante:

$$\begin{aligned} Y &= K_{11}\text{Min}\{|i_m|, |i_{m-3}|\} + K_{12}\{|i_m| + |i_{m-3}|\} \\ &= (K_{11} + K_{12}) \text{Min}\{|i_m|, |i_{m-3}|\} \\ &+ K_{12} \text{Max}\{|i_m|, |i_{m-3}|\} \end{aligned} \quad (17)$$

Dans l'équation (17), en posant $K_1 = K_{11} + K_{12}$ et $K_2 = K_{12}$, on peut obtenir une équation identique à l'équation (11) de sorte que l'on peut obtenir une valeur proportionnelle à la valeur de l'amplitude avec une erreur inférieure à $\pm 3,96\%$ de la même façon que celle qui a été décrite ci-dessus. Si l'on

pose maintenant $k = K_1/K_2 = 0,414$, on obtient $K_{11} = 0,586 K_{12}$.

La fig. 7 montre une autre forme d'exécution de l'appareil conforme à l'invention qui comprend un comparateur 20a et un totalisateur 21. Dans ce cas, le comparateur 20a compare les valeurs absolues des deux informations i_m et i_{m-3} et engendre un signal de sortie qui correspond à la plus grande de ces deux valeurs absolues Max

$$\{|i_m|, |i_{m-3}|\}.$$

Les signaux de sortie du comparateur et du totalisateur sont respectivement multipliés par les coefficients K_{21} et K_{22} , au moyen des multiplicateurs de réglage de coefficients 22 et 23, et les signaux de sortie provenant de ces multiplicateurs de réglage de coefficients sont additionnés l'un avec l'autre au moyen d'un second totalisateur 24 de façon à produire un signal de sortie Y_2

$$\begin{aligned} Y_2 &= K_{21} \text{Max}\{|i_m|, |i_{m-3}|\} + K_{22} \{|i_m| + |i_{m-3}|\} \\ &= K_{22} \text{Min}\{|i_m|, |i_{m-3}|\} \\ &+ (K_{21} + K_{22}) \text{Max}\{|i_m|, |i_{m-3}|\} \end{aligned} \quad (18)$$

En posant $K_1 = K_{22}$, $K_2 = K_{21} + K_{22}$, l'équation (18) prend la même forme que l'équation (11), de sorte que Y_2 représente une valeur proportionnelle à la valeur d'amplitude avec une erreur inférieure à $\pm 3,96\%$. Si $k = K_1/K_2 = 0,414$, $K_{21} = 1,42K_{22}$.

L'appareil correspondant à cette forme d'exécution permet également de calculer la valeur d'amplitude d'une onde sinusoïdale sans nécessiter le calcul d'une racine carrée comme dans le cas de la méthode antérieurement connue.

FIG. 1

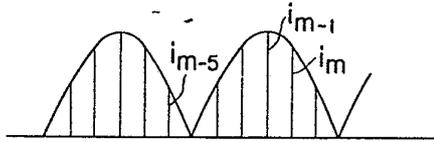


FIG. 2

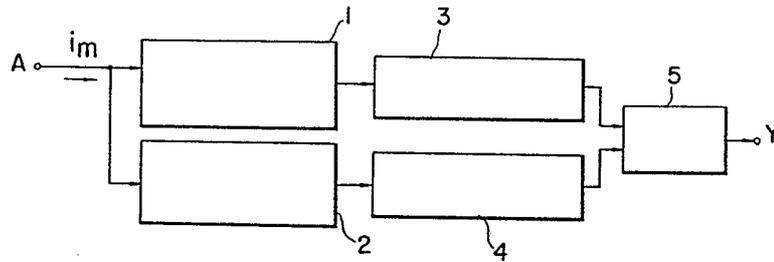


FIG. 3A

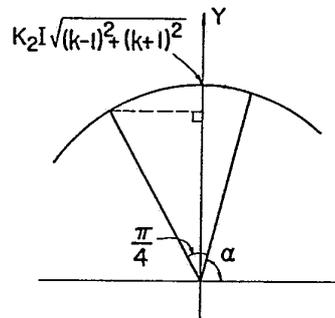


FIG. 3B

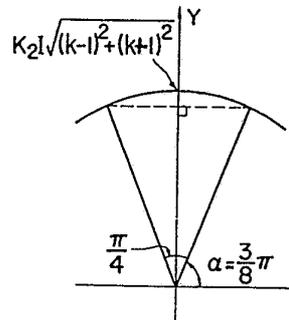


FIG. 4

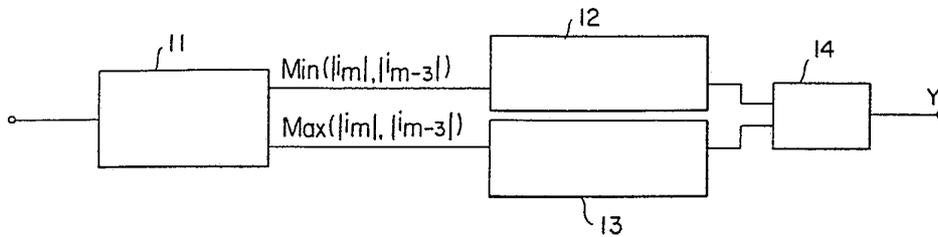


FIG. 5A

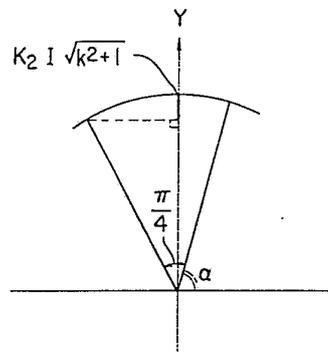


FIG. 5B

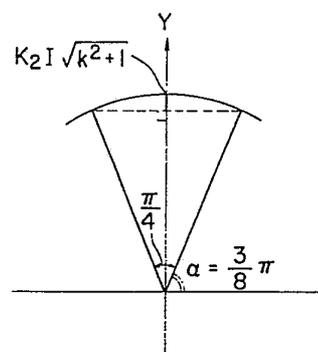


FIG. 6

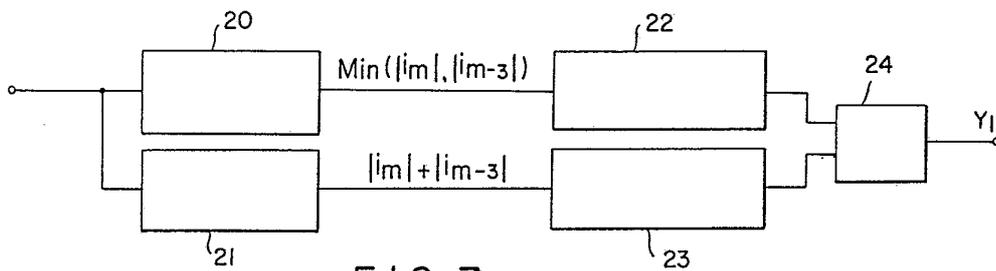


FIG. 7

