

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-92103

(P2019-92103A)

(43) 公開日 令和1年6月13日(2019.6.13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H03F 3/34 (2006.01)	H03F 3/34	5 J 5 0 0
H03F 3/45 (2006.01)	H03F 3/45	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2017-220920 (P2017-220920)	(71) 出願人	000006666
(22) 出願日	平成29年11月16日 (2017.11.16)		アズビル株式会社
			東京都千代田区丸の内2丁目7番3号
		(74) 代理人	100123434
			弁理士 田澤 英昭
		(74) 代理人	100101133
			弁理士 濱田 初音
		(74) 代理人	100199749
			弁理士 中島 成
		(74) 代理人	100188880
			弁理士 坂元 辰哉
		(74) 代理人	100197767
			弁理士 辻岡 将昭
		(74) 代理人	100201743
			弁理士 井上 和真

最終頁に続く

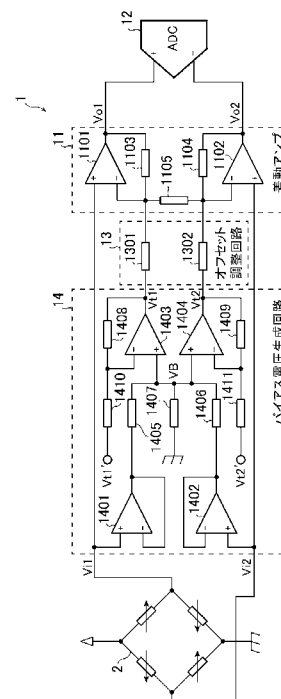
(54) 【発明の名称】 計装アンプ

(57) 【要約】

【課題】オフセット調整機能を有し、且つ、ゲインを大きく取ることを可能とする。

【解決手段】入力された差動信号を増幅する差動アンプ11と、差動アンプ11に入力される差動信号に含まれるコモンモード成分の電圧をバイアス電圧とし、入力されたオフセット調整信号にバイアスをかけるバイアス電圧生成回路14と、差動アンプ11に接続され、バイアス電圧生成回路14によりバイアスがかけられたオフセット調整信号により、差動アンプ11に入力される差動信号に含まれるオフセット成分を調整するオフセット調整回路13とを備え、バイアス電圧生成回路14に入力されるオフセット調整信号は、互いに極性が異なり絶対値が同一である2つの信号から構成された。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

入力された差動信号を増幅する差動アンプと、

前記差動アンプに入力される差動信号に含まれるコモンモード成分の電圧をバイアス電圧とし、入力されたオフセット調整信号にバイアスをかけるバイアス電圧生成回路と、

前記差動アンプに接続され、前記バイアス電圧生成回路によりバイアスがかけられたオフセット調整信号により、前記差動アンプに入力される差動信号に含まれるオフセット成分を調整するオフセット調整回路とを備え、

前記バイアス電圧生成回路に入力されるオフセット調整信号は、互いに極性が異なり絶対値が同一である 2 つの信号から構成された

ことを特徴とする増幅器。

10

【請求項 2】

前記バイアス電圧生成回路に入力されるオフセット調整信号の電圧は、前記差動アンプに入力される差動信号に含まれるオフセット成分の電圧の 3 倍である

ことを特徴とする請求項 1 記載の増幅器。

【請求項 3】

前記差動アンプにより増幅された差動信号を差分信号に変換する差動アナログデジタルコンバータを備えた

ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の増幅器。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】**【0001】**

この発明は、入力された差動信号に含まれるオフセット成分を調整する計装アンプに関する。

【背景技術】**【0002】**

計装アンプは、図 8 に示すように、センサ（トルクセンサ又は圧力センサ等）であるホイートストンブリッジ回路等に接続され、ホイートストンブリッジ回路等から入力された差動信号を増幅する増幅器である。計装アンプは、コモンモード成分を除去して信号成分のみを増幅するため、原理的にコモンモードが発生するホイートストンブリッジ回路への接続に適している。この計装アンプは、差動アンプ及びシングルエンドアンプを備えている。

30

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開 2017 - 130743 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

一方、トルクセンサは、スマートロボットの力制御に使用されるが、トルクセンサの組立又はスマートロボットの組立の際に生じる応力の影響を受ける。その結果、トルクセンサにより検出されるトルクが、実際のトルクより大きくなり、すなわちオフセットが大きくなる。

40

これに対し、ホイートストンブリッジ回路等から入力された差動信号に含まれるオフセット成分を計装アンプで調整する場合、図 9 に示すように、一般的に、シングルエンドアンプにオフセット調整回路を接続する方法が取られる。この場合、差動アンプで信号成分と共にオフセット成分も増幅されるため、計装アンプのゲインをあまり大きく取れないという課題がある。

【0005】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、オフセット調整機能

50

を有し、且つ、ゲインを大きく取ることが可能な計装アンプを提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

この発明に係る計装アンプは、入力された差動信号を増幅する差動アンプと、差動アンプに入力される差動信号に含まれるコモンモード成分の電圧をバイアス電圧とし、入力されたオフセット調整信号にバイアスをかけるバイアス電圧生成回路と、差動アンプに接続され、バイアス電圧生成回路によりバイアスがかけられたオフセット調整信号により、差動アンプに入力される差動信号に含まれるオフセット成分を調整するオフセット調整回路とを備え、バイアス電圧生成回路に入力されるオフセット調整信号は、互いに極性が異なり絶対値が同一である2つの信号から構成されたことを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0007】

この発明によれば、上記のように構成したので、オフセット調整機能を有し、且つ、ゲインを大きく取ることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】この発明の実施の形態1に係る計装アンプの構成例を示す図である。

【図2】この発明の実施の形態1に係る計装アンプによるオフセット調整の原理を説明するための回路図である。

20

【図3】この発明の実施の形態1に係る計装アンプが接続されるホイートストンブリッジ回路の等価回路を示す図である。

【図4】この発明の実施の形態1に係る計装アンプによるオフセット調整のシミュレーション結果例を示す図である（オフセット調整信号を均等に分割しない場合）。

【図5】この発明の実施の形態1に係る計装アンプによるオフセット調整のシミュレーション結果例を示す図である（オフセット調整信号を均等に分割した場合）。

【図6】この発明の実施の形態1に係る計装アンプの別の構成例を示す図である。

【図7】この発明の実施の形態1に係る計装アンプの別の構成例を示す図である。

【図8】従来の計装アンプの構成を示す図である。

【図9】従来の計装アンプにオフセット調整機能を追加した場合の構成を示す図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、この発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

実施の形態1.

図1はこの発明の実施の形態1に係る計装アンプ（増幅器）1の構成例を示す図である。図1では、計装アンプ1が接続されるホイートストンブリッジ回路2も図示されている。

計装アンプ1は、センサ（トルクセンサ又は圧力センサ等）であるホイートストンブリッジ回路2等に接続され、ホイートストンブリッジ回路2等から入力された差動信号に対し、コモンモード成分を除去して信号成分の増幅を行う。また、計装アンプ1は、差動信号に含まれるオフセット成分を調整する機能も有している。以下では、計装アンプ1がホイートストンブリッジ回路2に接続された場合を示す。この計装アンプ1は、図1に示すように、差動アンプ11、差動ADC12、オフセット調整回路13及びバイアス電圧生成回路14を備えている。

40

【0010】

差動アンプ11は、ホイートストンブリッジ回路2から入力された差動信号を増幅する。この差動アンプ11は、オペアンプ1101、1102、帰還抵抗1103、1104及びゲイン設定抵抗1105を有している。

【0011】

オペアンプ1101は、非反転入力端子が、ホイートストンブリッジ回路2が有する一

50

対の出力端子のうちの一方に接続されている。なお、オペアンプ 1101 の非反転入力端子に入力される信号の電圧を V_{i1} とし、オペアンプ 1101 の出力端子から出力される信号の電圧を V_{o1} とする。

【0012】

オペアンプ 1102 は、非反転入力端子が、ホィートストンブリッジ回路 2 が有する一対の出力端子のうちの他方に接続されている。なお、オペアンプ 1102 の非反転入力端子に入力される信号の電圧を V_{i2} とし、オペアンプ 1102 の出力端子から出力される信号の電圧を V_{o2} とする。

【0013】

帰還抵抗 1103 は、一端がオペアンプ 1101 の反転入力端子に接続され、他端がオペアンプ 1101 の出力端子に接続されている。なお、帰還抵抗 1103 の抵抗値を R_f とする。

【0014】

帰還抵抗 1104 は、一端がオペアンプ 1102 の反転入力端子に接続され、他端がオペアンプ 1102 の出力端子に接続されている。なお、帰還抵抗 1104 の抵抗値を R_f とする。

【0015】

ゲイン設定抵抗 1105 は、一端がオペアンプ 1101 の反転入力端子及び帰還抵抗 1103 の一端に接続され、他端がオペアンプ 1102 の反転入力端子及び帰還抵抗 1104 の一端に接続されている。なお、ゲイン設定抵抗 1105 の抵抗値を R_g とする。

【0016】

差動 ADC (アナログデジタルコンバータ) 12 は、差動アンプ 11 から入力された差動信号を差分信号に変換する。差動 ADC 12 は、非反転入力端子がオペアンプ 1101 の出力端子及び帰還抵抗 1103 の他端に接続され、反転入力端子がオペアンプ 1102 の出力端子及び帰還抵抗 1104 の他端に接続されている。

【0017】

オフセット調整回路 13 は、差動アンプ 11 に接続され、入力されたオフセット調整信号により、ホィートストンブリッジ回路 2 から差動アンプ 11 に入力される差動信号に含まれるオフセット成分を調整する。このオフセット調整回路 13 は、調整抵抗 1301, 1302 を有している。

【0018】

調整抵抗 1301 は、一端がオペアンプ 1101 の反転入力端子、帰還抵抗 1103 の一端及びゲイン設定抵抗 1105 の一端に接続されている。なお、調整抵抗 1301 の他端に入力される信号の電圧を V_{t1} とし、調整抵抗 1301 の抵抗値を R_t とする。

【0019】

調整抵抗 1302 は、一端がオペアンプ 1102 の反転入力端子、帰還抵抗 1104 の一端及びゲイン設定抵抗 1105 の他端に接続されている。なお、調整抵抗 1302 の他端に入力される信号の電圧を V_{t2} とし、調整抵抗 1302 の抵抗値を R_t とする。

【0020】

この調整抵抗 1301 に入力される信号及び調整抵抗 1302 に入力される信号は、差動信号であるオフセット調整信号を構成する。このオフセット調整信号の電圧は、ホィートストンブリッジ回路 2 から入力される差動信号に含まれるオフセット成分の電圧の 3 倍である。

【0021】

バイアス電圧生成回路 14 は、ホィートストンブリッジ回路 2 から差動アンプ 11 に入力される差動信号に含まれるコモンモード成分の電圧をバイアス電圧とし、オフセット調整回路 13 に入力されるオフセット調整信号にバイアスをかける。このバイアス電圧生成回路 14 は、オペアンプ 1401 ~ 1404 及び抵抗 1405 ~ 1411 を有している。

【0022】

オペアンプ 1401 は、非反転入力端子が、ホィートストンブリッジ回路 2 が有する一

10

20

30

40

50

対の出力端子のうちの一方に接続され、反転入力端子が出力端子に接続されている。

オペアンプ 1402 は、非反転入力端子が、ホイートストンブリッジ回路 2 が有する一対の出力端子のうちの他方に接続され、反転入力端子が出力端子に接続されている。

【0023】

抵抗 1405 は、一端がオペアンプ 1401 の出力端子に接続されている。

抵抗 1406 は、一端がオペアンプ 1402 の出力端子に接続されている。

抵抗 1407 は、一端が抵抗 1405 の他端及び抵抗 1406 の他端に接続され、他端がグランドに接続されている。

【0024】

オペアンプ 1403 は、非反転入力端子が抵抗 1405 の他端、抵抗 1406 の他端及び抵抗 1407 の一端に接続され、出力端子が調整抵抗 1301 の他端に接続されている。

オペアンプ 1404 は、非反転入力端子が抵抗 1405 の他端、抵抗 1406 の他端及び抵抗 1407 の一端に接続され、出力端子が調整抵抗 1302 の他端に接続されている。

【0025】

抵抗 1408 は、一端がオペアンプ 1403 の反転入力端子に接続され、他端が調整抵抗 1301 の他端及びオペアンプ 1403 の出力端子に接続されている。

抵抗 1409 は、一端がオペアンプ 1404 の反転入力端子に接続され、他端が調整抵抗 1302 の他端及びオペアンプ 1404 の出力端子に接続されている。

【0026】

抵抗 1410 は、一端がオペアンプ 1403 の反転入力端子及び抵抗 1408 の一端に接続されている。なお、抵抗 1410 の他端に入力される信号の電圧を V_{t1} とする。

抵抗 1411 は、一端がオペアンプ 1404 の反転入力端子及び抵抗 1409 の一端に接続されている。なお、抵抗 1411 の他端に入力される信号の電圧を V_{t2} とする。

【0027】

この抵抗 1410 に入力される信号及び抵抗 1411 に入力される信号は、差動信号であるオフセット調整信号を構成する。また、抵抗 1410 に入力される信号及び抵抗 1411 に入力される信号は、互いに極性が異なり絶対値が同一（略同一の意味を含む）である。このオフセット調整信号の電圧は、ホイートストンブリッジ回路 2 から入力される差動信号に含まれるオフセット成分の電圧の 3 倍である。

なお、抵抗 1410 に入力される信号及び抵抗 1411 に入力される信号は、例えば、図 9 に示されるようなトリマ抵抗を用いて生成してもよいし、DAC（デジタルアナログコンバータ）を用いて生成してもよい。

【0028】

次に、上記のように構成された計装アンプ 1 によるオフセット調整の原理について、図 2 を参照しながら説明する。図 2 に示す計装アンプ 1 では、差動 ADC 12 及びバイアス電圧生成回路 14 の図示を省略している。

この図 2 に示すように、帰還抵抗 1103 を流れる電流を I_{f1} とし、ゲイン設定抵抗 1105 を流れる電流を I_{g1} とし、調整抵抗 1301 を流れる電流を I_{t1} とする。また、帰還抵抗 1104 を流れる電流を I_{f2} とし、調整抵抗 1302 を流れる電流を I_{t2} とする。

【0029】

まず、図 2 に示す a 点についての回路方程式を解くと、下式 (1) ~ (4) が得られる。

$$I_{f1} = - (I_{t1} + I_{g1}) \quad (1)$$

$$I_{f1} = (V_{o1} - V_{i1}) / R_f \quad (2)$$

$$I_{t1} = (V_{t1} - V_{i1}) / R_t \quad (3)$$

$$I_{g1} = (V_{i2} - V_{i1}) / R_g \quad (4)$$

【0030】

10

20

30

40

50

式(1)に対し、式(2)～(4)を代入すると、下式(5)，(6)を経て、下式(7)が得られる。

$$(V_{o1} - V_{i1}) / R_f = - \{ (V_{t1} - V_{i1}) / R_t + (V_{i2} - V_{i1}) / R_g \} \quad (5)$$

$$(V_{o1} - V_{i1}) = - R_f \times \{ (V_{t1} - V_{i1}) / R_t + (V_{i2} - V_{i1}) / R_g \}$$

$$= - \{ (R_f / R_t) \times (V_{t1} - V_{i1}) + (R_f / R_g) \times (V_{i2} - V_{i1}) \} \quad (6)$$

$$V_{o1} = V_{i1} - (R_f / R_t) \times V_{t1} + (R_f / R_t) \times V_{i1} - (R_f / R_g) \times V_{i2} + (R_f / R_g) \times V_{i1} \quad (7)$$

10

【0031】

式(7)を更に整理すると、下式(8)が得られる。

$$V_{o1} = \{ 1 + (R_f / R_t) + (R_f / R_g) \} \times V_{i1} - (R_f / R_g) \times V_{i2} - (R_f / R_t) \times V_{t1} \quad (8)$$

【0032】

図2に示すb点についても同様に回路方程式を解いて整理すると、下式(9)が得られる。

$$V_{o2} = \{ 1 + (R_f / R_t) + (R_f / R_g) \} \times V_{i2} - (R_f / R_g) \times V_{i1} - (R_f / R_t) \times V_{t2} \quad (9)$$

【0033】

20

ここで、最終的に必要な出力信号は電圧 V_{o1} と電圧 V_{o2} との差であるため、式(8)，(9)の差分を取ると、下式(10)が得られる。

$$V_{o1} - V_{o2} = \{ \{ 1 + (R_f / R_t) + (R_f / R_g) \} \times V_{i1} - (R_f / R_g) \times V_{i2} - (R_f / R_t) \times V_{t1} \} - \{ \{ 1 + (R_f / R_t) + (R_f / R_g) \} \times V_{i2} - (R_f / R_g) \times V_{i1} - (R_f / R_t) \times V_{t2} \} \quad (10)$$

【0034】

式(10)を整理すると、下式(11)が得られる。

$$\begin{aligned} V_{o1} - V_{o2} &= \{ 1 + 2 \times (R_f / R_g) + (R_f / R_t) \} \times V_{i1} - \{ 1 + 2 \times (R_f / R_g) + (R_f / R_t) \} \times V_{i2} - (R_f / R_t) \times (V_{t1} - V_{t2}) \\ &= \{ 1 + 2 \times (R_f / R_g) + (R_f / R_t) \} \times (V_{i1} - V_{i2}) - (R_f / R_t) \times (V_{t1} - V_{t2}) \end{aligned} \quad (11)$$

30

【0035】

ここで、 $R_t = R_g$ とすると、式(11)は下式(12)となる。

$$V_{o1} - V_{o2} = \{ 1 + 3 \times (R_f / R_g) \} \times (V_{i1} - V_{i2}) - (R_f / R_g) \times (V_{t1} - V_{t2}) \quad (12)$$

【0036】

次に、ホイートストンブリッジ回路2から差動アンプ11に入力される差動信号について、図3に示すホイートストンブリッジ回路2の等価回路を参照しながら考える。

図3において、 V_{s1} ， V_{s2} は差動アンプ11に入力される差動信号に含まれる信号成分の電圧を表し、 V_{off} は当該差動信号に含まれるオフセット成分の電圧を表し、 V_{com} は当該差動信号に含まれるコモンモード成分の電圧を表す。

40

ここで、差動アンプ11に入力される差動信号の電圧 V_{i1} ， V_{i2} はそれぞれ下式(13)，(14)で表される。

$$V_{i1} = V_{s1} + V_{off} + V_{com} \quad (13)$$

$$V_{i2} = V_{s2} + V_{com} \quad (14)$$

【0037】

式(12)に式(13)，(14)を代入すると、下式(15)が得られる。

$$\begin{aligned} V_{o1} - V_{o2} &= \{ 1 + 3 \times (R_f / R_g) \} \times \{ (V_{s1} + V_{off} + V_{com}) - (V_{s2} + V_{com}) \} - (R_f / R_g) \times (V_{t1} - V_{t2}) \\ &= \{ 1 + 3 \times (R_f / R_g) \} \times \{ (V_{s1} - V_{s2}) + V_{off} \} - (R_f / R_g) \times (V_{t1} - V_{t2}) \end{aligned}$$

50

$$\begin{aligned} & R_f / R_g) \times (V_{t1} - V_{t2}) \\ & = \{ 1 + 3 \times (R_f / R_g) \} \times (V_{s1} - V_{s2}) + \{ 1 + 3 \times (R_f / R_g) \} \times V_{off} - (R_f / R_g) \times (V_{t1} - V_{t2}) \end{aligned} \quad (15)$$

【0038】

式(15)はオフセット調整前の差動アンプ11から出力される差動信号を示している。そして、式(15)では、 $\{ 1 + 3 \times (R_f / R_g) \} \times V_{off}$ のように、オフセット成分が増幅されている。そこで、オフセット調整回路13を用いて下式(16)で表される電圧 $(V_{t1} - V_{t2})$ のオフセット調整信号を差動アンプ11に注入する。

$$(V_{t1} - V_{t2}) = 3 \times V_{off} \quad (16)$$

【0039】

すなわち、式(15)に式(16)を代入することで下式(17)が得られる。よって、計装アンプ1は、差動アンプ11に注入される差動信号に対し、オフセット成分は増幅せずに信号成分のみを増幅することができる。

$$\begin{aligned} V_{o1} - V_{o2} &= \{ 1 + 3 \times (R_f / R_g) \} \times (V_{s1} - V_{s2}) + \{ 1 + 3 \times (R_f / R_g) \} \times V_{off} - 3 \times (R_f / R_g) \times V_{off} \\ &= \{ 1 + 3 \times (R_f / R_g) \} \times (V_{s1} - V_{s2}) + V_{off} \end{aligned} \quad (17)$$

【0040】

また、オフセット調整回路13を用いることで、下式(18)、(19)に示すように、従来の計装アンプに対してゲインを大きくすることができる。なお、式(18)、(19)において、 G_1 は実施の形態1に係る計装アンプ1におけるゲインを表し、 G_2 は従来の計装アンプにおけるゲインを表す。

$$G_1 = 1 + 3 \times (R_f / R_g) \quad (18)$$

$$G_2 = 1 + 2 \times (R_f / R_g) \quad (19)$$

【0041】

一方、オフセット調整回路13に注入されるオフセット調整信号は、式(16)を満足していればどのような値でもよいわけではない。

【0042】

式(7)を変形することで、下式(20)が得られる。

$$V_{o1} = V_{i1} - (R_f / R_g) \times (V_{i2} - V_{i1}) - (R_f / R_t) \times (V_{t1} - V_{i1}) \quad (20)$$

この式(20)から、 $(V_{t1} - V_{i1})$ の値が大きいと、オペアンプ1101から出力される信号の電圧 V_{o1} が飽和する可能性があることが分かる。オペアンプ1102から出力される信号の電圧 V_{o2} についても同様である。

【0043】

そこで、バイアス電圧生成回路14を用い、ホイートストンブリッジ回路2から差動アンプ11に注入される差動信号に含まれるコモンモード成分の電圧をバイアス電圧とし、オフセット調整回路13に注入されるオフセット調整信号にバイアスをかける。この際、バイアス電圧生成回路14において、抵抗1405～1411の抵抗値を最適化することで、下式(21)、(22)で表される電圧 V_{t1} 、 V_{t2} を得る。これにより、 $(V_{t1} - V_{i1})$ 及び $(V_{t2} - V_{i2})$ を小さくさせることができ、差動アンプ11から出力される信号の電圧 V_{o1} 、 V_{o2} の飽和を回避することができる。なお、式(21)、(22)において V_B はバイアス電圧であり、下式(23)で表される。

$$V_{t1} = V_B - V_{t1}' \quad (21)$$

$$V_{t2} = V_B - V_{t2}' \quad (22)$$

$$V_B = (V_{i1} + V_{i2}) / 2 \quad (23)$$

【0044】

このように、オフセット調整回路13及びバイアス電圧生成回路14を用いて式(16)、(21)、(22)を満足する電圧のオフセット調整信号を差動アンプ11に注入することで、差動アンプ11に注入される差動信号に含まれるオフセット成分は増幅せずに

10

20

30

40

50

信号成分のみを増幅できる。一方、オフセット調整信号の入力方法を工夫することで、ゲインを更に大きく取ることができる。

【0045】

以下では、説明を簡略化するため、差動アンプ11に入力される差動信号に含まれる信号成分については省略する。すなわち、式(13)，(14)は下式(24)，(25)のようになる。

$$V_{i1} = V_{off} + V_{com}(24)$$

$$V_{i2} = V_{com}(25)$$

【0046】

また、式(23)に式(24)，(25)を代入すると、下式(26)が得られる。

$$V_B = (V_{i1} + V_{i2}) / 2 = V_{com} + (V_{off} / 2)(26)$$

【0047】

また、式(21)，(22)に式(26)を代入すると、下式(27)，(28)が得られる。

$$V_{t1} = \{V_{com} + (V_{off} / 2)\} - V_{t1}'(27)$$

$$V_{t2} = \{V_{com} + (V_{off} / 2)\} - V_{t2}'(28)$$

【0048】

そして、式(8)に、式(24)，(25)，(27)を代入すると、下式(29)が得られる。

$$\begin{aligned} V_{o1} &= \{1 + (R_f / R_t) + (R_f / R_g)\} \times (V_{off} + V_{com}) - (R_f / R_g) \times V_{com} - (R_f / R_t) \times \{ \{V_{com} + (V_{off} / 2)\} - V_{t1}' \} \\ &= \{1 + (R_f / R_t) + (R_f / R_g)\} \times V_{off} + \{1 + (R_f / R_t)\} \times V_{com} - (R_f / R_t) \times V_{com} - (R_f / R_t) \times (V_{off} / 2) + (R_f / R_t) \times V_{t1}' \\ &= \{1 + (1/2) \times (R_f / R_t) + (R_f / R_g)\} \times V_{off} + V_{com} + (R_f / R_t) \times V_{t1}'(29) \end{aligned}$$

【0049】

ここで、 $R_g = R_t = R$ とおくと、式(29)は下式(30)となる。

$$\begin{aligned} V_{o1} &= \{1 + (1/2) \times (R_f / R) + (R_f / R)\} \times V_{off} + V_{com} + (R_f / R) \times V_{t1}' \\ &= \{1 + (3/2) \times (R_f / R)\} \times V_{off} + V_{com} + (R_f / R) \times V_{t1}'(30) \end{aligned}$$

【0050】

同様に、式(9)に、式(24)，(25)，(28)を代入すると、下式(31)が得られる。

$$\begin{aligned} V_{o2} &= \{1 + (R_f / R_t) + (R_f / R_g)\} \times V_{com} - (R_f / R_g) \times (V_{off} + V_{com}) - (R_f / R_t) \times \{ \{V_{com} + (V_{off} / 2)\} - V_{t2}' \} \\ &= \{1 + (R_f / R_t)\} \times V_{com} - (R_f / R_g) \times V_{off} - (R_f / R_t) \times V_{com} - (R_f / R_t) \times (V_{off} / 2) + (R_f / R_t) \times V_{t2}' \\ &= V_{com} - \{(R_f / R_g) + (1/2) \times (R_f / R_t)\} \times V_{off} + (R_f / R_t) \times V_{t2}'(31) \end{aligned}$$

【0051】

ここで、 $R_g = R_t = R$ とおくと、式(31)は下式(32)となる。

$$\begin{aligned} V_{o2} &= V_{com} - \{(R_f / R) + (1/2) \times (R_f / R)\} \times V_{off} + (R_f / R) \times V_{t2}' \\ &= V_{com} - (3/2) \times (R_f / R) \times V_{off} + (R_f / R) \times V_{t2}'(32) \end{aligned}$$

【0052】

ここで、式(16)を満足するように、例えば、電圧 $V_{t1}' = 0$ とし、電圧 $V_{t2}' = 3 \times V_{off}$ としたとする。この場合、式(30)，(32)は下式(33)，(34)

10

20

30

40

50

) となり、差動アンプ 11 から出力される信号の電圧 V_{o1} , V_{o2} に、オフセット成分を増幅した電圧が重畳してしまう。

$$V_{o1} = (1 + (3/2) \times (R_f/R)) \times V_{off} + V_{com} \quad (33)$$

$$\begin{aligned} V_{o2} &= V_{com} - (3/2) \times (R_f/R) \times V_{off} + 3 \times (R_f/R) \times V_{off} \\ &= (3/2) \times (R_f/R) \times V_{off} + V_{com} \quad (34) \end{aligned}$$

【0053】

そして、式(33) , (34)の差分($V_{o1} - V_{o2}$)を取るとオフセット成分が調整されることになるが、そもそも電圧 V_{o1} , V_{o2} の出力レンジが狭くなるため、あまりゲインを大きく取ることができない。

【0054】

そこで、オフセット調整信号を均等(略均等の意味を含む)に分割し、電圧 V_{t1}' , V_{t2}' を互いに極性が異なり絶対値が同一である値とする。すなわち、電圧 V_{t1}' , V_{t2}' を、下式(35) , (36)を満足する値とする。

$$V_{t1}' = - (3/2) \times V_{off} \quad (35)$$

$$V_{t2}' = (3/2) \times V_{off} \quad (36)$$

【0055】

これにより、式(30) , (32)は下式(37) , (38)となり、差動アンプ 11 から出力される信号の電圧 V_{o1} , V_{o2} から、オフセット成分を増幅した電圧を調整できる。これにより、オフセット調整信号を均等に分割しない場合に対し、ゲインを大きく取ることができる。

$$\begin{aligned} V_{o1} &= \{1 + (3/2) \times (R_f/R)\} \times V_{off} + V_{com} - (3/2) \times (R_f/R) \times V_{off} \\ &= V_{off} + V_{com} \quad (37) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{o2} &= V_{com} - (3/2) \times (R_f/R) \times V_{off} + (3/2) \times (R_f/R) \times V_{off} \\ &= V_{com} \quad (38) \end{aligned}$$

【0056】

この発明の実施の形態 1 に係る計装アンプ 1 によるオフセット調整のシミュレーション結果例を図 4 , 5 に示す。図 4 はオフセット調整信号を均等に分割しない場合を示し、図 5 はオフセット調整信号を均等に分割した場合を示している。ここでは、差動アンプ 11 に入力される差動信号を 30 mV p p の 1 K H z 正弦波とし、当該差動信号に含まれるオフセット成分の電圧を 100 mV とし、当該差動信号に含まれるコモンモード成分の電圧を 2 . 5 V とし、計装アンプ 1 のゲインを 46 倍としている。オフセット成分の電圧が 100 mV であるため、式(16)から、300 mV のオフセット調整信号を注入している。なお図 4 , 5 において、符号 401 , 501 が差動アンプ 11 に入力される差動信号を示し、符号 402 , 502 がオフセット成分の電圧を示し、符号 403 , 503 が電圧 V_{o1} を示し、符号 404 , 504 が電圧 V_{o2} を示し、符号 405 , 505 が差動アンプ 11 から出力される差動信号を示している。

【0057】

図 4 に示すように、オフセット調整信号を均等に分割しない場合には、電圧 V_{o1} , V_{o2} に、オフセット成分を増幅した電圧が重畳してしまい、電源電圧付近(+5 V)で飽和してアンプとして機能していないことがわかる。

それに対し、図 5 に示すように、オフセット調整信号を均等に分割した場合には、電圧 V_{o1} , V_{o2} に、オフセット成分を増幅した電圧がなく、コモンモード付近(+2 . 5 V)で変化するため、アンプとして正常に機能している。また、飽和電圧までまだ余裕があるため、更にゲインを大きく取ることができる。

【0058】

なお、差動信号に含まれるコモンモード成分の電圧をバイアス電圧とする方法としては、図 1 に示す回路に限らず、例えば図 6 に示す回路を用いてもよい。なお図 6 では、差動 A D C 12 の図示を省略している。

10

20

30

40

50

図 6 では、図 1 に示す計装アンプ 1 からオペアンプ 1 4 0 1 及び抵抗 1 4 0 5 を取除いている。

【 0 0 5 9 】

以上のように、この実施の形態 1 によれば、入力された差動信号を増幅する差動アンプ 1 1 と、差動アンプ 1 1 に入力される差動信号に含まれるコモンモード成分の電圧をバイアス電圧とし、入力されたオフセット調整信号にバイアスをかけるバイアス電圧生成回路 1 4 と、差動アンプ 1 1 に接続され、バイアス電圧生成回路 1 4 によりバイアスがかけられたオフセット調整信号により、差動アンプ 1 1 に入力される差動信号に含まれるオフセット成分を調整するオフセット調整回路 1 3 とを備え、バイアス電圧生成回路 1 4 に入力されるオフセット調整信号は、互いに極性が異なり絶対値が同一である 2 つの信号から構成されたので、差動アンプ 1 1 に入力された差動信号に対し、オフセット成分は増幅せずに信号成分のみを増幅可能となる。また、実施の形態 1 に係る計装アンプ 1 では、差動アンプ 1 1 にオフセット調整回路 1 3 を接続することで、従来のようにシングルエンドアンプにオフセット調整回路を接続した場合に対し、ゲインを大きく取ることが可能となる。更に、オフセット調整信号が均等に分割されることで、ゲインを更に大きく取ることが可能となる。

10

【 0 0 6 0 】

また、差動アンプ 1 1 の後段に差動 A D C 1 2 を接続することで、従来のようなシングルエンドアンプを省略することができる。これにより、差動信号のまま処理を行うことができ、耐ノイズ性能が向上する。

20

【 0 0 6 1 】

なお図 1 では、差動 A D C 1 2 を用いた場合を示しているが、これに限らず、図 7 に示すように、差動 A D C 1 2 に代えてシングルエンドアンプ 1 5 を用いてもよい。

シングルエンドアンプ 1 5 は、差動アンプ 1 1 から入力された差動信号をシングルエンド信号に変換する。このシングルエンドアンプ 1 5 は、オペアンプ 1 5 0 1、入力抵抗 1 5 0 2 ~ 1 5 0 4 及び帰還抵抗 1 5 0 5 を有している。

【 0 0 6 2 】

入力抵抗 1 5 0 2 は、一端がオペアンプ 1 1 0 1 の出力端子及び帰還抵抗 1 1 0 3 の他端に接続され、他端がオペアンプ 1 5 0 1 の非反転入力端子に接続されている。

入力抵抗 1 5 0 3 は、一端がオペアンプ 1 1 0 2 の出力端子及び帰還抵抗 1 1 0 4 の他端に接続され、他端がオペアンプ 1 5 0 1 の反転入力端子に接続されている。

30

【 0 0 6 3 】

入力抵抗 1 5 0 4 は、一端がオペアンプ 1 5 0 1 の非反転入力端子及び入力抵抗 1 5 0 2 の他端に接続され、他端がグランドに接続されている。

帰還抵抗 1 5 0 5 は、一端がオペアンプ 1 5 0 1 の反転入力端子及び入力抵抗 1 5 0 3 の他端に接続され、他端がオペアンプ 1 5 0 1 の出力端子に接続されている。

【 0 0 6 4 】

なお図 7 に示すバイアス電圧生成回路 1 4 を図 6 に示すバイアス電圧生成回路 1 4 に変更してもよい。

【 0 0 6 5 】

40

なお、本願発明はその発明の範囲内において、実施の形態の任意の構成要素の変形、もしくは実施の形態の任意の構成要素の省略が可能である。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 6 】

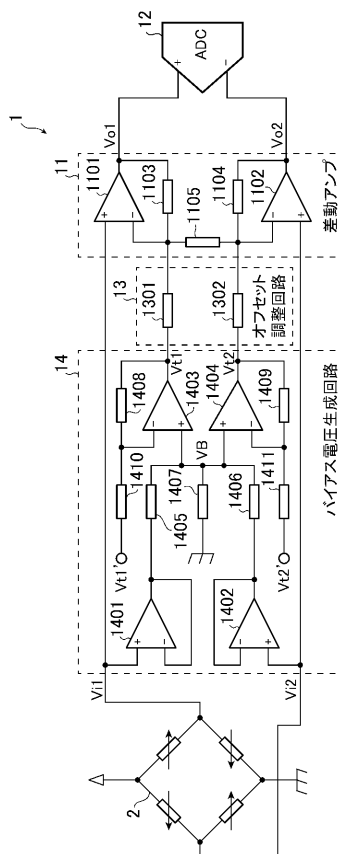
- 1 計装アンプ
- 2 ホイーストンプブリッジ回路
- 1 1 差動アンプ
- 1 2 差動 A D C
- 1 3 オフセット調整回路
- 1 4 バイアス電圧生成回路

50

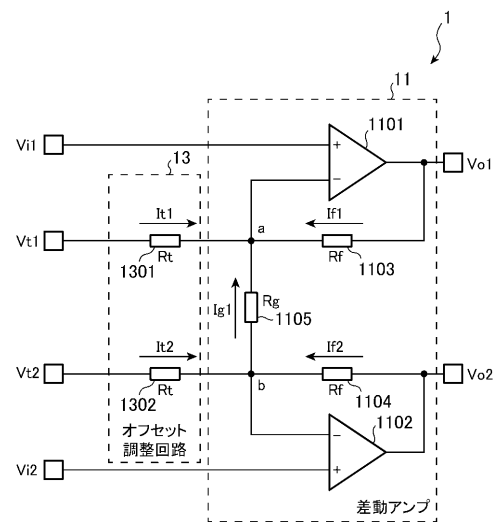
1 5 シングルエンドアンプ
 1 1 0 1 , 1 1 0 2 オペアンプ
 1 1 0 3 , 1 1 0 4 帰還抵抗
 1 1 0 5 ゲイン設定抵抗
 1 3 0 1 , 1 3 0 2 調整抵抗
 1 4 0 1 ~ 1 4 0 4 オペアンプ
 1 4 0 5 ~ 1 4 1 1 抵抗
 1 5 0 1 オペアンプ
 1 5 0 2 ~ 1 5 0 4 入力抵抗
 1 5 0 5 帰還抵抗

10

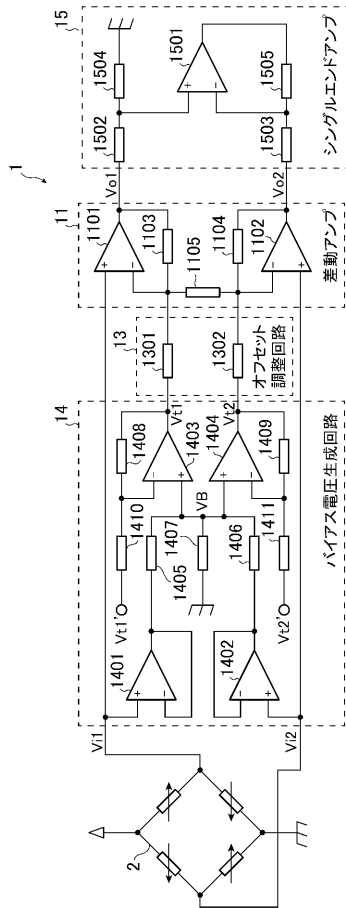
【図 1】



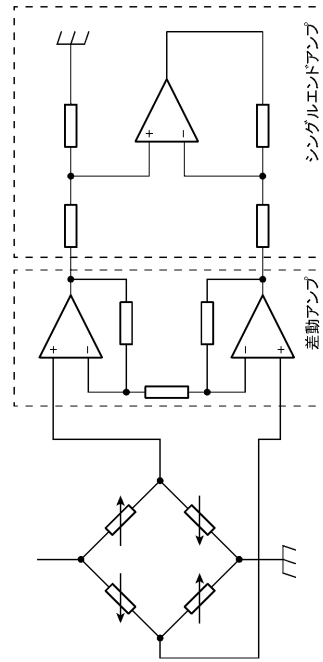
【図 2】



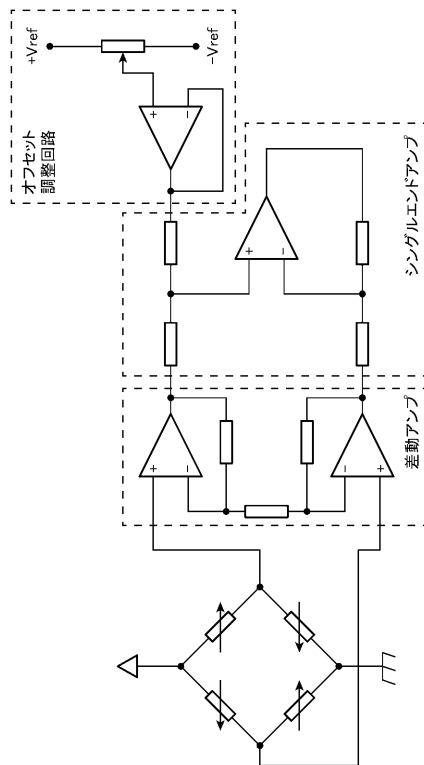
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 秋田 大助

東京都千代田区丸の内 2 丁目 7 番 3 号 アズビル株式会社内

F ターム(参考) 5J500 AA01 AA12 AA22 AC13 AC35 AF10 AH25 AK01 AK34 AS15
AT06 DP02