

(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2005-165630

(P2005-165630A)

(43) 公開日 平成17年6月23日(2005.6.23)

(51) Int.Cl.⁷

G05D 23/24

G05D 23/00

H03B 5/32

F I

G05D 23/24

G05D 23/00

H03B 5/32

H

H

A

テーマコード (参考)

5H323

5J079

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2003-403136 (P2003-403136)

(22) 出願日 平成15年12月2日 (2003.12.2)

(71) 出願人 000003104

東洋通信機株式会社

神奈川県川崎市幸区塚越三丁目484番地

(72) 発明者 佐藤 富雄

神奈川県高座郡寒川町小谷二丁目1番1号

東洋通信機株式会社

内

Fターム(参考) 5H323 AA29 BB02 BB03 BB07 CA09

CB02 CB20 DA03 DB02 EE01

FF01 FF10 GG04 KK05 LL19

NN01 SS02

5J079 AA04 BA02 CA01 CA12 CB02

FA05 FA14 FB02 KA01 KA05

(54) 【発明の名称】 温度制御回路とそれを用いた恒温槽型圧電発振器

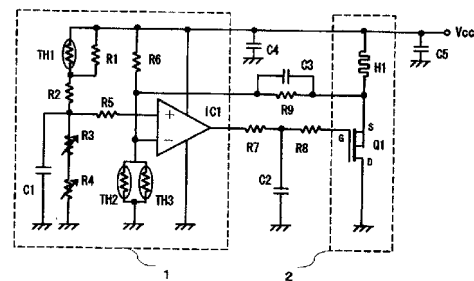
(57) 【要約】

【課題】 クローズドループコントロールで発生する温度制御偏差（オフセット）を制御利得を大きくして改善しようとする、コントロールループ内でハンチング（低周波発振）が発生し易い。さらに、クローズドループコントロール用のサーミスタに直列にオープンループコントロール用のセンサとしてダイオードを接続すると、低温度側ではダイオードの抵抗が高くなってサーミスタの温度に対する感度が低下し、逆に高温側ではサーミスタの温度に対する感度が上昇しすぎる。

【解決手段】 差動増幅器 IC1 のプラス（+）入力にオープンループコントロール用のセンサ（サーミスタ TH1）回路を、また、差動増幅器 IC1 のマイナス（-）入力にクローズドループコントロール用のセンサ（サーミスタ TH2、TH3）回路を設けて、クローズドループコントロールで発生する温度制御偏差（オフセット）を、オープンループコントロールで補正する。

【選択図】

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ヒーターと該ヒーターに電力を供給するトランジスタ増幅回路を含むヒーター回路部と、前記ヒーターによる前記被加熱物の温度変化を検出する感熱素子と該感熱素子の検出結果に基づいて前記トランジスタ増幅回路の入力電圧を制御する差動増幅器とを含む制御部とで構成される温度制御回路であって、

前記差動増幅器の 2 つの入力回路の一方にクローズドループコントロール用の感熱素子による温度変化の検出電圧を印加し、他方にオープンループコントロール用の感熱素子による温度変化の検出電圧を印加して温度制御を行うよう構成したことを特徴とする温度制御回路。

10

【請求項 2】

ヒーターと該ヒーターに電力を供給するトランジスタ増幅回路を含むヒーター回路部と、前記ヒーターによる前記被加熱物の温度変化を検出する感熱素子と該感熱素子の検出結果に基づいて前記トランジスタ増幅回路の入力電圧を制御する差動増幅器とを含む制御部とで構成される温度制御回路であって、

前記制御部を 2 つ備え、一方をクローズドループコントロール用の温度制御ブロックとし、他方をオープンループコントロール用の温度制御ブロックとし、両制御ブロックの基準電圧は共通としたことを特徴とする温度制御回路。

【請求項 3】

前記クローズドループコントロール用の感熱素子は前記ヒーターに近接した位置に設置し、前記オープンループコントロール用の感熱素子は前記ヒーターから離れた位置に設置したことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 のいずれかに記載の温度制御回路。

20

【請求項 4】

前記感熱素子に正特性温度補償用抵抗を用いたことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の温度制御回路。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の温度制御回路を用いて構成したことを特徴とする恒温槽型圧電発振器。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、温度制御回路に関し、特に恒温槽型圧電発振器に用いられる温度制御回路に関する。

40

【背景技術】

【0002】

通信機器あるいは測定器等の基準の周波数信号源に用いられる水晶発振器は、温度変化に対して高い精度で出力周波数が安定していることが求められている。

一般に水晶発振器の中でも極めて高い周波数安定度が得られるものとしては、電気的特性が温度の影響を受け易い水晶振動子等の電子部品を一定温度に保たれた槽内に収納した恒温槽型水晶発振器（OCXO）が知られており、これにより、例えば $1 \times 10^{-7} \sim 5 \times 10^{-10}$ ppm / $0 \sim +60$ と極めて高い周波数安定度が得られている。

【0003】

図 8 は、従来の恒温槽型水晶発振器の温度制御回路の一例を示す電気回路図である。同

50

図に示すように、本温度制御回路は、水晶振動子（図示しない）等の温度を検知し、この情報に基づいた電流を出力する制御部 21 と、該制御部 21 からの電流値に基づいて水晶振動子を加熱するためのヒーター回路部 22 と定電圧回路 23 とを備えている。

【0004】

前記制御部 21 は、前記定電圧回路 23 に接続された抵抗 R51、R52 の直列回路の前記抵抗 R51、R52 の接続中点が差動増幅器 IC11 のプラス（+）入力と接続され、また、定電圧回路 23 に接続された温度センサとしてのサーミスタ TH11、TH12 の並列回路と、抵抗 R53 との直列接続中点が前記差動増幅器 IC11 のマイナス（-）入力に接続されると共に、該差動増幅器 IC11 の出力が帰還抵抗 54 を介して前記差動増幅器 IC11 のマイナス（-）入力に接続されるよう構成したものである。

10

前記抵抗 R52 は温度設定を行うための調整用抵抗である。

【0005】

前記ヒーター回路部 22 は、電源 Vcc に接続された電力用 MOS FET（以下、FET という）Q11 とヒーター H11、H12 とで構成され、ヒーター H11 は電源 Vcc と FET Q11 のドレイン D との間に接続され、また、ヒーター H12 は FET Q11 のソース S と接地間に接続される。

前記差動増幅器 IC11 の出力は、抵抗 R55 を介して FET Q11 のゲート G に接続される。コンデンサ C21C、22、C23 は交流ノイズ除去用のコンデンサである。

【0006】

図 9 は、図 8 の従来の温度制御回路を備えた恒温槽型水晶発振器（OCXO）の構造例を示した縦断面図である。本恒温槽型水晶発振器（OCXO）は、サーミスタ TH11、TH12 とヒーター H11、H12 と水晶振動子 3 を収容したオープン 4 と、その他の温度制御回路用及び発振回路用の部品 5 とを装着した印刷配線基板 6、7 で構成され、これらの構成部品はケース 8 に密封されて、端子 9 によって外部と接続される。

20

そして、前記サーミスタ TH11、TH12 は発熱体のヒーター H11、H52 や加熱対象のオープン 4 に近接配置され、前記ヒーター H11、H12 の発熱量を検出する。

クローズドループコントロールは、温度センサとしてのサーミスタを熱源に密接配置して熱的結合を高め、その発熱量に応じてヒーター電流を制御する方式である。

【0007】

上記構成の温度制御回路は、前記サーミスタ TH11、TH12 の抵抗値が周囲温度に従って変化するために差動増幅器 IC11 の（+）入力と（-）入力との電位差が変化し、これに伴い FET Q11 のゲート G に加わる電圧が制御される。これによって、FET Q11 のドレイン電流、即ちヒーター H11、H12 の発熱温度が制御されて水晶振動子を収容したオープン 4 の周囲温度を所定の温度に維持することを可能にしている。

30

例えば、温度が上昇した場合、前記サーミスタ TH11、TH12 の抵抗値が小さくなり、これに伴って差動増幅器 IC11 の（-）入力の電位があがり、そのため差動増幅器 IC11 の（+）と（-）入力端子間の電位差が小さくなって、該差動増幅器 IC11 の出力電圧が減少する。

これによって、FET Q11 のゲート・ソース間の電位差が減少してヒーター H11、H12 を流れる FET Q11 のドレイン電流が減少する。その結果、ヒーター H11、H12 の発熱量が少なくなると温度が低下する。

40

一方、温度が低下するとサーミスタ TH11、TH12 の抵抗値が大きくなり上記の説明とは逆に前記ヒーター H11、H12 の発熱量が増加して温度が上昇する。

【0008】

図 10 は、図 8 の温度制御回路で制御された従来の TCXO のオープン 4 の温度制御特性図である。同図に示されるように、オープン 4 の温度は、周囲温度 - 40 ~ 85 に対して制御目標温度より + 1.2 ~ - 0.7 の温度偏差を有している。

【0009】

図 11 は、従来の恒温槽型水晶発振器の温度制御回路の他の例を示す電気回路図である。同図に示すように、本温度制御回路は、水晶振動子（図示しない）等の温度を検知し、

50

この情報に基づいた電流を出力する制御部 24 と、該制御部 24 からの電流値に基づいて水晶振動子を加熱するためのヒーター回路部 25 と定電圧回路 26 とを備えている。

【0010】

前記制御部 24 は、前記定電圧回路 26 に接続されたサーミスタ TH13 とダイオード D11、D12 と抵抗 R56 の並列回路と、抵抗 R57 との直列回路の、前記ダイオード D11、D12 と抵抗 R57 の接続中点が抵抗 R58 を介して差動増幅器 IC12 のプラス (+) 入力と接続される。

また、定電圧回路 26 出力と接地間に接続された抵抗 R59、R60 との直列接続の接続中点が前記差動増幅器 IC12 のマイナス (-) 入力に接続されると共に、該差動増幅器 IC12 の出力が帰還抵抗 61 を介して差動増幅器 IC12 のマイナス (-) 入力に接続されるよう構成したものである。なお、抵抗 R57 は温度設定を行うための調整用抵抗である。

10

【0011】

前記制御部 24 のサーミスタ TH13 は、クローズドループコントロール用として後述のヒーター H13 の近くに設置される。

また、前記ダイオード D11、D12 はオープンループコントロール用の温度センサとして用いるものであって、ヒーター H13 から離れた周囲温度を検知しやすい位置に設置される。

【0012】

前記ヒーター回路部 25 は、電源 Vcc に接続された電力用 P O W M O S F E T (以下、FET という) Q12 とヒーター H13 とで構成され、ヒーター H13 は電源 Vcc と FET Q12 のソース S との間に接続され、該 FET Q12 のドレイン D は接地される。

20

前記差動増幅器 IC12 の出力は、抵抗 R62、R63 を介して FET Q12 のゲート G に接続される。コンデンサ C24、C25、C26、C27 は交流ノイズ除去用のコンデンサである。

【0013】

上記構成の温度制御回路において、周囲温度が上昇した場合、サーミスタ TH13 の抵抗値が小さくなり、これに伴って差動増幅器 IC12 の (+) 入力の電位があがり、そのため該差動増幅器 IC12 の (+) と (-) 入力端子間の電位差が大きくなって、差動増幅器 IC12 の出力電圧が増大する。

30

これによって、FET Q12 のゲート・ソース間の電位差が減少してヒーター H13 を流れる FET Q12 のドレイン電流が減少する。その結果、ヒーター H13 の発熱量が少なくなつて温度が低下する。

一方、温度が低下するとサーミスタ TH13 の抵抗値が大きくなり上記の説明とは逆に FET Q12 のドレイン電流、即ちヒーター H13 の発熱量が増加して温度が上昇する。

【0014】

前記ダイオード D11、D12 は、該ダイオード D11、D12 のカソード・アノード間電位が温度に対して一定の割合 (約 - 2 ~ - 3 mV /) で変化することを利用してオープンループコントロール用の温度センサとして用いられる。

40

このオープンループコントロールは、図 10 のクローズドループコントロールによる温度制御特性で見られる制御温度偏差を低減する目的で、オープンループコントロール用温度センサの感度と制御対象物の熱容量との関係から周囲温度に応じたヒーターの発熱量を設定して、前記オープンループコントロール用温度センサが感知した周囲温度に対応したヒーターの発熱、即ちヒーター電流を流すものである。

【特許文献 1】特開 2001 117645 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

図 8 の回路の温度制御方式は、ヒーターの発熱量を温度センサ (サーミスタ) で検出し

50

、検出した発熱量に応じてヒーター電流を制御するクローズドループコントロール方式であって、温度制御の対象の熱容量とセンサー感度を含む制御利得によってその温度制御特性が決定される。

このクローズドループコントロール方式においては、必要とする加熱電力は、ヒーターに密着配置した温度センサとしてのサーミスタの温度変化に伴う抵抗値の変化を利用して発生させている。そのため、必然的に図10に見られるように温度制御偏差（オフセット）が発生する。

また、ヒーターからの発熱が温度センサー（サーミスタ）に感知されるまでに時間的遅延が発生して温度変動が生じるので、制御利得を大きくして温度制御特性を改善しようとすると、コントロールループ内でハンチング（低周波発振）が発生し易い。

10

【0016】

図11の回路のダイオードD11、D12は、オープンループコントロール用のセンサとして動作しているが、クローズドループコントロール用のサーミスタTH13と直列に接続されているため、低温度側ではダイオードの抵抗が高くなってサーミスタの温度に対する感度が低下し、逆に高温度側ではサーミスタの温度に対する感度が上昇する。

その結果、クローズドループコントロール用としてのサーミスタ及びオープンループコントロール用としてのダイオードそれぞれに対する必要とする制御利得を設定できず、精度の高い温度制御特性が得られないという欠点がある。

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであって、クローズドループコントロールに付随して発生する温度制御偏差（オフセット）とハンチング（低周波発振）を抑えて、高い精度の制御特性が得られる温度制御回路を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0017】

上記課題を解決するため、請求項1においては、ヒーターと該ヒーターに電力を供給するトランジスタ増幅回路を含むヒーター回路部と、前記ヒーターによる前記被加熱物の温度変化を検出する感熱素子と該感熱素子の検出結果に基づいて前記トランジスタ増幅回路の入力電圧を制御する差動増幅器とを含む制御部とで構成される温度制御回路であって、前記差動増幅器の2つの入力回路の一方にクローズドループコントロール用の感熱素子による温度変化の検出電圧を印加し、他方にオープンループコントロール用の感熱素子による温度変化の検出電圧を印加して温度制御を行うよう構成したことを特徴とする。

30

また、請求項2においては、ヒーターと該ヒーターに電力を供給するトランジスタ増幅回路を含むヒーター回路部と、前記ヒーターによる前記被加熱物の温度変化を検出する感熱素子と該感熱素子の検出結果に基づいて前記トランジスタ増幅回路の入力電圧を制御する差動増幅器とを含む制御部とで構成される温度制御回路であって、前記制御部を2つ備え、一方をクローズドループコントロール用の温度制御ブロックとし、他方をオープンループコントロール用の温度制御ブロックとし、両制御ブロックの基準電圧は共通としたことを特徴とする。

【0018】

請求項3においては、請求項1または請求項2のいずれかに記載の温度制御回路において、前記クローズドループコントロール用の感熱素子は前記ヒーターに近接した位置に設置し、前記オープンループコントロール用の感熱素子は前記ヒーターから離れた位置に設置したことを特徴とする。

40

また、請求項4においては、請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の温度制御回路において、前記感熱素子に正特性温度補償用抵抗を用いたことを特徴とする。

さらに、請求項5に記載の恒温槽型圧電発振器においては、請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の温度制御回路を用いて構成したことを特徴とする。

【発明の効果】

【0019】

本発明による温度制御回路においては、クローズドループコントロール用の温度制御ブロックの感熱素子はヒーターに近接した位置に設置し、オープンループコントロール用の

50

温度制御ブロックの感熱素子は前記ヒーターから離れた位置に設置して、クローズドループコントロールによって発生する温度制御偏差をオープンループコントロールによって補正するようにしたことによって、高い精度の温度制御回路を構成することができる。

したがって、この温度制御回路を用いることによって、周波数温度特性の優れた高安定圧電発振器を提供することが、高安定圧電発振器の性能向上に顕著な効果を発揮できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明を図面に示した実施の形態に基づいて詳細に説明する。図1は、本発明に係わる温度制御回路の実施の一形態例を示す電気回路図である。

同図に示すように、本温度制御回路は、水晶振動子（図示しない）等の温度を検知し、この情報に基づいた電流を出力する制御部1と、該制御部1からの電流値に基づいて水晶振動子等を加熱するためのヒーター回路部2とを備えている。

【0021】

前記制御部1は、電源Vccと接地間に、オープンループコントロール用温度センサとしてのサーミスタTH1と抵抗R1との並列回路と、抵抗R2と、抵抗R3と、抵抗R4との直列回路が接続され、前記抵抗R2、R3の直列回路の接続中点が差動増幅器IC1のプラス（+）入力に抵抗R5を介して接続される。

また、電源Vccと接地間に、抵抗R6と、クローズドループコントロール用温度センサとしてのサーミスタTH2、TH3の並列回路との直列回路が接続され、前記前記直列回路の接続中点が前記差動増幅器IC51のマイナス（-）入力に接続される。

前記抵抗R3、R4は温度設定を行うための調整用抵抗であり、コンデンサC1は交流ノイズ除去用のコンデンサである。

【0022】

前記ヒーター回路部2は、ヒーターH1と電力用のJタイプのP O W M O S F E T（以下、JタイプFETという）Q1とで構成され、前記ヒーターH1は電源VccとJタイプFETQ1のソースS間に接続され、前記JタイプFETQ1のドレインDは接地される。

そして、前記差動増幅器IC1の出力は、抵抗R7、R8とコンデンサC2とで構成されるローパスフィルタを介して前記JタイプFETQ1のゲートGに入力される。また、JタイプFETQ1のソースSと差動増幅器IC1の（-）入力間に接続された帰還抵抗9によって、差動増幅器IC1の利得が調整されると共に、抵抗R9に並列接続されたコンデンサC3による積分回路によってJタイプFETQ1のドレイン電流、即ちヒーターH1電流の急激な変化を抑えている。

コンデンサC4、C5は交流ノイズ除去用のコンデンサである。

【0023】

図2は、図1の温度制御回路を用いた恒温槽型水晶発振器の構造例を模式的に示した縦断面図である。

同図に示すように、本恒温槽型水晶発振器は、サーミスタTH1、TH2、TH3と、ヒーターH1と、水晶振動子3を収容しJタイプFETQ1を装着したオープン4と、その他の温度制御回路用及び発振回路用の部品5とを装着した印刷配線基板6、7で構成され、これらの構成部品はケース8に密封されて、端子9によって外部と接続される。

そして、クローズドループコントロール用の前記サーミスタTH2、TH3は発熱体のヒーターH1や加熱対象のオープン4に近接配置され、一方、オープンループコントロール用の前記サーミスタTH1はオープン4から離れて、周囲温度を検出し易い位置に配置される。

【0024】

本発明に係わる図1に示された温度制御回路の動作は次のとおりである。

温度が上昇して前記サーミスタTH2、TH3の抵抗値が小さくなると、差動増幅器IC1の（-）入力の電位が下がり、そのため差動増幅器の（+）入力と（-）入力端子間の電位差が大きくなって、該差動増幅器IC1の出力電圧が増大する。これによって、J

10

20

30

40

50

タイプ F E T Q 1 のゲート・ソース間の電位差が減少してヒーター H 1 を流れる J タイプ F E T Q 1 のドレイン電流が減少する。その結果、ヒーター H 1 の発熱量が少なくなって温度が低下する。

一方、温度が低下するとサーミスタ T H 2、T H 3 の抵抗値が大きくなり上記の説明とは逆に前記ヒーター H 1 の発熱量が増加して温度が上昇する。

【 0 0 2 5 】

オープンループコントロール用のサーミスタ T H 1 は、感知した周囲温度に応じた抵抗値によって、あらかじめ設定された周囲温度に対応したヒーター電流を流すような電位を、抵抗 R 5 を介して差動増幅器 I C 1 の (+) 入力に供給する。

【 0 0 2 6 】

図 3 は、図 1 の温度制御回路の変形実施例を示す電気回路図である。

同図に示すように、本温度制御回路は、図 1 の温度制御回路の制御部 1 を次のような回路の制御部 10 に置き換えた回路構成を有する。即ち、前記制御部 1 におけるサーミスタ T H 1、抵抗 R 1、R 2、R 3、R 4 の回路を抵抗 R 10、R 11、R 12 の直列回路に置き換えたものである。そして、前記抵抗 R 10、R 11 の接続中点を抵抗 R 13 を介して差動増幅器 I C 1 の (+) 入力に接続した回路構成とすると共に、前記抵抗 R 11、R 12 は、それぞれオープンループコントロール用の温度センサーとして正特性温度補償用抵抗を用いている。

【 0 0 2 7 】

前記正特性温度補償用抵抗 R 11、R 12 は、温度変化に対するその抵抗値の変化 (温度係数) が正の特性を持ち、且つ広い範囲にわたってリニアであることを利用して、オープンループコントロール用の温度センサとして用いられるものである。

この正特性温度補償用抵抗 R 11、R 12 は、その温度係数が正の特性をもつので、電源 V c c に接続された抵抗 R 10 に直列に該正特性温度補償用抵抗 R 11、R 12 が接続され、抵抗 R 10 と抵抗 R 11 の接続中点が差動増幅器 I C 1 の (+) 入力に接続される。

温度が上昇したとき、正特性温度補償用抵抗 R 11、R 12 の抵抗値が高くなって抵抗 R 10 と正特性温度補償用抵抗 R 11 の分圧中点の電位が高くなることを除いて、この回路の動作原理は図 1 と同じであるので、説明は省略する。

【 0 0 2 8 】

図 4 は、本発明に係わる温度制御回路の実施の他の形態例を示す電気回路図である。

同図に示すように、本温度制御回路は、制御部 11 と、ヒーター回路部 12 と定電圧回路 13 とを備えている。

前記制御部 11 は、前記定電圧回路 13 出力と接地間に、抵抗 R 21 と、抵抗 R 22 と、抵抗 R 23 とオープンループコントロール用のサーミスタ T H 4 の並列回路とが直列に接続され、前記抵抗 R 21、R 22 の直列回路の接続中点が差動増幅器 I C 2 のプラス (+) 入力に抵抗 R 24 を介して接続される。

また、定電圧回路 13 出力に接続されたクローズドループコントロール用のサーミスタ T H 5、T H 6 の並列回路と抵抗 R 25 と抵抗 R 26 の直列回路の、前記サーミスタ並列回路と R 25 の接続中点が差動増幅器 I C 2 のマイナス (-) 入力に接続され、前記 R 26 の他端は接地される。

前記差動増幅器 I C 2 の出力は帰還抵抗 27 を介して前記差動増幅器 I C 2 の (-) 入力に接続され、同差動増幅器 I C 2 の利得が決定される。

前記抵抗 R 25、R 26 は温度設定を行うための調整用抵抗である。

【 0 0 2 9 】

前記ヒーター回路部 12 は、電源 V c c と接地間に接続されたヒーター H 2、H 3 と電力用 P O W M O S F E T (以下、電力用 F E T という) Q 2 とで構成され、ヒーター H 2 は電源 V c c と電力用 F E T Q 2 のドレイン D との間に接続され、また、ヒーター H 3 は電力用 F E T Q 2 のソース S と接地間に接続される。

前記差動増幅器 I C 2 の出力は、抵抗 R 28、R 29 を介して電力用 F E T Q 2 のゲート

10

20

30

40

50

トGに接続され、該出力信号は、前記抵抗R28、R29とコンデンサC6とで構成されるローパスフィルタで高周波ノイズが除去される。

また、電力用FETQ2のドレインDと差動増幅器IC2のプラス(+)入力間にコンデンサC7が接続され、該コンデンサC7による積分回路によって電力用FETQ2のドレイン電流(ヒーターH2、H3の電流)の急激な変化が抑えられる。

コンデンサC8、C9は交流ノイズ除去用のコンデンサである。

【0030】

上記回路において、例えば、温度が上昇して前記サーミスタTH5、TH6の抵抗値が小さくなると、差動増幅器IC2の(-)側入力の電位が上がり、そのため差動増幅器IC2の(+)と(-)入力端子間の電位差が小さくなって該差動増幅器IC2の出力電圧が減少する。これによって、電力用FETQ2のゲート・ソース間電位が低下してヒーターH2、H3を流れる該電力用FETQ2のドレイン電流が減少する。その結果、ヒーターH2、H3の発熱量が少なくなると温度が低下する。

一方、温度が低下するとサーミスタTH5、TH6の抵抗値が大きくなり上記の説明とは逆に前記ヒーターH2、H3の発熱量が増加して温度が上昇する。

【0031】

オープンループコントロール用のサーミスタTH4は、感知した周囲温度に応じた抵抗値によって、あらかじめ設定された周囲温度に対応したヒーター電流を流すような抵抗R21、R22接続中点の電位を、抵抗R24を介して差動増幅器IC2の(+)入力に供給する。

【0032】

図5は、本発明に係わる温度制御回路の実施の他の形態例を示す電気回路図である。

本実施例は、クローズドループコントロール用とオープンループコントロール用の温度制御回路を別々のブロックに構成したものであって、温度制御の基準電圧回路は共通としている。

同図に示すように、本温度制御回路は、抵抗R31、R32、R33、コンデンサC10とから成る共通の基準電圧回路14と、抵抗R34、R35、差動増幅器IC3、サーミスタTH7、TH8とから成るクローズドループコントロール用の制御部15と、ヒーターH4と電力用のJタイプのPOWMOS FET(以下、JタイプFETという)Q3とから成るクローズドループコントロール用のヒーター回路16と、抵抗R41、R42、R43、差動増幅器IC4、サーミスタTH9とから成るオープンループコントロール用の制御部17と、ヒーターH5とJタイプFETQ4とから成るオープンループコントロール用のヒーター回路18とを備えている。

【0033】

前記クローズドループコントロール用の制御部15とヒーター回路16とは、抵抗R36、R37とコンデンサC11とで構成されるローパスフィルタを介して接続され、また、JタイプFETQ3のソースSの電位は抵抗R38とコンデンサC12を介して前記差動増幅器IC3の(-)入力に帰還される。

同様に、オープンループコントロール用の制御部17とヒーター回路18とは、抵抗R44、R45とコンデンサC13とで構成されるローパスフィルタを介して接続され、また、JタイプFETQ4のソースSの電位は抵抗R46を介して前記差動増幅器IC4の(-)入力に帰還される。

【0034】

共通の基準電圧回路14は電源Vccと接地間に接続された抵抗R31、R32、R33の直列回路とコンデンサC10とで構成され、前記抵抗R31、R32の接続中点が前記制御部15のR34および制御部17のR41とそれぞれ接続され、該接続中点の電位が共通の基準電圧として供給される。

前記抵抗R32、R33は、温度設定を行うための調整用抵抗である。

【0035】

本回路における、クローズドループコントロール及びオープンループコントロールの動

10

20

30

40

50

作原理は、それぞれ図 1 及び図 4 のクローズドループコントロール及びオープンループコントロールと同じであるので、動作説明は省略する。

上記のように、オープンループコントロール用とクローズドループコントロール用の専用の温度制御回路もつことによって、それぞれの制御利得をより厳密な値に設定できる。これにより、精度の高い温度制御が可能となる。

【0036】

同図の回路は、基準電圧の発生回路を共通として、温度センサとしてのサーミスタ、差動増幅器及び FET とヒーターとから成るヒーター回路を、クローズドループコントロール用とオープンループコントロール用にそれぞれ別個に構成した回路となっているが、サーミスタと差動増幅器の部分のみクローズドループコントロール用とオープンループコントロール用と別個に構成し、基準電圧の発生回路とヒーター回路は共通の回路構成とすることは容易に可能のことである。

10

【0037】

図 1 に示す温度制御回路において、以下に示す部品仕様のもとに、電源電圧 (Vcc) 3.3V、周囲温度 -40 のとき FET Q1 の最大電流 1.2A、オープンの制御目標温度 80、このときの FET Q1 の電流 0A とする温度制御回路を構成し、シミュレーションによる回路の性能評価を行った。

H1・・・1.4、Q1・・・IRLM6702 (POWMOSFET)

IC1・・・TC75S57FE (MOSFET Type)

TH1、TH2、TH3・・・B=4400、R(25)=200k、

20

R1、R2・・・10k、R3・・・220k、R4・・・8k、

R5・・・0.6k、R6・・・7.2k、R7・・・100k、R8・・・6.2k、

R9・・・1.5k、

C1、C2、C3、C4、C5・・・0.1μF

【0038】

図 6 は、前記部品仕様の図 1 の制御回路において、オープンループコントロール用のサーミスタ TH1 を固定抵抗としてクローズドループコントロールのみの温度制御回路のシミュレーション結果を示す特性図である。

同図に示すように、周囲温度 -40～70 において、制御目標温度を 80 に設定したオープンの目標値からの温度偏差は -1～+1 (-1～0.2 / -40～25、0.2～1 / 25～70) となった。

30

【0039】

また、図 7 は、オープンループコントロール用サーミスタ TH1 及びクローズドループコントロール用のサーミスタ TH2、TH3 を備えた前記部品仕様による図 1 の制御回路において、図 6 の温度特性をオープンループコントロールによって補正したシミュレーション結果を示す特性図である。

同図に示すように、オープンループコントロールでは、周囲温度変化 -40～70 に対してオープン温度は 60～80 となるようにサーミスタ TH1 を設定した結果、オープンループコントロールによる制御温度偏差、即ちクローズドループコントロールの補正量は、0.8～-0.2 (-40～25、-0.2～-1.1 / 25～70) を得ることができた。クローズドオープンループコントロールによる制御温度偏差は、図 6 に示される特性のとおりである。

40

その結果、周囲温度 -40～70 におけるオープンループコントロールとクローズドループコントロールを組み合わせた総合の制御結果は、同図に示されるように、オープンの制御目標温度 80 からの温度偏差は -0.2～0 (-0.2～0 / -40～25、0～-0.1 / 25～70) を得ることができた。

上述のように、本発明による温度制御回路を用いれば、従来に比べて極めて高い精度の温度制御回路を構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0040】

50

【図 1】本発明に係わる温度制御回路の実施の一形態例を示す電気回路図。

【図 2】本発明の温度制御回路を用いた恒温槽型水晶発振器の構造例を模式的に示した縦断面図。

【図 3】図 2 の温度制御回路の変形実施例を示す電気回路図。

【図 4】本発明に係わる温度制御回路の実施の他の形態例を示す電気回路図。

【図 5】本発明に係わる温度制御回路の実施の他の形態例を示す電気回路図。

【図 6】図 1 の温度制御回路のクローズドコントロールのみによる温度制御のシミュレーション結果を示す特性図。

【図 7】図 1 の温度制御回路の温度制御のシミュレーション結果を示す特性図。

【図 8】従来の恒温槽型水晶発振器に用いられる温度制御回路の一例を示す電気回路図。

10

【図 9】従来の温度制御回路を備えた恒温槽型水晶発振器の構造例を示した縦断面図。

【図 10】図 10 の T C X O の温度制御特性図。

【図 11】従来の恒温槽型水晶発振器の温度制御回路の他の例を示す電気回路図

【符号の説明】

【0041】

1・・・制御部、 2・・・ヒーター回路部、 3・・・水晶振動子、 4・・・オープン、

5・・・部品、 6、7・・・印刷配線基板、 8・・・ケース、 9・・・端子、

10、11・・・制御部、 12・・・ヒーター回路部、 13・・・定電圧回路、

14・・・基準電圧回路、 15・・・制御部、 16・・・ヒーター回路部、 17・・・制御部、

20

18・・・ヒーター回路部、 21・・・制御部、 22・・・ヒーター回路部、

23・・・定電圧回路、 24・・・制御部、 25・・・ヒーター回路部、 26・・・定電圧回路、

C1～C14、C21～C27・・・コンデンサ、 D11、D12・・・ダイオード、

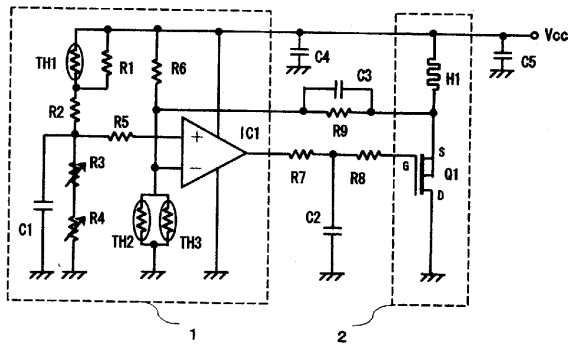
H1～H5、H11～H13・・・ヒータ、IC1～IC4、IC11、IC12・・・差動増幅器、

Q1～Q4、Q11、Q12・・・POWMOS FET、

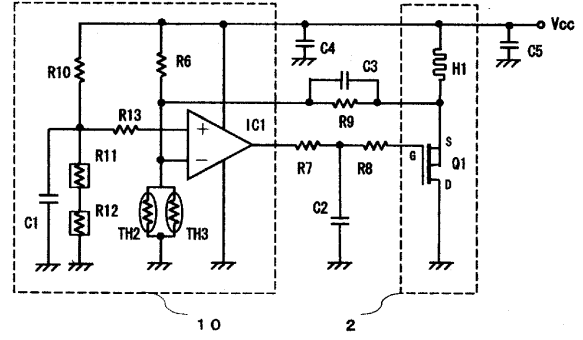
R1～R13、R21～R29、R31～R46、R51～R63・・・抵抗、

TH1～TH9、TH11～TH13・・・サーミスタ

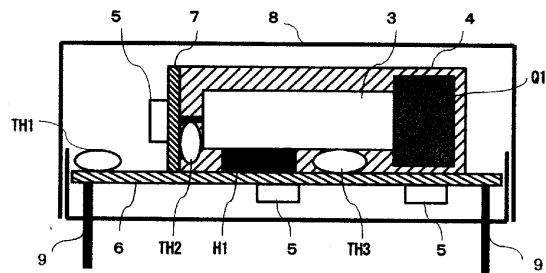
【図 1】



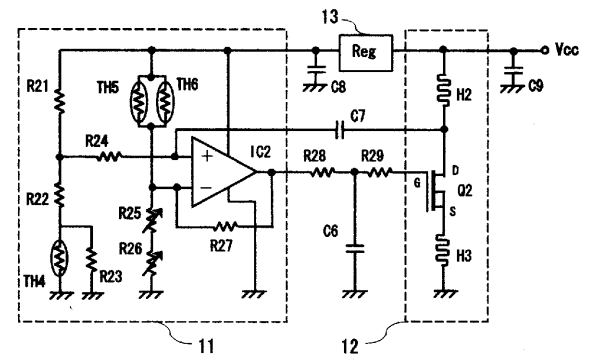
【図 3】



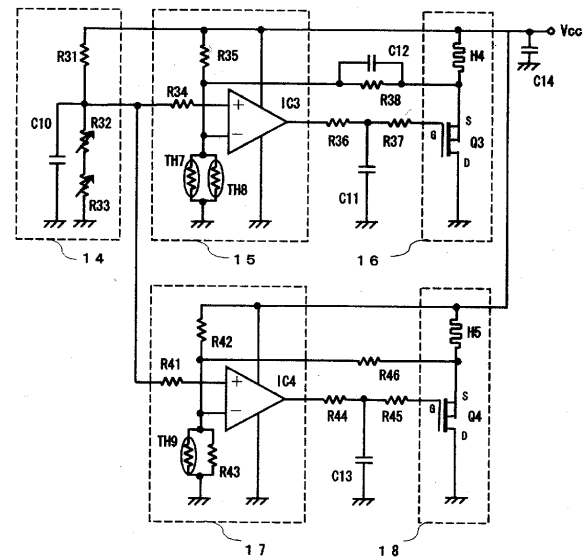
【図 2】



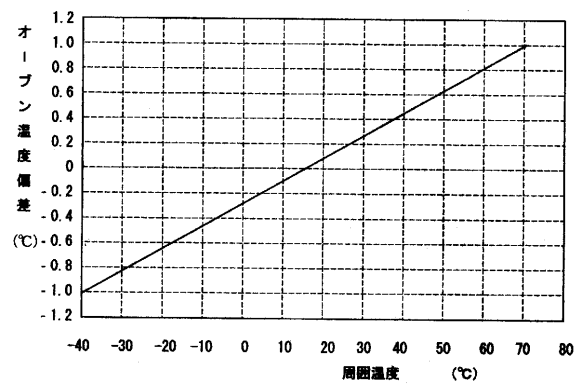
【図 4】



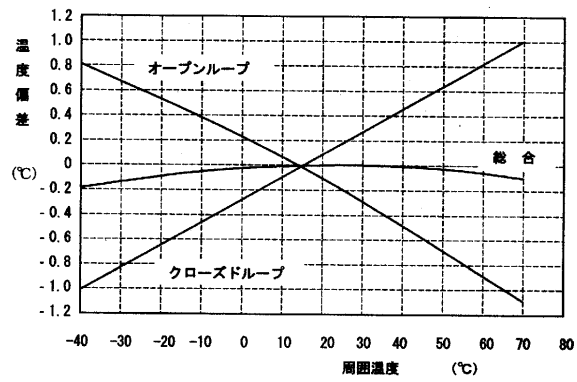
【図 5】



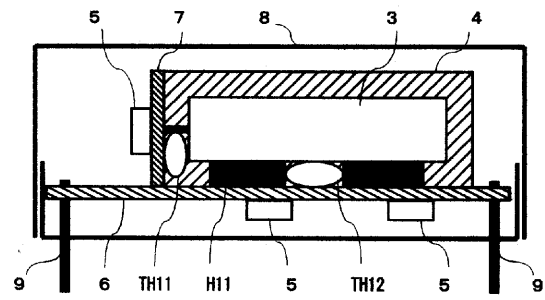
【図 6】



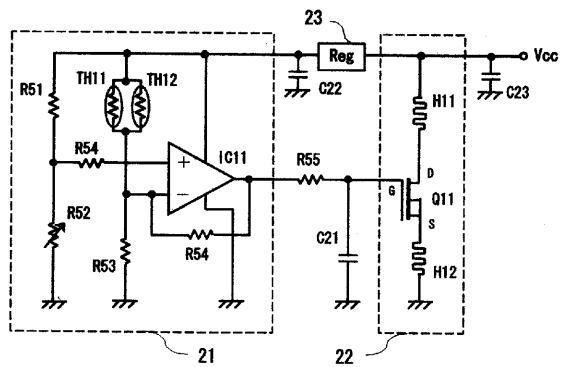
【図 7】



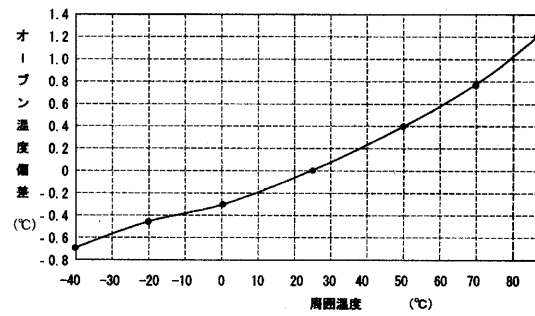
【図 9】



【図 8】



【図 10】



【図 11】

