

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2022年3月31日(31.03.2022)



(10) 国際公開番号

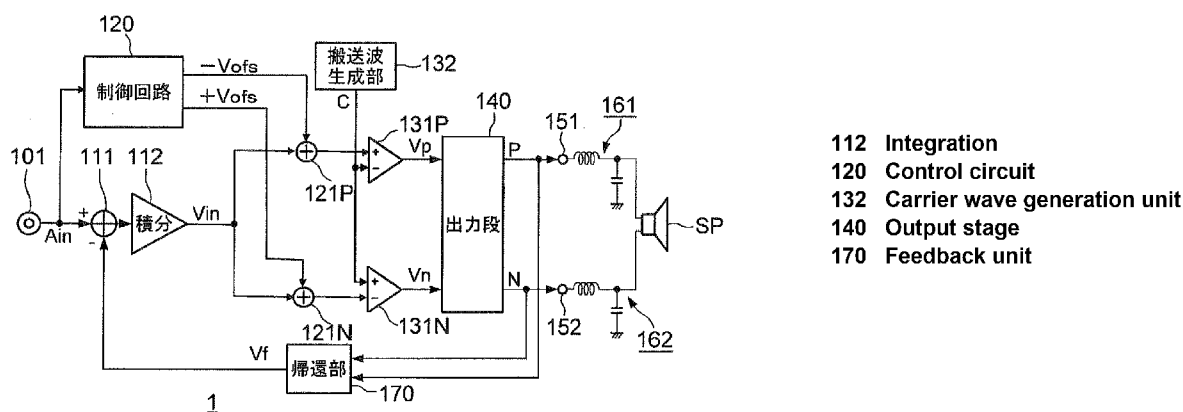
WO 2022/065197 A1

- (51) 国際特許分類:  
H03F 3/217 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/034128
- (22) 国際出願日: 2021年9月16日(16.09.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2020-161667 2020年9月28日(28.09.2020) JP
- (71) 出願人: ヤマハ株式会社 (YAMAHA CORPORATION) [JP/JP]; 〒4308650 静岡県浜松市中区中沢町10番1号 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者: 溝尻 真也 (MIZOSHIRE, Shinya); 〒4308650 静岡県浜松市中区中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内 Shizuoka (JP).  
野呂 正夫 (NORO, Masao); 〒4308650 静岡県浜松市中区中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内 Shizuoka (JP).

- (74) 代理人: 特許業務法人中部国際特許事務所 (CHUBU PATENT OFFICE); 〒4610004 愛知県名古屋市東区葵3丁目15番31号千種ニュータワービル18階 Aichi (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,

(54) Title: CLASS-D AMPLIFIER

(54) 発明の名称: D級増幅器



112 Integration  
120 Control circuit  
132 Carrier wave generation unit  
140 Output stage  
170 Feedback unit

(57) Abstract: Provided is a class-D amplifier that reduces power consumption in a small signal range while suppressing deterioration of the total harmonic distortion rate. Provided is a class-D amplifier 1 that amplifies an input signal Ain, the class-D amplifier 1 comprising: a control circuit 120 that generates a control signal Vofs which becomes smaller according to the signal level of the input signal Ain; a first generation circuit 131P that generates a first pulse P, the pulse width of the first pulse P narrowing in response to the control signal Vofs and widening as the instantaneous value of the input signal Ain becomes lower; and a second generation circuit 131N that generates a second pulse N, the pulse width of the second pulse N narrowing in response to the control signal Vofs and widening as the instantaneous value of the input signal Ain becomes lower.



TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：D級増幅器において全高調波歪率の悪化を抑制しつつ小信号領域における消費電力を低減する。入力信号  $A_{in}$  を増幅するD級増幅器1であって、入力信号  $A_{in}$  の信号レベルに応じて小さくなる制御信号  $V_{ofs}$  を生成する制御回路120と、第1パルスPを生成する第1生成回路131Pであって、その第1パルスPのパルス幅は、制御信号  $V_{ofs}$  に応じて狭くなり、かつ、入力信号  $A_{in}$  の瞬時値が低いほど広くなる、第1生成回路131Pと、第2パルスNを生成する第2生成回路131Nであって、その第2パルスNのパルス幅が、制御信号  $V_{ofs}$  に応じて狭くなり、かつ、入力信号  $A_{in}$  の瞬時値が低いほど広くなる、第2生成回路131Nと、を備える。

## 明 細 書

発明の名称： D級増幅器

技術分野

[0001] この開示は、入力信号に基づいてパルス幅変調されたパルスにより負荷を駆動するD級増幅器に関する。

背景技術

[0002] 入力信号の正方向への変化に応じてパルス幅が広がる第1パルスと、入力信号の負方向への変化に応じてパルス幅が広がる第2パルスとを発生し、第1および第2パルスによりスピーカ等の負荷を駆動するD級増幅器が知られている。なお、本開示の「信号」は、信号自体または信号の電圧を示す。信号の電流は「信号の電流」と明記される。

[0003] ある種のフィルタレス型D級増幅器では、入力信号の瞬時値（電圧）が0に近い小信号領域において、第1パルスが出力される入力信号の範囲と、第2パルスが出力される入力信号の範囲とを重複させている。

[0004] 入力信号の絶対値が小さい小信号領域において、入力信号は、第1パルスを発生させる入力信号の下限と、第2パルスを発生させる入力信号の上限との間に挟まれている。小信号領域では第1パルスのパルス幅および第2パルスのパルス幅の両方が短くなり、消費電力を低減できる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2018-137548号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、上述した従来のD級増幅器において、小信号領域では、入力信号の瞬時値の正方向の変化に応じてパルス幅が広がる第1パルスと、パルス幅が狭くなる第2パルスが出力され、小信号領域以外の大信号領域ではそのうちの一方のパルスだけが出力される。このため、小信号領域は、D級増

幅器の開ループゲインが高い高ゲイン領域となり、入力信号の絶対値が大きい大信号領域は、高ゲイン領域よりも開ループゲインが低い低ゲイン領域となり、D級増幅器の入出力特性がノンリニアで全高調波歪が多い。

[0007] D級増幅器の出力信号の歪を抑制する技術に関しては、例えば特許文献1に開示がある。この特許文献1に開示の技術では、D級増幅器の出力段において発生する歪に応じたオフセット電圧をD級増幅器のパルス幅変調部の入力信号に与えている。

[0008] しかしながら、上述した従来のD級増幅器の出力段のノンリニア特性により発生する歪は、入力信号のシフト量（オフセット）を調整したとしても抑制することができない。

[0009] この開示は、以上説明した事情に鑑みてなされたものであり、D級増幅器において全高調波歪率の悪化を抑制しつつ小信号領域における消費電力を低減する技術的手段を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0010] この開示は、入力信号を増幅するD級増幅器であって、前記入力信号の信号レベルに応じて変化する制御信号を生成する制御回路と、そのパルス幅が、前記制御信号に応じて前記信号レベルが低いほど狭くなり、かつ、前記入力信号の瞬時値が高いほど広くなる、第1パルスを生成する第1生成回路と、そのパルス幅が、前記制御信号に応じて前記信号レベルが低いほど狭くなり、かつ、前記入力信号の瞬時値が低いほど広くなる、第2パルスを生成する第2生成回路とを備えたD級増幅器を提供する。

### 図面の簡単な説明

[0011] [図1]この開示の一実施形態によるD級増幅器の構成を示すブロック図である。

[図2]同D級増幅器における制御回路の構成を示すブロック図である。

[図3]同D級増幅器における第1パルス発生部および第2パルス発生部の動作を示す波形図である。

[図4]同制御回路のレベル調整部の入出力特性の例を示す図である。

[図5]同D級増幅器の動作例を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0012] 以下、図面を参照し、この開示の実施形態を説明する。

[0013] 図1は、この開示の一実施形態によるD級増幅器1の構成を示すブロック図である。D級増幅器1の第1出力端子151にLCフィルタ161を介してスピーカSPの正側入力、第2出力端子152にLCフィルタ162を介してスピーカSPの負側入力接続されている。LCフィルタ161および162は、第1出力端子151および第2出力端子152から出力されるパルスの高域成分を除去する役割を果たす。スピーカSPは負荷の一例であり、モーターや発光素子など、他の負荷でもよい。

[0014] 図1において、初段増幅器は減算部111と積分部112とを備える。減算部111は、入力端子101を介して与えられる入力信号 $A_{in}$ から帰還部170が出力する帰還信号 $V_f$ を減算し、減算結果を示す信号を出力する。積分部112は、減算部111の出力信号を積分して出力する。このように、初段増幅器は、低域ほど大きいゲインを有し、かつ、その入力にD級増幅器1の出力が負帰還されている。この初段増幅器の出力信号は、入力信号 $V_{in}$ として加算部121Pおよび121Nに与えられる。この入力信号 $V_{in}$ は、帰還信号 $V_f$ に基づいて入力信号 $A_{in}$ を補正した信号であり、入力信号 $A_{in}$ に追従して変化する。制御回路120は、入力信号 $A_{in}$ の信号レベルに応じて、その信号レベルが大きくなるほど絶対値の小さくなる負のオフセット電圧 $-V_{ofs}$ および正のオフセット電圧 $+V_{ofs}$ を制御信号として発生する。信号レベルは、その信号の強度を示すレベルであり、例えば、信号の振幅のエンベロープや、信号のピークレベルなどとして抽出される。さらに詳述すると、本実施形態において、制御信号である負のオフセット電圧 $-V_{ofs}$ および正のオフセット電圧 $+V_{ofs}$ は、入力信号 $A_{in}$ の信号レベルの立ち上がりに遅滞なく追従してその絶対値が小さくなり、その信号レベルの立ち下がりに所定の時定数をもって追従してその絶対値が徐々に大きくなる。加算部121Pは、入力信号 $V_{in}$ に負のオフセット電

圧 $-V_{ofs}$ を加算した信号 $V_{in}-V_{ofs}$ を第1パルス発生部131Pに出力する。加算部121Nは、入力信号 $V_{in}$ に正のオフセット電圧 $+V_{ofs}$ を加算した信号 $V_{in}+V_{ofs}$ を第2パルス発生部131Nに出力する。なお、この加算は、電圧シフトに相当する。つまり、 $V_{in}-V_{ofs}$ は、入力信号 $V_{in}$ を制御信号 $V_{ofs}$ だけ下にシフトして得られる信号であり、また、 $V_{in}+V_{ofs}$ は、入力信号 $V_{in}$ を制御信号 $V_{ofs}$ だけ上にシフトして得られる信号である。

[0015] 搬送波生成部132は、周期的な搬送波Cを生成する回路である。本実施形態において、搬送波Cは、各周期に値が負のピーク値 $-V_m$ から正のピーク値 $+V_m$ に立ち上がる区間と、正のピーク値 $+V_m$ から負のピーク値 $-V_m$ に立ち下がる区間とを有する三角波である。

[0016] 第1パルス生成部131Pおよび第2パルス生成部131Nは、各々コンパレータにより構成されている。第1パルス生成部131Pおよび第2パルス生成部131Nには、搬送波生成部132で生成された搬送波Cが出力される。第1パルス生成部131Pは、加算部121Pが出力する信号 $V_{in}-V_{ofs}$ と搬送波Cと比較し、 $V_{in}-V_{ofs}$ がCより高い期間にON状態（ハイレベル）となり、それ以外の期間でOFF状態（ローレベル）となる第1パルス $V_p$ を出力する。ここで、信号 $V_{in}$ は、入力信号 $A_{in}$ を初段増幅器で増幅した信号である。従って、第1パルス生成部131Pは、搬送波C、制御信号 $-V_{ofs}$ 及び信号 $V_{in}$ に基づいて第1パルス $V_p$ を出力する、ということができる。この第1パルス生成部131Pは、第1パルス $V_p$ を生成する第1生成回路であって、その第1パルス $V_p$ の各周期におけるパルス幅は、制御信号 $-V_{ofs}$ が低くなるに応じて狭くなり（デューティ比が下降）、かつ、入力信号 $V_{in}$ の瞬時値が高くなるにつれて広くなる（デューティ比が上昇）。また、第2パルス生成部131Nは、加算部121Nが出力する信号 $V_{in}+V_{ofs}$ と搬送波Cと比較し、 $V_{in}+V_{ofs}$ がCより低い期間にON状態（ハイレベル）となり、それ以外の期間でOFF状態（ローレベル）となる第2パルス $V_n$ を出力する。従って、第2パ

ルス生成部131Nは、搬送波C、制御信号+Vofs及び信号Vinに基づいて第2パルスVnを出力する、ということができる。この第2パルス生成部131Nは、第2パルスVnを生成する第2生成回路であって、その第2パルスVnの各周期におけるパルス幅が、制御信号+Vofsが高くなるに応じて狭くなり（デューティ比が下降）、かつ、入力信号Vinの瞬時値が低くなるにつれて広くなる（デューティ比が上昇）。ここで、「信号が高い」は、その信号の電圧が高いことを示し、「信号が低い」は、その信号の電圧が低いことを示す。

[0017] 出力段140は、第1パルスVpおよび第2パルスVnを増幅し、第1パルスPおよび第2パルスNとして、第1出力端子151および第2出力端子152に出力する回路である。本実施形態では、この出力段140の第1出力端子151および第2出力端子152間に、負荷であるスピーカSPがBTL（Bridge Tied Load；ブリッジ接続負荷）で接続される。第1出力端子151からハイレベルの第1パルスPが出力されると、この第1パルスPにより、負荷には第1出力端子151から第2出力端子152に向かう電流が流れる。また、第2出力端子152からハイレベルの第2パルスNが出力されると、この第2パルスNにより、負荷には第2出力端子152から第1出力端子151に向かう電流が流れる。このように負荷に対する効果に着目すると、第1パルスPおよび第2パルスNは逆極性である。すなわち、負荷に対しては、第1パルスPと、第2パルスNを逆相化したパルスとの合成パルスP-Nが与えられる。帰還部170は、第1パルスPおよび第2パルスNの高域成分を除去することにより、上述した帰還信号Vfを生成し、減算部111に供給する。この帰還信号Vfの負帰還が行われることにより、スピーカSPに与えられる波形Vspは、入力信号Ainと同じ形になる。

[0018] 図2は制御回路120の構成を示すブロック図である。この制御回路120において、全波整流部122は、入力信号Ainを全波整流して出力する。エンベロープフォロワ123は、全波整流部122の出力信号のピーク値が立ち上がる期間は、そのピーク値に遅滞なく追従して立ち上がるレベル信

号  $V_{env}$  を出力し、ピーク値が立ち下がる期間は、所定の時定数をもって追従して立ち下がるレベル信号  $V_{env}$  を出力する。レベル信号  $V_{env}$  は、入力信号  $A_{in}$  の信号レベルを示す。レベル調整部 124 は、エンベロープフォロワ 123 からのレベル信号  $V_{env}$  に基づいて、各々信号  $V_{env}$  が大きくなるほどその絶対値が小さくなる制御信号である負のオフセット電圧  $-V_{ofs}$  および正のオフセット電圧  $+V_{ofs}$  を生成する回路である。つまり、制御回路 120 は、入力信号  $A_{in}$  の信号レベルが大きくなるほど、その絶対値が小さくなる制御信号である負のオフセット電圧  $-V_{ofs}$  および正のオフセット電圧  $+V_{ofs}$  を生成する回路である。さらに詳述すると、レベル調整部 124 は、搬送波  $C$  の正のピーク値に対応する値  $+V_m$  からレベル信号  $V_{env}$  に対応する値を差し引き、さらに所定のマージンを差し引いた正のオフセット電圧  $+V_{ofs}$  と、この電圧  $+V_{ofs}$  の極性を反転した負のオフセット電圧  $-V_{ofs}$  を出力する。ここで、正のオフセット電圧  $+V_{ofs}$  は差し引き結果が負のときはゼロとなり、負の値はとらない。また、マージンの電圧をどのように定めるかは任意である。また、マージンは、一定値であってもよく、レベル信号  $V_{env}$  に応じて変化させてもよい。すなわち、正のオフセット電圧  $+V_{ofs}$  および負のオフセット電圧  $-V_{ofs}$  は、レベル信号  $V_{env}$  の変化に対して曲線的に変化してもよい。

[0019] 次に本実施形態の動作を説明する。図3は第1パルス発生部 131P および第2パルス発生部 131N の動作を示す波形図である。上述したように、第1パルス生成部 131P は、信号  $V_{in} - V_{ofs}$  と搬送波  $C$  と比較し、 $V_{in} - V_{ofs}$  が  $C$  より高い期間に ON (ハイレベル) となる第1パルス  $V_p$  を出力する。また、第2パルス生成部 131N は、信号  $V_{in} + V_{ofs}$  と搬送波  $C$  と比較し、 $V_{in} + V_{ofs}$  が  $C$  より低い期間に ON (ハイレベル) となる第2パルス  $V_n$  を出力する。従って、第1パルス  $V_p$  は、入力信号  $V_{in}$  の正方向への変化に応じてパルス幅が広くなり、制御信号  $V_{ofs}$  の正方向への変化に応じてパルス幅が狭くなる。また、第2パルス  $P$  は、入力信号  $V_{in}$  の負方向への変化に応じてパルス幅が広くなり、制御信号  $V$

o f s の正方向への変化に応じてパルス幅が狭くなる。これらの第 1 パルス  $V_p$  および第 2 パルス  $V_n$  は出力段 140 で増幅され、第 1 パルス P および第 2 パルス N として出力される。

[0020] 次に第 1 パルス P が出力される入力信号  $V_{in}$  の範囲および第 2 パルス N が出力される入力信号  $V_{in}$  の範囲について説明する。仮に  $V_{in} = 0V$  とする。この場合、搬送波 C の負のピーク  $-V_m$  と信号  $V_{in} - V_{ofs}$  との間には余裕  $V_m - V_{ofs}$  がある。そして、入力信号  $V_{in}$  を  $0V$  から余裕  $V_m - V_{ofs}$  だけ負方向に変化させると、第 1 パルス P のパルス幅が 0 となる。すなわち、第 1 パルス P が出力される入力信号  $V_{in}$  の範囲の下限値は  $0V - (V_m - V_{ofs})$  となる。一方、搬送波 C の正のピーク  $+V_m$  と信号  $V_{in} + V_{ofs}$  との間には余裕  $V_m - V_{ofs}$  がある。そして、入力信号  $V_{in}$  を  $0V$  から余裕  $V_m - V_{ofs}$  だけ正方向に変化させると、第 2 パルス N のパルス幅が 0 となる。すなわち、第 2 パルス N が出力される入力信号  $V_{in}$  の範囲の上限値は  $0V + (V_m - V_{ofs})$  となる。従って、入力信号  $V_{in}$  が変化する範囲のうち、第 1 パルス  $V_p$  および第 2 パルス  $V_n$  の両方が出力される範囲、すなわち、高ゲイン領域 HG は、 $-V_m + V_{ofs}$  から  $+V_m - V_{ofs}$  の範囲である。

[0021] 本実施形態では、制御回路 120 が、入力信号  $A_{in}$  に応じて制御信号であるオフセット電圧  $-V_{ofs}$  および  $+V_{ofs}$  を変化させることにより、高ゲイン領域 HG を制御し、D 級増幅器 1 を常に高ゲイン領域 HG において動作させる。

[0022] 図 4 は制御回路 120 におけるレベル調整部 124 の入出力特性の例を示す図である。図 4 において、横軸はエンベロープフォロフ 123 の出力電圧  $V_{env}$ 、縦軸はオフセット電圧  $-V_{ofs}$  または  $+V_{ofs}$  である。

[0023] 本実施形態において、加算部 121P および 121N に与えられる入力信号  $V_{in}$  の瞬時値が下限値  $-V_m + V_{ofs}$  から上限値  $+V_m - V_{ofs}$  の範囲にあれば、D 級増幅器 1 は高ゲイン領域 HG において動作する。従って、D 級増幅器 1 を高ゲイン領域 HG において動作させるためには、オフセッ

ト電圧  $V_{ofs}$ （絶対値）を搬送波  $C$  のピーク値  $+V_m$  から入力信号  $V_{in}$  の信号レベルを差し引いた値よりも小さくする必要がある。そこで、本実施形態において、レベル調整部 124 は、搬送波  $C$  の正のピーク値  $+V_m$  からレベル信号  $V_{env}$  に応じた電圧を差し引き、さらに所定のマージンを差し引いた値に基づき、正のオフセット電圧  $+V_{ofs}$ （および負のオフセット電圧  $-V_{ofs}$ ）を生成する。

[0024] 入力信号  $A_{in}$  の信号レベルが無信号であり、エンベロープフォロフ 123 の出力電圧  $V_{env}$  が  $0V$  である場合、正のオフセット電圧  $+V_{ofs}$  および負のオフセット電圧  $-V_{ofs}$  の絶対値（オフセット電圧  $V_{ofs}$ ）は所定の最大値  $V_{ofs\_max}$  となる。この最大値  $V_{ofs\_max}$  は、搬送波  $C$  のピーク値  $+V_m$ （例えば  $0.9V$ ）から所定のマージンを差し引いて得られる電圧であり、例えば、図 4 では約  $0.76V$  である。

[0025] 入力信号  $A_{in}$  の信号レベルが上昇し、エンベロープフォロフ 123 の出力電圧  $V_{env}$  が上昇すると、図 4 に示すように、電圧  $V_{env}$  の上昇に対して、正のオフセット電圧  $+V_{ofs}$  は略直線的に低下して  $0V$  に近づき、負のオフセット電圧  $-V_{ofs}$  は略直線的に上昇して  $0V$  に近づく。そして、図 4 に示す例では、電圧  $V_{env}$  が遷移電圧（例えば、 $9V$ ）になると、正のオフセット電圧  $+V_{ofs}$  および負のオフセット電圧  $-V_{ofs}$  が  $0V$  に到達する。この例の遷移電圧である  $9V$  は、積分部 112 が出力する信号  $V_{in}$  が搬送波  $C$  の正のピーク値  $+V_m = 0.9V$  または負のピーク値  $-V_m = -0.9V$  となるときの入力信号  $A_{in}$  の最大値  $A_m$ （絶対値）に基いて、決められる。従って、図 4 に示す例では、値  $A_m$  からマージンを減算した信号レベルの入力信号  $A_{in}$ （例えば、絶対値が  $9V$ ）が与えられた場合に正のオフセット電圧  $+V_{ofs}$  および負のオフセット電圧  $-V_{ofs}$  が  $0V$  になる。さらに、遷移電圧の値は、電圧  $V_m$ （絶対値）と、マージンと、 $D$  級増幅器 1 の閉ループゲイン（ $V_{sp}/A_{in}$ ）と、積分器の出力以降のゲイン（ $V_{sp}/V_{in}$ ）とに基いて算出してもよい。また、図 4 の入出力特性は、電圧  $V_m$ （絶対値）と算出された遷移電圧とに基いて決めてもよい。

。

[0026] 図5は以上のような制御回路120の制御の下で行われるD級増幅器1の動作を示す図である。図5において上段は、入力信号 $A_{in}$ の信号レベルを各種変化させた場合のD級増幅器1の入出力特性を各々示す図である。これらの図において、横軸は信号 $V_{in}$ 、縦軸は第1パルスP、第2パルスNまたはそれらの合成パルス $P-N$ のパルス幅である。

[0027] まず、入力信号 $A_{in}$ が無信号の信号レベルから徐々に立ち上がる場合のD級増幅器1の動作を説明する。入力信号 $A_{in}$ の信号レベルがほぼゼロ（無信号）である場合、レベル調整部124に与えられる電圧 $V_{env}$ は0Vとなり、上述したように正のオフセット電圧 $+V_{ofs}$ は最大値 $+V_{ofs\_max}$ となり、負のオフセット電圧 $-V_{ofs}$ はその極性を反転した電圧 $-V_{ofs\_max}$ となる。この結果、第1パルスPが出力される入力信号 $V_{in}$ の範囲の下限値は $-V_m + V_{ofs\_max}$ となり、第2パルスNが出力される入力信号 $V_{in}$ の範囲の上限値は $+V_m - V_{ofs\_max}$ となる。従って、D級増幅器1の入出力特性は、図5の上段左側に示すものとなる。

[0028] このように入力信号 $A_{in}$ が無信号ないしそれに近い状態である場合、制御信号であるオフセット電圧 $V_{ofs}$ が最大値とされることにより、高ゲイン領域HGの下限値および上限値は0に最も接近した値とされ、高ゲイン領域HGの幅は最小値とされる。そして、無信号時においては、加算部121Pおよび121Nに与えられる入力信号 $V_{in}$ がほぼ0Vになるので、第1パルス発生部131Pに与えられる入力信号は $V_{in} - V_{ofs} = -V_{ofs\_max}$ 、第2パルス発生部131Nに与えられる入力信号は $V_{in} + V_{ofs} = +V_{ofs\_max}$ となる。従って、図5の上段左側に示す例では、第1パルスPおよび第2パルスNのデューティ比は約10%になる。このように本実施形態によれば、無信号時におけるD級増幅器1の消費電力を低減できる。

[0029] 入力信号 $A_{in}$ の信号レベルがいくらか上昇し、かつ、その信号レベルが

最大値  $A_m$  の半分くらいの状況では、D級増幅器1の入出力特性は、図5の上段中央に示すものとなる。

[0030] ここで、高ゲイン領域HGの幅は、入力信号  $A_{in}$  の信号レベルの上昇に応じて徐々に広がる。さらに詳述すると、入力信号  $A_{in}$  の信号レベルが上昇して、レベル調整部124に与えられる電圧  $V_{env}$  が上昇すると、信号  $V_{in}$  が高ゲイン領域HG内に収まるように、高ゲイン領域HGの下限值  $-V_m + V_{ofs}$  および上限値  $+V_m - V_{ofs}$  を決定するオフセット電圧  $V_{ofs}$  が減少される。従って、入力信号  $A_{in}$  の信号レベルが上昇する過程において、信号  $V_{in}$  は常に高ゲイン領域HG内に収まり、D級増幅器1は常に高ゲイン領域HGにおいて動作する。従って、本実施形態によれば、全高調波歪率の劣化を抑制できる。

[0031] 入力信号  $A_{in}$  の信号レベルがさらに上昇し、レベル調整部124に与えられる電圧  $V_{env}$  が遷移電圧（図4に示す例では9V）に到達すると、正のオフセット電圧  $+V_{ofs}$  および負のオフセット電圧  $-V_{ofs}$  は0Vになる。この結果、第1パルスPが出力される入力信号  $V_{in}$  の範囲の下限値は  $-V_m + V_{ofs} = -V_m + 0V = -V_m$  となり、第2パルスNが出力される入力信号  $V_{in}$  の範囲の上限値は  $+V_m - V_{ofs} = +V_m$  となる。従って、D級増幅器1の入出力特性は、図5の上段右側に示すものとなる。この場合、入力信号  $V_{in}$  の瞬時値が0であるときの第1パルスPおよび第2パルスNのデューティ比は各々50%になる。

[0032] 入力信号  $A_{in}$  の信号レベルがさらに上昇し、レベル調整部124に与えられる電圧  $V_{env}$  が遷移電圧を越えた場合、正のオフセット電圧  $+V_{ofs}$  および負のオフセット電圧  $-V_{ofs}$  は0Vを維持する。この場合、D級増幅器1の入出力特性は、図5の上段右側に示すものとなり、信号レベルが最大値  $A_m$  を超えると、第1パルス発生部131Pおよび第2パルス発生部131Nは出力がクリップした状態となる。このクリップ時の動作は一般的なD級増幅器と同様である。

[0033] 次に、入力信号  $A_{in}$  の信号レベルが徐々に立ち下がる場合のD級増幅器

1の動作を説明する。入力信号A i nの信号レベルが立ち上がる場合は、クリップの発生を防ぐため、オフセット電圧V o f sを即時に減少する必要がある。しかし、入力信号A i nの信号レベルが立ち下がる場合は、クリップの心配はないため、オフセット電圧V o f sを即時に調整する必要はない。逆に、即時に調整することにより、オフセット電圧V o f sの変化頻度の増加によって、歪が増える虞がある。そこで、本実施形態における制御回路120は、エンベロープフォロワ123が設けられており、制御信号であるオフセット電圧V o f sは、入力信号A i nの信号レベルの立ち上がりには遅滞なく追従して減少し、信号レベルの立ち下がりには所定の時定数をもって追従して徐々に増加する。音楽信号を対象とした場合、時定数は10～30秒程度が適当である。つまり、入力信号A i nの信号レベルが立ち下がる場合に、D級増幅器1の入出力特性は、図5の上段右側に示すものから上段中央に示すものへ、さらに、図5の上段中央に示すものから上段左側に示すものへと徐々に遷移する。従って、本実施形態によれば、オフセット電圧V o f sの頻繁な変化によって歪が増えるのを回避できる。

[0034] 以上説明したように、本実施形態によれば、D級増幅器1において、全高調波歪率の悪化を抑制しつつ、小信号領域における消費電力を低減できる。

[0035] <他の実施形態>

以上、この開示の実施形態について説明したが、この開示には他にも実施形態が考えられる。例えば次の通りである。

[0036] (1) この開示は、100Wを超える高出力のD級増幅器、携帯電話機等に搭載される低出力のD級増幅器等、広範囲のD級増幅器に適用可能である。低出力のD級増幅器などにおいては、LCフィルタ161および162を省略してもよい。

[0037] (2) 上記実施形態において、第1パルス生成部131Pおよび第2パルス生成部131Nは、入力信号に正と負のオフセット電圧を付加した信号と搬送波を比較することにより2つのパルスを生成した。その代わりに、第1パルス生成部131Pおよび第2パルス生成部131Nは、入力信号と、搬送

波に正と負のオフセット電圧を付加したものとを比較することにより、2つのパルスを生成してもよい。つまり、第1パルス生成部131Pは、入力信号 $V_{in}$ と、制御信号により上にシフトされた搬送波 $C + V_{ofs}$ とを比較することにより、第1パルス $V_p$ を生成し、第2パルス生成部131Nは、入力信号 $V_{in}$ と、制御信号により下にシフトされた搬送波 $C - V_{ofs}$ とを比較することにより、第2パルス $V_n$ を出力しても良い。あるいは入力信号に正と負のオフセット電圧および搬送波を加算した2つの信号と閾値とを比較することにより2つのパルスを生成してもよい。

[0038] (3) 上記実施形態では、搬送波として、三角波を用いたが、鋸歯状波を用いてもよい。

### 符号の説明

[0039] 1……D級増幅器、101……入力端子、111……減算部、112……積分部、120……制御回路、121P, 121N……加算部、131P……第1パルス生成部、131N……第2パルス生成部、132……搬送波生成部、140……出力段、151……第1出力端子、152……第2出力端子、161, 162……LCフィルタ、SP……スピーカ、170……帰還部、122……全波整流部、123……エンベロープフォロワ、124……レベル調整部。

## 請求の範囲

- [請求項1]           入力信号を増幅するD級増幅器であって、  
                  前記入力信号の信号レベルに応じて変化する制御信号を生成する制御回路と、  
                  そのパルス幅が、前記制御信号に応じて前記信号レベルが低いほど狭くなり、かつ、前記入力信号の瞬時値が高いほど広くなる、第1パルス生成回路と、  
                  そのパルス幅が、前記制御信号に応じて前記信号レベルが低いほど狭くなり、かつ、前記入力信号の瞬時値が低いほど広くなる、第2パルス生成回路と、を備えたD級増幅器。
- [請求項2]           前記入力信号が変化する範囲における、前記第1生成回路が前記第1パルスを生成し、かつ、前記第2生成回路が第2パルスを生成する高ゲイン領域が、前記制御信号に応じて、前記信号レベルが高いほど広くなる請求項1のD級増幅器。
- [請求項3]           前記高ゲイン領域は、前記信号レベルに対して、所定のマージンを有している請求項2のD級増幅器。
- [請求項4]           前記制御信号は、前記入力信号の信号レベルの立ち上がり遅滞なく追従して変化する、立ち下がり遅滞なく所定の時定数をもって追従して変化する請求項1から請求項3の何れかのD級増幅装置。
- [請求項5]           さらに、前記第1パルスを増幅して負荷の正側入力に供給し、前記第2パルスを増幅して前記負荷の負側入力に供給する出力段を備えた請求項1から請求項4の何れかのD級増幅装置。
- [請求項6]           搬送波を生成し、生成した前記搬送波を前記第1生成回路及び前記第2生成回路に出力する搬送波生成部を、さらに備え、  
                  前記第1生成回路及び前記第2生成回路は、前記搬送波生成部によって生成された前記搬送波、前記制御回路によって生成された前記制御信号及び前記入力信号を初段増幅器で増幅した信号に基づいて、前記第1パルス及び前記第2パルスをそれぞれ生成する請求項1から請

求項4の何れかのD型増幅装置。

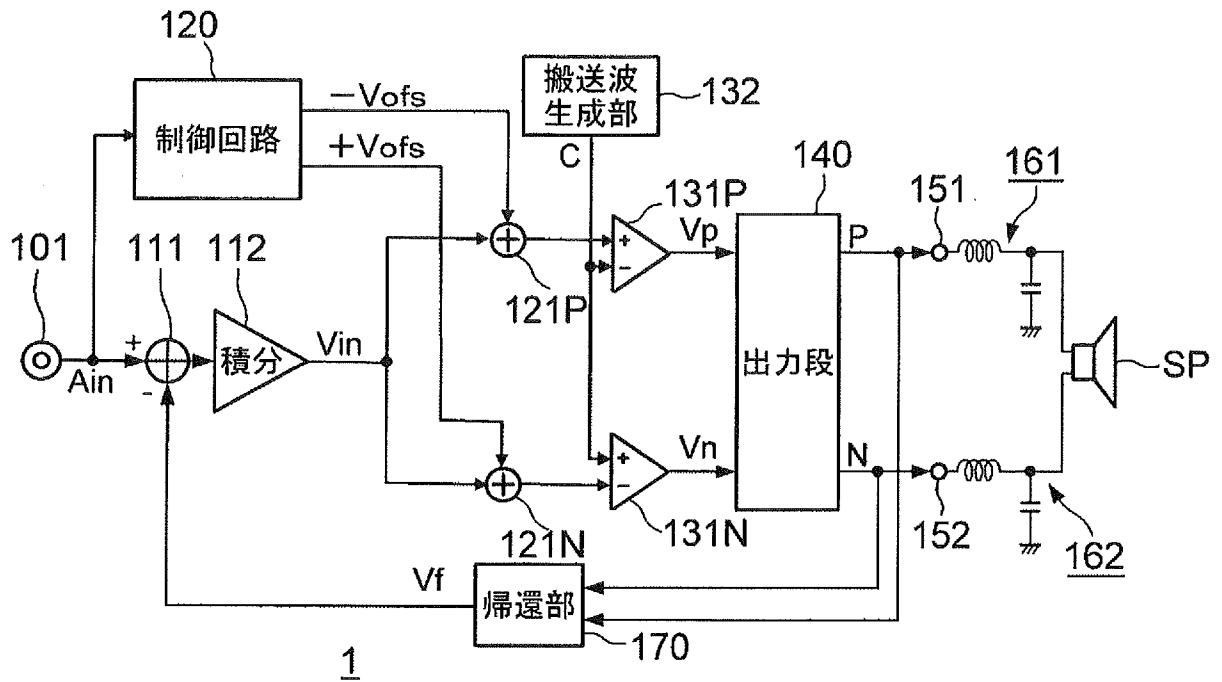
[請求項7] 前記制御回路の生成する前記制御信号は、前記入力信号の信号レベルが大きくなるほど小さくなる請求項1から請求項6の何れかのD級増幅装置。

[請求項8] 前記第1生成回路は、前記制御信号だけ上にシフトされた前記信号と、前記搬送波とを比較することにより、前記第1パルスを生成し、  
前記第2生成回路は、前記搬送波と、前記制御信号だけ下にシフトされた前記信号とを比較することにより、前記第2パルスを生成する請求項6または請求項7のD級増幅装置。

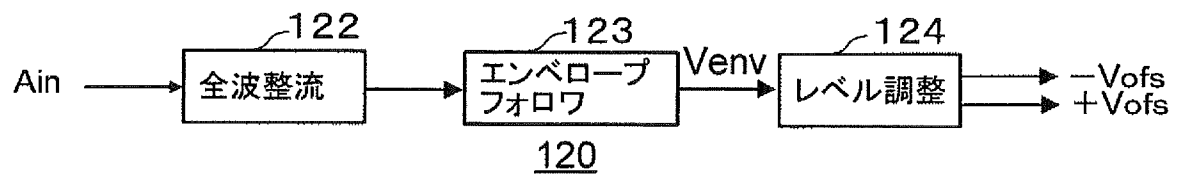
[請求項9] 前記第1生成回路は、前記信号と、前記制御信号により上にシフトされた前記搬送波とを比較することにより、前記第1パルスを生成し、  
前記第2生成回路は、前記制御信号だけ下にシフトされた前記搬送波と、前記信号とを比較することにより、前記第2パルスを生成する請求項6または請求項7のD級増幅装置。

[請求項10] 前記制御回路は、前記入力信号の絶対値のピーク値が立ち上がる期間は、そのピーク値に遅滞なく追従して立ち上がり、そのピーク値が立ち下がる期間は、そのピーク値に所定の時定数をもって立ち下がるレベル信号を生成するエンベロープフォロウを備えており、  
前記制御回路は、そのレベル信号に基づいて、前記制御信号を生成する請求項4のD級増幅装置。

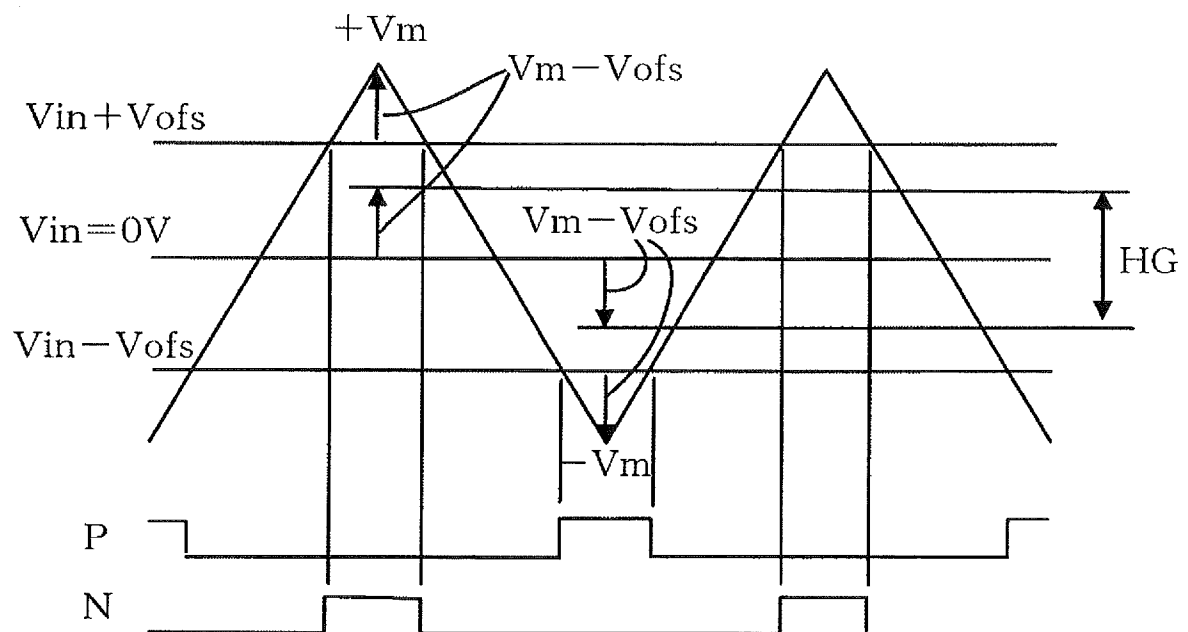
[図1]



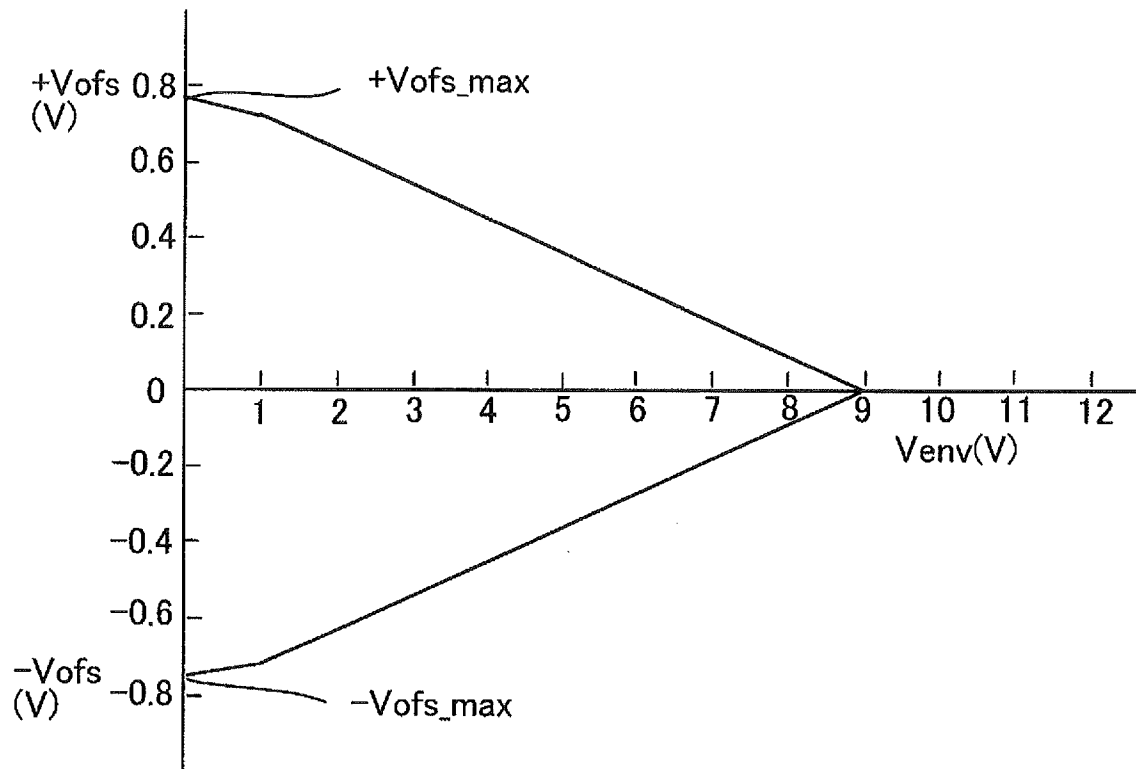
[図2]



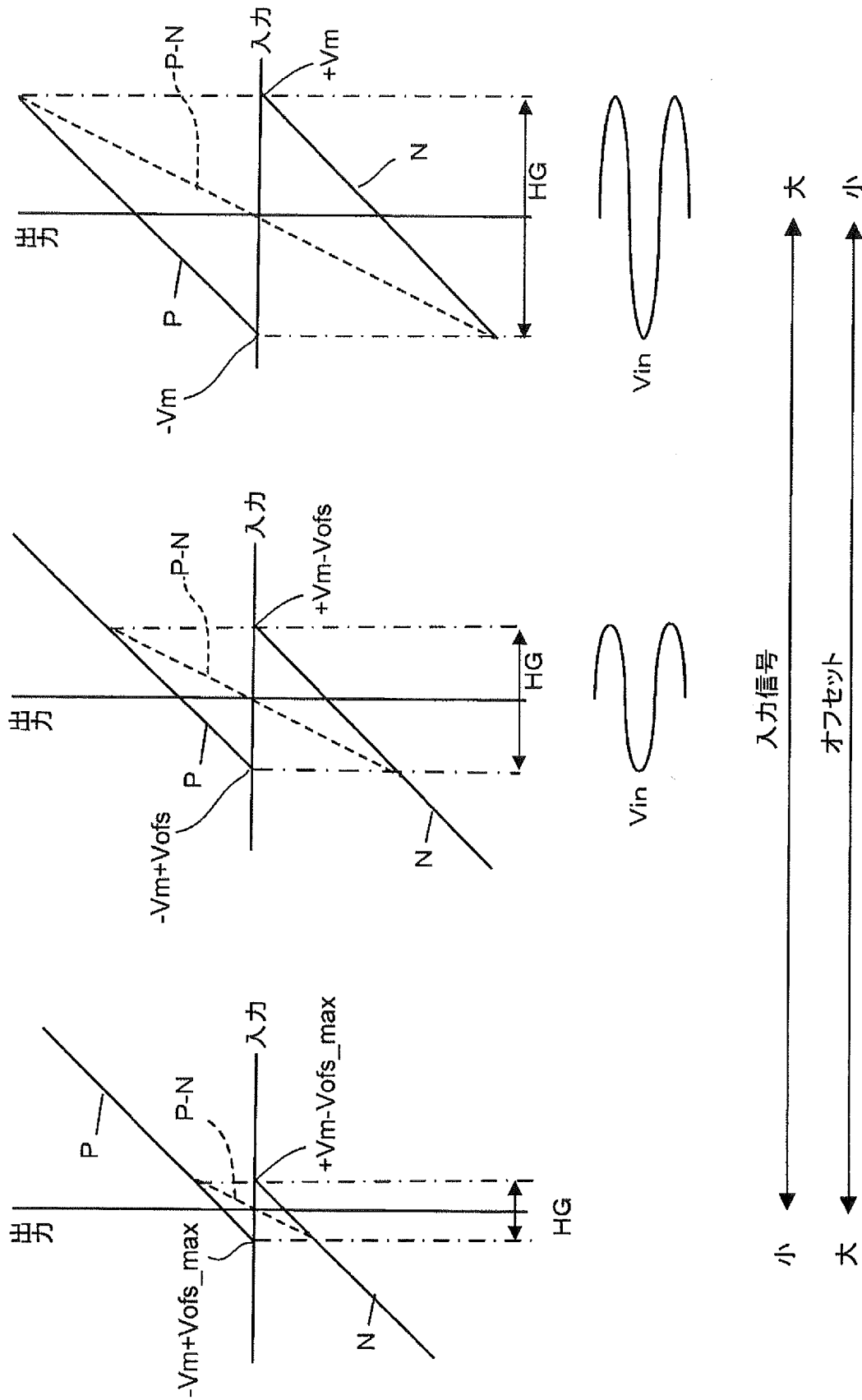
[図3]



[図4]



[図5]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/034128

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H03F 3/217**(2006.01)i

FI: H03F3/217

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H03F3/217

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021

Registered utility model specifications of Japan 1996-2021

Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages       | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 2008-17353 A (YAMAHA CORP.) 24 January 2008 (2008-01-24)<br>entire text, all drawings | 1-10                  |
| A         | JP 2003-46342 A (DENON LTD.) 14 February 2003 (2003-02-14)<br>entire text, all drawings  | 1-10                  |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&amp;” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

03 December 2021

Date of mailing of the international search report

14 December 2021

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2021/034128**

| Patent document<br>cited in search report |            |   | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|------------|---|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| JP                                        | 2008-17353 | A | 24 January 2008                      | (Family: none)          |                                      |
| JP                                        | 2003-46342 | A | 14 February 2003                     | (Family: none)          |                                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                       |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------|--------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------|--|------------------------------------------|--|
| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））<br>H03F 3/217(2006.01)i<br>FI: H03F3/217                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                       |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| B. 調査を行った分野                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                       |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））<br>H03F3/217                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                       |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                       |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                       |                | 日本国実用新案公報    | 1922 - 1996年                                                    | 日本国公開実用新案公報                    | 1971 - 2021年                                    | 日本国実用新案登録公報                            | 1996 - 2021年                                                        | 日本国登録実用新案公報                                                   | 1994 - 2021年      |                           |  |                                          |  |
| 日本国実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1922 - 1996年                                                          |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 日本国公開実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1971 - 2021年                                                          |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 日本国実用新案登録公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1996 - 2021年                                                          |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 日本国登録実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1994 - 2021年                                                          |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                       |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| C. 関連すると認められる文献                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                       |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 引用文献の<br>カテゴリー*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                     | 関連する<br>請求項の番号 |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | JP 2008-17353 A（ヤマハ株式会社）24.01.2008（2008 - 01 - 24）<br>全文全図            | 1-10           |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | JP 2003-46342 A（株式会社デノン）14.02.2003（2003 - 02 - 14）<br>全文全図            | 1-10           |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| <input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                       |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| <table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</td> <td>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</td> <td>“&amp;” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table> |                                                                       |                | * 引用文献のカテゴリー | “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの | “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの | “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの | “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの | “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの | “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） | “&” 同一パテントファミリー文献 | “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 |  | “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 |  |
| * 引用文献のカテゴリー                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの       |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの                       |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの   |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | “&” 同一パテントファミリー文献                                                     |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                       |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                       |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 国際調査を完了した日<br><br>03.12.2021                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 国際調査報告の発送日<br><br>14.12.2021                                          |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 名称及びあて先<br><br>日本国特許庁(ISA/JP)<br>〒100-8915<br>日本国<br>東京都千代田区霞が関三丁目4番3号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 権限のある職員（特許庁審査官）<br><br>工藤 一光 5W 9274<br><br>電話番号 03-3581-1101 内線 3576 |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |

国際調査報告  
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/034128

| 引用文献 |            |   | 公表日        | パテントファミリー文献 | 公表日 |
|------|------------|---|------------|-------------|-----|
| JP   | 2008-17353 | A | 24.01.2008 | (ファミリーなし)   |     |
| JP   | 2003-46342 | A | 14.02.2003 | (ファミリーなし)   |     |