

(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
2024年4月11日(11.04.2024)

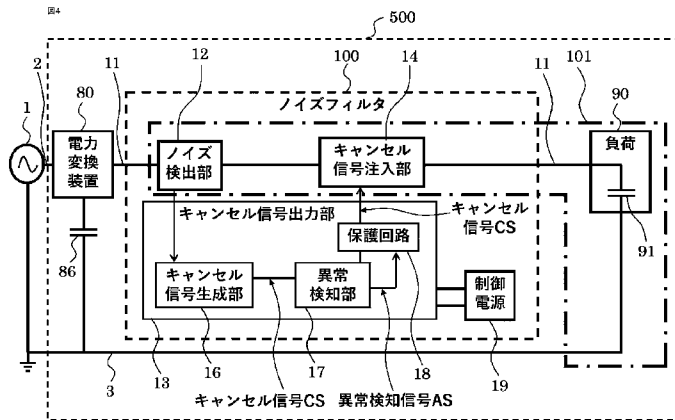


(10) 国際公開番号
WO 2024/075267 A1

- (51) 国際特許分類:
H02M 1/00 (2007.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/037561
- (22) 国際出願日: 2022年10月7日(07.10.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP). 三菱電機エンジニアリング株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC ENGINEERING COMPANY LIMITED) [JP/JP]; 〒1020073 東京都千代田区九段北一丁目13番5号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 古庄 泰章 (FURUSHO Yasuaki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 藤田 雄己(FUJITA Yuki); 〒1020073 東京都千代田区九段北一丁目13番5号 三菱電機エンジニアリング株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人ばるも特許事務所(PALMO PATENT FIRM, P.C.); 〒6610033 兵庫県尼崎市南武庫之荘3丁目35番8号 Hyogo (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,

(54) Title: NOISE FILTER, POWER CONVERSION SYSTEM, AND MANAGEMENT SYSTEM

(54) 発明の名称: ノイズフィルタ、電力変換システム及び管理システム



- 12 Noise detection unit
- 13 Cancellation signal output unit
- 14 Cancellation signal injection unit
- 16 Cancellation signal generation unit
- 17 Abnormality detection unit
- 18 Protection circuit
- 19 Control power source
- 80 Power conversion device
- 90 Load
- 100 Noise filter
- AS Abnormality detection signal
- CS Cancellation signal

(57) Abstract: A noise filter (100) according to the present disclosure is provided to either a cable run (2) connecting an AC or DC power source (1) and a power conversion device (80) that converts power outputted from the power source (1) into AC or DC power or a cable run (11) connecting the power conversion device (80) and a load. The noise filter comprises: a noise detection unit (12) that detects common-mode noise generated during the operation of the power conversion device (80); a cancellation signal generation unit (16) that generates a cancellation signal which cancels the common-mode noise;



WO 2024/075267 A1

CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, 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, ME, 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))

a cancellation signal injection unit (14) that injects the cancellation signal into the cable run (2, 11); and an abnormality detection unit (17) that outputs an abnormality detection signal when the cancellation signal is detected to be abnormal. The noise filter (100) executes an abnormality processing sequence on the basis of the abnormality detection signal.

(57) 要約 : 本開示のノイズフィルタ (100) は、交流または直流電源 (1) と電源 (1) から出力された電力を交流または直流電力に変換する電力変換装置 (80) とを接続する電路 (2)、あるいは、電力変換装置 (80) と負荷とを接続する電路 (11) のいずれか一方の電路に設けられたノイズフィルタ (100) であって、電力変換装置 (80) の動作時に発生するコモンモードノイズを検出するノイズ検出部 (12) と、コモンモードノイズを相殺するキャンセル信号を生成するキャンセル信号生成部 (16) と、キャンセル信号を電路 (2、11) に注入するキャンセル信号注入部 (14) と、キャンセル信号が異常であると検知した場合に異常検知信号を出力する異常検知部 (17) と、を備え、異常検知信号に基づき異常処理シーケンスを実行する。

明 細 書

発明の名称：

ノイズフィルタ、電力変換システム及び管理システム

技術分野

[0001] 本開示は、ノイズフィルタ、電力変換システム及び管理システムに関する。

背景技術

[0002] 電源からの入力電力を任意の直流電力または交流電力に変換して負荷に供給する電力変換装置が知られている。このような電力変換装置は、ブリッジ接続された複数のスイッチング素子を開閉させて電力変換を行うが、スイッチング素子の動作に伴い高周波ノイズが発生する。この高周波ノイズは寄生容量などを介して接地電位を経由し、電源または負荷に流れるコモンモードノイズの原因となる。そこで、このようなコモンモードノイズを抑制するために、電源と電力変換装置との間の電路、または電力変換装置と負荷との間の電路にノイズフィルタを設置する構成が知られている。

[0003] ノイズフィルタの一つにアクティブノイズフィルタがある。例えば、特許文献1に記載のアクティブノイズフィルタは、交流電源と整流器の間の電路に接続された接地コンデンサを介してコモンモード電圧を検出し、相殺用電圧源によって検出したコモンモード電圧と同じ大きさで逆極性の相殺用電圧を発生させ、電路における交流電源と接地コンデンサの接続点との間に相殺用電圧を重畳させる。このように、特許文献1に記載のアクティブノイズフィルタは、コモンモードノイズであるコモンモード電圧を相殺する相殺用電圧をノイズキャンセル信号（以下、キャンセル信号と呼ぶ）として電路に注入するものである。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2010-57268号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0005] アクティブノイズフィルタの動作中に、環境要因または経時要因などにより、アクティブノイズフィルタの制御特性が変化する場合がある。特許文献1に記載のアクティブノイズフィルタでは、設計当初には想定されていなかったような制御特性の変化が生じた場合、制御余裕（ゲイン余裕および位相余裕）の喪失などにより、電路に注入されるキャンセル信号が発振する、あるいはノイズキャンセルにおける補償量が過大になるといった異常なキャンセル信号が生成されるおそれがある。
- [0006] 異常なキャンセル信号が電路に注入された場合、コモンモードノイズをキャンセル、つまり相殺できないばかりでなく、キャンセル信号自体が問題を引き起こす可能性もある。
- [0007] 本開示は、上述のような課題を解決するためになされたものであり、高い信頼性を実現することができるノイズフィルタ、電力変換システム及び管理システム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

- [0008] 本願に開示されるノイズフィルタは、
- 交流または直流電源と前記交流または直流電源から出力された電力を交流または直流電力に変換する電力変換装置とを接続する電路、あるいは、前記電力変換装置と負荷とを接続する電路のいずれか一方の電路に設けられたノイズフィルタであって、
- 前記電力変換装置の動作時に発生するコモンモードノイズを検出するノイズ検出部と、
- 前記コモンモードノイズを相殺するキャンセル信号を生成するキャンセル信号生成部と、
- 前記キャンセル信号を前記電路に注入するキャンセル信号注入部と、
- 前記キャンセル信号が異常であると検知した場合に異常検知信号を出力する異常検知部と、を備え、

前記異常検知信号に基づき異常処理シーケンスを実行することを特徴とする。

[0009] 本願に開示される電力変換システムは、
交流または直流電源から出力された電力を交流または直流電力に変換する電力変換装置と、
上述のノイズフィルタと、を備える。

[0010] 本願に開示される管理システムは、
交流または直流電源から出力された電力を交流または直流電力に変換する電力変換装置と、
上述のノイズフィルタを構成するキャンセル信号出力部に接続され、データを外部に送信する通信部をさらに備える前記ノイズフィルタと、
前記通信部から送信された前記データを格納するデータベース及び前記データを分析するデータ分析部を有する管理装置と、を備える。

発明の効果

[0011] 本願に開示されるノイズフィルタ及び電力変換システムによれば、キャンセル信号に異常が発生した場合においても安定に動作するため、高い信頼性を実現することが可能となるという効果を奏する。

[0012] 本願に開示される管理システムによれば、電力変換システムから送信されるデータを用いてデータ分析を行う管理装置を有するので、異常となる原因に迅速に対処することが可能となるため、電力変換システムの信頼性が一層向上するという効果を奏し、さらに、電力変換システムの管理、保守といったメンテナンス性が向上するという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]実施の形態1に係る電力変換システムを表すシステム構成図である。
[図2]実施の形態1に係る電力変換システムの一部を構成する電力変換装置を表す回路構成図である。
[図3]実施の形態1に係る電力変換システムに発生するコモンモードノイズを説明する図である。

[図4]実施の形態1に係るノイズフィルタおよび電力変換システムを表す構成図である。

[図5A]実施の形態1に係るノイズフィルタにおけるノイズ検出部の一例を表す構成図である。

[図5B]実施の形態1に係るノイズフィルタにおけるノイズ検出部の一例を表す構成図である。

[図6]実施の形態1に係るノイズフィルタにおけるキャンセル信号生成部の一例を表す構成図である。

[図7]実施の形態1に係るノイズフィルタにおける異常検知部の一例を表す構成図である。

[図8]実施の形態1に係るノイズフィルタにおける特徴量検出部の一例を表す構成図である。

[図9]実施の形態1に係るノイズフィルタにおける特徴量比較部の一例を表す構成図である。

[図10]実施の形態1に係るノイズフィルタにおけるキャンセル信号注入部を表す構成図である。

[図11]実施の形態1に係るノイズフィルタおよび電力変換システムを実現するハードウェア構成図の一例である。

[図12A]実施の形態1に係るノイズフィルタにおける注入トランスの通常動作時の挙動を説明する図である。

[図12B]実施の形態1に係るノイズフィルタにおける通常動作時の注入トランスのインピーダンスと周波数の関係を表す図である。

[図13A]実施の形態1に係るノイズフィルタにおける注入トランスの保護動作時の挙動を説明する図である。

[図13B]実施の形態1に係るノイズフィルタにおける注入トランスの保護動作時のインピーダンスと周波数の関係を表す図である。

[図14]実施の形態1に係るノイズフィルタにおける保護回路の一例を表す構成図である。

[図15]実施の形態2に係るノイズフィルタを表す構成図である。

[図16]実施の形態2に係るノイズフィルタにおける他の構成例を表す構成図である。

[図17]実施の形態2に係るノイズフィルタにおけるキャンセル信号出力部における異常検知信号の処理の一例を説明する図である。

[図18]実施の形態3に係る電力変換システムを表す構成図である。

[図19]実施の形態3に係る電力変換システムに発生するコモンモードノイズを説明する図である。

[図20]実施の形態3に係るノイズフィルタを表す構成図である。

[図21]ノイズフィルタの主回路部の制御応答に関して、図21Aはフィルタ部がない場合の制御応答を示す図、図21Bはフィルタ部の通過特性を示す図、図21Cはフィルタ部がある場合の制御応答を示す図である。

[図22]ノイズフィルタの制御応答に関して、図22Aはゲイン特性を表す図、図22Bは位相特性を表す図である。

[図23]ノイズフィルタの制御応答に関して、図23Aは異常発生により制御特性に変化が生じている場合におけるゲイン特性の変化を表す図、図23Bは異常発生により制御特性に変化が生じている場合における位相特性の変化を表す図である。

[図24]ノイズフィルタのキャンセル信号出力部の異常出力波形を表す図である。

[図25]図25Aは正常時におけるコモンモード電圧の波形を表す図、図25Bは正常時におけるコモンモード電流の波形を表す図、図25Cはノイズフィルタにおいて正常時におけるキャンセル信号の出力電圧の波形を表す図、図25Dはノイズフィルタにおいて正常時におけるキャンセル信号の出力電流の波形を表す図である。

[図26]図26Aは異常時におけるコモンモード電圧の波形を表す図、図26Bは異常時におけるコモンモード電流の波形を表す図、図26Cは異常時におけるキャンセル信号の出力電圧の波形を表す図、図26Dは異常時にお

るキャンセル信号の出力電流の波形を表す図である。

[図27]実施の形態4に係るノイズフィルタおよび電力変換システムを表す構成図である。

[図28]実施の形態5に係る管理システムを表す構成図である。

[図29]実施の形態5に係るノイズフィルタおよび電力変換システムを表す構成図である。

[図30]実施の形態6に係るノイズフィルタおよび電力変換システムを表す構成図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本願の各実施の形態におけるノイズフィルタについて、図面を参照して詳細に説明する。なお、各図において同一符号は同一もしくは相当部分を示している。

[0015] 実施の形態1.

実施の形態1に係るノイズフィルタ100及び電力変換システム500を図1から図11に基づいて説明する。図1は、実施の形態1に係る電力変換システム500を示すシステム構成図であり、図2は、実施の形態1に係る電力変換システム500の一部を構成する電力変換装置80を示す回路構成図である。

[0016] 電力変換システム500は、交流電源1と負荷90との間に配置され、交流電源1からの入力電力を任意の直流電力または交流電力に変換する電力変換装置80と、電力変換装置80から任意の直流電力または交流電力を供給される負荷90と、電力変換装置80と負荷90とを接続する電路11に設けられたノイズフィルタ100と、で構成される。交流電源1からの入力電力は、電路2を介して電力変換装置80に入力される。なお、交流電源1は電源の一例に過ぎず、交流電源1の代りに直流電源であってもよく、後述する各実施の形態においても同様に、交流電源1の代りに直流電源を適用してもよい。

[0017] 電力変換装置80は、交流電源1から入力される入力電力を負荷90の駆

動に必要な電力に変換して出力する。なお、実施の形態1において、ノイズフィルタ100は電力変換装置80と負荷90との間に配置されているが、交流電源1と電力変換装置80とを接続する回路2に設けられてもよい。

[0018] 電力変換装置80は、例えば、図2に示すような2レベル三相インバータである。すなわち、直列に接続された2つの半導体スイッチ82a、82bによって、1つの上下アーム82が構成されている。また、直列に接続された2つの半導体スイッチ83a、83bによって1つの上下アーム83が構成されている。さらに、直列に接続された2つの半導体スイッチ84a、84bによって1つの上下アーム84が構成されている。この3つの上下アーム82、83、84には直流電源81が接続されている。

[0019] 直流電源81は、交流電源1から入力される交流の入力電力を直流に変換するコンバータなどで構成される。3つの上下アーム82、83、84の midpoint は、インバータ出力端子85に接続されている。これらの6つの半導体スイッチ82a、82b、83a、83b、84a、84bがスイッチング動作を行うことで、インバータ出力端子85に交流電力が出力される。このとき、インバータ出力端子85の出力電位は、直流電源81の正電圧および負電圧のいずれか一方の電位となる。したがって、電力変換装置80のコモンモード電圧は、ゼロではない一定の電圧となる。

[0020] 図3は、実施の形態1に係る電力変換システム500に発生するコモンモードノイズを説明する図であり、コモンモード等価回路を示す。電力変換システム500において、交流電源1と負荷90とは、上述した回路11とは別に、接地線3によってグランド側で接続されている。

[0021] ノイズフィルタ100には、一方の端部が接地線3に接続される接地コンデンサ15（図示せず）が設けられている。また、電力変換装置80と接地線3との間、および負荷90と接地線3の間には、寄生容量86および寄生容量91がそれぞれ存在する。電力変換システム500では、寄生容量86、91および接地線3を介するコモンモードループに対して、電力変換装置80において発生するコモンモード電圧 V_{cn} が印加されるため、図3に

において矢印で示す方向に、コモンモード電流（コモンモードノイズCN）が流れる。

[0022] 図4は、実施の形態1に係るノイズフィルタ100および電力変換システム500を表す構成図である。ノイズフィルタ100は、電力変換装置80と負荷90の間に挿入されている。すなわち、電力変換装置80と負荷90とを接続する電路11に設けられている。

[0023] ノイズフィルタ100は、電路2に接続するノイズ検出部12と、ノイズ検出部12によって検出されたコモンモードノイズCN（図4では図示せず）からキャンセル信号CSを生成して出力するキャンセル信号出力部13と、ノイズ検出部12よりも出力端側、すなわち負荷90側の電路11に設けられ、キャンセル信号出力部13から出力されたキャンセル信号CSを電路11に注入するキャンセル信号注入部14と、キャンセル信号CSを生成および注入するための電力をキャンセル信号出力部13に供給する制御電源19と、を備える。

[0024] キャンセル信号出力部13は、ノイズ検出部12から出力されるノイズ検出信号DSを増幅するキャンセル信号生成部16と、キャンセル信号生成部16からの出力をキャンセル信号CSとしてキャンセル信号注入部14に送信するとともにキャンセル信号生成部16の出力電圧に基づいて異常検知信号ASを出力することができる異常検知部17と、を備える。

[0025] キャンセル信号出力部13は、さらに、異常検知部17とキャンセル信号注入部14との間に挿入され、キャンセル信号の注入の遮断することができる接続遮断手段の一例である保護回路18を備える。すなわち、実施の形態1に係るノイズフィルタ100は、異常なキャンセル信号CSが電路11に注入されることを抑制するための保護手段として、キャンセル信号出力部13とキャンセル信号注入部14との間の接続を遮断する接続遮断手段を備える。実施の形態1では、接続遮断手段の一形態として保護回路18を適用している。

[0026] なお、実施の形態1において、異常検知部17は出力特性にほとんど影響

を与えない素子および回路で構成されているので、キャンセル信号生成部 16 の出力はキャンセル信号 CS とほぼ同じになる。したがって、以下の説明では特に断りが無い限り、キャンセル信号生成部 16 の出力をキャンセル信号 CS と呼ぶ。

[0027] なお、ノイズ検出部 12 とキャンセル信号生成部 16 の間、またはキャンセル信号生成部 16 と異常検知部 17 との間に、キャンセル信号 CS の特性を調整することができるフィルタ部（図示せず）を設けてもよい。ノイズ検出部 12 とキャンセル信号生成部 16 の間にフィルタ部が設けられている場合、キャンセル信号生成部 16 は、フィルタ部によって調整されたノイズ検出信号 DS を増幅してキャンセル信号 CS を生成することとなる。この場合でも、ノイズ検出信号 DS の調整を介してキャンセル信号 CS の特性が調整されることとなる。

[0028] 上述のフィルタ部としては、特定帯域のゲインを減少させるなど、ノイズフィルタ 100 の減衰特性を調整する入力フィルタ回路などが挙げられる。具体的には、例えば、抵抗およびコンデンサで構成されるハイパスフィルタ、ローパスフィルタ、またはノッチフィルタなどのアナログフィルタを適用することが挙げられる。

[0029] ノイズフィルタ 100 では、電路 11 と接地線 3 との間に接続された接地コンデンサ 15（図示せず）が設けられている。ノイズ検出部 12、キャンセル信号注入部 14、および接地コンデンサ 15 は、ノイズフィルタ 100 の主回路部 101 を構成する。ノイズフィルタ 100 の制御特性は、主回路部 101 に大きく依存する。主回路部 101 のインダクタンス値は、ノイズ検出部 12 を構成するコモンモードトランスのインダクタンス値とキャンセル信号注入部 14 を構成するコモンモードトランスのインダクタンス値との和である。また、主回路部 101 の容量値は、接地コンデンサ 15 の容量値である。なお、上述の説明では、電力変換システム 500 の内部に負荷 90 を含む場合を記載しているが、かかる構成に限定されない。すなわち、電力変換システム 500 の外部に負荷 90 が接続される場合においても、負荷 9

0のコモンモードインピーダンスとして機能する寄生容量91を用いて、主回路部101が構成される。後述の各実施の形態における主回路部についても同様である。主回路部101の制御特性の詳細については後述する。

[0030] 図5Aおよび図5Bは、実施の形態1に係るノイズフィルタ100におけるノイズ検出部12の一例を表す構成図である。図5Bに示すように、ノイズ検出部12は、コンデンサネットワークで構成されている。ノイズ検出部12を構成する複数のコンデンサを、以下では、検出用コンデンサネットワーク12nと呼ぶ。

[0031] 検出用コンデンサネットワーク12nは、電力変換装置80と負荷90とを接続する電路11において、U相動力線に接続された検出用コンデンサ12aと、V相動力線に接続された検出用コンデンサ12bと、W相動力線に接続された検出用コンデンサ12cと、検出用コンデンサ12a、12b、12cの動力線ではないもう一方の端子に接続されたスター結線点12fと接地線3との間に設けられた検出用コンデンサ12eと、を備える。図5Bに示すように、検出用コンデンサネットワーク12nは、コモンモード電圧を分圧して検出するノイズ検出器として動作する。

[0032] 検出用コンデンサネットワーク12nにおけるコモンモード電圧の検出比は、検出用コンデンサ12a、12b、12cの並列インピーダンスと、検出用コンデンサ12eのインピーダンスとの比率によって決定される。したがって、ノイズ検出部12では、検出用コンデンサネットワーク12nに印加されるコモンモードノイズCNによって、T相巻線12dの両端にノイズ検出信号DSが発生する。

[0033] T相巻線12dの両端はキャンセル信号生成部16に接続されている。つまり、T相巻線12dの両端に発生したノイズ検出信号DSはキャンセル信号生成部16に送信される。検出用コンデンサネットワーク12nは、図3に示したコモンモード等価回路において、インバータの寄生容量86および負荷90の寄生容量91よりも十分に高いインピーダンスを備えているので、相対的に高い対地インピーダンスを有するため、電力変換装置80の漏洩

電流に悪影響を及ぼすことは無い。

[0034] 図6は、実施の形態1に係るノイズフィルタ100におけるキャンセル信号生成部16の一例を示す構成図である。キャンセル信号生成部16は、入力抵抗16aと、オペアンプ16bと、帰還抵抗16cとを備える。オペアンプ16bの反転入力端子は、入力抵抗16aを介してキャンセル信号生成部16の入力端子側（図6の左側）に接続されている。

[0035] オペアンプ16bの反転入力端子は、帰還抵抗16cを介してオペアンプ16bの出力端子と接続されている。オペアンプ16bの非反転入力端子は接地されている。図6で示したキャンセル信号生成部16はオペアンプ16bを用いた反転増幅回路であるが、非反転増幅回路であってもよい。キャンセル信号生成部16は、入力抵抗16aの抵抗値と帰還抵抗16cの抵抗値との比で与えられる増幅率でノイズ検出信号DSを増幅してキャンセル信号CSを生成し、キャンセル信号CSを出力する。

[0036] 図7は、実施の形態1に係るノイズフィルタ100における異常検知部17の一例を表す構成図である。異常検知部17は、キャンセル信号CSの出力電圧を用いて異常を検知するための特徴量信号CVを出力する特徴量検出部171と、特徴量信号CVに対して予め定められた演算を行うことで異常検知信号ASを生成して出力する特徴量比較部172と、で構成される。実施の形態1では、ノイズフィルタ100の異常が検知された場合に、異常検知信号ASがオン出力されるとし、一方、異常が検知されない場合は、異常検知信号ASがオフ出力されるとする。

[0037] 図8は、実施の形態1に係るノイズフィルタ100における異常検知部17の一部である特徴量検出部171の一例を表す構成図である。特徴量検出部171は、キャンセル信号CSとしての出力電圧の電圧値に基づいて特徴量信号CVを生成し、出力する。特徴量信号CVは、異常検知のために用いられる特徴量を表す信号である。どのような値を特徴量として用いるかについては様々なものが想定される。

[0038] 図8に示す特徴量検出部171の一例は、キャンセル信号CSとしての出

力電圧の電圧平均値を特徴量として用いる場合の特徴量検出部171の構成を挙げている。図8に示すように、特徴量検出部171は、オペアンプ171a、171b、抵抗171c、171d、171e、171h、171i、171j、171m、およびダイオード171f、171gによって構成される絶対値検波回路の出力側に、コンデンサ171kおよび抵抗171lによって構成されるローパスフィルタを接続して構成される。

[0039] 特徴量検出部171では、入力端子（図示せず）がキャンセル信号生成部16の出力端子（図示せず）に接続され、キャンセル信号生成部16が出力するキャンセル信号CSとしての出力電圧が入力信号として特徴量検出部171に入力される。この入力信号が上述の絶対値検波回路に入力されることで、絶対値検波回路からキャンセル信号CSとしての出力電圧の電圧値の絶対値が出力される。

[0040] 絶対値検波回路の出力はローパスフィルタによって平均化されるので、上述のローパスフィルタからはキャンセル信号CSとしての出力電圧の電圧平均値が出力される。すなわち、特徴量検出部171の出力は、キャンセル信号CSとしての出力電圧の電圧平均値となる。特徴量検出部171の出力は、特徴量信号CVとして特徴量比較部172に出力される。なお、特徴量検出部171の回路は、図8に示した一例に限定されることなく、本願の趣旨を逸脱しない範囲で自由に構成することができる。

[0041] 図9は、実施の形態1に係るノイズフィルタ100における異常検知部17の一部である特徴量比較部172の一例を表す構成図である。特徴量比較部172は、特徴量検出部171が出力した特徴量信号CVに対して予め定められた演算を行うことで異常検知信号ASを生成し、生成した異常検知信号ASを出力する。

[0042] 実施の形態1に係るノイズフィルタ100として、特徴量信号CVを予め設定された閾値電圧と比較するコンパレータ回路を用いて特徴量比較部172を構成した一例を図9に示している。特徴量比較部172は、コンパレータ172aと、直流電圧源172bと、プルアップ抵抗172cと、を備え

る。コンパレータ172aの反転入力端子は、特徴量比較部172の入力端子側（図9の左側）に接続されている。コンパレータ172aの非反転入力端子は、直流電圧源172bの正極に接続されている。直流電圧源172bの負極は接地されている。コンパレータ172aの出力端子は特徴量比較部172の出力端子側に接続されている。コンパレータ172aの出力端子と特徴量比較部172の出力端子との間には、プルアップ抵抗172cが接続されている。

[0043] 特徴量信号CVが入力信号として特徴量比較部172に入力すると、特徴量信号CVの電圧の大きさと直流電圧源172bの電圧の大きさとが比較され、比較の結果に応じて異常検知信号ASが出力される。具体的には、例えば、特徴量信号CVの電圧の方が直流電圧源172bの電圧よりも大きい場合は、異常を検知したとして異常検知信号ASがオン出力される。この場合、直流電圧源172bの電圧値が異常の有無の判断における閾値電圧となる。なお、特徴量比較部172を構成する回路は、図9に示した一例に限定されることなく、本願の趣旨を逸脱しない範囲で自由に構成することができる。

[0044] 図10は、実施の形態1に係るノイズフィルタ100におけるキャンセル信号注入部14を示す構成図である。キャンセル信号注入部14は、コモンモードトランスで構成されている。キャンセル信号注入部14を構成するコモンモードトランスを、以下では注入トランス14gと呼ぶ。注入トランス14gは、電路11において、R相動力線に巻かれたR相巻線14aと、S相動力線に巻かれたS相巻線14bと、T相動力線に巻かれたT相巻線14cと、注入巻線14dと、を備えている。R相巻線14a、S相巻線14b、およびT相巻線14cは同相に巻かれている。以上のように構成された注入トランス14gは、コモンモードに対してのみ高いインダクタンス値を備え、コモンモードチョークコイルとして機能する。

[0045] 上述のような注入トランス14gで構成されたキャンセル信号注入部14においては、注入巻線14dの両端にキャンセル信号CSが入力されると、

注入巻線14dに入力されたキャンセル信号CSによって、R相巻線14a、S相巻線14b、およびT相巻線14cに対し、コモンモードノイズCNをキャンセルする誘起電圧Vが誘起される。

[0046] 実施の形態1に係る制御系を実現するハードウェア構成は、図8および図9に示すようにアナログ回路で構成してもよいが、ここではアナログ回路とは異なる一例について説明する。

[0047] 図11は、実施の形態1に係るノイズフィルタ100の制御系を実現するハードウェア構成図の一例である。なお、ここで「制御系」とは、特に制御電源19を含む、ノイズフィルタ100の制御全般を指す。実施の形態1に係るノイズフィルタ100の制御系は、主に、プロセッサ71と、主記憶装置としてのメモリ72、補助記憶装置73およびインターフェース74から構成される。

[0048] プロセッサ71は、例えばCPU (Central Processing Unit)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、DSP (Digital Signal Processor)、FPGA (Field Programmable Gate Array)などで構成される。

[0049] メモリ72はランダムアクセスメモリ等の揮発性記憶装置で構成され、補助記憶装置73はフラッシュメモリ等の不揮発性記憶装置またはハードディスクなどで構成される。補助記憶装置73には、プロセッサ71により実行される所定のプログラムが記憶される。プロセッサ71は、このプログラムを適宜読み出して実行し、各種演算処理を行う。この際、補助記憶装置73からメモリ72に上述の所定のプログラムが一時的に保存され、プロセッサ71はメモリ72からプログラムを読み出す。

[0050] 実施の形態1に係るノイズフィルタ100および電力変換システム500の制御系の各種演算処理は、上述のようにプロセッサ71が所定のプログラムを実行することで実現される。プロセッサ71による演算処理の結果は、一旦、メモリ72に記憶され、実行された演算処理の目的に応じて補助記憶

装置 73 に記憶される。このように、制御系を実現する手法として、アナログ回路で構成してもよいし、あるいはデジタル回路で構成してもよい。

[0051] ノイズフィルタ 100 の制御装置において、被制御装置である電力変換装置 80 の一時的な指令値異常、注入コイルの巻線異常、制御回路であるトランジスタおよび電源コンデンサ等の部品故障といった異常が生じた場合に生ずる問題について、以下に説明する。

[0052] 制御装置に関しては、制御装置自身の過電流、あるいは過電圧に対する保護を、被制御装置に関しては、経路ノイズ増大に対する保護を目的として、ノイズキャンセル動作を停止するため、キャンセル信号生成部 16 とキャンセル信号注入部 14 との接続を切り離す保護動作を行う必要がある。

[0053] 保護動作を行う場合、主回路部 101 の一部であるキャンセル信号注入部 14 を構成する注入トランス 14g の挿入インピーダンスは、キャンセル信号生成部 16 とキャンセル信号注入部 14 との接続が切り離されると、キャンセル信号注入部 14 を構成する注入トランス 14g の制御回路側と接続される補助巻線において、キャンセル信号生成部 16 の低い出力インピーダンスが接続されなくなることから、大幅に増加する。このとき、注入トランス 14g は主巻線が同一巻数のコモンモードチョークコイルとして振る舞い、大きなインダクタンス成分を持つ。その結果、注入トランス 14g と負荷コモンモード容量との共振周波数が変動してしまう。

[0054] 注入トランス 14g と負荷コモンモード容量との共振周波数が変動すると、変動したコモンモード経路の共振周波数と、電力変換装置 80 のスイッチング周波数およびその高調波周波数の帯域が重複し、コモンモードノイズ CN をかえって急増させてしまうおそれがある。このコモンモードノイズ CN の増加を回避するには、保護動作時の共振周波数がスイッチング周波数よりも予め低くなるように注入トランス 14g の巻数を多く選ぶことで、注入トランス 14g の保護動作時のインダクタンス成分を高くする必要がある。しかしながら、注入トランス 14g の巻数の増加はノイズフィルタ 100 の大型化を招き、好ましくない。

[0055] また、電圧分担の観点から、保護動作時に生ずる別の問題を以下に説明する。

ノイズ源である電力変換装置 80 から見て負荷側のコモンモード電圧分担は、図 4 に示す主回路部 101 のインピーダンス比率によって分担される。キャンセル信号生成部 16 とキャンセル信号注入部 14 との接続が切り離されると、注入トランス 14g の制御回路側と接続される補助巻線においてキャンセル信号生成部 16 の低い出力インピーダンスが接続されなくなることから、主回路部 101 の一部であるキャンセル信号注入部 14 を構成する注入トランス 14g の挿入インピーダンスは大幅に増加する。

[0056] 注入トランス 14g の挿入インピーダンスが大幅に増加する結果、図 3 に示すコモンモードノイズ CN を注入トランス 14g が受動的に分担するコモンモード電圧が大幅に増加することによって、コアの磁気飽和を発生させるおそれもある。磁気飽和の発生によって、発熱・騒音・振動などの問題が生じるため、磁気飽和を回避する必要がある一方、コアの大型化によりノイズフィルタ 100 の大型化を招き、好ましくない。

[0057] 図 12A および図 12B を用いて、通常のノイズキャンセル動作中におけるキャンセル信号注入部 14 を構成する注入トランス 14g の挿入インピーダンスを説明する。図 12A は、実施の形態 1 に係るノイズフィルタ 100 における注入トランス 14g の通常動作時の挙動を説明する図であり、図 12B は、実施の形態 1 に係るノイズフィルタ 100 における注入トランス 14g の通常動作時のインピーダンスと周波数の関係を表す図である。

[0058] 図 12A に示すように、通常のノイズキャンセル動作中には、注入トランス 14g の注入巻線 14d には低い出力インピーダンスであるキャンセル信号生成部 16 が接続され、キャンセル信号注入部 14 はキャンセル信号 CS を電路 11 に注入している。この場合、例えば図 12B に示すように、注入トランス 14g のコモンモード経路における挿入インピーダンスは、増幅回路のインピーダンスに対応した低い値に抑制される。したがって、コモンモードノイズ CN が発生する周波数帯域において、コモンモード経路の共振周

波数に影響を及ぼすことはなく、コモンモード電圧に起因する電圧分担も低い
ため、受動的なインピーダンスによる電圧分担による注入トランス 14 g
の磁気飽和は発生しない。

[0059] 図 13 A および図 13 B を用いて、保護動作中におけるキャンセル信号注
入部 14 を構成する注入トランス 14 g の挿入インピーダンスを説明する。
図 13 A は、実施の形態 1 に係るノイズフィルタ 100 における注入トラン
ス 14 g の保護動作時の挙動を説明する図であり、図 13 B は、実施の形態
1 に係るノイズフィルタ 100 における注入トランス 14 g の保護動作時の
インピーダンスと周波数の関係を表す図である。図 13 A に示すように、保
護動作中には注入巻線 14 d は開放されている。換言すると、注入巻線 14
d には高い開放インピーダンスが接続されている状態である。

[0060] この場合、注入トランス 14 g は、例えば図 13 B に示すように、注入ト
ランス 14 g のコア透磁率、磁路長、断面積、ターン数に対応したコモンモ
ードチョークコイルとしてのインダクタンス成分を持つため、インダクタン
ス成分による誘導性インピーダンスとして振る舞うので、コモンモード経路
の共振周波数に大きく影響を及ぼす。さらに、コモンモードノイズ CN の生
ずる帯域においてコモンモード電圧に由来する電圧分担も大きく増加し、上
述のとおり、注入トランス 14 g の磁気飽和のおそれが生じる。

[0061] キャンセル信号生成部 16 とキャンセル信号注入部 14 との間に接続され
た異常検知部 17 は、キャンセル信号生成部 16 からのキャンセル信号 CS
の電圧および電流のいずれか一方または両方に基づき、異常検知信号 AS を
出力する。

[0062] 図 14 は、実施の形態 1 に係るノイズフィルタ 100 の保護回路 18 を表
す構成図である。保護回路 18 を構成する保護リレー 18 a は、異常検知信
号 AS に基づきリレー接点を切り替えることによって、キャンセル信号注入
部 14 とキャンセル信号生成部 16 が接続されているノイズキャンセル動作
状態、キャンセル信号注入部 14 とキャンセル信号生成部 16 が切り離され
、キャンセル信号注入部 14 と終端処理インピーダンス 18 b が接続されて

いるノイズキャンセル停止状態、以上の2つの状態のいずれかに切り替えることができる。

[0063] なお、図14においては保護リレー18aをC接点の単一リレーで記載しているが、異なるA接点B接点のリレーを組み合わせで構成してもよいし、機械式リレーだけでなく半導体式リレーで構成してもよい。接続される保護リレー18aの論理は、キャンセル信号生成部16にノーマリオープン、終端処理インピーダンス18bにノーマリクローズの接点をそれぞれ接続してもよいし、あるいは、その逆でもよい。

[0064] 図14に示したような保護リレー18aを備え、保護動作が生じた際にキャンセル信号注入部14を構成する注入トランス14gの補助巻線を終端処理インピーダンス18bに適切に接続することによって、上述のコモンモード経路の共振周波数の変動、注入トランス14gのコア磁気飽和等の問題を抑制することができる。

[0065] 上述したように、特徴量検出部171は、特徴量信号CVとしてキャンセル信号CSの出力電圧の電圧実効値を出力する。さらに、特徴量比較部172の直流電圧源172bは、キャンセル信号CSの出力電圧値が、異常の有無の判断の際の閾値電圧となる。すなわち、直流電圧源172bの出力電圧値は電圧実効値の閾値電圧 V_{th} となっている。これにより、キャンセル信号CSの出力電圧の電圧実効値と電圧実効値の閾値電圧 V_{th} との比較が特徴量比較部172によって行われる。

[0066] キャンセル信号CSの出力電圧の電圧実効値が閾値電圧 V_{th} より大きい場合、コンパレータ172aの出力がハイになり、特徴量比較部172は異常検知信号ASをオン出力する。一方、キャンセル信号CSの出力電圧の電圧実効値が閾値電圧 V_{th} 以下である場合、コンパレータ172aの出力はローになり、特徴量比較部172は異常検知信号ASをオフ出力する。

[0067] 実施の形態1に係るノイズフィルタ100において、特徴量比較部172から出力された異常検知信号ASは、保護回路18へと入力される。保護回路18は、図14に示すように、典型的にはC接点の制御リレーで構成され

ている。保護回路 18 は、異常検知信号 AS に基づいて制御電源 19 とキャンセル信号出力部 13 とを切り離し、キャンセル信号出力部 13 とキャンセル信号注入部 14 との接続を遮断するとともに、キャンセル信号注入部 14 と終端処理インピーダンス 18b とを接続する。キャンセル信号出力部 13 のかかる動作によって、キャンセル信号 CS の電路 11 への注入が遮断されるので、異常出力波形を持つキャンセル信号 CS の電路 11 への注入が防止できるとともに、キャンセル信号注入部 14 を構成する注入トランス 14g の挿入インピーダンス変動によるコモンモード経路の共振周波数変動および注入トランス 14g のコア磁気飽和の発生が抑制される。

[0068] なお、異常検知部 17 によって異常が検知されて保護回路 18 による遮断動作を実行させた後は、例えば、特徴量比較部 172 から異常検知信号 AS がオフ出力された場合に保護回路 18 の遮断動作をリセットし、キャンセル信号 CS の生成および注入を復帰させることが想定される。遮断動作が一時的なものであると予め判明している異常モードについては、ディレイ回路またはカウンタ回路を用いることにより、予め設定された時間の経過後に復帰動作を行ってもよい。

[0069] なお、実施の形態 1 において、キャンセル信号生成部 16 の構成としてオペアンプ 16b を用いた回路の一例を示したが、キャンセル信号生成部 16 の構成としては、例えば他の反転増幅回路、または非反転増幅回路であってもよい。上述の説明では、保護回路 18 は異常検知信号 AS に応じて遮断動作する一例を示したが、さらに遮断動作をラッチさせたり、リセット回路との組み合わせにより遮断動作を解除できるようにしたりするなど、論理回路と組み合わせることによって単純な遮断動作以外の動作を可能にしてもよい。

[0070] 特徴量検出部 171 の構成としてオペアンプを用いた回路の一例を示したが、例えば同一の目的を達成する他の構成の回路であってもよい。特徴量検出部 171 で用いる検出量として電圧実効値を用いる一例を示したが、瞬時値、平均値など、異なる値を特徴量として検出するように特徴量検出部 17

1を構成してもよい。また、特徴量比較部172の構成としてコンパレータ172aを用いた回路の一例を示したが、例えば同一の目的を達成する別の回路であってもよい。

[0071] さらに、実施の形態1に係るノイズフィルタ100において、ノイズ検出部12およびキャンセル信号注入部14以外にも、電路11上に他のコモンモードチョークコイルが接続されていてもよい。また、ノイズ検出部12について、コモンモードトランスの代わりにコンデンサを用いて構成してもよい。

[0072] 実施の形態1に係るノイズフィルタ100は以上に説明したように、キャンセル信号CSに異常が発生した場合の処理、すなわち、異常処理シーケンスを実行する点に特徴がある。ここで、異常処理シーケンスとは、以下のシーケンスを指す。

(1) 異常検知信号ASに基づき保護回路18を動作させ、電路へのキャンセル信号CSの注入を遮断するとともに、キャンセル信号注入部14の両端を終端処理インピーダンス18bに接続するシーケンス

(2) 異常検知信号ASに基づき電力変換装置80が異常を判断するとともに、電力変換装置80の備える予測演算部で予測した共振周波数に基づきスイッチング周波数を可変させるシーケンス

(3) 異常検知信号ASに基づき電力変換装置80が異常を判断するとともに、電力変換装置80を停止させるシーケンス

異常処理シーケンスは、例えば、上記(1)から(3)のシーケンスの中で、いずれか一つのシーケンスを実行する。なお、(2)および(3)のシーケンスの詳細については、後述の実施の形態6において説明する。

なお、以上に列挙したシーケンスは異常処理シーケンスの例示に過ぎず、異常に際して有効な他の処理も含むことは言うまでもない。

<実施の形態1の効果>

[0073] 以上、実施の形態1に係るノイズフィルタ100および電力変換システム500によれば、キャンセル信号に異常が発生した場合においても安定に動

作するため、高い信頼性を実現することができるという効果を奏する。

[0074] より具体的には、キャンセル信号の出力電圧あるいは出力電流に基づいて、ノイズフィルタおよび電力変換装置の異常を検知し異常検知信号を出力する異常検知部と、異常検知信号に基づいて、キャンセル信号注入部とキャンセル信号出力部との接続を遮断し、キャンセル信号注入部と終端処理インピーダンスとを接続する保護回路とを備えることより、ノイズフィルタに保護を要する何らかの異常が生じた場合に、かかる異常な状態によって生じるキャンセル信号の出力電圧あるいは出力電流の変化から異常を検知し、キャンセル信号出力部からキャンセル信号注入部へのキャンセル信号の出力を抑制し、異常なキャンセル信号が電路に注入されることを防止するとともに、キャンセル信号注入部を構成する注入トランスの補助巻線に終端インピーダンスを接続することによって、コモンモード経路の共振周波数変動による意図せぬ共振によるコモンモードノイズの増大、あるいは注入トランスの挿入インピーダンスの意図せぬ増大による磁気飽和の発生を防止することによって、高い信頼性を有するノイズフィルタおよび電圧変換システムを実現できるという効果を奏する。

[0075] 実施の形態 2.

実施の形態 2 に係るノイズフィルタ 100 a を、図 15 から図 17 を用いて説明する。図 15 は実施の形態 2 に係るノイズフィルタ 100 a を表す構成図である。実施の形態 1 と異なる点について主に説明する。キャンセル信号出力部 13 から出力されたキャンセル信号 CS を電路 11 に注入するキャンセル信号注入部 14 において、複数のキャンセル信号注入部が設けられ、直並列接続されている。キャンセル信号注入部 14 は、特に大容量の電力変換装置および負荷との間にノイズフィルタ 100 a を設ける場合、コアの実装上の問題から分割して構成した方が有利な場合があるからである。

[0076] ノイズフィルタ 100 a の一例として、キャンセル信号注入部が直列数 3、並列数 2 である構成を、図 15 に示す。キャンセル信号注入部 14 は、並列に配置された一方の電路 11 A に設けられたキャンセル信号注入部 14 A

1、14A2、14A3と、並列に配置された他方の電路11Bに設けられたキャンセル信号注入部14B1、14B2、14B3と、で構成される。

[0077] キャンセル信号CSを生成および注入するための電力をキャンセル信号出力部13に供給する制御電源19と、制御電源19とキャンセル信号出力部13との間に挿入され、保護動作時にはキャンセル信号CSの電路11A、11Bへの注入を抑制するとともに終端処理インピーダンス18bに接続することのできる保護回路18と、を備えるキャンセル信号出力部13は、キャンセル信号注入部14の直列数の1単位ごとに設けられる。つまり、ノイズフィルタ100aは、キャンセル信号注入部14の直列数と同じ個数のキャンセル信号出力部13を備える。

[0078] すなわち、ノイズフィルタ100aは、キャンセル信号注入部が複数設けられ、直列に配置された複数のキャンセル信号注入部がさらに電路に対して並列に配置され、並列間で複数のキャンセル信号注入部は同一数である、という構成となる。

[0079] ノイズフィルタ100aにおける保護動作時の各保護回路の動作について説明する。図15に示すように構成されたノイズフィルタ100aにおいて、キャンセル信号出力部13で保護動作が生じると、キャンセル信号注入部14A1、14B1に対して保護動作が働き、それぞれに備えられた終端処理インピーダンス18bに接続される。この場合、電路11Aと電路11Bとの間で、挿入されたキャンセル信号注入部14の個数は同一に保持される。

[0080] 図16は、実施の形態2に係るノイズフィルタの別の一例であるノイズフィルタ100bを表す構成図である。実施の形態1および図15に示す実施の形態2に係るノイズフィルタ100aとは異なる点を主に説明する。

[0081] 実施の形態2に係るノイズフィルタ100bでは、キャンセル信号出力部13から出力されたキャンセル信号CSを電路11に注入するキャンセル信号注入部14について、複数のキャンセル信号注入部が設けられ、直並列接続されている。ノイズフィルタ100bのキャンセル信号注入部14は、図

15に示す構成と同様に、構成の一例として直列数がN、並列数2の構成となる。

[0082] すなわち、ノイズフィルタ100bは、並列に配置された一方の電路11Aに設けられたキャンセル信号注入部14A1、14A2、14A3、・・・14AN、と、並列に配置された他方の電路11Bに設けられたキャンセル信号注入部14B1、14B2、14B3、・・・14BNと、で構成される。直列数であるNは、ノイズフィルタ100bに要求される特性、電力変換システムに要求される特性に基づき、適宜、決定すればよい。

[0083] キャンセル信号CSを生成および注入するための電力をキャンセル信号出力部13に供給する制御電源19と、制御電源19とキャンセル信号出力部13との間に挿入され保護動作時にはキャンセル信号CSの注入を抑制するとともに終端処理インピーダンス18bに接続することのできる保護回路18と、を有するキャンセル信号出力部13は、キャンセル信号注入部14の直列数と同一数であるN個が設けられている。

[0084] 並列に配置された一方の電路11Aのキャンセル信号注入部14A1と接続されるキャンセル信号出力部13における異常検知部17からの異常検知信号ASは、キャンセル信号注入部14B1にも入力されている。また、並列に配置された他方の電路11Bのキャンセル信号注入部14B1と接続されるキャンセル信号出力部13における異常検知部17からの異常検知信号ASは、キャンセル信号注入部14A1にも入力されている。以下、キャンセル信号注入部14ANとキャンセル信号注入部14BNの組み合わせに至るまで、同様な構成が配列される。

[0085] 図17に、図15に示すノイズフィルタ100aおよび図16に示すノイズフィルタ100bにおける異常検知信号ASのキャンセル信号出力部13の間でのやり取りの構成の一例を示す。異常検知部17から出力される異常検知信号ASは、たとえばベース抵抗を介してワイヤードOR接続されたトランジスタ回路に入力され、1つの保護リレー駆動信号RYに束ねられ、2つのキャンセル信号出力部の保護リレー18aを同時に切り替える。

[0086] <実施の形態 2 の効果>

以上、実施の形態 2 に係るノイズフィルタによれば、上述のように、キャンセル信号注入部が複数個に分割されて構成されるため、ノイズフィルタが大容量の電力変換装置および負荷との間に設けられた場合であっても、高い信頼性を実現できるという効果を奏する。

[0087] より具体的には、保護動作時においても、電路 1 1 A と電路 1 1 B との間でキャンセル信号注入部 1 4 の個数が同一に保持されることにより、並列された一方の電路 1 1 A と他方の電路 1 1 B との間に生じる補償電圧の不揃いと、補償電圧の不揃いによる大きな循環電流の発生を抑制することができる。

[0088] したがって、並列間の補償電圧不揃いによる循環電流の発生を抑制しながら、実施の形態 1 と同様に、コモンモード経路の共振周波数変動による意図せぬ共振によるコモンモードノイズの増大、あるいは注入トランス 1 4 g の挿入インピーダンスの意図せぬ増大による磁気飽和の発生を有効に防止することができるため、ノイズフィルタが大容量の電力変換装置および負荷との間に設けられた場合であっても、高い信頼性を有するノイズフィルタを実現できるという効果を奏する。

[0089] 実施の形態 3.

実施の形態 3 に係るノイズフィルタ 1 0 0 d および電力変換システム 5 0 0 d を、図 1 8 から図 2 6 を用いて説明する。

図 1 8 は、実施の形態 3 に係る電力変換システム 5 0 0 d を示す全体構成図である。電力変換システム 5 0 0 d は、交流電源 1 と負荷 9 0 との間に配置され、交流電源 1 からの入力電力を任意の直流電力または交流電力に変換する電力変換装置 8 0 と、交流電源 1 と電力変換装置 8 0 との間に挿入されたノイズフィルタ 1 0 0 d と、を備える。交流電源 1 とノイズフィルタ 1 0 0 d は電路 2 によって、ノイズフィルタ 1 0 0 d、電力変換装置 8 0、および負荷 9 0 は、電路 1 1 によってそれぞれ接続されている。

[0090] 電路 1 1 は、交流電源 1 の電路 2 に接続され、交流電源 1 からの入力電力

は、電路2を介して電力変換装置80に入力される。電力変換装置80は、交流電源1から入力される電力を負荷90の駆動に必要な電力に変換して出力する。なお、実施の形態3において、ノイズフィルタ100dは交流電源1と電力変換装置80との間に配置されているが、電力変換装置80と負荷90との間に配置されていてもよい。

[0091] 図19は、実施の形態3に係る電力変換システム500dに発生する共通モードノイズCNを説明する図であり、共通モード等価回路を示す。電力変換システム500dにおいて、交流電源1と負荷90とは、上述した電路11以外にも、接地線3によってグランド側で接続されている。ノイズフィルタ100dには、一方の端部が接地線3に接続される接地コンデンサ15が設けられている。また、電力変換装置80と接地線3との間、および負荷90と接地線3の間には、寄生容量86および寄生容量91がそれぞれ存在する。電力変換システム500dには、寄生容量86、91、および接地線3を介する共通モードループに対して、電力変換装置80の共通モード電圧 V_{cn} が印加され、図19において矢印で示すように、共通モード電流（共通モードノイズCN）が流れる。

[0092] 図20は、実施の形態3に係るノイズフィルタ100dを示す構成図である。ノイズフィルタ100dは、交流電源1と電力変換装置80との間に挿入されている。ノイズフィルタ100dは、電路2に接続される電路11に設けられたノイズ検出部12と、ノイズ検出部12で検出された共通モードノイズCN（図20では図示せず）からキャンセル信号CSを生成して出力するキャンセル信号出力部13と、ノイズ検出部12よりも出力端側、すなわち電力変換装置80側の電路11に設けられ、キャンセル信号出力部13から出力されたキャンセル信号CSを電路11に注入するキャンセル信号注入部14と、キャンセル信号CSを生成および注入するための電力をキャンセル信号出力部13に供給する制御電源19と、制御電源19とキャンセル信号出力部13との間に挿入され、制御電源19からの電力の供給を遮断することができる保護回路18と、を備える。

- [0093] 実施の形態3に係るノイズフィルタ100dでは、異常なキャンセル信号CSが電路11に注入されることを抑制する保護手段として、キャンセル信号出力部13とキャンセル信号注入部14との接続を遮断することのできる保護回路18を備える。
- [0094] 実施の形態3に係るノイズフィルタ100dは、実施の形態1および2に係るノイズフィルタとは異なり、フィードバック制御系を構成している。フィードバック制御系はフィードフォワードと比べて制御対象のインピーダンス誤差に対してロバストであるというメリットがある。ノイズフィルタ100dでは、電路11と接地線3との間に接続された接地コンデンサ15が設けられ、ノイズ検出部12、キャンセル信号注入部14、および接地コンデンサ15は、電力変換システム500dにおける主回路部101dを構成する。また、ノイズ検出部12とキャンセル信号生成部16の間にフィルタ部20が設けられている。フィルタ部20はノイズ検出信号DSの調整を介してキャンセル信号CSの特性を調整する。
- [0095] ノイズフィルタ100dの制御特性は、主回路部101dに大きく依存する。主回路部101dのインダクタンス値は、ノイズ検出部12を構成するコモンモードトランスのインダクタンス値とキャンセル信号注入部14を構成する注入トランス14gのインダクタンス値との和である。また、主回路部101dの容量値は、接地コンデンサ15の容量値である。主回路部101dの制御特性の詳細については後述する。
- [0096] ノイズフィルタ100dがフィードバック制御系を構成する場合の問題について、以下に説明する。まず、ノイズフィルタ100dの主回路部101dの制御応答について説明する。図21A、図21B、および図21Cは、実施の形態3に係るノイズフィルタ100dの主回路部101dの制御応答を示す図である。図21Aはフィルタ部20がない場合の制御応答を示す図、図21Bはフィルタ部20の通過特性を示す図、図21Cはフィルタ部20がある場合の制御応答を示す図である。図21A、図21B、および図21Cにおいて、横軸は周波数、縦軸はゲインである。

[0097] ここで制御応答とは、ノイズ検出部12の出力から始まり、キャンセル信号出力部13およびキャンセル信号注入部14を経由してノイズ検出部12に帰還する経路における開ループ応答を表すものとする。ノイズフィルタ100dの制御安定性は、上記開ループ応答のゲイン余裕および位相余裕の値に依存する。

[0098] 図21Aに示すように、フィルタ部20がない場合のノイズフィルタの開ループ応答では、主回路部101dの共振周波数 f_1 において、大きな共振ピークが発生し、ゲインが急増している。また、図21Aには示していないが、共振周波数 f_1 では位相回転も発生する。このように、フィルタ部20がない場合、ノイズフィルタは、共振周波数 f_1 において制御応答が不安定になる。ノイズ検出部12で検出されるコモンモードノイズCNに共振周波数 f_1 の成分が含まれている場合、キャンセル信号CSも不安定になる可能性がある。なお、共振周波数 f_1 は、 $f_1 = 1 / \{2\pi\sqrt{(L_1 \times C_1)}\}$ で与えられる。ここで、 L_1 は主回路部101dのインダクタンス値、 C_1 は主回路部101dの容量値である。

[0099] 上述のように、フィルタ部20がない場合、ノイズフィルタ100dは共振周波数 f_1 において制御応答が不安定になる。この対策として、図21Bに示すフィルタ通過特性を持つフィルタ部20を、ノイズ検出部12とキャンセル信号生成部16の間に設けている。フィルタ部20は、リジエクト周波数が主回路部101dの共振周波数 f_1 に一致するように構成されている。このようなフィルタ部20は、例えば、ノッチフィルタにより実現できる。上述のようにフィルタ部20を構成することで、図21Bに示すように、共振周波数 f_1 においてゲインを大きく減少させるフィルタ通過特性が得られる。したがって、フィルタ部20がある場合のノイズフィルタ100dの開ループ応答では、図21Cに示すように、共振周波数 f_1 における大きな共振ピークがフィルタ部20のフィルタ通過特性によって減衰される。

[0100] 上述のように、ノイズ検出部12とキャンセル信号生成部16との間にフィルタ部20を設ける場合、ノイズ検出部12によって検出されるコモンモ

ードノイズCNに共振周波数 f_1 の成分が含まれている場合であっても、共振ピークを減衰させたキャンセル信号CSを生成することができる。この結果、ノイズフィルタ100dは安定したノイズ抑制効果を発揮することができる。

[0101] 図22Aおよび図22Bは、実施の形態3に係るノイズフィルタ100dの制御応答を示す図であり、図22Aはゲイン特性を示す図、図22Bは位相特性を示す図である。ノイズフィルタ100dの制御応答の特性（制御特性）においては、主回路部101d、キャンセル信号生成部16、およびフィルタ部20の位相遅れにより、位相が回転していく。

[0102] 図22Aおよび図22Bに示す一例では、ノイズフィルタ100dのフィルタ部20として、いずれも図示しないノッチフィルタ、ローパスフィルタを組み合わせ、上述したような共振周波数 f_1 における共振ピークを抑制するとともに、低周波帯域の位相反転周波数 f_2 におけるゲイン余裕 G_2 および高周波帯域の位相反転周波数 f_3 におけるゲイン余裕 G_3 が、制御安定性を確保可能な値に設定されている。ここで、ゲイン余裕 G_2 、 G_3 は、正の値を持つ場合は上向きの矢印で示し、負の値を持つ場合は下向きの矢印で示す。また、制御安定性を確保可能な値とは、例えば6dBである。

[0103] 図22Aおよび図22Bに示す一例のように、共振ピークの減衰させるとともに、位相反転周波数におけるゲイン余裕 G_2 、 G_3 を、それぞれ制御安定性を確保可能な値に設定しているノイズフィルタ100dにおいて、何らかの異常の発生によりノイズフィルタ100dの制御特性が変化してしまう状況について、以下に説明する。

[0104] 図23Aおよび図23Bは、実施の形態3に係るノイズフィルタ100dの異常発生により制御特性に変化が生じている場合における制御応答を示す図であり、図23Aはゲイン特性の変化を示す図、図23Bは位相特性の変化を示す図である。なお、正常時と異常時の比較のため、正常時のゲイン特性および位相特性は実線で表し、異常時のゲイン特性および位相特性は破線で表している。ここでは「異常」として、高周波帯域の位相反転周波数 f_3

が周波数 f_3 * に変動した一例を示す。

- [0105] このような異常の典型的な例としては、部品故障等によりローパスフィルタの機能が喪失し、これにともないフィルタ部の特性が変化した場合が挙げられる。このような場合、高周波帯域の位相反転周波数 f_3 におけるゲイン余裕 G_3 の値が変動し、制御安定性を確保可能な値から乖離してしまうことがある。
- [0106] 図 23A に示すように、高域の位相反転周波数 f_3 におけるゲイン余裕は、負の値を持つゲイン余裕 G_3 * に変動している。このことから、ノイズフィルタ 100d の制御応答が不安定となっていることが分かる。制御応答が不安定である場合は、キャンセル信号出力部 13 から出力されるキャンセル信号 CS も異常出力波形を持つ不安定な信号となり、電路 11 には異常、かつ不安定なキャンセル信号 CS が注入されることとなる。
- [0107] 図 24 は、実施の形態 3 に係るキャンセル信号出力部 13 の異常出力波形を示す図であり、異常時のキャンセル信号 CS の波形の例を示している。図 24 において、横軸は時間である。位相反転周波数 f_3 におけるゲイン余裕が負の値となってしまっているため、図 24 に示すように位相反転周波数 f_3 の周波数成分を増幅し続け、発振を起こしてしまう。なお、図 24 において矢印および破線で挟まれた区間は、異常時のキャンセル信号 CS の周期 T_3 を示す。周期 T_3 は位相反転周波数 f_3 の逆数と等しい。
- [0108] キャンセル信号 CS が発振を起こした場合、図 19 に示したような共通モード等価回路において、共通モードノイズ CN のノイズ源がノイズフィルタ 100d にも生じた形となる。共通モード等価回路においては、負荷 90、系統、および電力変換装置 80 がそれぞれのインピーダンス比に従ってノイズ源電圧を分担する。
- [0109] 系統側では、ノイズフィルタ 100d が正常に動作せず通常の減衰量を得られないだけにとどまらず、ノイズフィルタ 100d 自身の発振動作に由来する伝導ノイズが電路 11 を介して系統に流出するという問題も生じる。負荷 90 側では、例えばモータの軸電圧を増加させるおそれがある。また、電

力変換装置 80 においては、自らが発生させたコモンモードノイズ CN により誤動作が引き起こされるという問題が生じる。

[0110] 以上のように、実施の形態 3 に係るノイズフィルタ 100 d のようなフィードバック制御系を構成するアクティブノイズフィルタを用いる場合、部品故障などによる特性変化が起因となり生じうる、制御発振に代表される異常出力動作を放置することは望ましくない。

[0111] 上述のとおり、実施の形態 3 に係るノイズフィルタ 100 d のキャンセル信号注入部 14 は、注入トランス 14 g で構成されている。キャンセル信号注入部 14 を構成する注入トランス 14 g は、キャンセル信号出力部 13 にとって誘導性のインピーダンスを持つインダクタンス負荷となるので、高周波帯域ではインピーダンスが高い。

[0112] したがって、図 24 に示すような異常な高周波発振動作をキャンセル信号出力部 13 が継続し、ノイズフィルタが正常なノイズ抑制動作を行えていない状態であっても、キャンセル信号出力部 13 においては、過電圧または過電流など、回路部品の規格に影響を及ぼすような現象が直ちに生じるわけではない。このことは、ノイズフィルタの異常を検知することができない以上、たとえノイズフィルタに過電圧保護回路または過電流保護回路を設けたとしても、保護機能によるノイズフィルタの停止が行われなことを意味する。

[0113] そこで、実施の形態 3 に係るノイズフィルタ 100 d では、異常検知部 17 による異常検知を行い、異常が検知された場合には保護回路 18 を動作させることで、キャンセル信号 CS の注入の停止およびキャンセル信号注入部 14 への終端処理インピーダンス 18 b の接続を行うことによって、フィードバック制御系を構築する場合の問題についても同時に解決することができる。以下、正常時のキャンセル信号 CS と異常時のキャンセル信号 CS とを比較しつつ、具体的に説明する。

[0114] 図 25 A は正常時におけるコモンモード電圧の波形を示す図、図 25 B は正常時におけるコモンモード電流の波形を示す図である。また、図 25 C は

実施の形態3に係るノイズフィルタ100dの正常時におけるキャンセル信号CSの出力電圧の波形を示す図であり、図25Dは正常時におけるキャンセル信号CSの出力電流の波形を示す図である。図25Aから図25Dにおいて、横軸は時間である。

- [0115] 図25Aにおいてコモンモード電圧とは、コモンモードノイズCNの電圧である。また、図25Bにおいてコモンモード電流とは、コモンモード電圧によって回路11に流れる電流である。すなわち、コモンモード電流とは、図19に示したコモンモード等価回路にコモンモード電圧が入力された場合であって、かつ、ノイズフィルタ100dが無いと仮定した場合に回路11を流れる電流である。
- [0116] コモンモード電圧は、図2に示した電力変換装置80を構成する各半導体スイッチのスイッチング動作にともなって生じ、図25Aに示すような矩形状の波形を持つ。コモンモード電流は、図25Bに示すようにスパイク状の波形を持ち、経路上の様々な場所でノイズ問題を引き起こす。
- [0117] ノイズフィルタ100dのノイズ検出部12は、コモンモード電流を検出してノイズ検出信号DSをキャンセル信号出力部13に送信し、キャンセル信号出力部13は、ノイズ検出信号DSからキャンセル信号CSを生成する。キャンセル信号CSは、キャンセル信号注入部14を介して回路11に注入される。
- [0118] 正常時におけるキャンセル信号CSの出力電圧は、図25Cに示すようにスパイク状の波形を持つ。また、キャンセル信号CSの出力電圧によって生じるキャンセル信号CSの出力電流も、図25Dに示すようにスパイク状の波形を持つ。キャンセル信号CSの出力電流は、コモンモード電流を相殺する電流であるため、コモンモード電流と同様に、ピーク値よりも実効値が極端に小さい波形になるという特徴がある。
- [0119] なお、実際には、コモンモードノイズCNのノイズ源である電力変換装置80から流出するノイズ電流がキャンセル信号注入部14を通過することによって、キャンセル信号CSの出力電流に外乱成分が重畳し、また、キャン

セル信号CSの出力インピーダンスと電流の積によってキャンセル信号CSの出力電圧にも外乱成分が重畳する。ただし、本開示の趣旨を分かりやすくするため、図25Cおよび図25Dにおいては、上記のような外乱成分の重畳については無視している。

[0120] 図26Aは、異常時におけるコモンモード電圧の波形を示す図であり、図26Bは、異常時におけるコモンモード電流の波形を示す図である。また、図26Cは、実施の形態3に係るノイズフィルタ100dにおける異常時でのキャンセル信号CSの出力電圧の波形を示す図であり、図26Dは、キャンセル信号CSの異常時での出力電流の波形を示す図である。図26Aから図26Dにおいて、横軸は時間である。

[0121] 図26Aおよび図26Bに示すように、異常時であってもコモンモード電圧およびコモンモード電流は変わらない。一方、異常時ではノイズフィルタ100dにおいて制御特性の変化が生じ、キャンセル信号CSが発振を起こす。このため、図26Cおよび図26Dに示すように、キャンセル信号CSの出力電圧および出力電流の波形は、図24で示したような異常出力波形となる。

[0122] 異常出力波形では、正常時の波形にあったような特徴、すなわち、ピーク値よりも実効値が極端に小さいという特徴がない。具体的には、図26Cおよび図26Dに示す異常時の波形では、キャンセル信号CSの出力電圧の電圧実効値が電圧ピーク値の $1/\sqrt{2}$ 倍となり、ピーク値と実効値との間に大きな差はない。

[0123] また、キャンセル信号CSの出力電流の電流実効値は電流ピーク値の $1/\sqrt{2}$ 倍であり、ピーク値と実効値との間に大きな差はない。このことは、高ゲインの発振動作によってオペアンプの出力電圧が飽和して、キャンセル信号CSの出力電圧の波形が矩形波状になった場合でも同様である。

[0124] 上述のように、異常時においては、キャンセル信号CSの出力電圧の電圧実効値および出力電流の電流実効値が正常時と比べて大きくなっていることが分かる。つまり、異常時には、キャンセル信号CSの出力電圧の電圧実効

値を異常に関する判定基準とすることができる。この判定基準を適用すれば、適切な閾値電圧あるいは閾値電流を設け、実際の電圧実効値と上記閾値電圧、あるいは、実際の電流実効値と上記閾値電流とを比較することで、ノイズフィルタ100dが正常に動作しているのか、すなわち、ノイズフィルタ100dがコモンモード電流をキャンセルできているのか、あるいは、何らかの理由で異常動作に陥ってしまっているのかを判定することができる。

[0125] 典型的には、正常時におけるキャンセル信号CSの出力電圧の電圧実効値をV1、異常の有無を判定するための電圧実効値の閾値電圧をVth、異常動作時の電圧実効値をV2とすると、 $V1 < Vth < V2$ となるように電圧実効値の閾値電圧Vthを選ぶことで、異常の有無を判定できる。異常の有無の判定にキャンセル信号CSの出力電流の電流実効値を用いる場合も同様である。

[0126] <実施の形態3の効果>

以上、実施の形態3に係るノイズフィルタによれば、ノイズフィルタがフィードバック制御系を構成している場合においても、高い信頼性を実現できるという効果を奏する。

[0127] より具体的には、ノイズフィルタに保護を要する異常が生じた場合に異常によるキャンセル信号CSの出力電圧あるいは出力電流の変化から異常を検知し、キャンセル信号出力部からキャンセル信号注入部へのノイズキャンセル信号の出力を抑制し、異常なキャンセル信号が電路に注入されることを防止するとともに、キャンセル信号注入部を構成する注入トランスの補助巻線に終端インピーダンスを接続することによって、コモンモード経路の共振周波数変動による意図せぬ共振によるコモンモードノイズCNの増大、あるいは注入トランスの挿入インピーダンスの意図せぬ増大による磁気飽和の発生を防止することによって、高い信頼性を実現できるという効果を奏する。

[0128] また、キャンセル信号CSの出力電圧あるいは出力電流に基づいてノイズフィルタの異常を検知するため、キャンセル信号CSのキャンセル信号注入部をコモンモードトランス（注入トランス）などのインダクタンス負荷で構

成しても高周波帯域におけるノイズフィルタの異常を確実に検知できるという効果を奏する。

[0129] さらに、異常検知時には保護回路によりキャンセル信号CSの生成および注入が停止されることから、フィードバック制御系における制御発振抑制のためのゲイン余裕および位相余裕を従来よりも低く設定しながら、安定的な動作を行うことができる。ゲイン余裕および位相余裕を従来よりも低く設定できるということは、ノイズフィルタの制御ゲインを向上させることを意味するので、ノイズ抑制量も向上させることができるという効果を奏する。

[0130] 実施の形態4.

実施の形態4に係るノイズフィルタ100e及び電力変換システム500eを、図27を用いて説明する。なお、図1から図26と同一または相当部分については同一符号を付し、その説明を省略する。図27は、実施の形態4に係るノイズフィルタ100e及び電力変換システム500eを表す構成図である。実施の形態1、2、および3に係るノイズフィルタは、いずれも異常検知信号ASによってキャンセル信号注入部14とキャンセル信号出力部との遮断およびキャンセル信号注入部14と終端処理インピーダンス18bとを接続する動作を行う保護回路18を備える。

[0131] 一方、実施の形態4に係るノイズフィルタ100eは、上述の保護回路18の代わりに、ノイズフィルタ100eの異常をノイズ源である電力変換装置80に通知する機能を有する。したがって、実施の形態4に係るノイズフィルタ100eでは、保護回路18は必須の構成要素ではない。ノイズフィルタ100eは、キャンセル信号出力部13に異常状態信号出力部21が設けられ、異常検知部17が出力した異常検知信号ASは、異常状態信号出力部21に入力される。実施の形態4に係るノイズフィルタ100eでは、異常なキャンセル信号CSが電路11に注入されることを抑制する保護手段として、異常状態信号出力部21を備える。

[0132] 異常状態信号出力部21は、電力変換装置80に信号を出力可能な出力回路を有し、異常検知信号ASが入力された場合は、異常状態信号AS2を電

力変換装置 80 に出力する。異常状態信号 AS 2 は、典型的には、外乱に強い差動信号またはローインピーダンスの電流信号などであり、異常検知信号 AS に基づいて生成される。また、異常状態信号 AS 2 は、必要に応じて、ノイズフィルタ 100 e の制御電位に対してアイソレートされる。異常状態信号 AS 2 を受信した電力変換装置 80 は、ノイズフィルタ 100 e が異常状態であることを認識する。

[0133] ノイズフィルタ 100 e が異常状態であることを認識した電力変換装置 80 は、例えば予測演算部（図示せず）を用いて、異常の内容に応じて動作を停止するなどの処置を実施する。異常状態信号 AS 2 に基づいて電力変換装置 80 を停止させる制御回路を電力変換装置 80 の外部または内部に設けてもよい。このような制御回路は、異常状態信号 AS 2 を受信し、必要に応じて停止命令を電力変換装置 80 に送信する。

[0134] <実施の形態 4 の効果>

以上、実施の形態 4 に係るノイズフィルタによれば、異常状態信号出力部を設けたので、高い信頼性を持つノイズフィルタを提供できるという効果を奏する。

[0135] 実施の形態 4 に係るノイズフィルタは、実施の形態 1、2、および 3 とは異なり、保護動作時の注入トランス 14 g の挿入インピーダンス変動によるコモンモード共振周波数の変動ならびに注入トランス 14 g のコア磁気飽和などの問題に対して、直接的に対処するものではない。しかしながら、異常状態信号により、コモンモードノイズ CN のノイズ源である電力変換装置に対してノイズフィルタの異常を認識させる。この場合、電力変換装置は必要に応じて動作を停止するなどの措置を取ることで、コモンモードノイズ CN のノイズ源を止めることで異常なキャンセル信号が生成されて電路へ注入されること、あるいは意図しないコモンモード共振周波数によりコモンモードノイズ CN が増大されることなどを防止できるという効果を奏する。

[0136] このように、実施の形態 4 に係るノイズフィルタによれば、ノイズ源である電力変換装置 80 に対してノイズフィルタの異常を認識させることにより

、異常なキャンセル信号CSが電路に注入されること、あるいは意図しないコモンモードノイズCNの増大を間接的に防止することで、ノイズフィルタとしての高い信頼性を実現するという効果を奏する。

[0137] なお、実施の形態4に係るノイズフィルタ100eに、実施の形態1、2、および3に係るノイズフィルタの保護回路18を組み合わせてもよい。また、実施の形態4に係るノイズフィルタ100eは、コモンモードノイズCNのノイズ源に対して異常状態信号AS2を出力するものであるので、コモンモードノイズCNのノイズ源となっている他の被制御機器がある場合は、上述の他の被制御機器にも異常状態信号AS2を出力する構成にしてもよい。

[0138] 実施の形態5.

図28は、実施の形態5に係る管理システム1000を表す構成図である。管理システム1000は、電力変換システム500fと、管理装置200と、で構成される。

[0139] 電力変換システム500fは、交流電源1と負荷90との間に配置され、交流電源1からの入力電力を任意の直流電力または交流電力に変換する電力変換装置80と、電力変換装置80から任意の直流電力または交流電力を供給される負荷90と、電力変換装置80と負荷90とを接続する電路11に設けられ、通信機能を有するノイズフィルタ100fと、で構成される。なお、ノイズフィルタ100fは、交流電源1と電力変換装置80とを接続する電路2に設けられてもよい。また、前述したように、交流電源1の代わりに直流電源を適用してもよい。

[0140] 図29は、実施の形態5に係る電力変換システム500fに適用される、通信機能を有するノイズフィルタ100fを表す構成図である。実施の形態5に係る電力変換システム500fが実施の形態1に係るノイズフィルタ100と構成において異なる点は、ノイズフィルタ100fは、キャンセル信号出力部13に接続された通信部24を備える点である。

[0141] ノイズフィルタ100fの構成の一部である通信部24は、キャンセル信

号出力部13の内部で発生するキャンセル信号CS、異常検知信号ASなどの各種信号をデータ化して、電力変換システム500fの外部に送信する。送信に際しては、インターネットを適用してもよい。

[0142] 管理システム1000を構成する管理装置200は、図28に示すように、受信部201と、データベース202と、データ分析部203と、送信部204と、を備える。

[0143] 受信部201は、ノイズフィルタ100fの通信部24を介して、電力変換システム500fの外部に送信されるデータを受信して、データをデータベース202に格納する。なお、受信部201は、複数のクライアントがそれぞれ所有する各電力変換システム500fからのデータ送信を同時に受信することも可能である。

[0144] データベース202は、電力変換システム500fから送信されるデータを逐次、格納する。なお、クライアントが異なる複数の電力変換システム500fから別個に送信されるデータを、データベース202内でクライアント毎に指定された領域に分離して格納してもよい。

[0145] データ分析部203は、データベース202に蓄積されたデータに基づき、電力変換システム500fにおいて発生した異常の傾向、頻度、原因などの各種分析を実施する。分析の一例として、電力変換装置80は故障頻度が高いので、交換した方がよいなどの部品毎の診断を行うことが挙げられる。

[0146] 送信部204は、データ分析部203の分析結果を、管理システム1000の外部に、例えば、インターネットを介して送信する。送信先としては、電力変換システム500fを運用するクライアントの管理システムなどが挙げられる。

[0147] 電力変換システム500fを構成するノイズフィルタ100fにおいては、上述したように、異常を検知した場合は異常検知部17が異常検知信号ASを送信し、保護回路18が作動して、キャンセル信号生成部16とキャンセル信号注入部14との接続を遮断するという保護動作を行うことにより、電力変換システム500fにおける高い信頼性を実現している。

[0148] しかしながら、上述の保護動作が頻発するような状況では、異常の原因を見出し、原因に対応した対策を講じることが不可欠であり、また、電力変換システムの信頼性の向上にとっても重要である。実施の形態5に係る管理システム1000を適用すると、電力変換システム500fから管理装置200に送信されたデータを、データ分析部203によって分析することにより、例えば、異常の原因を究明し、異常を解決できるような対処方法を提案することにより、異常となる原因を早い段階で取り除くことも可能となるので、電力変換システム500fの信頼性が一段と向上する。

[0149] また、実施の形態5に係る管理システム1000を用いることにより、遠隔から電力変換システム500fの稼働状態を把握することが可能となるので、電力変換システム500fの管理、保守が容易になる。さらに、電力変換システム500fを運用するクライアントにとっては、管理装置200による異常に対する分析結果及び対処方法を、例えばインターネットを介して容易に入手可能となるので、電力変換システム500fのメンテナンス、点検などを適切な時期に実行することが可能になる、あるいは、メンテナンス、点検などの回数を減らせることができるなど、省力化も同時に実現できる。

[0150] <実施の形態5の効果>

以上、実施の形態5に係る管理システム1000によれば、電力変換システム500fから送信されるデータを用いてデータ分析を行う管理装置200を有するので、異常となる原因に迅速に対処することが可能となるため、電力変換システム500の信頼性が一層向上する効果を奏し、さらに、電力変換システムの管理、保守といったメンテナンス性も向上するという効果も併せて奏する。

[0151] 実施の形態6.

実施の形態6に係る電力変換システム500gを、図30を用いて説明する。図30は、実施の形態6に係る電力変換システム500gを表す構成図である。実施の形態6に係る電力変換システム500gでは、電力変換装置

80aが予測演算部181と、異常推定部182とを備える点が、実施の形態1に係る電力変換システム500とは相違する。なお、ノイズフィルタ100の構成は、実施の形態1と同一である。

[0152] 電力変換装置80aの予測演算部181は、ノイズフィルタ100が異常状態に陥った場合、つまり、ノイズフィルタ100の異常検知部17が異常検知信号ASを送信するような状態の場合、ノイズフィルタ100が異常状態であることを認識し、異常検知信号ASに基づき共振周波数予測値を出力する。予測演算部181は、さらに、共振周波数予測値に基づきスイッチング周波数を可変とする対応を実行することも可能である。

[0153] 電力変換装置80aの異常推定部182は、異常検知信号ASが予め設定された期間以上継続する場合は、異常継続判定値を出力する。さらに、異常継続判定値に基づき電力変換装置80aの動作を停止することも可能である。

[0154] <実施の形態6の効果>

以上、実施の形態6に係る電力変換システムによれば、電力変換装置の内部に予測演算部と異常推定部を設けたので、電力変換装置側でも異常状態に対応することが可能となるため、高い信頼性を持つ電力変換システムを提供できるという効果を奏する。

[0155] 本開示は、様々な例示的な実施の形態及び実施例が記載されているが、1つ、または複数の実施の形態に記載された様々な特徴、態様、及び機能は特定の実施の形態の適用に限られるのではなく、単独で、または様々な組み合わせで実施の形態に適用可能である。

[0156] 従って、例示されていない無数の変形例が、本願明細書に開示される技術の範囲内において想定される。例えば、少なくとも1つの構成要素を変形する場合、追加する場合または省略する場合、さらには、少なくとも1つの構成要素を抽出し、他の実施の形態の構成要素と組み合わせる場合が含まれるものとする。

符号の説明

[0157] 1 交流電源、2、11、11A、11B 電路、3 接地線、12 ノイズ検出部、12a、12b、12c、12e 検出用コンデンサ、12d T相巻線、12f スター結線点、12n 検出用コンデンサネットワーク、13 キャンセル信号出力部、14、14A1、14A2、14A3、14B1、14B2、14B3 キャンセル信号注入部、14a R相巻線、14b S相巻線、14c T相巻線、14d 注入巻線、14g 注入トランス、15 接地コンデンサ、16 キャンセル信号生成部、16a 入力抵抗、16b オペアンプ、16c 帰還抵抗、17 異常検知部、18 保護回路、18a 保護リレー、18b 終端処理インピーダンス、19 制御電源、20 フィルタ部、21 異常状態信号出力部、24 通信部、71 プロセッサ、72 メモリ、73 補助記憶装置、74 インターフェース、80、80a 電力変換装置、81 直流電源、82、83、84 上下アーム、82a、82b、83a、83b、84a、84b 半導体スイッチ、85 インバータ出力端子、86、91 寄生容量、90 負荷、100、100a、100b、100d、100e、100f ノイズフィルタ、101、101d 主回路部、171 特徴量検出部、171a、171b オペアンプ、171c、171d、171e、171h、171i、171j、171m、171l 抵抗、171f、171g ダイオード、171k コンデンサ、172 特徴量比較部、172a コンパレータ、172b 直流電圧源、172c プルアップ抵抗、181 予測演算部、182 異常推定部、200 管理装置、201 受信部、202 データベース、203 データ分析部、204 送信部、500、500d、500e、500f、500g 電力変換システム、1000 管理システム、AS 異常検知信号、AS2 異常状態信号、CN コモンモードノイズ、CS キャンセル信号、CV 特徴量信号、DS ノイズ検出信号

請求の範囲

- [請求項1] 交流または直流電源と前記交流または直流電源から出力された電力を交流または直流電力に変換する電力変換装置とを接続する電路、あるいは、前記電力変換装置と負荷とを接続する電路のいずれか一方の電路に設けられたノイズフィルタであって、
- 前記電力変換装置の動作時に発生するコモンモードノイズを検出するノイズ検出部と、
- 前記コモンモードノイズを相殺するキャンセル信号を生成するキャンセル信号生成部と、
- 前記キャンセル信号を前記電路に注入するキャンセル信号注入部と、
- 前記キャンセル信号が異常であると検知した場合に異常検知信号を出力する異常検知部と、を備え、
- 前記異常検知信号に基づき異常処理シーケンスを実行することを特徴とするノイズフィルタ。
- [請求項2] 前記異常検知信号に基づき前記キャンセル信号の前記電路への注入を制御する保護回路をさらに備える請求項1に記載のノイズフィルタ。
- [請求項3] 前記保護回路は、保護リレー及び前記保護リレーに一端が接続された終端処理インピーダンスを有することを特徴とする請求項2に記載のノイズフィルタ。
- [請求項4] 前記終端処理インピーダンスは、前記保護回路が動作する場合に、前記キャンセル信号注入部を構成する注入トランスの磁気飽和を防止するインピーダンス値に設定されていることを特徴とする請求項3に記載のノイズフィルタ。
- [請求項5] 前記異常検知部は、前記キャンセル信号の出力電圧が予め設定された閾値電圧よりも高い場合、または、前記キャンセル信号の出力電流が予め設定された閾値電流よりも高い場合に異常であるとして、前記

異常検知信号を出力することを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載のノイズフィルタ。

[請求項6] 前記異常処理シーケンスは、前記異常検知信号に基づき前記保護回路を動作させ、前記電路へのキャンセル信号の注入を遮断するとともに、前記キャンセル信号注入部の両端を前記終端処理インピーダンスに接続するシーケンスであることを特徴とする請求項3または4に記載のノイズフィルタ。

[請求項7] 前記異常処理シーケンスは、異常検知信号に基づき前記電力変換装置が異常を判断するとともに、前記電力変換装置が備える予測演算部において予測した共振周波数に基づきスイッチング周波数を可変させるシーケンスであることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載のノイズフィルタ。

[請求項8] 前記異常処理シーケンスは、異常検知信号に基づき前記電力変換装置が異常を判断するとともに、前記電力変換装置を停止させるシーケンスであることを特徴とする請求項1から5のいずれか1項に記載のノイズフィルタ。

[請求項9] 前記キャンセル信号注入部が複数設けられ、前記複数のキャンセル信号注入部は前記電路に対して直列または並列に配置されていることを特徴とする請求項1から8のいずれか1項に記載のノイズフィルタ。

[請求項10] 前記キャンセル信号注入部が複数設けられ、直列に配置された複数の前記キャンセル信号注入部がさらに前記電路に対して並列に配置され、並列間で複数の前記キャンセル信号注入部は同一数であることを特徴とする請求項1から8のいずれか1項に記載のノイズフィルタ。

[請求項11] 前記ノイズフィルタは、前記電力変換装置の出力側の前記電路に設けられることを特徴とする請求項1から10のいずれか1項に記載のノイズフィルタ。

[請求項12] 前記ノイズフィルタは、前記電力変換装置の入力側の前記電路に設

けられることを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載のノイズフィルタ。

[請求項13] 前記ノイズ検出部と前記キャンセル信号生成部との間にフィルタ部が設けられていることを特徴とする請求項 11 に記載のノイズフィルタ。

[請求項14] 交流または直流電源から出力された電力を交流または直流電力に変換する電力変換装置と、
請求項 1 から 13 のいずれか 1 項に記載されたノイズフィルタと、
を備える電力変換システム。

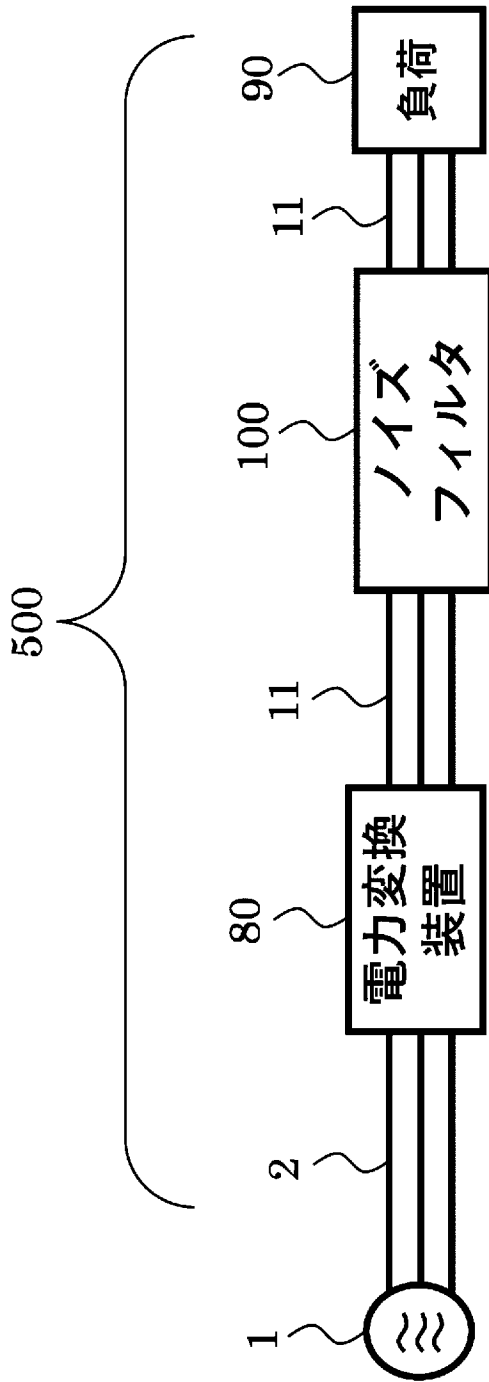
[請求項15] 前記電力変換装置は、前記異常検知信号に基づき共振周波数予測値を出力する予測演算部を備え、前記共振周波数予測値に基づきスイッチング周波数を可変とすることを特徴とする請求項 14 に記載の電力変換システム。

[請求項16] 前記電力変換装置は、前記異常検知信号が予め設定された期間以上継続するか否かを判定し、前記異常検知信号が予め設定された期間以上継続する場合は、異常継続判定値を出力する異常推定部を備え、前記異常継続判定値に基づき前記電力変換装置の動作を停止することを特徴とする請求項 14 または 15 に記載の電力変換システム。

[請求項17] 交流または直流電源から出力された電力を交流または直流電力に変換する電力変換装置と、
請求項 1 から 13 のいずれか 1 項に記載された前記ノイズフィルタを構成するキャンセル信号出力部に接続され、データを外部に送信する通信部をさらに備える前記ノイズフィルタと、
前記通信部から送信された前記データを格納するデータベース及び前記データを分析するデータ分析部を有する管理装置と、
を備える管理システム。

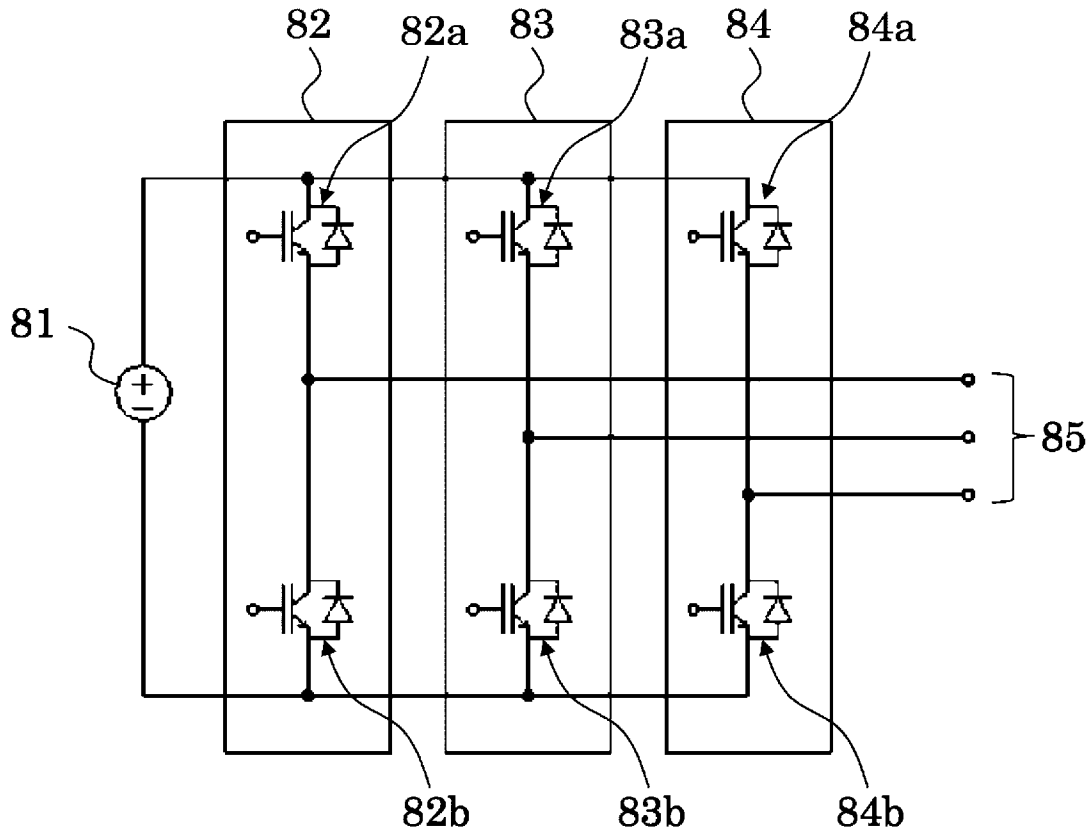
[図1]

図1



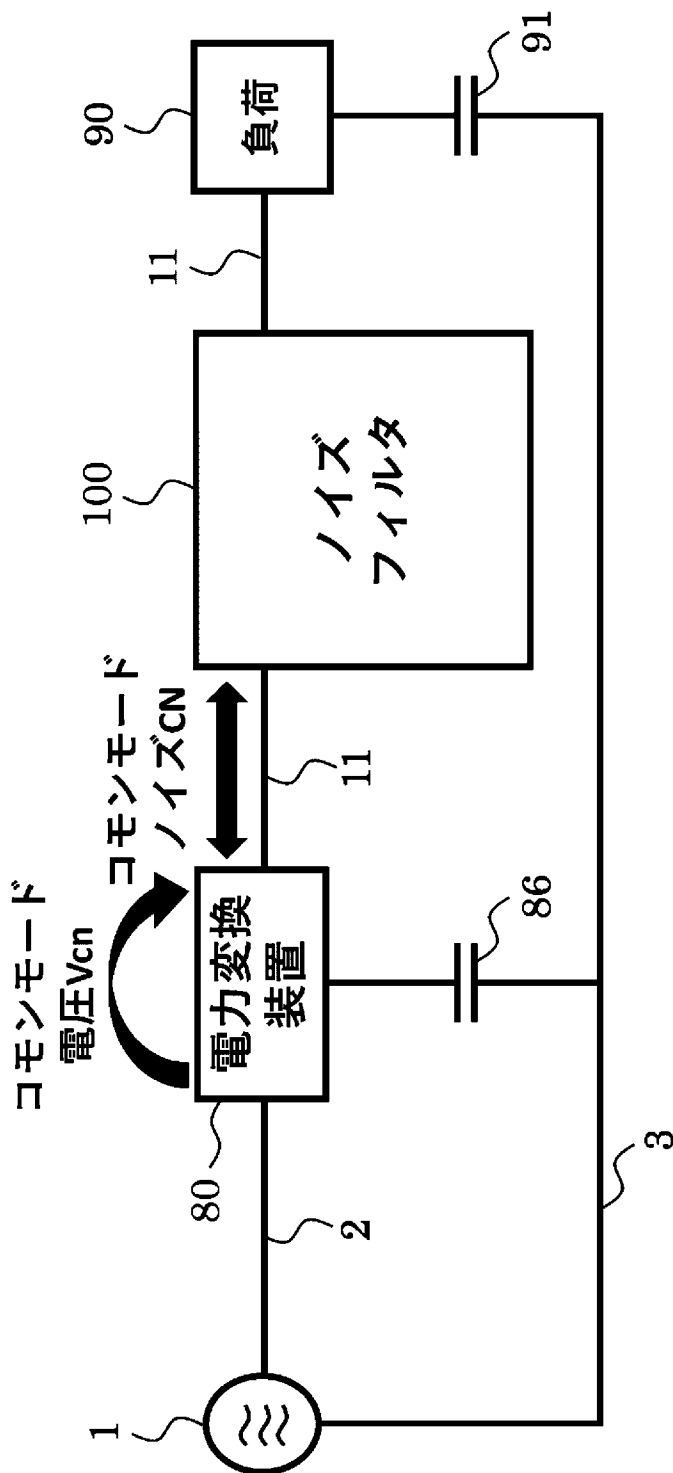
[図2]

図2



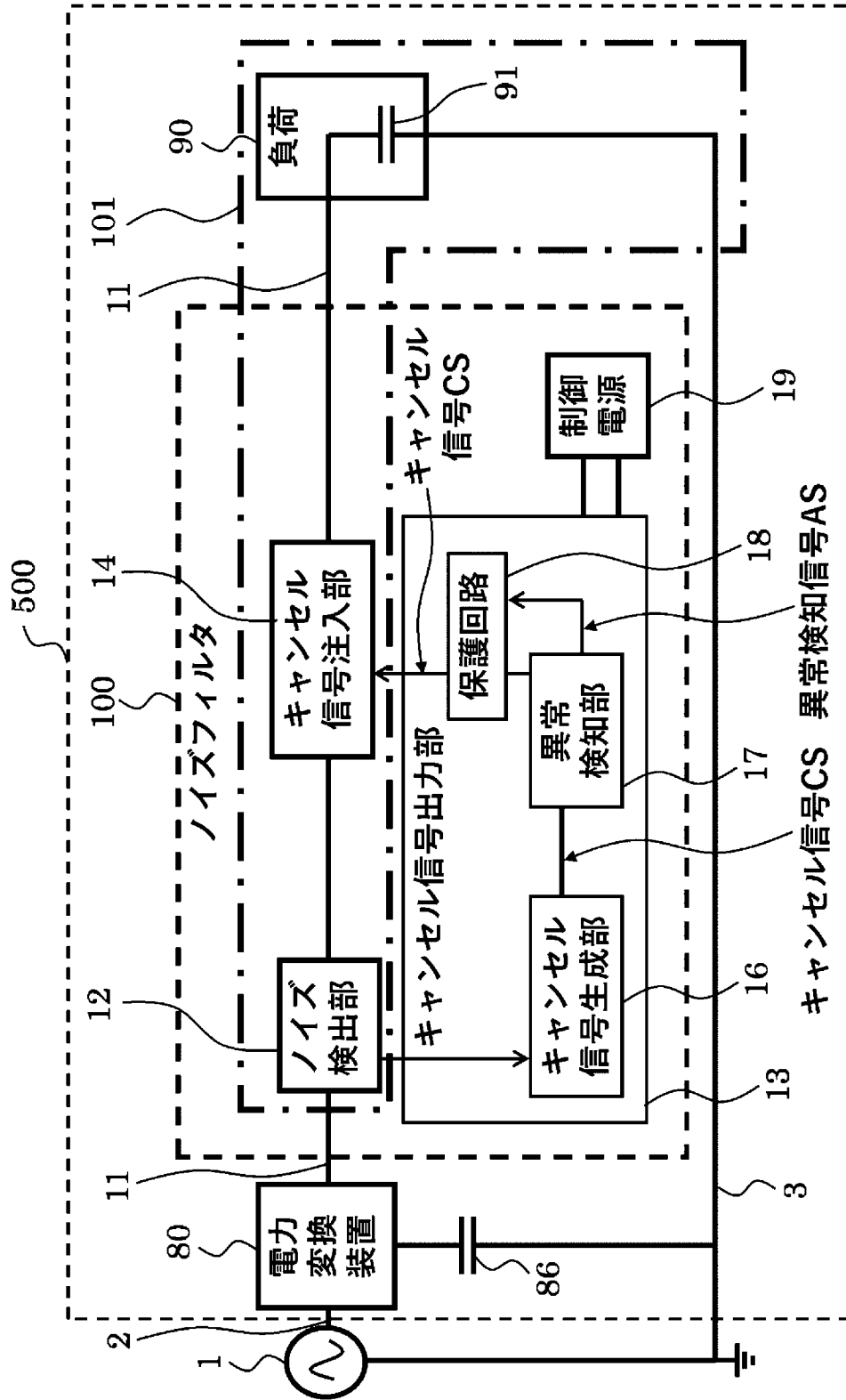
[図3]

図3



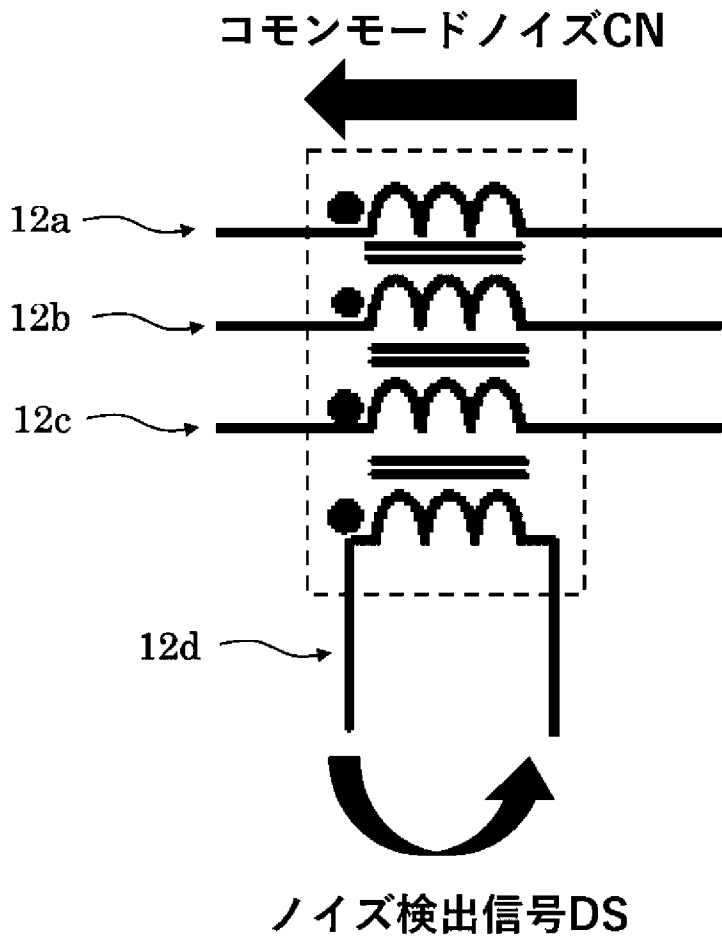
[図4]

図4



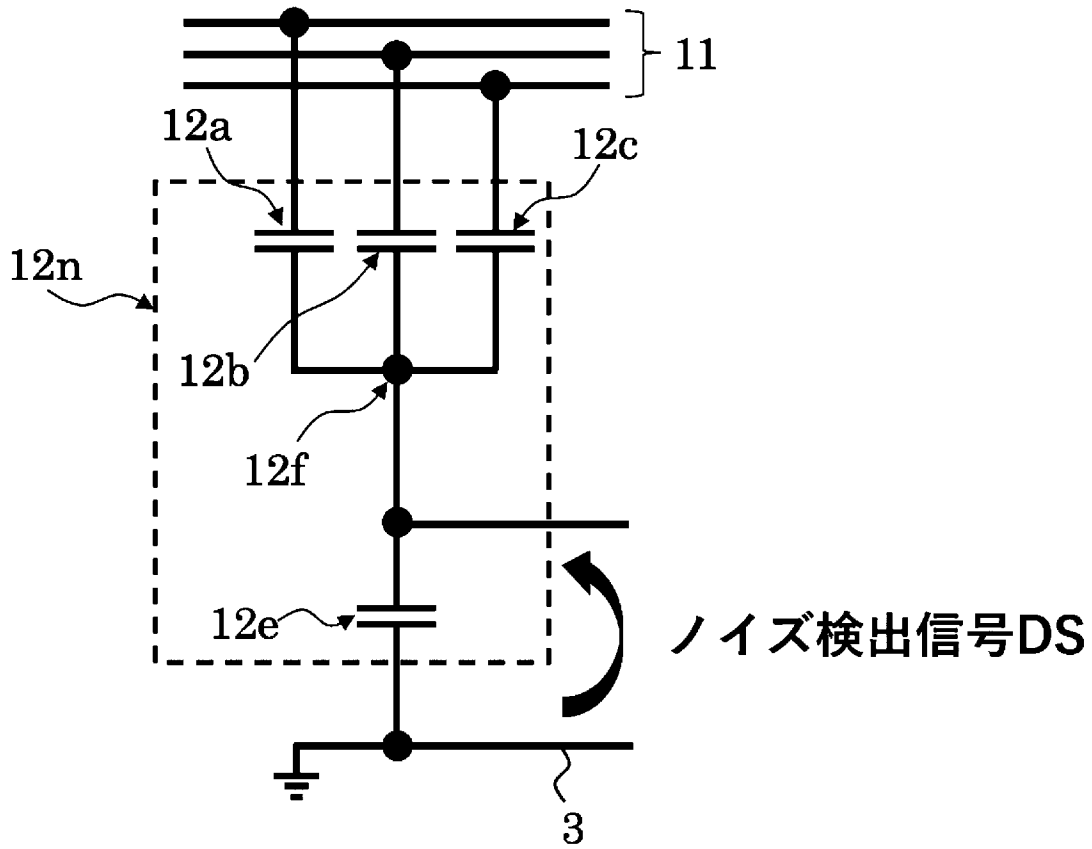
[図5A]

図5A



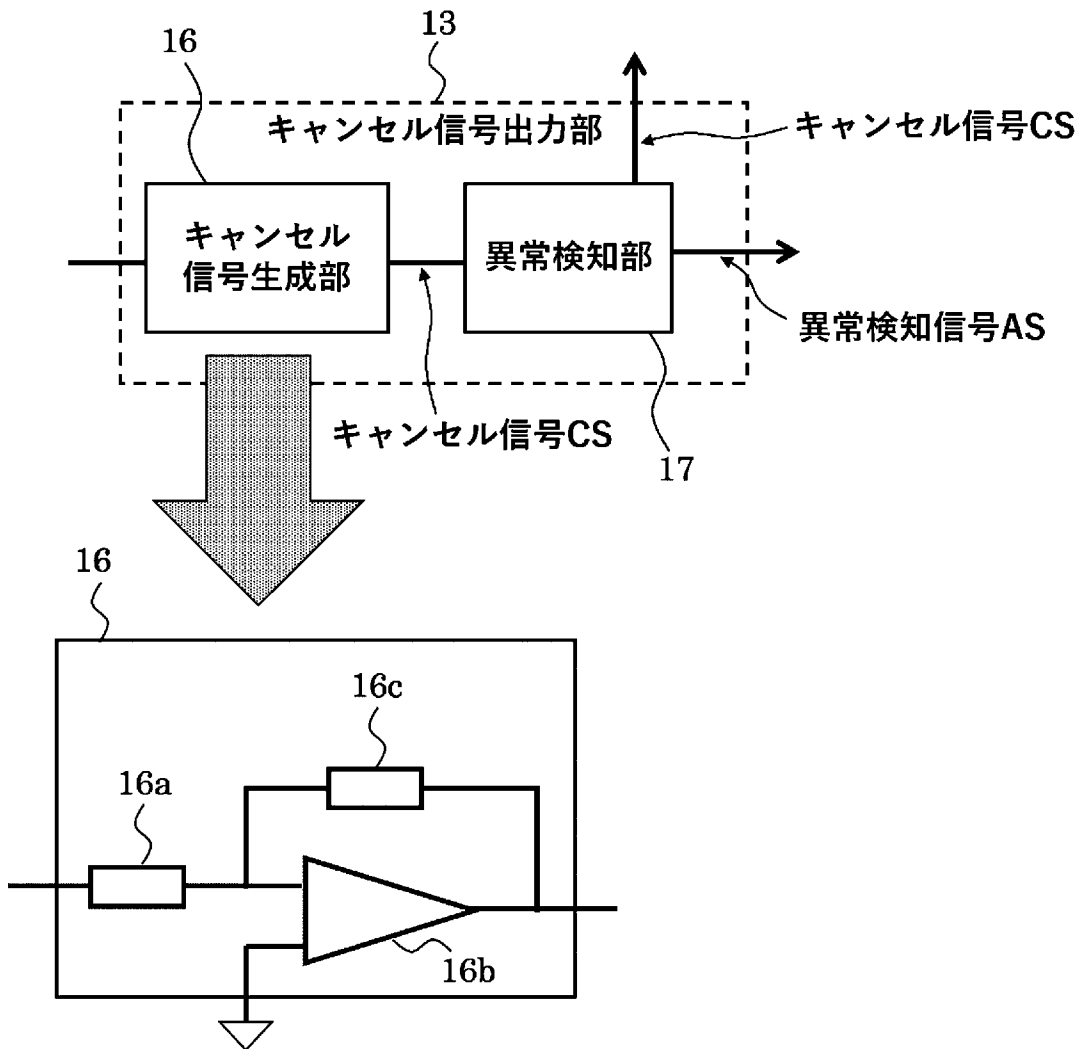
[図5B]

図5B



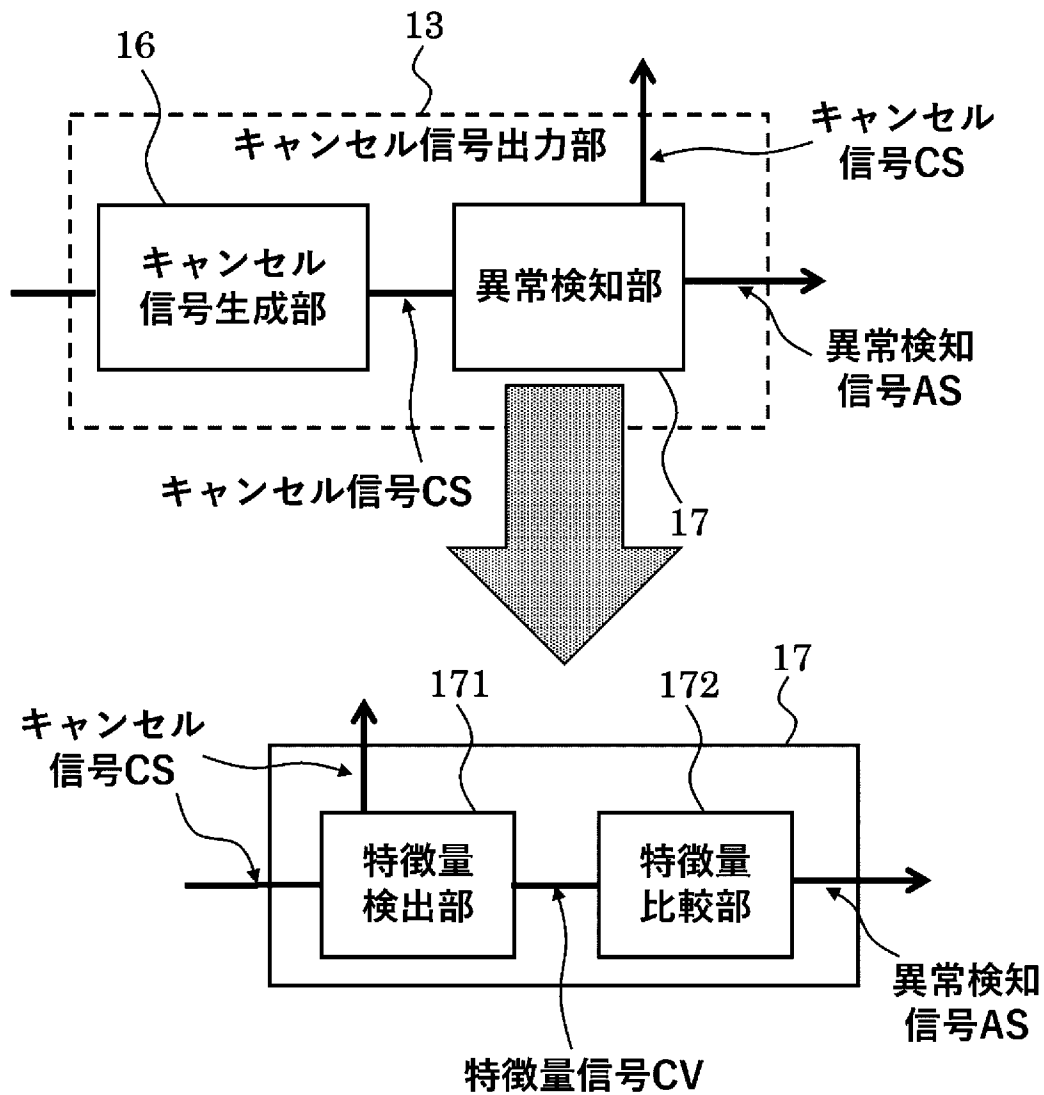
[図6]

図6



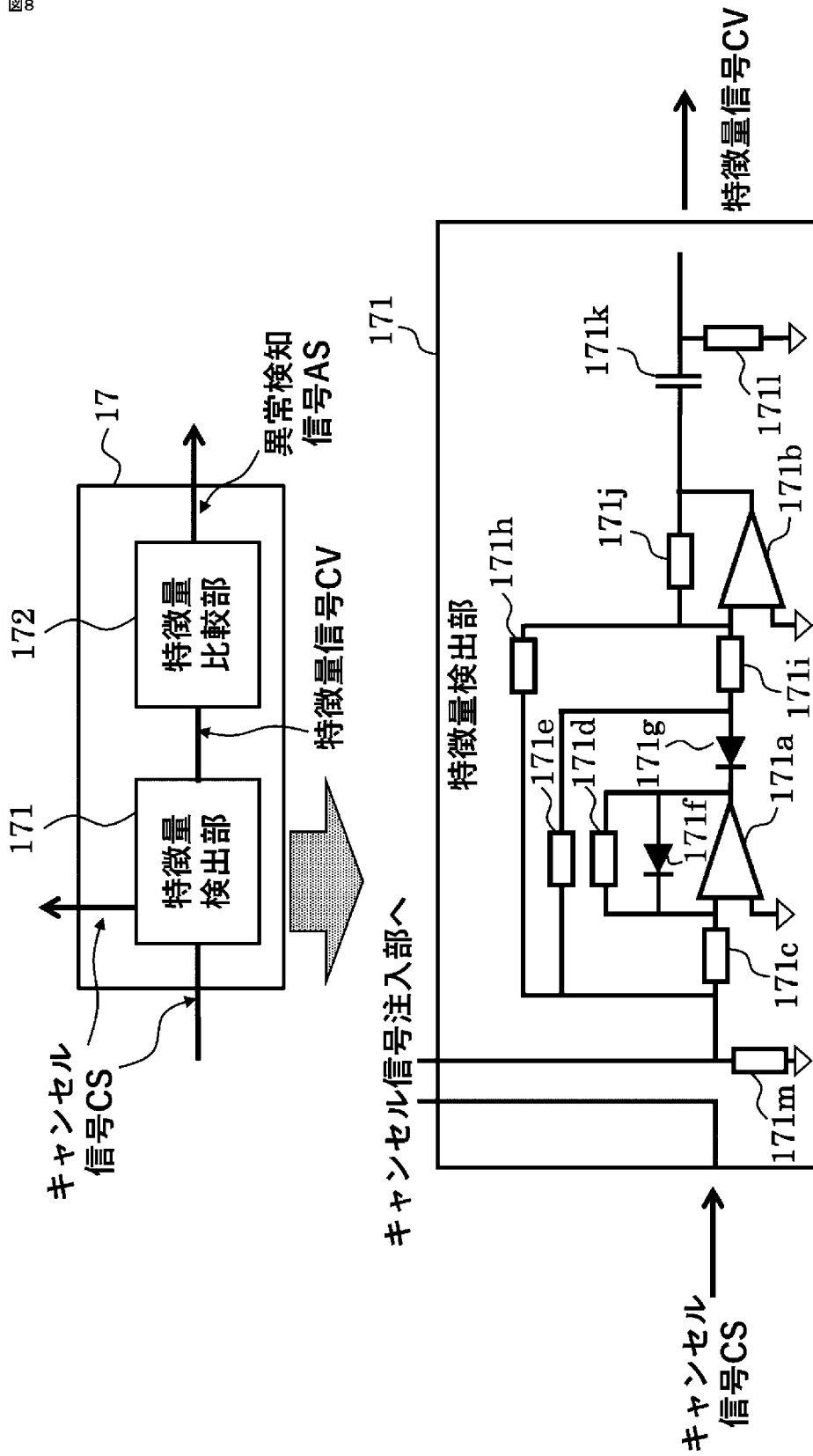
[図7]

図7



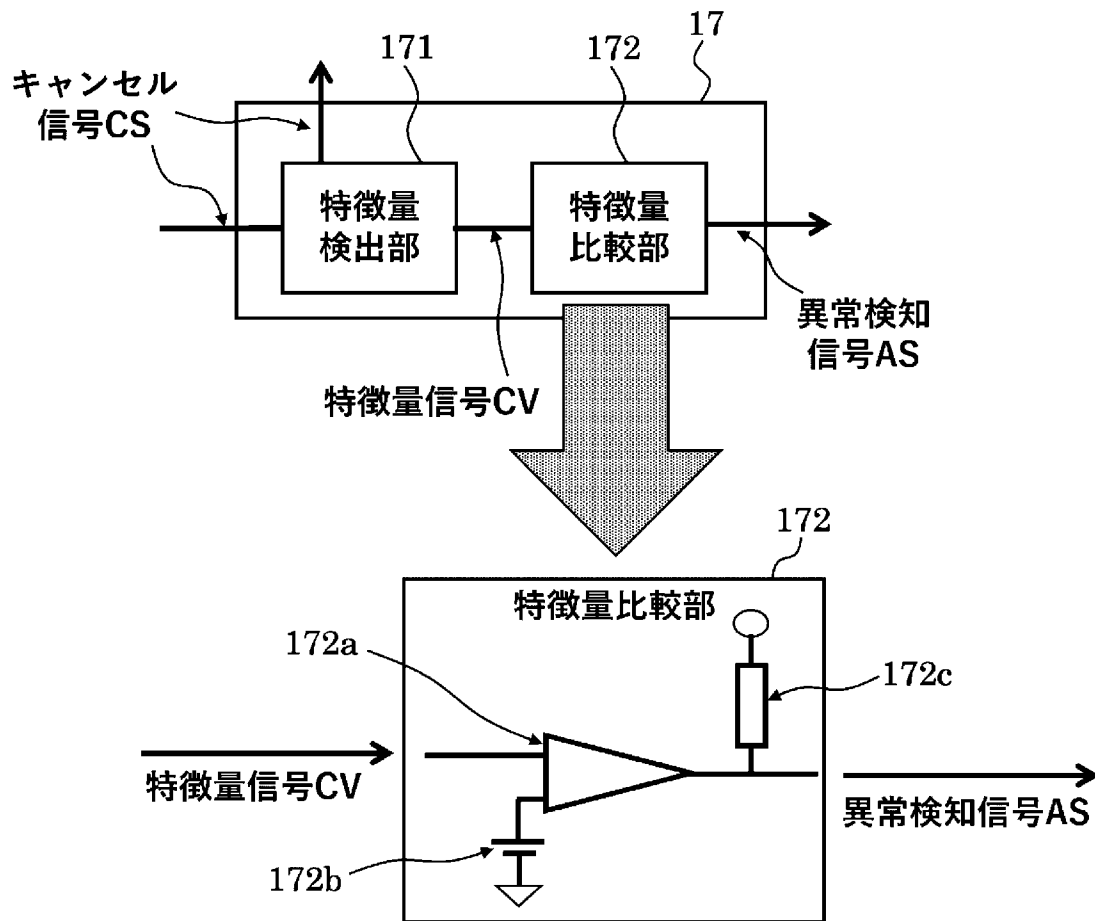
[図8]

図8



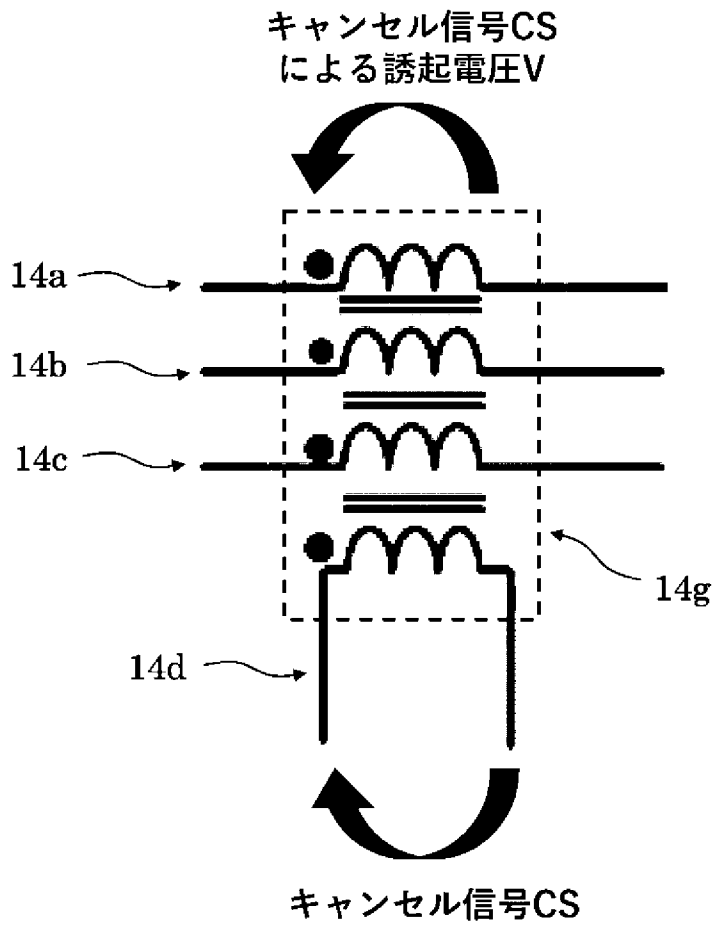
[図9]

図9



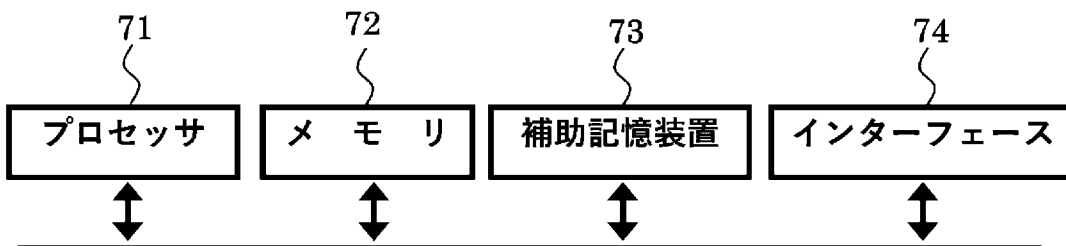
[図10]

図10



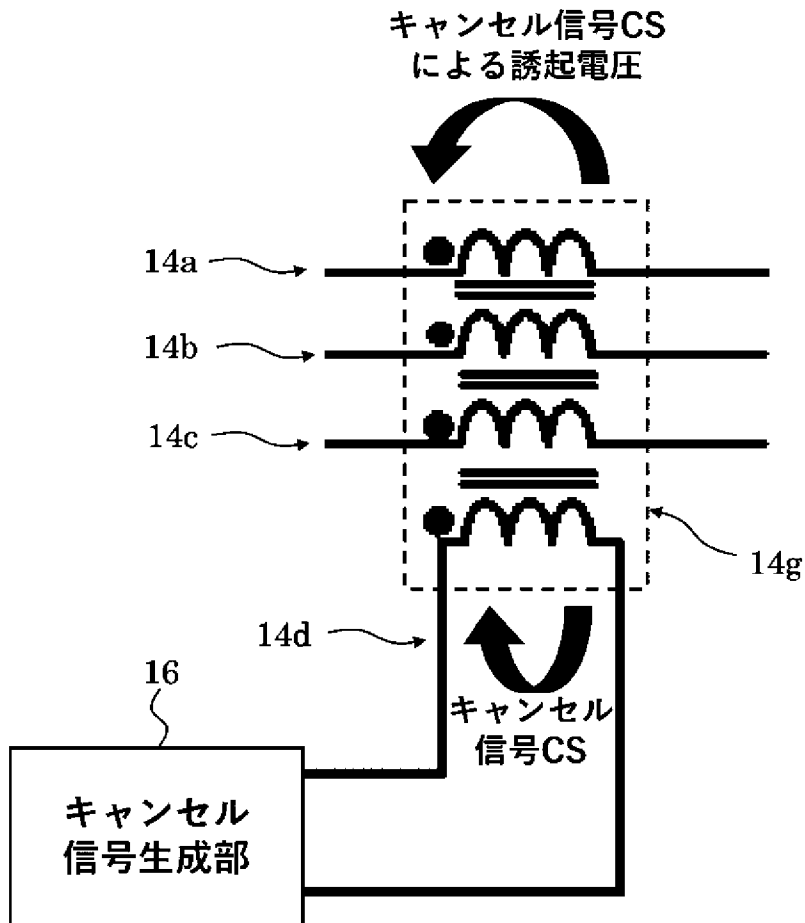
[図11]

図11



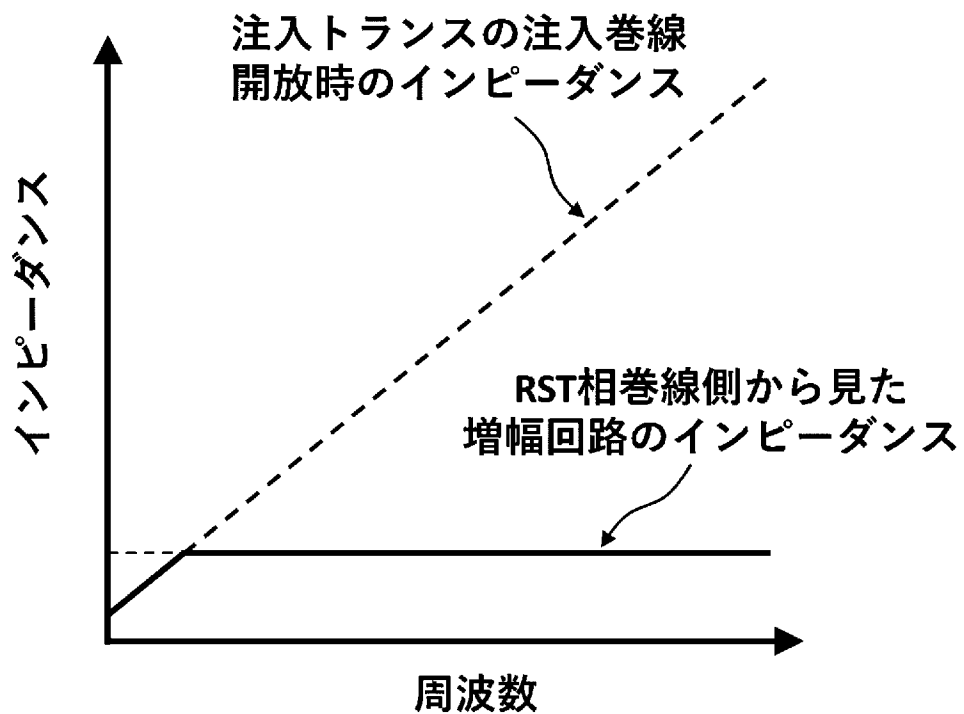
[図12A]

図12A



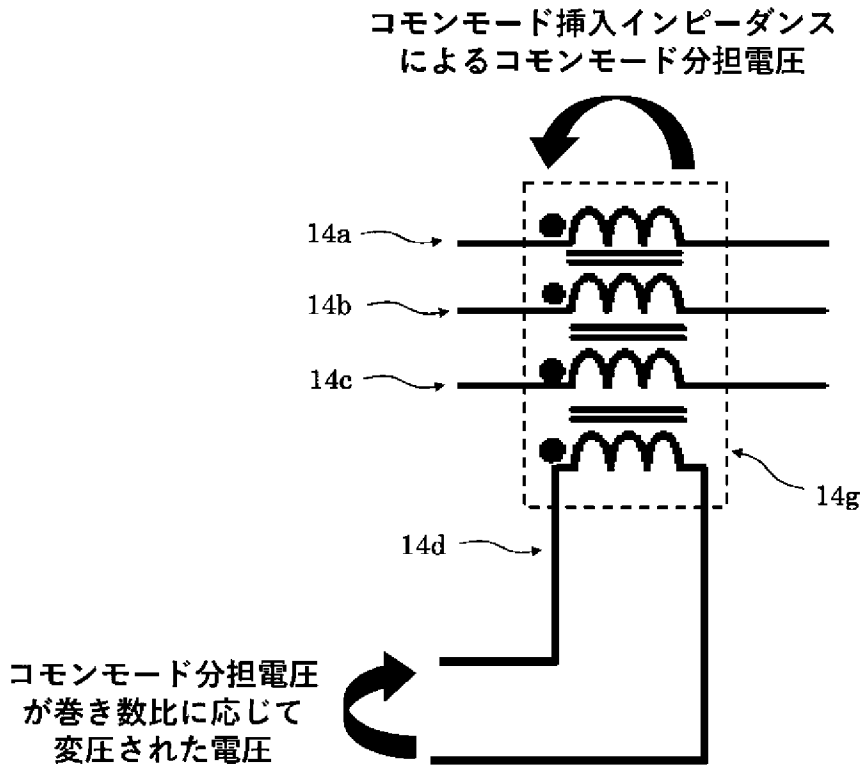
[図12B]

図12B



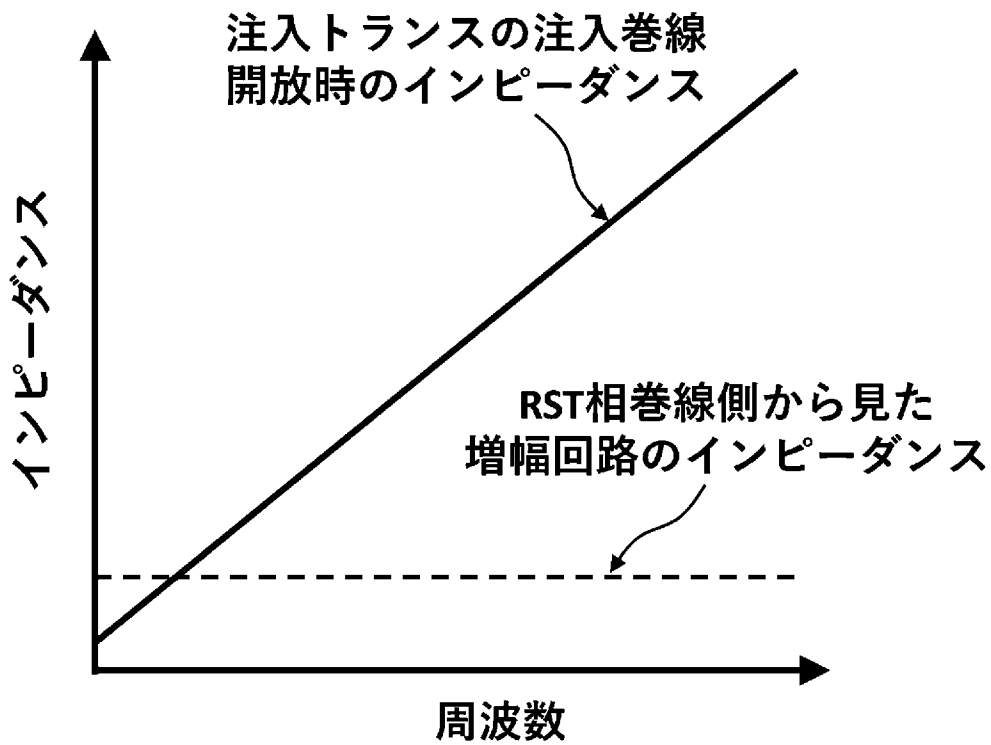
[図13A]

図13A



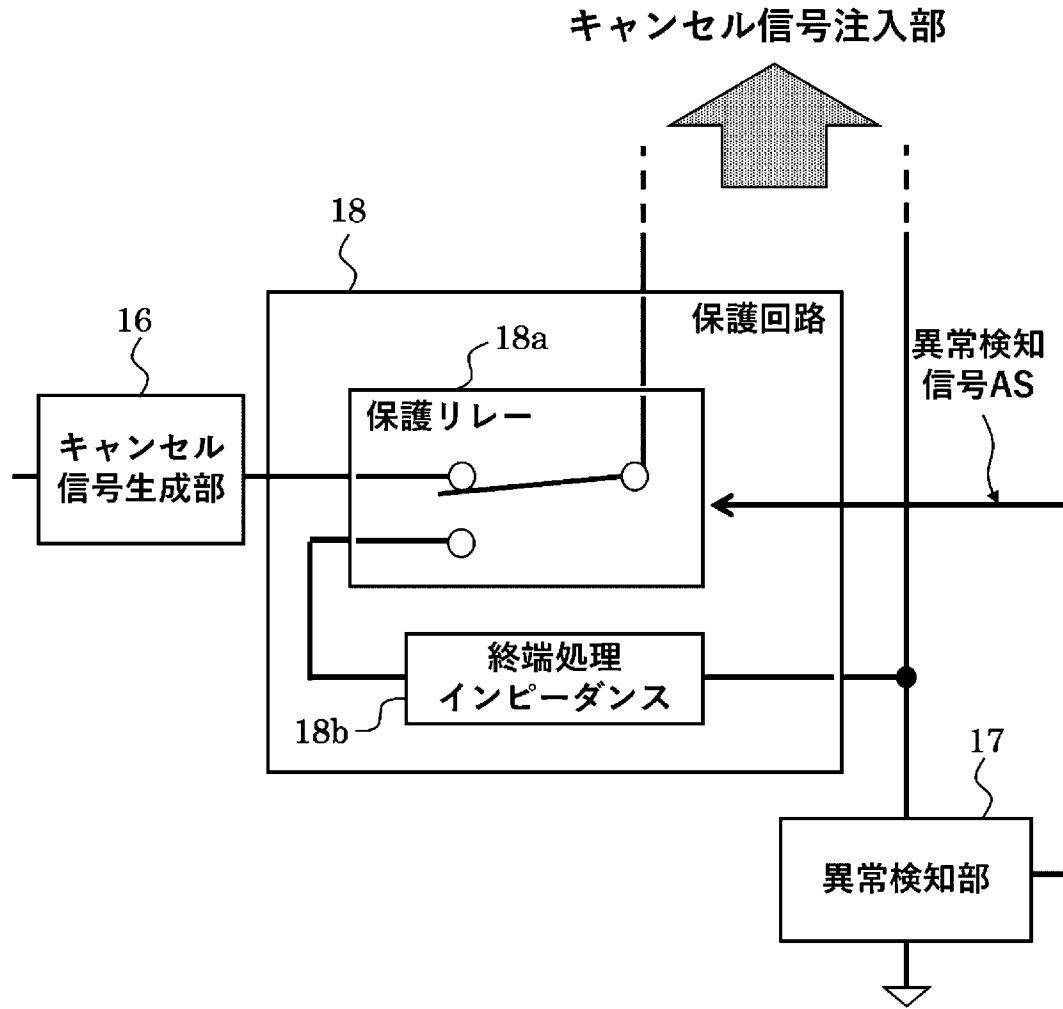
[図13B]

図13B



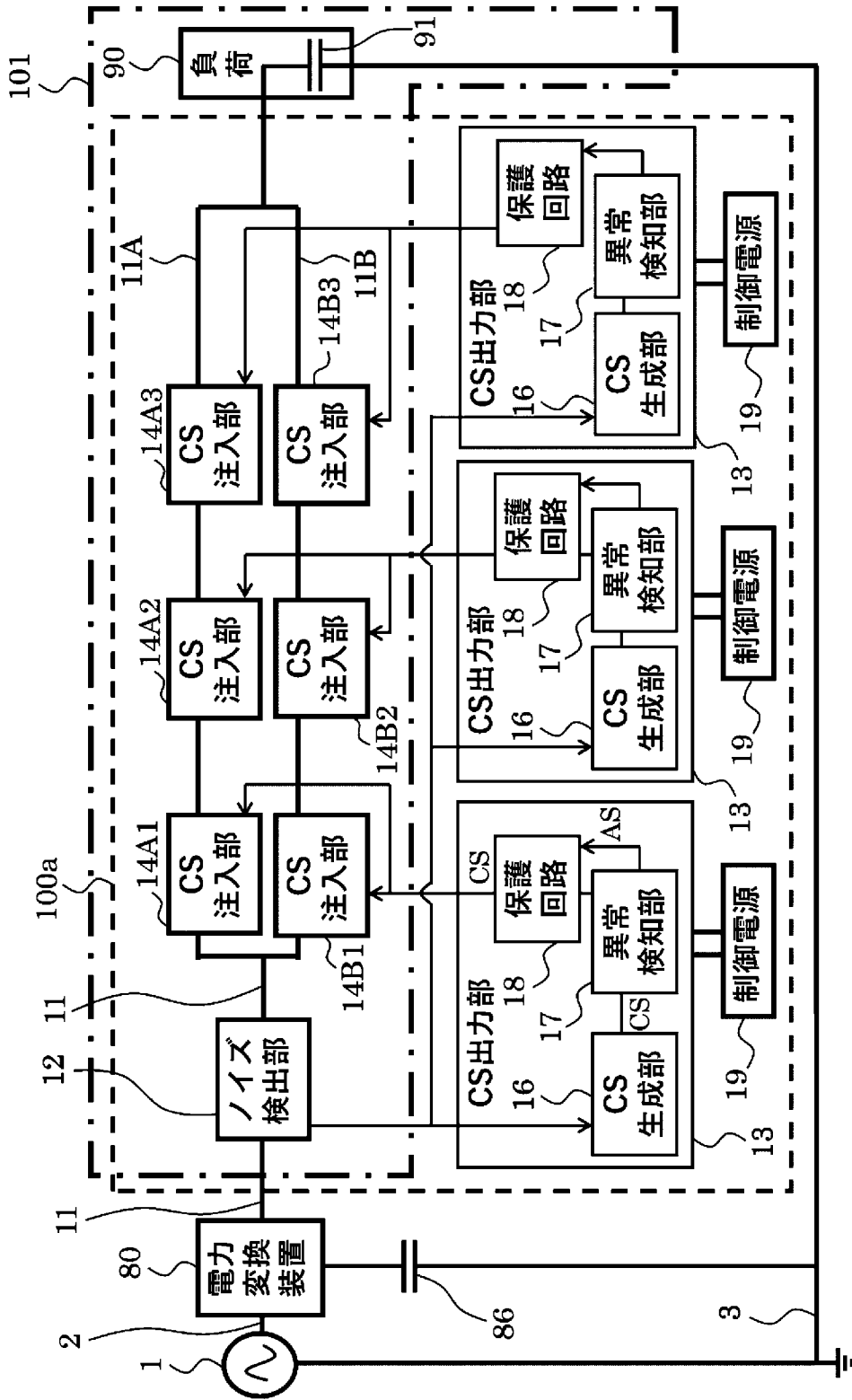
[図14]

図14

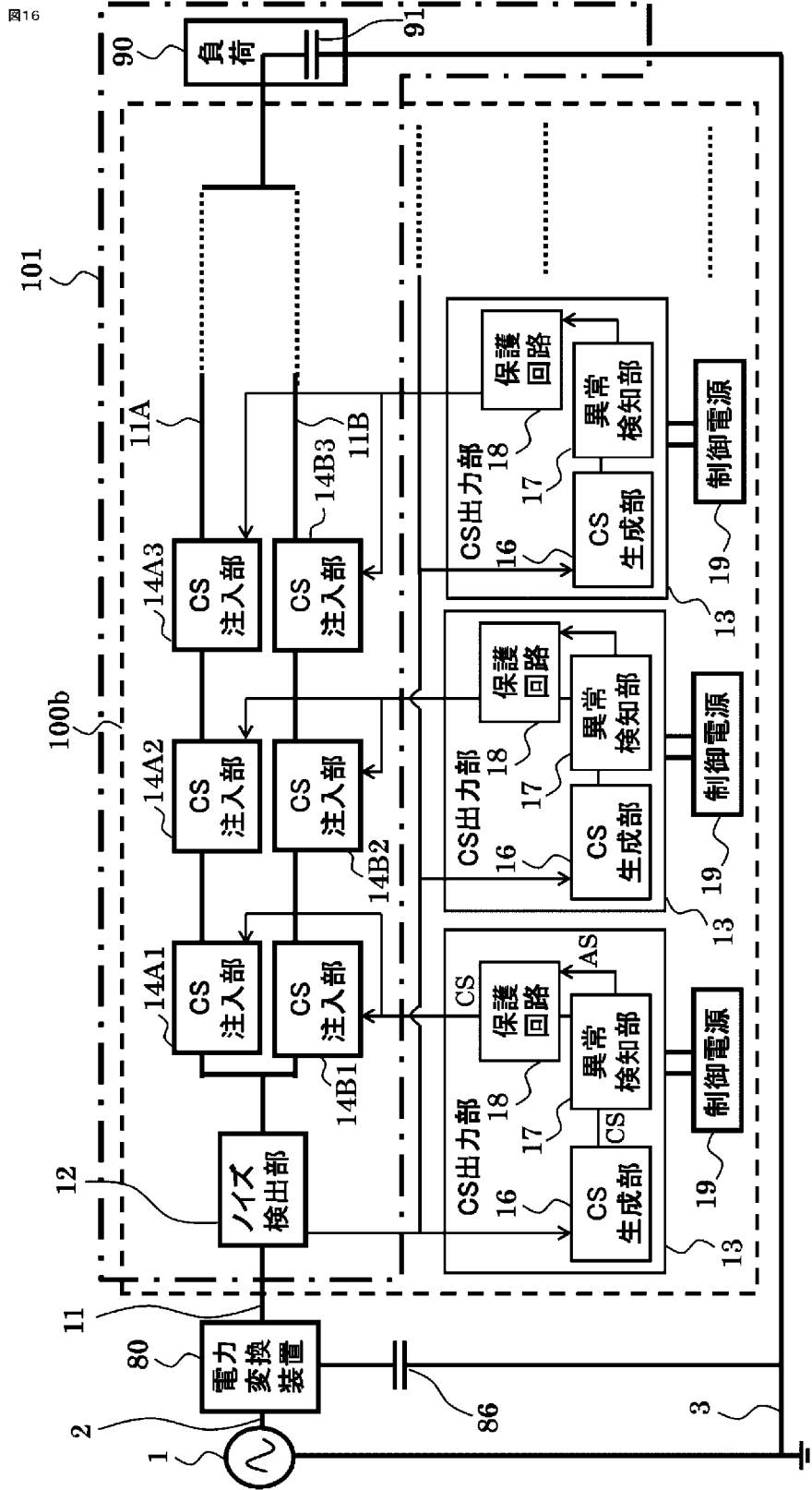


[図15]

図15

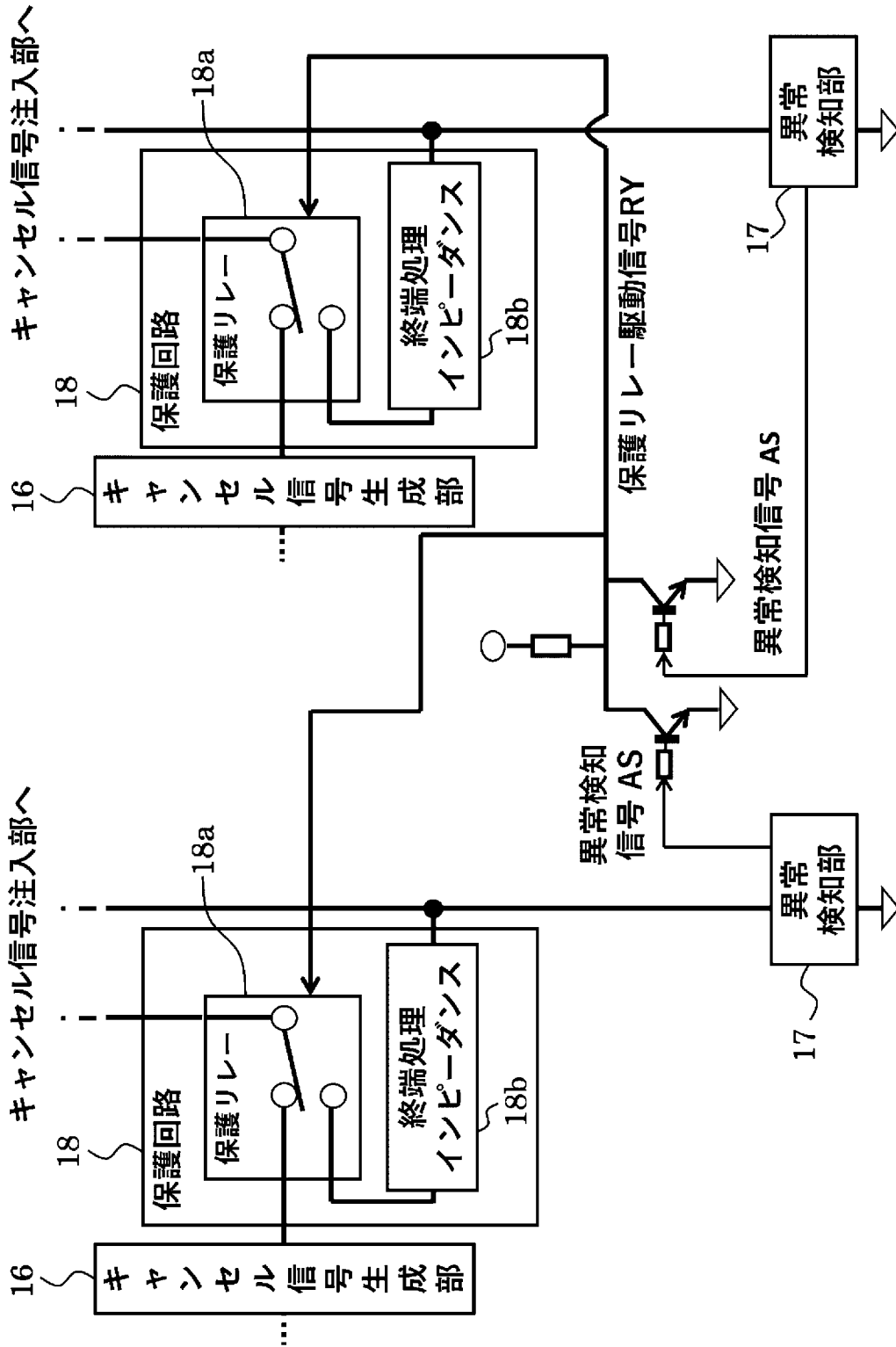


[図16]



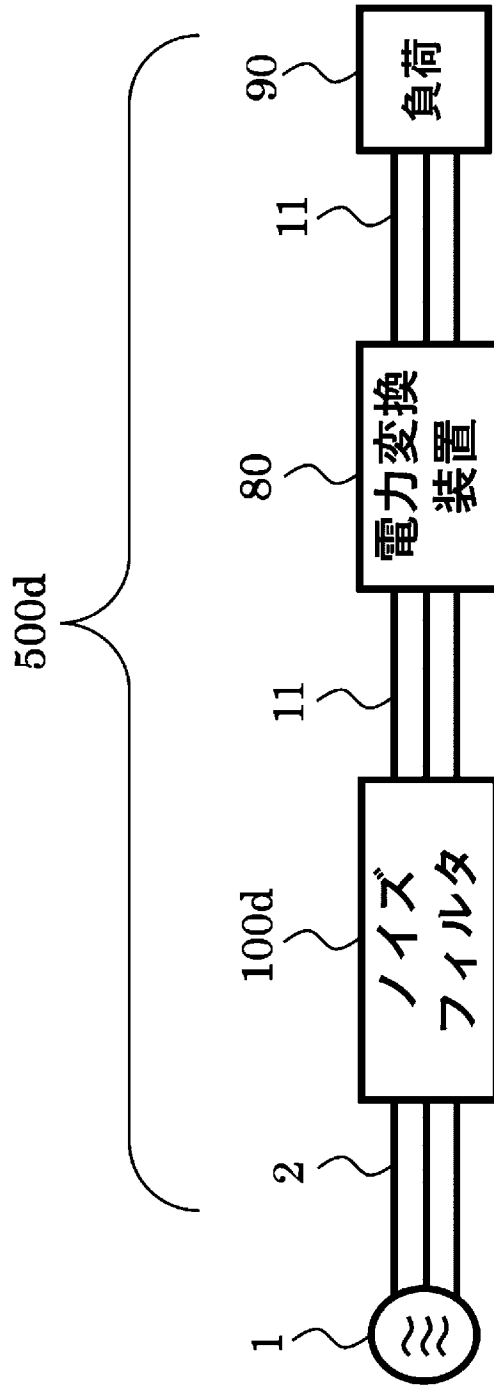
[図17]

図17



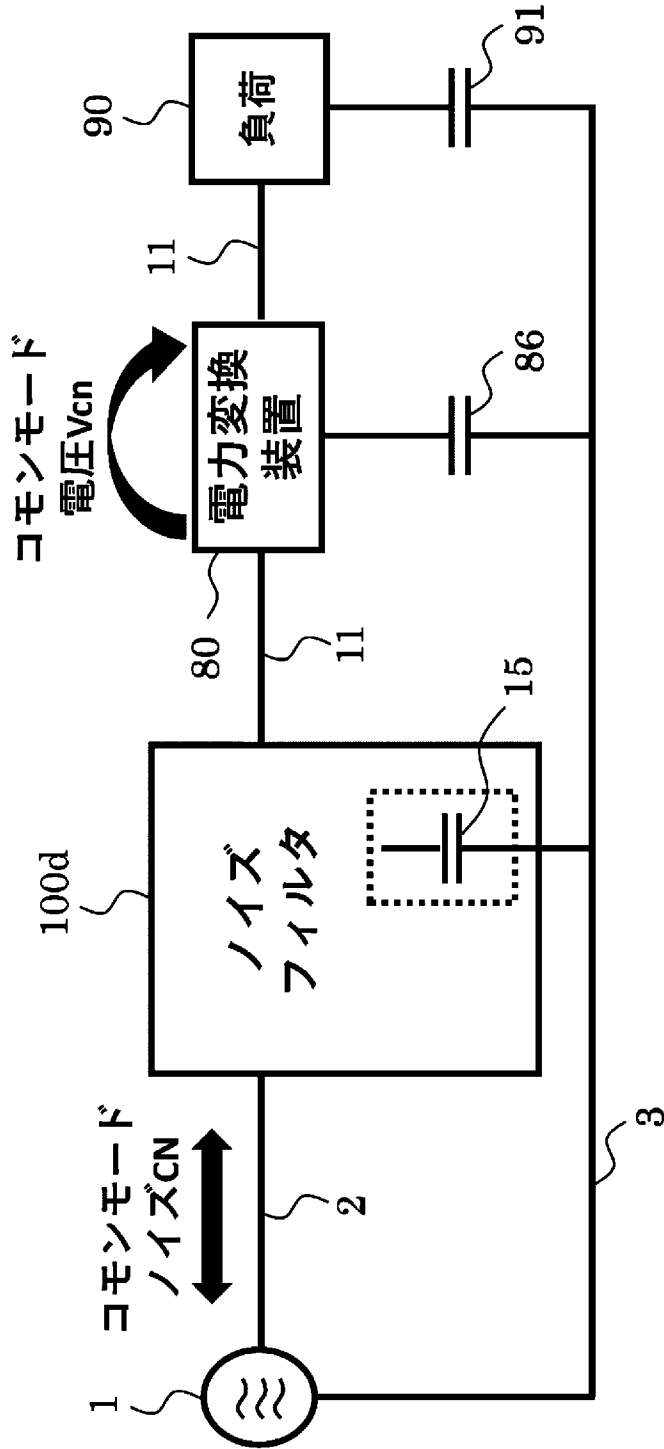
[図18]

図18



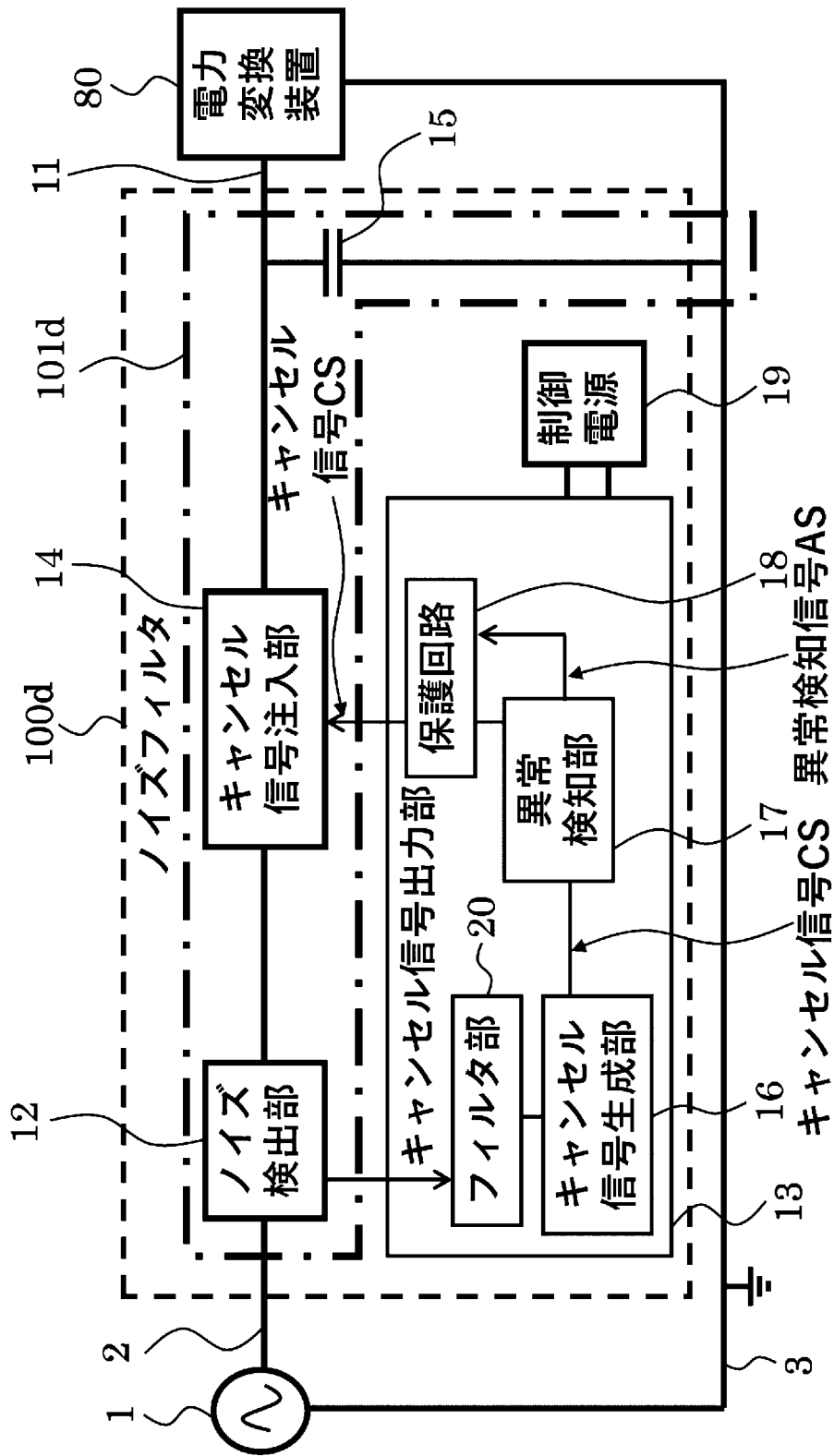
[図19]

図19



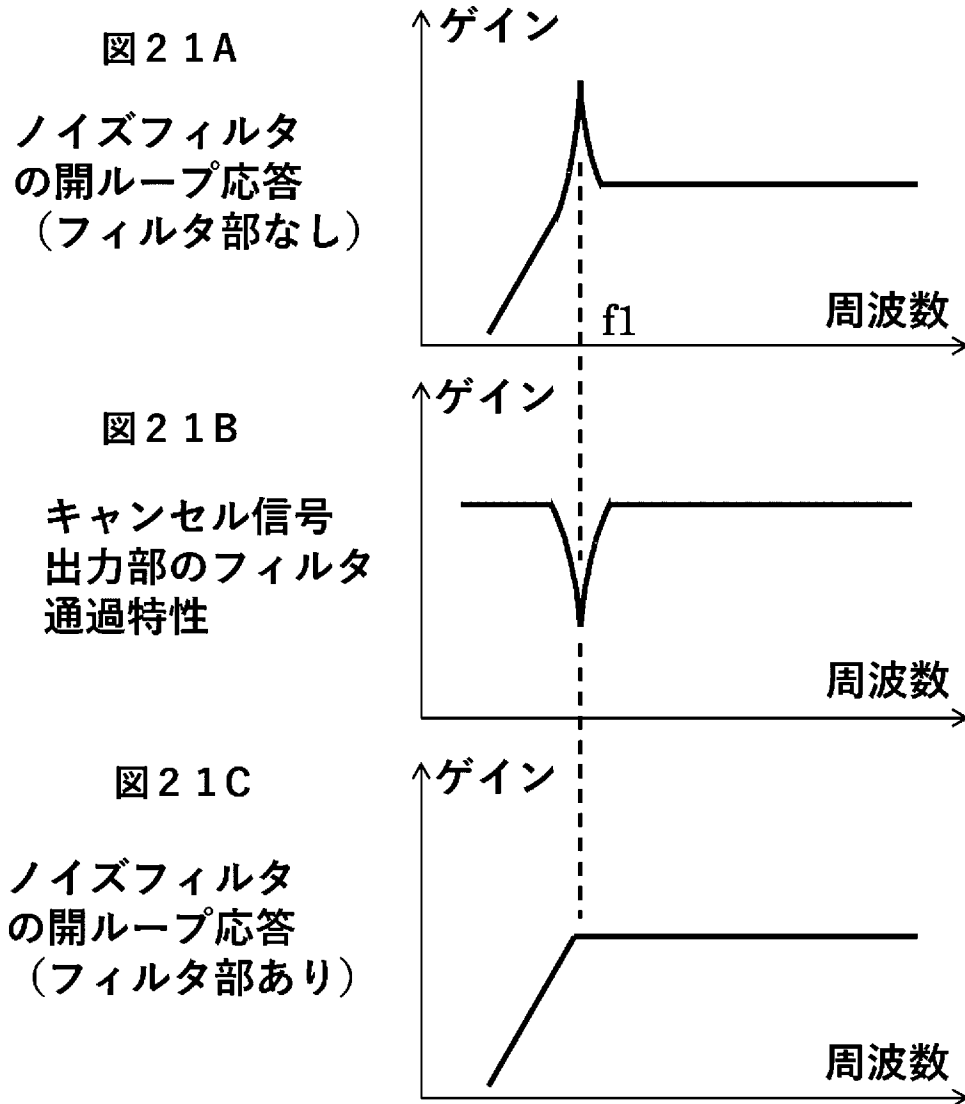
[図20]

図20



[図21]

図21



[図22]

図22

図22A

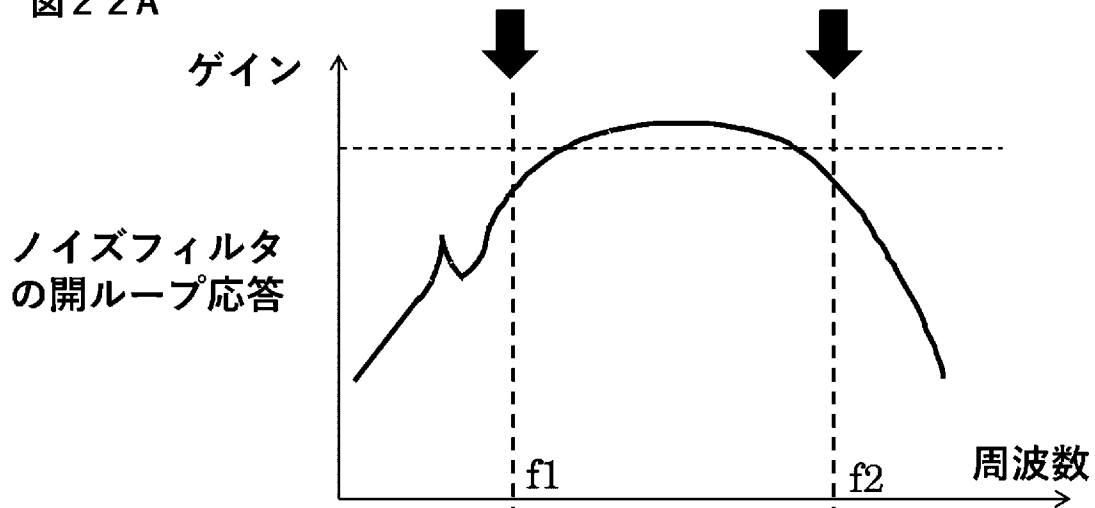
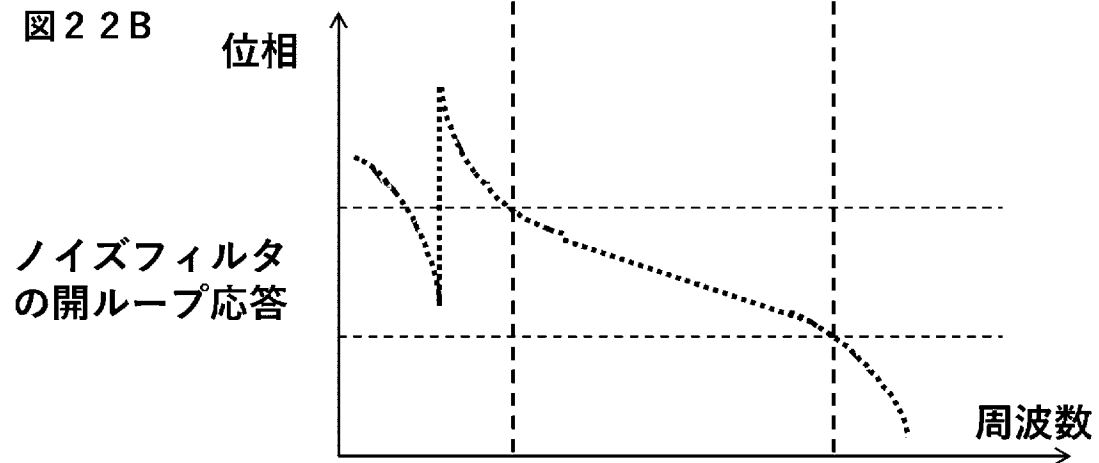
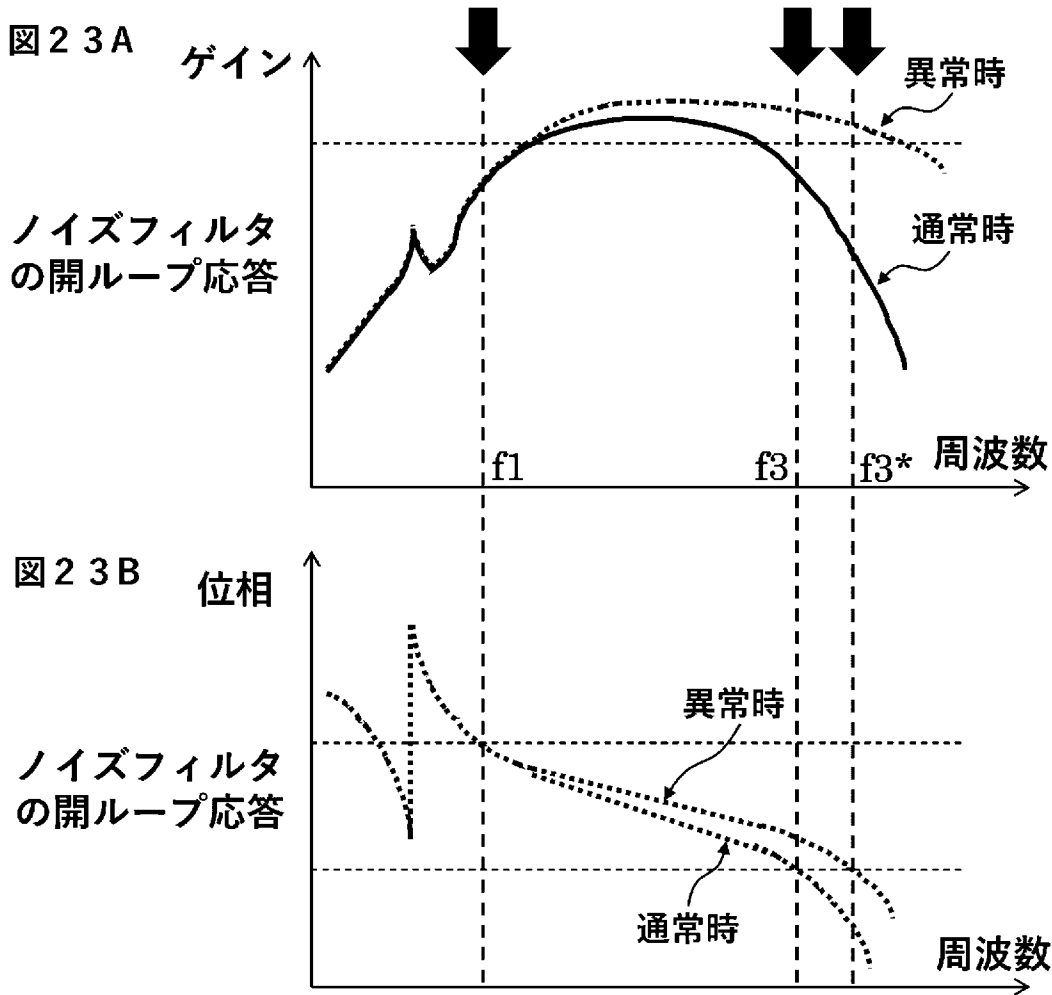


図22B



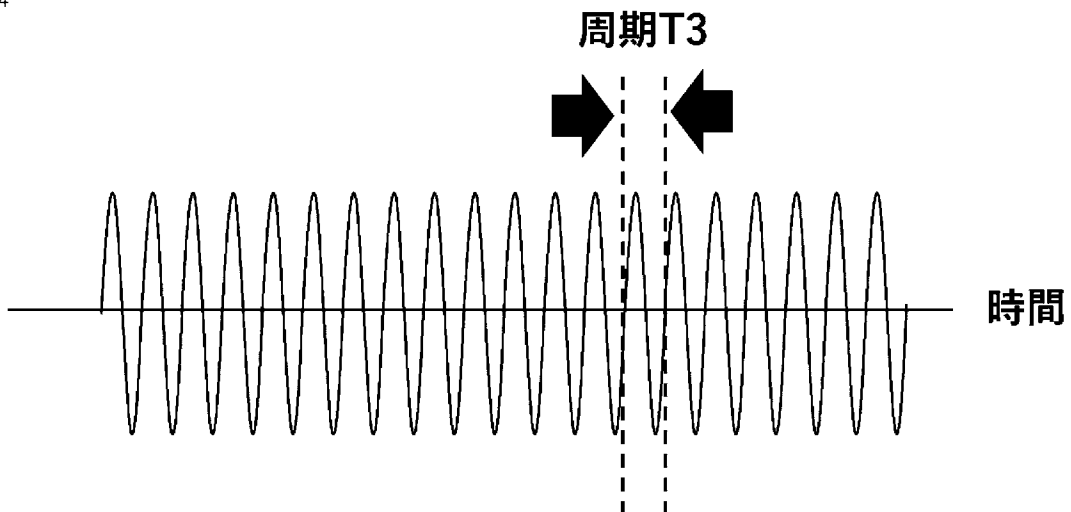
[図23]

図23



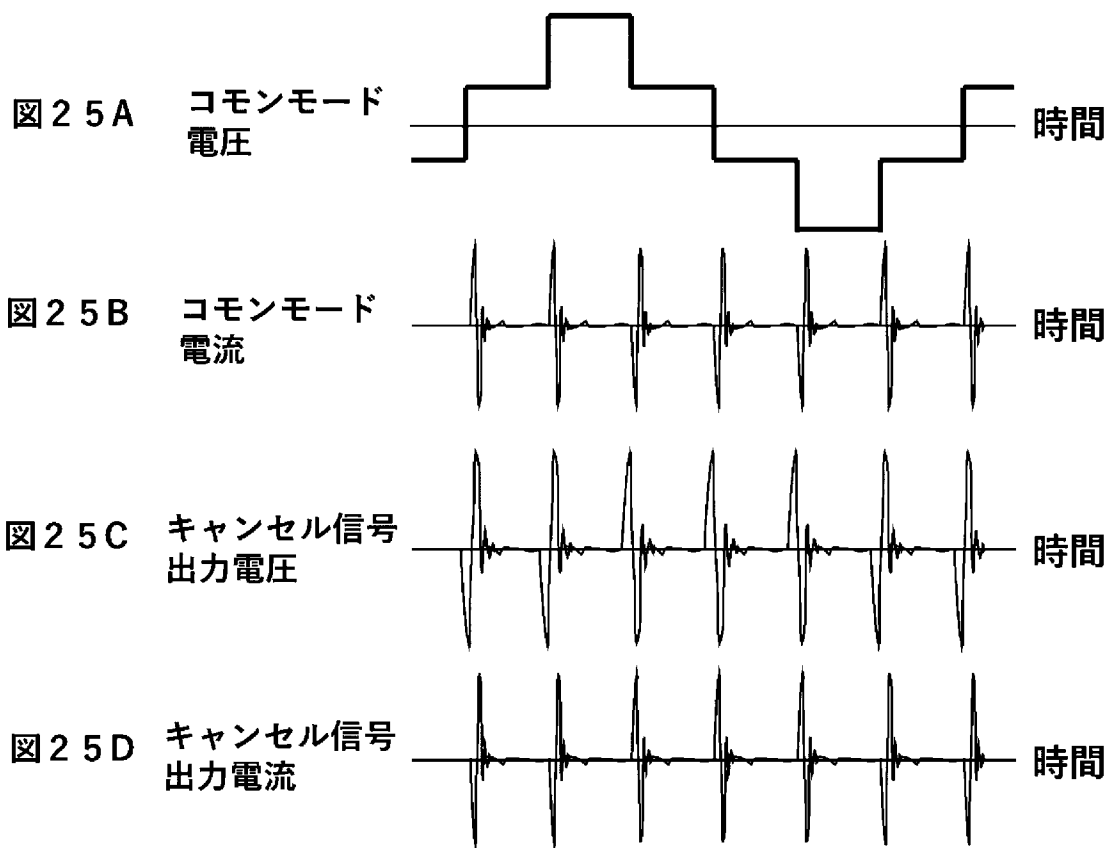
[図24]

図24



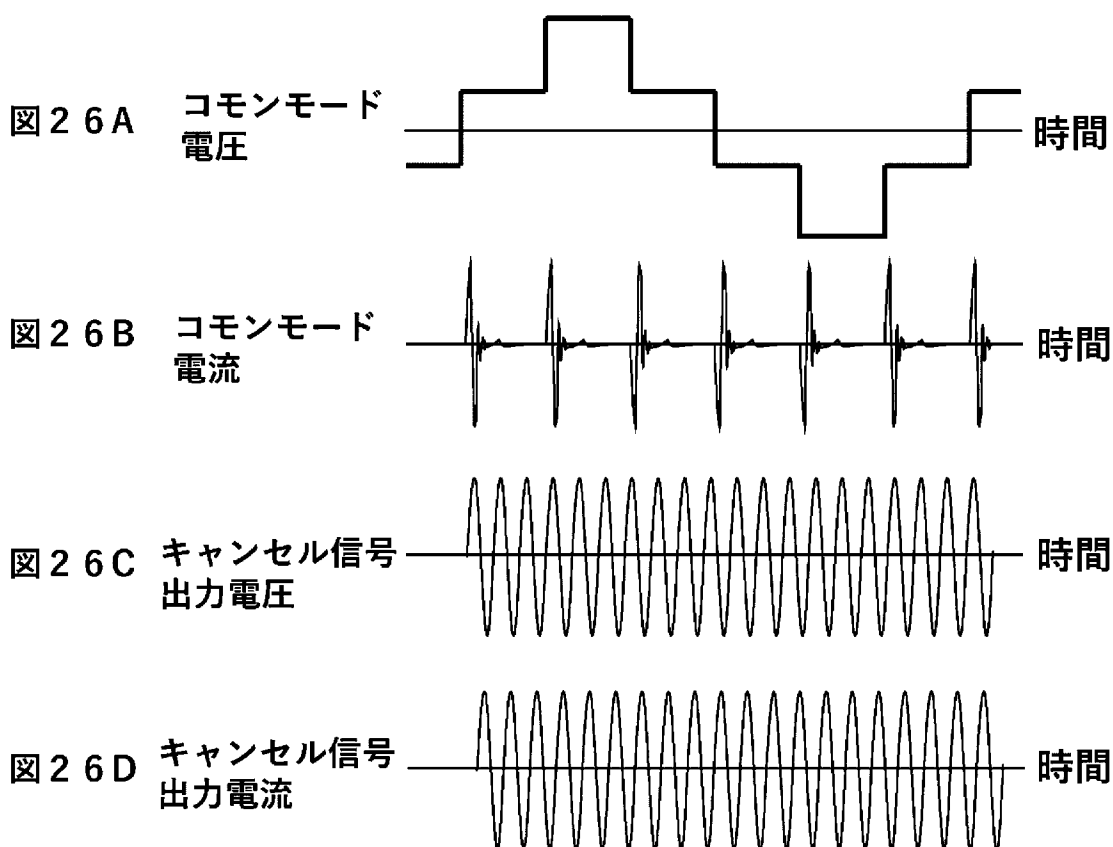
[図25]

図25



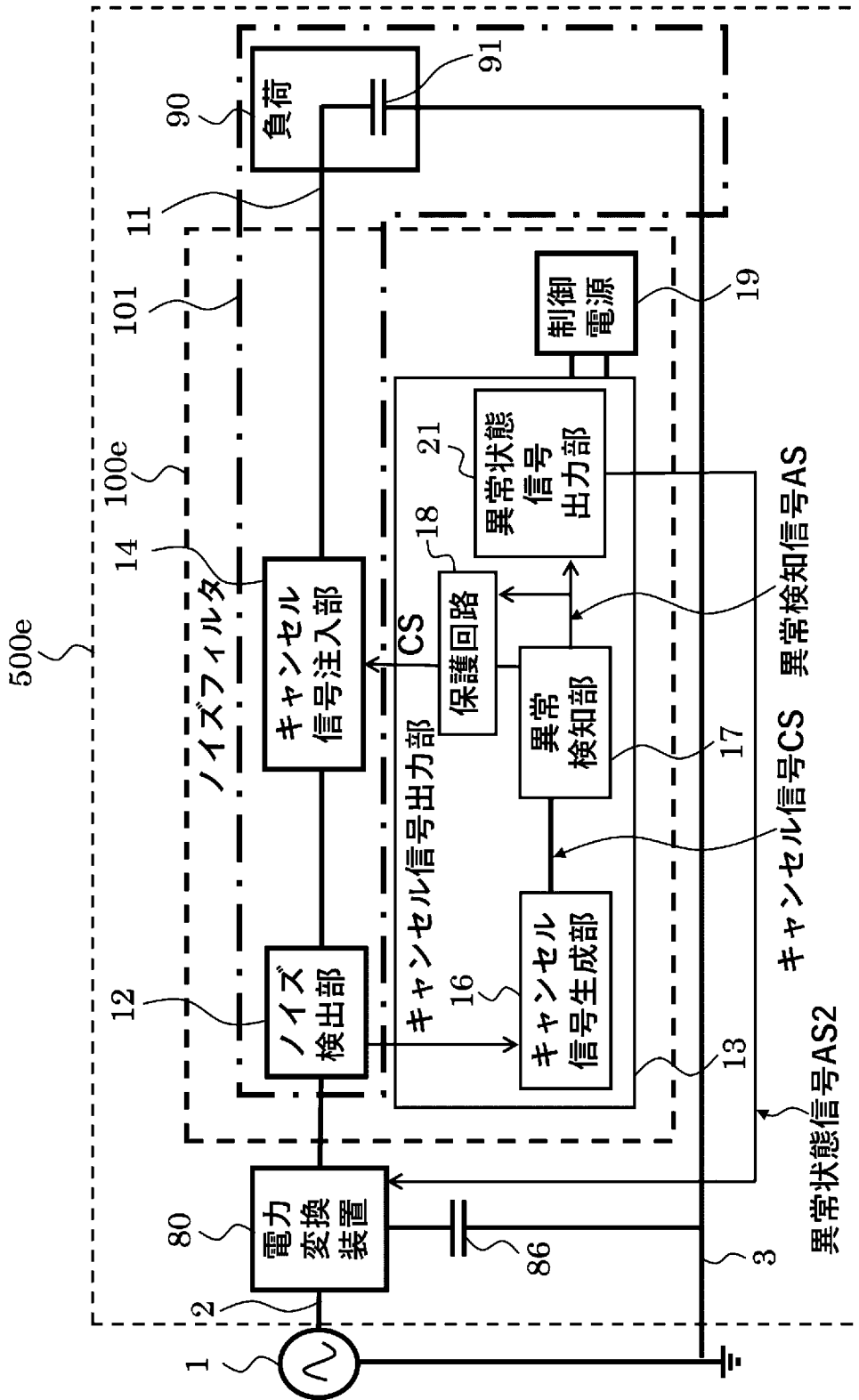
[図26]

図26



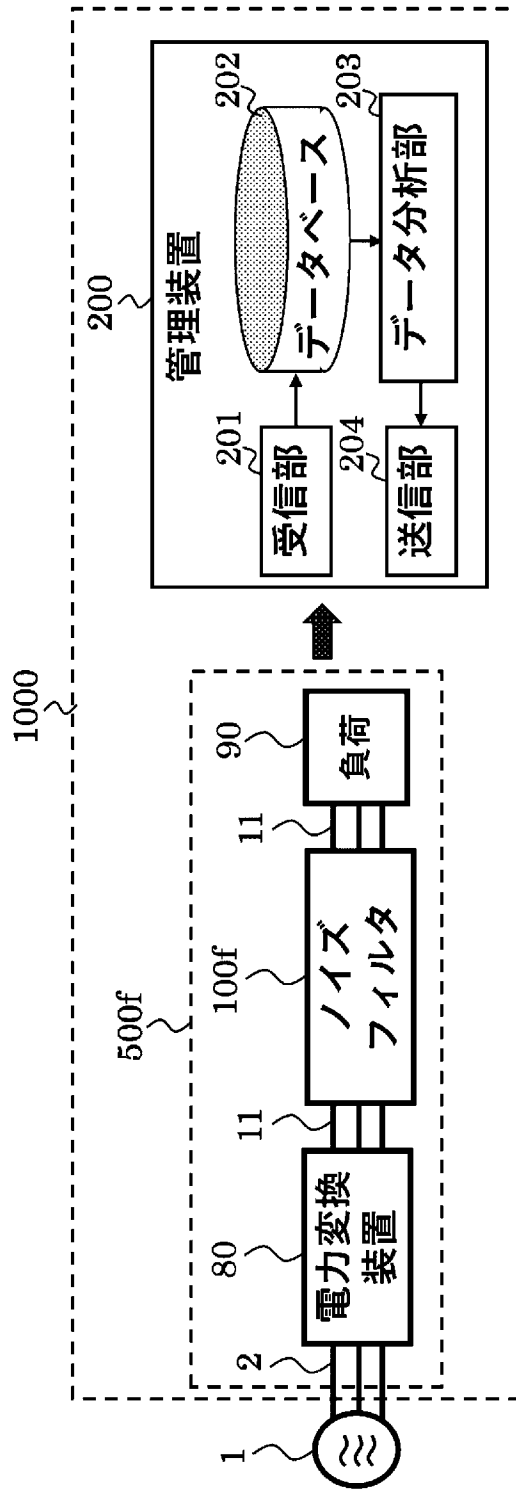
[図27]

図27



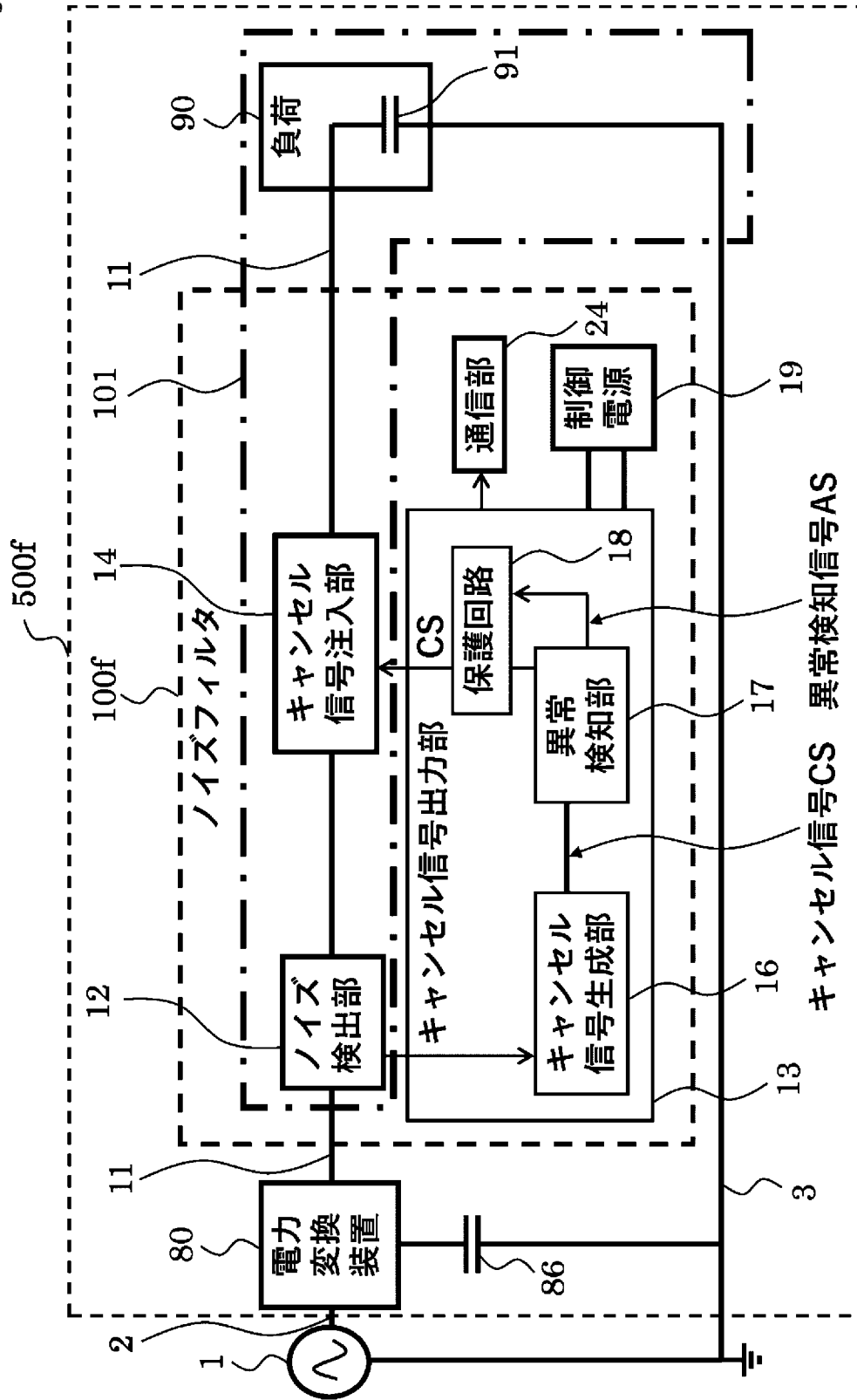
[図28]

図28



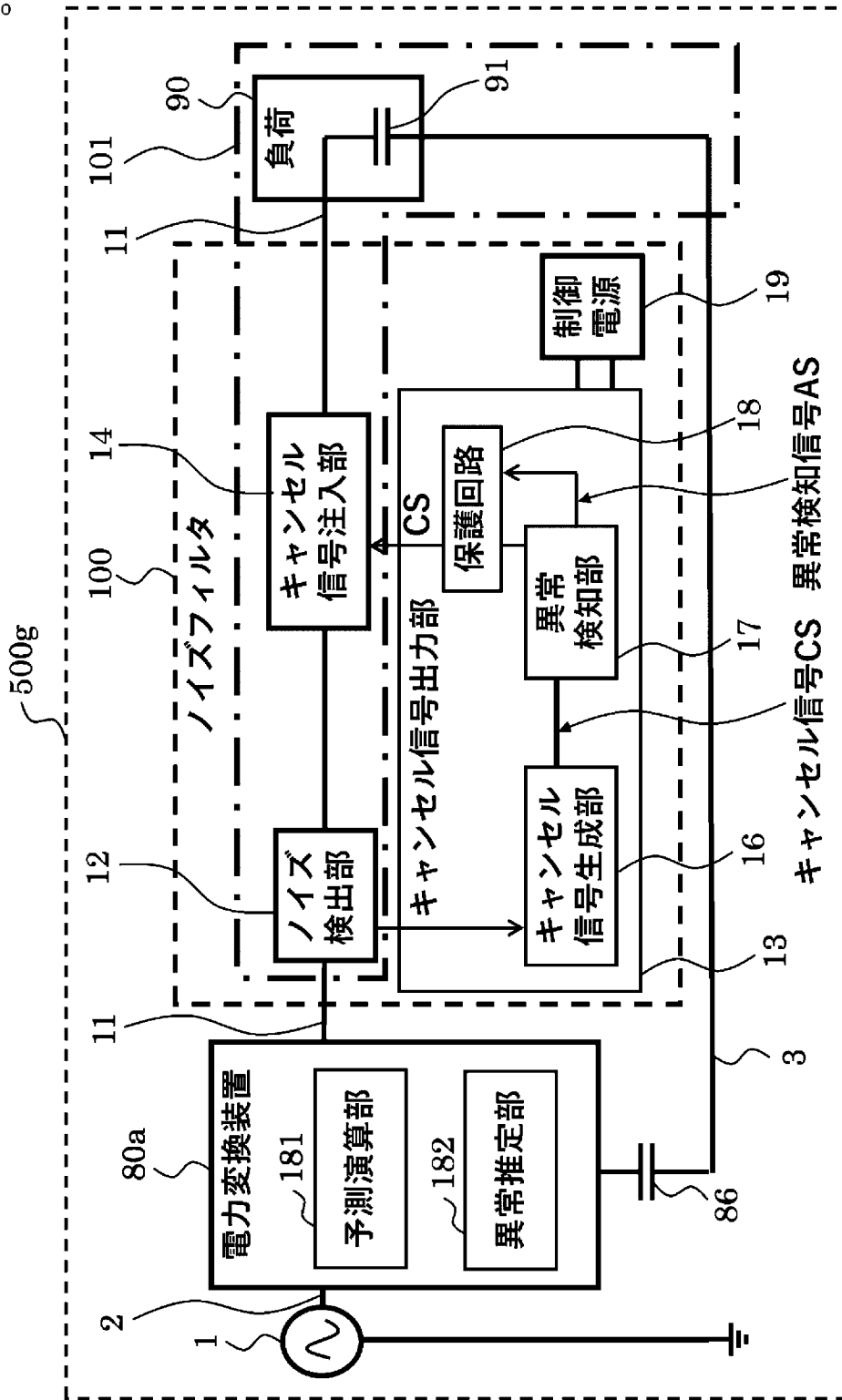
[図29]

図29



[図30]

図30



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/037561

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H02M 1/00</i> (2007.01)i FI: H02M1/00 E		
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) H02M1/00		
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 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
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.
X	WO 2021/166018 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 26 August 2021 (2021-08-26) paragraphs [0015]-[0042], fig. 1-11	1-2, 5, 12-14, 17
Y		11
A		3-4, 6-10, 15-16
Y	JP 2017-51085 A (FUJI ELECTRIC CO LTD) 09 March 2017 (2017-03-09) paragraphs [0009]-[0012]	11
A	JP 2015-126593 A (TOSHIBA CORP) 06 July 2015 (2015-07-06) entire text, all drawings	1-17
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 25 November 2022		Date of mailing of the international search report 06 December 2022
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/JP2022/037561

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2021/166018 A1	26 August 2021	(Family: none)	
JP 2017-51085 A	09 March 2017	DE 102016116114 A1 paragraphs [0007]-[0009]	
JP 2015-126593 A	06 July 2015	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02M 1/00(2007.01)i FI: H02M1/00 E		
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）） H02M1/00 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 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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 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 請求項の番号
X Y A	WO 2021/166018 A1（三菱電機株式会社）26.08.2021（2021-08-26） [0015]-[0042], 図1-11	1-2, 5, 12-14, 17 11 3-4, 6-10, 15-16
Y	JP 2017-51085 A（富士電機株式会社）09.03.2017（2017-03-09） [0009]-[0012]	11
A	JP 2015-126593 A（株式会社東芝）06.07.2015（2015-07-06） 全文, 全図	1-17
<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。		
* 引用文献のカテゴリー “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 “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 “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） “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 “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 “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 “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 “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
25. 11. 2022	06. 12. 2022	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 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） 遠藤 尊志 5G 3052 電話番号 03-3581-1101 内線 3526	

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/JP2022/037561

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2021/166018 A1	26.08.2021	(ファミリーなし)	
JP 2017-51085 A	09.03.2017	DE 102016116114 A1 [0007]-[0009]	
JP 2015-126593 A	06.07.2015	(ファミリーなし)	