

(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
2020年8月13日(13.08.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/161967 A1

(51) 国際特許分類:
G01R 31/12 (2020.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/041839

(22) 国際出願日: 2019年10月25日(25.10.2019)

(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 2019-018142 2019年2月4日(04.02.2019) JP

(71) 出願人: 住友電気工業株式会社
(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.)
[JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜
四丁目5番33号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 横山大(YOKOYAMA,Tai); 〒5410041
大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 下口剛
史(SHIMOGUCHI,Takefumi); 〒5410041 大阪
府大阪市中央区北浜四丁目5番33号住友
電気工業株式会社内 Osaka (JP).

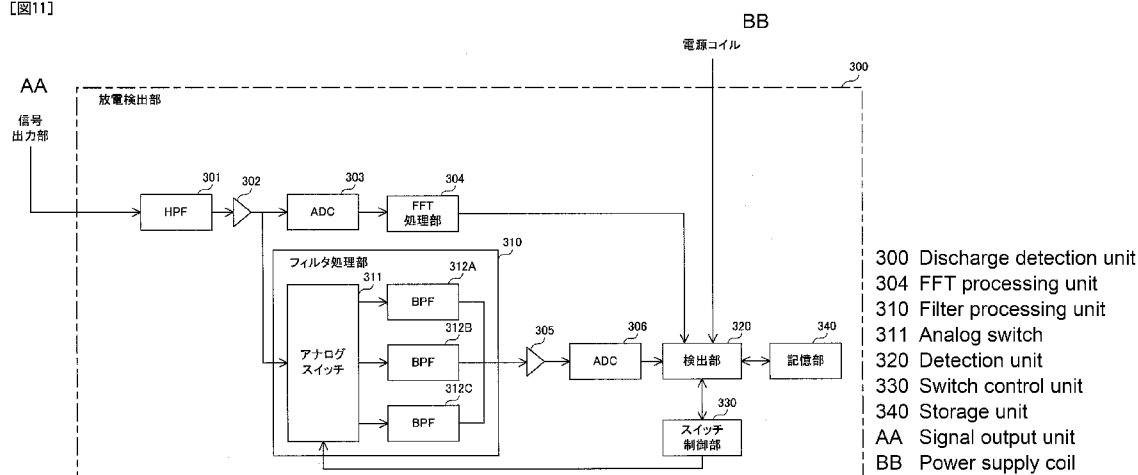
(74) 代理人: 特許業務法人ワンディー・IPパー
トナース(ONEDEE IP PARTNERS); 〒5320003
大阪府大阪市淀川区宮原四丁目1番4号
KDX新大阪ビル Osaka (JP).

(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,

(54) Title: PARTIAL DISCHARGE DETECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 部分放電検出装置

[図11]



(57) Abstract: This partial discharge detection device is for detecting partial discharge in a ground cable having a linear conductor that transmits electric power, an insulating layer that covers the circumference of the conductor, and a shielding layer that is a conductor covering the circumference of the insulating layer, the device being provided with: a signal detection unit that detects, as a detection signal, a change of current flowing through the shielding layer of the ground cable or a change of potential of the shielding layer; and a discharge detection unit that detects the partial discharge in the ground cable on the basis of the detection signal detected by the signal detection unit, wherein the discharge detection unit includes bandpass filters that receive the detection signal, and a storage unit that stores characteristic data regarding characteristics of the bandpass filters, and the discharge detection unit detects the partial discharge on the basis of output

[続葉有]

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, 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,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, 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, 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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

signals of the bandpass filters and the characteristic data in the storage unit.

(57) 要約: 部分放電検出装置は、電力を伝送する線状の導体と、前記導体の周囲を覆う絶縁層と、前記絶縁層の周囲を覆う導体である遮蔽層とを有する地中ケーブルにおける部分放電を検出する部分放電検出装置であって、前記地中ケーブルの遮蔽層を通して流れる電流の変化、または前記遮蔽層の電位の変化を検出信号として検出する信号検出部と、前記信号検出部によって検出された前記検出信号に基づいて、前記地中ケーブルにおける部分放電を検出する放電検出部とを備え、前記放電検出部は、前記検出信号を受けるバンドパスフィルタと、前記バンドパスフィルタの特性に関する特性データを記憶する記憶部とを含み、前記放電検出部は、前記バンドパスフィルタの出力信号と、前記記憶部における前記特性データとに基づいて、前記部分放電を検出する。

明 細 書

発明の名称：部分放電検出装置

技術分野

[0001] 本発明は、部分放電検出装置に関する。

この出願は、2019年2月4日に提出された日本出願特願2019-18142号を基礎とする優先権を主張し、その開示のすべてをここに取り込む。

背景技術

[0002] 特許文献1（特開2011-237182号公報）には、以下のような部分放電判別装置が開示されている。すなわち、部分放電判別装置は、被測定線に流れる電流を検出する電流検出器と、前記電流検出器により検出された電流に基づく電流信号から特徴量を導出する特徴量導出部と、前記特徴量導出部により導出された特徴量に基づいて、所定時間内に検出された前記電流信号が複数の振動波形を有し、且つ前記複数の振動波形の中に大きさが略同等で振動の向きが互いに逆となる複数の波形が含まれていると判断する場合に、前被測定線で部分放電が生じたと判定する判定部と、を備える。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2011-237182号公報

特許文献2：特開平10-78471号公報

特許文献3：特開2004-101418号公報

発明の概要

[0004] （1）本開示の部分放電検出装置は、電力を伝送する線状の導体と、前記導体の周囲を覆う絶縁層と、前記絶縁層の周囲を覆う導体である遮蔽層とを有する地中ケーブルにおける部分放電を検出する部分放電検出装置であって、前記遮蔽層を通して流れる電流の変化、または前記遮蔽層の電位の変化を検出信号として検出する信号検出部と、前記信号検出部によって検出された

前記検出信号に基づいて、前記地中ケーブルにおける部分放電を検出する放電検出部とを備え、前記放電検出部は、前記検出信号を受けるバンドパスフィルタと、前記バンドパスフィルタの特性に関する特性データを記憶する記憶部とを含み、前記放電検出部は、前記バンドパスフィルタの出力信号と、前記記憶部における前記特性データとに基づいて、前記部分放電を検出する。

[0005] 本開示の一態様は、このような特徴的な処理部を備える部分放電検出装置として実現され得るだけでなく、部分放電検出装置を備える部分放電検出システムとして実現され得る。また、本開示の一態様は、部分放電検出装置の一部または全部を実現する半導体集積回路として実現され得る。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]図1は、本発明の第1の実施の形態に係る送電システムの構成を示す図である。

[図2]図2は、本発明の第1の実施の形態に係る送電システムに用いられる地中ケーブルの構成の一例を示す図である。

[図3]図3は、本発明の第1の実施の形態に係る送電システムに用いられる普通接続部における地中ケーブルの接続方法の一例を示す図である。

[図4]図4は、本発明の第1の実施の形態に係る送電システムに用いられる絶縁接続部における地中ケーブルの接続方法の一例を示す図である。

[図5]図5は、本発明の第1の実施の形態に係る送電システムに用いられる絶縁接続部における地中ケーブルの接続方法の他の例を示す図である。

[図6]図6は、本発明の第1の実施の形態に係る部分放電検出システムの構成を示す図である。

[図7]図7は、本発明の第1の実施の形態に係る部分放電検出装置の構成を示す図である。

[図8]図8は、本発明の第1の実施の形態に係る部分放電検出装置におけるCTの構成を示す図である。

[図9]図9は、本発明の第1の実施の形態に係る部分放電検出装置の構成の他

の例を示す図である。

[図10]図 1 0 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る部分放電検出装置における金属箔電極の取り付け例を示す図である。

[図11]図 1 1 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る部分放電検出装置における放電検出部の構成を示す図である。

[図12]図 1 2 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る放電検出部における B P F のインパルス応答波形の一例を示す図である。

[図13]図 1 3 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る部分放電検出装置における放電検出部による演算結果を示す図である。

[図14]図 1 4 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る部分放電検出装置の変形例 1 における放電検出部の構成を示す図である。

[図15]図 1 5 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る部分放電検出装置における放電検出部の構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0007] 従来、地中ケーブルにおける部分放電を検出し、部分放電の検出結果に基づいて絶縁層の劣化を早期に発見する技術が提案されている。

[0008] [本開示が解決しようとする課題]

このような特許文献 1 に記載の技術を超えて、地中ケーブルにおける部分放電をより正確に検出することが可能な技術が望まれる。

[0009] 本開示は、上述の課題を解決するためになされたもので、その目的は、地中ケーブルにおける部分放電をより正確に検出することが可能な部分放電検出装置を提供することである。

[0010] [本開示の効果]

本開示によれば、地中ケーブルにおける部分放電をより正確に検出することができる。

[0011] [本願発明の実施形態の説明]

最初に、本発明の実施形態の内容を列記して説明する。

[0012] (1) 本発明の実施の形態に係る部分放電検出装置は、電力を伝送する線

状の導体と、前記導体の周囲を覆う絶縁層と、前記絶縁層の周囲を覆う導体である遮蔽層とを有する地中ケーブルにおける部分放電を検出する部分放電検出装置であって、前記遮蔽層を通して流れる電流の変化、または前記遮蔽層の電位の変化を検出信号として検出する信号検出部と、前記信号検出部によって検出された前記検出信号に基づいて、前記地中ケーブルにおける部分放電を検出する放電検出部とを備え、前記放電検出部は、前記検出信号を受けるバンドパスフィルタと、前記バンドパスフィルタの特性に関する特性データを記憶する記憶部とを含み、前記放電検出部は、前記バンドパスフィルタの出力信号と、前記記憶部における前記特性データとに基づいて、前記部分放電を検出する。

[0013] このように、遮蔽層を通して流れる電流に基づく信号を受けるバンドパスフィルタの出力信号と、バンドパスフィルタの特性データとに基づいて部分放電を検出する構成により、当該信号における、当該特性データに応じた波形の有無を検知することができる。これにより、たとえば、遮蔽層を通して流れる電流に含まれるノイズ成分の影響を低減しながら、部分放電による電流波形を検知することができる。したがって、部分放電検出装置では、地中ケーブルにおける部分放電をより正確に検出することができる。また、一般的に、部分放電によるインパルス信号をデジタル信号処理によって検出するためには、たとえば数GHzのサンプリング周波数での高速サンプリングが可能なADCが必要となる。これに対して、上記信号を、バンドパスフィルタを介して解析する構成により、バンドパスフィルタの通過帯域に対応した比較的低速なADCを使用可能となり、製造コストを低減することができる。

[0014] (2) 好ましくは、前記特性データは、前記バンドパスフィルタのパルス応答特性である。

[0015] このような構成により、部分放電によって多く発生するパルス状の電流波形を良好に検知可能な検出装置を実現することができる。

[0016] (3) 好ましくは、前記放電検出部は、通過帯域が互いに異なる複数の前

記バンドパスフィルタを含み、前記記憶部は、複数の前記バンドパスフィルタの各々の前記特性データを記憶しており、前記放電検出部は、少なくともいずれか1つの前記バンドパスフィルタの出力信号と、対応の前記特性データとに基づいて前記部分放電を検出する。

[0017] このような構成により、たとえば地中ケーブルの敷設環境に応じた適切なバンドパスフィルタを選択して部分放電を検出することができる。これにより、多様な環境下において部分放電をより正確に検出することができる。

[0018] (4) 好ましくは、前記放電検出部は、前記信号検出部によって検出された前記検出信号電流に基づいて複数の前記バンドパスフィルタの中からいずれか1つの前記バンドパスフィルタを選択し、選択した前記バンドパスフィルタの出力信号と、対応の前記特性データとに基づいて前記部分放電を検出する。

[0019] このような構成により、たとえば、複数のバンドパスフィルタの各々の通過帯域のうち、遮蔽層を通して流れる電流においてノイズ成分が最も少ない通過帯域を有するバンドパスフィルタを選択することにより、部分放電をより正確に検出することができる。

[0020] 以下、本発明の実施の形態について図面を用いて説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。また、以下に記載する実施の形態の少なくとも一部を任意に組み合わせてもよい。

[0021] <第1の実施の形態>

[構成および基本動作]

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る送電システムの構成を示す図である。

[0022] 図1を参照して、送電システム502は、地中ケーブル10A、10B、10Cと、普通接続部41A、41Bと、絶縁接続部42A、42Bと、地上接続部43A、43Bとを備える。以下、地中ケーブル10A、10B、10Cの各々を地中ケーブル10とも称し、普通接続部41A、41Bの各々を普通接続部41とも称し、絶縁接続部42A、42Bの各々を絶縁接続

部42とも称し、地上接続部43A、43Bの各々を地上接続部43とも称する。送電システム502は、たとえば電力系統における地中部分に設けられる。

[0023] 地上接続部43は、ケーブル端末11A、11B、11Cを含む。地中ケーブル10は、地上接続部43において、ケーブル端末11A、11B、11Cに接続されている。より詳細には、地中ケーブル10Aは、ケーブル端末11Aに接続され、地中ケーブル10Bは、ケーブル端末11Bに接続され、地中ケーブル10Cは、ケーブル端末11Cに接続されている。

[0024] 地上接続部43は、たとえば、変電所内において、地中ケーブル10が地上に現れる部分に設置されている。普通接続部41および絶縁接続部42は、マンホール31の内部に設けられる。

[0025] 図2は、本発明の第1の実施の形態に係る送電システムに用いられる地中ケーブルの構成の一例を示す図である。

[0026] 図2を参照して、地中ケーブル10は、中心部から順に、電力を伝送する線状の導体71と、半導電エチレンプロピレン（EP；Ethylene Propylene）ゴム製の内部半導電層72と、絶縁層であるEPゴム製の絶縁体73と、半導電テープである外部半導電層74と、導電性の遮蔽層75と、ビニル製のシース76とから構成される。すなわち、内部半導電層72が導体71の周囲を覆い、絶縁体73が内部半導電層72の周囲を覆い、外部半導電層74が絶縁体73の周囲を覆い、導体である遮蔽層75が外部半導電層74の周囲を覆い、シース76が遮蔽層75の周囲を覆っている。

[0027] 地中ケーブル10における導体71は、送電に用いられ、高圧電圧が印加されている。遮蔽層75は、導電性である一方、地中ケーブル10の途中で接地されている。このため、遮蔽層75の電圧は、導体71と比べて低い。

[0028] 送電システム502では、一例として、配電方式として3相3線式が用いられる。送電システム502では、3相の地中ケーブル10として、地中ケーブル10A、10B、10Cが設けられる。

- [0029] 再び図1を参照して、ケーブル端末11A, 11B, 11Cにおいて、地中ケーブル10A, 10B, 10Cの各々の遮蔽層75が露出している。これらの遮蔽層75における露出部分に、それぞれ端子が設けられる。
- [0030] 地中ケーブル10A, 10B, 10Cは、それぞれ、ケーブル端末11A, 11B, 11Cにおいて接地ノード15に接続されている。より詳細には、地中ケーブル10A, 10B, 10Cの各々に設けられた端子が接地ノード15にケーブル等を介して接続されることにより、各地中ケーブル10の遮蔽層75が接地される。
- [0031] たとえば、地中ケーブル10は、普通接続部41および絶縁接続部42において端部同士が接続された複数のケーブルにより構成される。
- [0032] 図3は、本発明の第1の実施の形態に係る送電システムに用いられる普通接続部における地中ケーブルの接続方法の一例を示す図である。図3では、説明を容易にするために、地中ケーブル10Aのうちの導体71および遮蔽層75を主に示している。以下で説明する内容は、地中ケーブル10Bおよび地中ケーブル10Cについても同様である。
- [0033] 図3を参照して、普通接続部41において、地中ケーブル10A1, 10A2が接続されている。普通接続部41において、たとえば、地中ケーブル10A1, 10A2の導体71同士の接続部分において地中ケーブル10A1, 10A2の遮蔽層75が露出する。
- [0034] 普通接続部41では、地中ケーブル10A1の遮蔽層75および地中ケーブル10A2の遮蔽層75をたとえば導電性のワイヤ12を用いて結線する。
- [0035] そして、地中ケーブル10A1の遮蔽層75および地中ケーブル10A2の遮蔽層75が接続される場合、たとえば地中ケーブル10A2の遮蔽層75における露出部分に端子81が設けられる。なお、端子81は、地中ケーブル10A1の遮蔽層75における露出部分に設けられてもよい。
- [0036] そして、端子81が接地ノード13にケーブル等を介して接続されることにより、地中ケーブル10Aの遮蔽層75が接地される。

[0037] 図4は、本発明の第1の実施の形態に係る送電システムに用いられる絶縁接続部における地中ケーブルの接続方法の一例を示す図である。図4では、説明を容易にするために、地中ケーブル10Aの構成のうちの導体71および遮蔽層75を主に示している。以下で説明する内容は、地中ケーブル10Bおよび地中ケーブル10Cについても同様である。

[0038] 図4を参照して、絶縁接続部42において、地中ケーブル10A1, 10A2が接続されている。絶縁接続部42において、たとえば、地中ケーブル10A1, 10A2の導体71同士の接続部分において地中ケーブル10A1, 10A2の遮蔽層75が露出し、露出部分に端子81等がそれぞれ設けられる。

[0039] 絶縁接続部42では、地中ケーブル10A1の導体71および地中ケーブル10A2の導体71が接続される場合、たとえば地中ケーブル10A1における端子81と地中ケーブル10A2における端子81とをワイヤ12を用いて結線することにより、地中ケーブル10A1の遮蔽層75および地中ケーブル10A2の遮蔽層75が接続される。

[0040] 図5は、本発明の第1の実施の形態に係る送電システムに用いられる絶縁接続部における地中ケーブルの接続方法の他の例を示す図である。

[0041] 図5を参照して、絶縁接続部42において、地中ケーブル10A1, 10A2が接続され、地中ケーブル10B1, 10B2が接続され、地中ケーブル10C1, 10C2が接続されている。絶縁接続部42において、たとえば、地中ケーブル10A1, 10A2の導体71同士の接続部分において地中ケーブル10A1, 10A2の遮蔽層75が露出し、地中ケーブル10B1, 10B2の導体71同士の接続部分において地中ケーブル10B1, 10B2の遮蔽層75が露出し、地中ケーブル10C1, 10C2の導体71同士の接続部分において地中ケーブル10C1, 10C2の遮蔽層75が露出し、露出部分に端子81等がそれぞれ設けられる。

[0042] 絶縁接続部42では、たとえば、地中ケーブル10A1における端子81と地中ケーブル10B2における端子81とをワイヤ12を用いて結線する

ことにより、地中ケーブル１０Ａ１の遮蔽層７５および地中ケーブル１０Ｂ２の遮蔽層７５が接続され、地中ケーブル１０Ｂ１における端子８１と地中ケーブル１０Ｃ２における端子８１とをワイヤ１２を用いて結線することにより、地中ケーブル１０Ｂ１の遮蔽層７５および地中ケーブル１０Ｃ２の遮蔽層７５が接続され、上記地中ケーブル１０Ｃ１における端子８１と地中ケーブル１０Ａ２における端子８１とをワイヤ１２を用いて結線することにより、地中ケーブル１０Ｃ１の遮蔽層７５および地中ケーブル１０Ａ２の遮蔽層７５が接続される。

[0043] このように、送電システム５０２では、絶縁接続部４２において、地中ケーブル１０がクロスボンド接続されてもよい。

[0044] [部分放電検出装置]

図６は、本発明の第１の実施の形態に係る部分放電検出システムの構成を示す図である。図６では、説明を容易にするために、地中ケーブル１０のうち地中ケーブル１０Ａを主に示している。以下で説明する内容は、地中ケーブル１０Ｂおよび地中ケーブル１０Ｃについても同様である。

[0045] 図６を参照して、部分放電検出システム５０１は、部分放電検出装置５００Ａ、５００Ｂを備える。部分放電検出装置５００Ａ、５００Ｂは、地中ケーブル１０を備える電力系統に用いられる。以下、部分放電検出装置５００Ａ、５００Ｂの各々を部分放電検出装置５００とも称する。

[0046] 部分放電検出装置５００は、たとえば絶縁接続部４２に対応して設けられる。図６に示す例では、部分放電検出装置５００Ａは、絶縁接続部４２Ａに対応して設けられており、部分放電検出装置５００Ｂは、絶縁接続部４２Ｂに対応して設けられている。

[0047] 部分放電検出装置５００Ａ、５００Ｂは、地中ケーブル１０の部分放電を検出する。

[0048] たとえば、地中ケーブル１０Ａには電源コイルが取り付けられる。電源コイルには、地中ケーブル１０の導体７１を通して流れる電流による誘導電流が流れる。これにより、電源コイルは、電流を取り出すことができる。部分

放電検出装置 500 は、たとえば電源コイルによって得られた電力により動作する。

[0049] [部分放電検出装置の構成]

図 7 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る部分放電検出装置の構成を示す図である。

[0050] 図 7 を参照して、部分放電検出装置 500 は、信号検出部 120 と、放電検出部 300 とを備える。

[0051] 信号検出部 120 は、地中ケーブル 10 の遮蔽層 75 を通して流れる電流の変化を検出信号として検出する。より詳細には、信号検出部 120 は、地中ケーブル 10 の遮蔽層 75 を通して流れる電流の誘導電流を検出する。

[0052] [信号検出部]

信号検出部 120 は、カレントトランス (CT) 100 と、信号出力部 110 とを含む。信号検出部 120 は、たとえば、地中ケーブル 10 の接続部である絶縁接続部 42 において誘導電流を検出する。

[0053] 図 8 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る部分放電検出装置における CT の構成を示す図である。

[0054] 図 8 を参照して、CT 100 は、リングコア 101 と、巻線 102 とを含む。リングコア 101 には、巻線 102 が巻かれている。巻線 102 は、信号出力部 110 に接続されている。

[0055] CT 100 は、たとえば、導電ケーブル 53 がリングコア 101 を貫通するように取り付けられる。導電ケーブル 53 は、たとえばワイヤ 12 である。

[0056] より詳細には、再び図 4 および図 6 を参照して、絶縁接続部 42 における部分放電検出装置 500A, 500B の CT 100 は、地中ケーブル 10A 1 の遮蔽層 75 および地中ケーブル 10A 2 の遮蔽層 75 を接続するワイヤ 12 がリングコア 101 を貫通するように取り付けられる。

[0057] 遮蔽層 75 および導電ケーブル 53 を通して電流が流れると、誘導結合により、巻線 102 を通して誘導電流が流れる。放電検出部 300 は、信号出

力部 110 を介して、巻線 102 を通して流れる誘導電流に応じたアナログ信号である検出信号を受ける。

[0058] なお、信号検出部 120 は、CT 100 の代わりにアンテナを含み、地中ケーブル 10 における部分放電発生時に放出される電磁波を検出する構成であってもよい。当該アンテナは、たとえば 30MHz ~ 300MHz の VHF 帯または 300MHz ~ 1GHz の UHF 帯を受信帯域とするアンテナであり、信号出力部 110 に接続され、地中ケーブル 10 の遮蔽層 75 を通して流れる電流の変化に基づく電磁波を受信する。

[0059] 放電検出部 300 は、信号出力部 110 を介して、当該アンテナにおいて受信された電磁波に応じたアナログ信号である検出信号を受ける。

[0060] [部分放電検出装置の他の例]

図 9 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る部分放電検出装置の構成の他の例を示す図である。

[0061] 図 9 を参照して、部分放電検出装置 511 は、信号検出部 121 と、放電検出部 300 とを備える。

[0062] 信号検出部 121 は、地中ケーブル 10 の遮蔽層 75 の電位の変化を検出信号として検出する。

[0063] より詳細には、信号検出部 121 は、金属箔電極 105, 106 と、信号出力部 111 とを含む。信号検出部 121 は、たとえば、地中ケーブル 10 の接続部である絶縁接続部 42 において遮蔽層 75 と静電結合する。

[0064] 図 10 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る部分放電検出装置における金属箔電極の取り付け例を示す図である。

[0065] 図 9 および図 10 を参照して、金属箔電極 105, 106 は、信号出力部 111 に接続されている。

[0066] 金属箔電極 105, 106 は、たとえば、絶縁接続部 42 における絶縁筒 77 を介して互いに反対側において、地中ケーブル 10 のシース 76 の表面に貼り付けられる。より詳細には、たとえば地中ケーブル 10A1, 10A2 が接続される絶縁接続部 42 において、金属箔電極 105 は、地中ケーブ

ル 10A1 のシース 76 の表面に貼り付けられ、金属箔電極 106 は、地中ケーブル 10A2 のシース 76 の表面に貼り付けられる。

[0067] なお、金属箔電極 105, 106 は、地中ケーブル 10A2 のシース 76 の外周を覆うように貼り付けられてもよい。また、各金属箔電極が貼り付けられる位置および金属箔電極の個数は限定されず、3つ以上の金属箔電極が貼り付けられてもよい。

[0068] 遮蔽層 75 および導電ケーブル 53 を通して電流が流れると、誘導結合により、金属箔電極 105, 106 を通して誘導電流が流れる。信号検出部 121 は、金属箔電極 105, 106 を通して流れる誘導電流を検出する。放電検出部 300 は、信号出力部 111 を介して、当該誘導電流に基づく、遮蔽層 75 の電位の変化に応じたアナログ信号である検出信号を受ける。

[0069] [放電検出部]

放電検出部 300 は、信号検出部 120 または 121 により検出された検出信号に基づいて、地中ケーブル 10 における部分放電を検出する。より詳細には、放電検出部 300 は、信号検出部 120 または 121 により検出された誘導電流に基づいて、地中ケーブル 10 における部分放電を検出する。

[0070] 図 11 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る部分放電検出装置における放電検出部の構成を示す図である。

[0071] 図 11 を参照して、放電検出部 300 は、HPF 301 と、LNA (Low Noise Amplifier) 302 と、ADC (Analog Digital Converter) 303 と、FFT 処理部 304 と、フィルタ処理部 310 と、AGC (Automatic Gain Control) アンプ 305 と、ADC 306 と、検出部 320 と、スイッチ制御部 330 と、記憶部 340 とを含む。

[0072] フィルタ処理部 310 は、アナログスイッチ 311 と、BPF 312A, 312B, 312C とを有する。以下、BPF 312A, 312B, 312C の各々を BPF 312 とも称する。

[0073] HPF 301 は、信号出力部 110 または 111 を介して受けたアナログ

信号の周波数成分のうち、所定の周波数以下の成分を減衰させた信号を L N A 3 0 2 へ出力する。信号出力部 1 1 0 または 1 1 1 を介して受けたアナログ信号には、地中ケーブル 1 0 等の伝送経路において重畳されるたとえば 1 . 6 M H z 未満の帯域のノイズが多く含まれている。H P F 3 0 1 は、たとえば 1 . 6 M H z 未満の周波数成分を減衰させることにより、信号出力部 1 1 0 または 1 1 1 を介して受けたアナログ信号に含まれるノイズを除去する。

[0074] L N A 3 0 2 は、H P F 3 0 1 から受けたアナログ信号を所定のゲインで増幅し、増幅したアナログ信号を A D C 3 0 3 およびフィルタ処理部 3 1 0 へ出力する。

[0075] A D C 3 0 3 は、L N A 3 0 2 から受けたアナログ信号をデジタル信号に変換して F F T 処理部 3 0 4 へ出力する。

[0076] F F T 処理部 3 0 4 は、A D C 3 0 3 から受けたデジタル信号に対して F F T 等の信号処理を行い、処理後のデジタル信号を検出部 3 2 0 へ出力する。

[0077] 検出部 3 2 0 は、F F T 処理部 3 0 4 から受けたデジタル信号に基づいて、H P F 3 0 1 が出力するアナログ信号の周波数スペクトルを生成し、生成した周波数スペクトルをスイッチ制御部 3 3 0 へ出力する。

[0078] スイッチ制御部 3 3 0 は、検出部 3 2 0 から受けた周波数スペクトルに基づいてスイッチ制御信号を生成し、生成したスイッチ制御信号をアナログスイッチ 3 1 1 へ出力することにより、アナログスイッチ 3 1 1 を切り替える。

[0079] アナログスイッチ 3 1 1 は、スイッチ制御部 3 3 0 から受けたスイッチ制御信号に応じて、L N A 3 0 2 から受けたアナログ信号の出力先の B P F 3 1 2 を切り替える。

[0080] 3 つの B P F 3 1 2 の通過帯域は、それぞれ異なる。たとえば、B P F 3 1 2 A の通過帯域は 5 M H z 以上 1 0 M H z 未満であり、B P F 3 1 2 B の通過帯域は 1 0 M H z 以上 1 5 M H z 未満であり、B P F 3 1 2 C の通過帯

域は15MHz以上20MHz未満である。

- [0081] スイッチ制御部330は、3つのBPF312の中から、アナログスイッチ311によるアナログ信号の出力先とすべき1つのBPF312を選択する。より詳細には、スイッチ制御部330は、3つのBPF312の各々の通過帯域のうち、LNA302から出力されるアナログ信号においてノイズ成分が最も少ない通過帯域を判断し、当該通過帯域に対応するBPF312を選択する。
- [0082] たとえば、スイッチ制御部330は、信号検出部120または121によって検出された検出信号に基づいて、複数のBPF312の中からいずれか1つのBPF312を選択する。より詳細には、スイッチ制御部330は、検出部320から受けた周波数スペクトルに基づいて、3つのBPF312の各々の通過帯域のうち、LNA302から出力されるアナログ信号の信号レベルが最も低い通過帯域に対応するBPF312を選択する。
- [0083] ここで、部分放電による電流波形はインパルス波形である。上記周波数スペクトルにおけるインパルス波形の成分は、各BPF312の通過帯域において等しく広がっているため、インパルス波形の成分によって生じる各通過帯域におけるスペクトルレベルの差は無視できるほど小さい。したがって、上記周波数スペクトルに基づいて、3つのBPF312の各々の通過帯域のうち、LNA302から出力されるアナログ信号の信号レベルが最も低い通過帯域を、ノイズ成分が最も少ない通過帯域とみなすことができる。
- [0084] スイッチ制御部330は、スイッチ制御信号をアナログスイッチ311へ出力することにより、アナログスイッチ311によるアナログ信号の出力先を、選択したBPF312に切り替える。スイッチ制御部330は、選択したBPF312を示す選択情報を検出部320へ出力する。
- [0085] たとえば、スイッチ制御部330は、定期的または不定期に、検出部320から受けた周波数スペクトルに基づいてBPF312を選択し、選択結果に応じてアナログスイッチ311を切り替える。
- [0086] なお、スイッチ制御部330は、検出部320から受けた周波数スペクトル

ルに基づいてアナログスイッチ 311 を切り替える構成に限らず、検出部 320 が ADC 306 から受けるデジタル信号を定期的または不定期に監視し、デジタル信号の値すなわちデジタル信号に含まれるノイズ成分の量の変化に基づいてアナログスイッチ 311 を切り替える構成であってもよい。

[0087] BPF 312 は、信号検出部 120 または 121 によって検出された検出信号である、巻線 102 を通して流れる誘導電流、または金属箔電極 105、106 を通して流れる誘導電流に応じたアナログ信号を受ける。より詳細には、BPF 312 は、HPF 301、LNA 302 およびアナログスイッチ 311 経由で当該アナログ信号を受ける。BPF 312 は、アナログスイッチ 311 から受けたアナログ信号の周波数成分のうち、自己の通過帯域外の成分を減衰させたアナログ信号を AGC アンプ 305 へ出力する。

[0088] AGC アンプ 305 は、ADC 306 へのアナログ信号の出力レベルが一定となるように、BPF 312 から受けた信号を増幅して ADC 306 へ出力する。

[0089] ADC 306 は、AGC アンプ 305 から受けたアナログ信号をデジタル信号に変換して検出部 320 へ出力する。

[0090] 検出部 320 は、3つの BPF 312 のうちの少なくともいずれか 1つの BPF 312 の出力信号と、対応の当該 BPF 312 の物性に関する特性データとに基づいて、地中ケーブル 10 における部分放電を検出する。より詳細には、検出部 320 は、スイッチ制御部 330 が選択した BPF 312 の出力信号と、当該 BPF 312 の物性に関する特性データとに基づいて、地中ケーブル 10 における部分放電を検出する。

[0091] たとえば、検出部 320 は、選択した BPF 312 が出力したアナログ信号を増幅およびデジタル変換したデジタル信号 S を ADC 306 から受けて、受けたデジタル信号 S と当該 BPF 312 の特性データとを用いた演算を行うことにより、地中ケーブル 10 における部分放電を検出する。

[0092] 記憶部 340 は、3つの BPF 312 の特性に関する特性データをそれぞれ記憶する。より詳細には、記憶部 340 は、上記特性データとして、3つ

のBPF312のパルス応答特性たとえばインパルス応答波形Impをそれぞれ記憶する。

[0093] 検出部320は、スイッチ制御部330から受けた選択情報の示すBPF312のインパルス応答波形Impを記憶部340から取得し、取得したインパルス応答波形ImpとADC306から受けたデジタル信号Sとを用いた演算を行うことにより、地中ケーブル10における部分放電を検出する。

[0094] FFT処理部304、検出部320およびスイッチ制御部330の一部または全部は、たとえば、CPU (Central Processing Unit) およびDSP (Digital Signal Processor) 等のプロセッサをソフトウェアで動作させることにより実現される。また、FFT処理部304、検出部320およびスイッチ制御部330の各々の機能の一部または全部は、たとえば、CPUおよびDSP等のプロセッサをソフトウェアで動作させることにより実現される。

[0095] 図12は、本発明の第1の実施の形態に係る放電検出部におけるBPFのインパルス応答波形の一例を示す図である。

[0096] 図12を参照して、BPF312のインパルス応答波形Impは、時刻t0から時刻taまでの期間T1におけるサンプル数がKのデジタル信号として記憶部340に保存されている。たとえば、インパルス応答波形Impは、1つ以上の極大値と1つ以上の極小値とを有する波形である。

[0097] 検出部320は、以下の式(1)に従って、時刻tから時刻t+T1までの期間T1におけるデジタル信号Sに含まれるK個のサンプリング値のうちのX番目の値と、インパルス応答波形ImpのX番目の値とを乗算し、サンプリング値ごとの乗算により得られたK個の値を加算することにより演算値Y(t)を算出する。

[数1]

$$Y(t) = \sum_{X=0}^{T1} Imp(X) \times S(t+X) \cdots (1)$$

[0098] 式(1)において、 $S(t)$ は時刻 t におけるデジタル信号 S の値である。

[0099] 図13は、本発明の第1の実施の形態に係る部分放電検出装置における放電検出部による演算結果を示す図である。図13において、縦軸は電圧を示し、横軸は時間を示す。

[0100] 図13を参照して、検出部320は、期間 T_1 の開始時刻をデジタル信号 S の1サンプル分ずつシフトさせることにより、各開始時刻に対応する演算値 $Y(t)$ を算出する。検出部320は、ADC306からデジタル信号 S を1サンプル分受けるたびに、デジタル信号 S とインパルス応答波形 Imp とを乗算することにより演算値 $Y(t)$ を算出してもよいし、ADC306から受けたデジタル信号 S の所定数たとえば K 個のサンプリング値を蓄積し、蓄積した各サンプリング値とインパルス応答波形 Imp とを乗算することにより演算値 $Y(t)$ を算出してもよい。

[0101] たとえば、時刻 t_k から時刻 $t_k + T_1$ までの期間 T_1 におけるデジタル信号 S にインパルス波形が含まれていない場合、演算値 $Y(t_k)$ はゼロに近い値となる。一方で、時刻 t_m から時刻 $t_m + T_1$ までの期間 T_1 におけるデジタル信号 S にインパルス波形が含まれている場合、演算値 $Y(t_m)$ はある程度大きな値となる。

[0102] 検出部320は、算出した演算値 $Y(t)$ に基づいて、部分放電を検出する。たとえば、記憶部340は、部分放電の検出に用いる演算値 $Y(t)$ のしきい値 ThA を記憶している。検出部320は、演算値 $Y(t)$ としきい値 ThA とを比較し、演算値 $Y(t)$ がしきい値 ThA 以上である場合、部分放電が発生していると判断する。

[0103] 検出部320は、部分放電によるインパルス信号のレベルを算出する。より詳細には、たとえば、記憶部340は、LNA302のゲイン、およびBPF312のインパルス応答特性の入出力比を記憶している。検出部320は、AGCアンプ305のゲインがモニタ可能である場合、記憶部340からLNA302のゲインおよび選択したBPF312のインパルス応答特性

の入出力比を取得し、LNA302のゲイン、AGCアンプ305のゲイン、選択したBPF312のインパルス応答特性の入出力比、および演算値 $Y(t)$ に基づいて、部分放電によるインパルス信号のレベルを算出する。

[0104] また、検出部320は、地中ケーブル10の導体71に印加されている高圧電圧における、部分放電によるインパルス信号の位相（以下、インパルス位相とも称する。）を算出する。より詳細には、検出部320は、たとえば、地中ケーブル10に取り付けられた上述したような電源コイルを介して、導体71を通して流れる電流による誘導電流の50Hzまたは60Hzの波形を検出する。検出部320は、検出した波形に基づいて、導体71に印加されている高圧電圧の波形のゼロクロス点を検出する。

[0105] 検出部320は、検出したゼロクロス点および部分放電によるインパルス信号の発生タイミングに基づいて、インパルス位相を算出する。なお、検出部320は、導体71に印加されている高圧電圧に関する情報たとえば上記ゼロクロス情報を、外部装置である中央監視装置との通信により取得する構成であってもよい。

[0106] 検出部320は、検出した部分放電によるインパルス信号のレベル、およびインパルス位相等を含む部分放電情報を作成し、作成した部分放電情報を記憶部340に保存する。検出部320は、記憶部340に保存した部分放電情報に基づいて、たとえば機械学習の手法を用いてしきい値 ThA を更新する。

[0107] [変形例1]

図14は、本発明の第1の実施の形態に係る部分放電検出装置の変形例1における放電検出部の構成を示す図である。

[0108] 図14を参照して、変形例1に係る放電検出部300Aは、図11に示す放電検出部300と比べて、ADC303を含まず、フィルタ処理部310がLPF313を有する。より詳細には、放電検出部300Aは、HPF301と、LNA302と、FFT処理部304と、フィルタ処理部310と、AGCアンプ305と、ADC306と、検出部320と、スイッチ制御

部 330 と、記憶部 340 とを含む。以下で説明する内容以外は図 11 に示す放電検出部 300 と同様である。

[0109] フィルタ処理部 310 は、アナログスイッチ 311 と、BPF 312A, 312B, 312C と、ローパスフィルタ (LPF) 313 とを有する。LPF 313 のカットオフ周波数は、たとえば、ADC 306 のサンプリング周波数の $1/2$ 以下の周波数である。

[0110] スイッチ制御部 330 は、定期的または不定期に、アナログスイッチ 311 によるアナログ信号の出力先とすべきフィルタとして LPF 313 を選択し、アナログスイッチ 311 によるアナログ信号の出力先を LPF 313 に切り替える。

[0111] LPF 313 は、アナログスイッチ 311 から受けたアナログ信号の周波数成分のうち、所定の周波数以上の成分を減衰させたアナログ信号を AGC アンプ 305 へ出力する。

[0112] AGC アンプ 305 は、ADC 306 へのアナログ信号の出力レベルが一定となるように、LPF 313 から受けた信号を増幅して ADC 306 へ出力する。

[0113] ADC 306 は、AGC アンプ 305 から受けたアナログ信号をデジタル信号に変換して FFT 処理部 304 へ出力する。

[0114] FFT 処理部 304 は、ADC 306 から受けたデジタル信号に対して FFT 等の信号処理を行い、処理後のデジタル信号を検出部 320 へ出力する。

[0115] 検出部 320 は、FFT 処理部 304 から受けたデジタル信号に基づいて、LPF 313 が出力するアナログ信号の周波数スペクトルを生成し、生成した周波数スペクトルをスイッチ制御部 330 へ出力する。

[0116] スイッチ制御部 330 は、検出部 320 から受けた周波数スペクトルに基づいて、3つの BPF 312 の中から、アナログスイッチ 311 によるアナログ信号の出力先とすべき 1つの BPF 312 を選択する。スイッチ制御部 330 は、スイッチ制御信号をアナログスイッチ 311 へ出力することによ

り、アナログスイッチ 311 によるアナログ信号の出力先を、選択した BPF 312 に切り替える。スイッチ制御部 330 は、LPF 313 を選択したことを示す選択情報を検出部 320 へ出力する。

[0117] [変形例 2]

部分放電検出装置 500 または 511 は、CT 100 または金属箔電極 105, 106 を用いて得られた電力により動作する構成であってもよい。

[0118] たとえば、部分放電検出装置 500 または 511 は、地中ケーブル 10 の遮蔽層 75 を通して流れる電流の誘導電流を用いて動作する。

[0119] より詳細には、地中ケーブル 10 の遮蔽層 75 には、地中ケーブル 10 の導体 71 を通して流れる送電用の電流の影響による誘導電流であるシース電流が流れている。

[0120] 部分放電検出システム 501 では、地中ケーブル 10 において CT 100 または金属箔電極 105, 106 を設ける構成により、地中ケーブル 10 の遮蔽層 75 を通して流れるシース電流を取り出すことができる。

[0121] 部分放電検出装置 500 または 511 は、たとえば 60 Hz 以下の周波数の電流を通過させるフィルタを備える。部分放電検出装置 500 または 511 は、取り出した各シース電流から、フィルタを用いて 50 Hz または 60 Hz の低周波電流を取り出す。

[0122] そして、部分放電検出装置 500 または 511 は、取り出した各低周波電流を整流して合成することにより、部分放電検出装置 500 または 511 を動作させるのに十分な電源電流を生成する。部分放電検出装置 500 または 511 は、生成した電源電流により動作する。

[0123] なお、本発明の第 1 の実施の形態に係る部分放電検出装置では、放電検出部 300 におけるフィルタ処理部 310 は 3 つの BPF 312 を有する構成であるとしたが、これに限定するものではない。フィルタ処理部 310 は、2 つ以下の BPF 312 を有する構成であってもよいし、4 つ以上の BPF 312 を有する構成であってもよい。

[0124] また、本発明の第 1 の実施の形態に係る部分放電検出装置では、放電検出

部 300 において、記憶部 340 が、BPF 312 の特性データとしてインパルス応答波形 I_{mp} を記憶しており、検出部 320 が、デジタル信号 S と記憶部 340 における当該インパルス応答波形 I_{mp} とを乗算することにより演算値 $Y(t)$ を算出する構成であるとしたが、これに限定するものではなく、以下のような構成であってもよい。すなわち、記憶部 340 は、BPF 312 の通過帯域に含まれる周波数の正弦波の波形を記憶している。検出部 320 は、デジタル信号 S と記憶部 340 における当該正弦波の波形とを乗算することにより演算値 $Y(t)$ を算出する。

[0125] また、以下のような構成であってもよい。すなわち、放電検出部 300 において、記憶部 340 は、BPF 312 の特性データとしてパルス応答特性以外の特性データを記憶している。検出部 320 は、デジタル信号 S と記憶部 340 における当該特性データとに基づいて部分放電を検出する。

[0126] また、本発明の第 1 の実施の形態に係る部分放電検出装置では、信号検出部 120 または 121 は、絶縁接続部 42 などの地中ケーブル 10 の接続部において誘導電流を検出する構成であるとしたが、これに限定するものではない。信号検出部 120 または 121 は、地中ケーブル 10 における接続部以外の部分において誘導電流を検出する構成であってもよい。

[0127] また、本発明の第 1 の実施の形態に係る部分放電検出装置では、放電検出部 300 は、AGC アンプ 305 を含む構成であるとしたが、これに限定するものではない。放電検出部 300 は、AGC アンプ 305 に代えて、自動利得制御機能を有しない通常のアンプを含む構成であってもよい。

[0128] また、放電検出部 300 は、AGC アンプ 305 に代えて、外部からゲインを調整可能なアンプを含む構成であってもよい。この場合、たとえば、検出部 320 は、所定期間たとえば導体 71 に印加されている高圧電圧の数周期分の期間におけるデジタル信号 S の最大値に応じてゲイン制御信号を生成し、生成したゲイン制御信号を上記アンプへ出力することにより、上記アンプのゲインを調整する。

[0129] また、本発明の第 1 の実施の形態に係る部分放電検出装置では、放電検出

部 300 において、スイッチ制御部 330 が、3つの BPF 312 の中から、アナログスイッチ 311 によるアナログ信号の出力先とすべき 1つの BPF 312 を選択し、検出部 320 が、選択された BPF 312 の出力すなわち ADC 306 を介して受けたデジタル信号 S と対応のインパルス応答波形 I_{mp} とを用いた演算により、部分放電を検出する構成であるとしたが、これに限定するものではなく、以下のような構成であってもよい。すなわち、スイッチ制御部 330 が、アナログスイッチ 311 によるアナログ信号の出力先とすべき 2つ以上の BPF 312 を選択する。検出部 320 が、選択された BPF 312 ごとに、デジタル信号 S と対応のインパルス応答波形 I_{mp} とを用いた演算を行い、それぞれの演算結果に基づいて部分放電を検出する。

[0130] また、本発明の第 1 の実施の形態に係る部分放電検出装置では、信号検出部 120 が、CT 100 を介して、地中ケーブル 10 の遮蔽層 75 を通して流れる電流の誘導電流を検出し、放電検出部 300 が、信号検出部 120 により検出された誘導電流に基づいて、地中ケーブル 10 における部分放電を検出する構成であるとしたが、これに限定するものではなく、以下のような構成であってもよい。すなわち、信号検出部 120 は、CT 100 とは異なる他の電流センサを介して、遮蔽層 75 を通して流れる電流の変化を検出信号として検出する。放電検出部 300 が、信号検出部 120 により検出された検出信号に基づいて、地中ケーブル 10 における部分放電を検出する。

[0131] ところで、地中ケーブルにおける部分放電をより正確に検出することが可能な技術が望まれる。

[0132] これに対して、本発明の第 1 の実施の形態に係る部分放電検出装置は、地中ケーブル 10 を備える電力系統に用いられる。信号検出部 120 または 121 は、地中ケーブル 10 の遮蔽層を通して流れる電流の変化、または遮蔽層 75 の電位の変化を検出信号として検出する。放電検出部 300 は、信号検出部 120 または 121 によって検出された検出信号に基づいて、地中ケーブル 10 における部分放電を検出する。放電検出部 300 は、検出信号を

受けるBPF312と、BPF312の特性データを記憶する記憶部340とを含む。放電検出部300は、BPF312の出力信号と、記憶部340における特性データとに基づいて、部分放電を検出する。

[0133] このように、遮蔽層75を通して流れる電流に基づくアナログ信号を受けるBPF312の出力信号と、BPF312の特性データとに基づいて部分放電を検出する構成により、当該アナログ信号における、当該特性データに応じた波形の有無を検知することができる。これにより、たとえば、遮蔽層75を通して流れる電流に含まれるノイズ成分の影響を低減しながら、部分放電による電流波形を検知することができる。

[0134] したがって、本発明の第1の実施の形態に係る部分放電検出装置では、地中ケーブル10における部分放電をより正確に検出することができる。また、一般的に、部分放電によるインパルス信号をデジタル信号処理によって検出するためには、たとえば数GHzのサンプリング周波数での高速サンプリングが可能なADCが必要となる。これに対して、上記アナログ信号を、BPF312を介して解析する構成により、BPF312の通過帯域に対応した比較的低速なADCを使用可能となり、製造コストを低減することができる。

[0135] また、本発明の第1の実施の形態に係る部分放電検出装置では、記憶部340は、特性データとして、BPF312のパルス応答特性を記憶する。

[0136] このような構成により、部分放電によって多く発生するパルス状の電流波形を良好に検知可能な検出装置を実現することができる。

[0137] また、本発明の第1の実施の形態に係る部分放電検出装置では、放電検出部300は、通過帯域が互いに異なる複数のBPF312を含む。記憶部340は、複数のBPF312の各々の特性データを記憶している。放電検出部300は、少なくともいずれか1つのBPF312の出力信号と、対応の特性データとに基づいて部分放電を検出する。

[0138] このような構成により、たとえば地中ケーブル10の敷設環境に応じた適切なBPF312を選択して部分放電を検出することができる。これにより

、多様な環境下において部分放電をより正確に検出することができる。

[0139] また、本発明の第１の実施の形態に係る部分放電検出装置では、放電検出部３００は、信号検出部１２０または１２１によって検出された検出信号に基づいて複数のＢＰＦ３１２の中からいずれか１つのＢＰＦ３１２を選択し、選択したＢＰＦ３１２の出力信号と、対応の特性データとに基づいて部分放電を検出する。

[0140] このような構成により、たとえば、複数のＢＰＦ３１２の各々の通過帯域のうち、遮蔽層７５を通して流れる電流においてノイズ成分が最も少ない通過帯域を有するＢＰＦ３１２を選択することにより、部分放電をより正確に検出することができる。

[0141] 次に、本発明の他の実施の形態について図面を用いて説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。

[0142] ＜第２の実施の形態＞

本実施の形態は、第１の実施の形態に係る部分放電検出装置と比べて、アナログフィルタの代わりにデジタルフィルタを用いる部分放電検出装置に関する。以下で説明する内容以外は第１の実施の形態に係る部分放電検出装置と同様である。

[0143] 図１５は、本発明の第２の実施の形態に係る部分放電検出装置における放電検出部の構成を示す図である。

[0144] 図１５を参照して、放電検出部４００は、ＨＰＦ３０１と、ＬＮＡ３０２と、ＡＤＣ３０３と、ＦＦＴ処理部３０４と、フィルタ処理部４１０と、検出部３２０と、スイッチ制御部３３０と、記憶部３４０とを含む。

[0145] フィルタ処理部４１０は、スイッチ４１１と、デジタルフィルタであるＢＰＦ４１２Ａ、４１２Ｂ、４１２Ｃとを有する。以下、ＢＰＦ４１２Ａ、４１２Ｂ、４１２Ｃの各々をＢＰＦ４１２とも称する。

[0146] ＦＦＴ処理部３０４、検出部３２０、スイッチ制御部３３０およびフィルタ処理部４１０の一部または全部は、たとえば、ＣＰＵおよびＤＳＰ等のプロセッサをソフトウェアで動作させることにより実現される。また、ＦＦＴ

処理部 304、検出部 320、スイッチ制御部 330 およびフィルタ処理部 410 の各々の機能の一部または全部は、たとえば、CPU および DSP 等のプロセッサをソフトウェアで動作させることにより実現される。

[0147] HPF 301 は、信号出力部 110 または 111 を介して受けたアナログ信号の周波数成分のうち、所定の周波数以下の成分を減衰させた信号を LNA 302 へ出力する。

[0148] LNA 302 は、HPF 301 から受けたアナログ信号を所定のゲインで増幅し、増幅したアナログ信号を ADC 303 へ出力する。

[0149] ADC 303 は、LNA 302 から受けたアナログ信号をデジタル信号に変換して FFT 処理部 304 および BPF 412 へ出力する。

[0150] FFT 処理部 304 は、ADC 303 から受けたデジタル信号に対して FFT 等の信号処理を行い、処理後のデジタル信号を検出部 320 へ出力する。

[0151] 検出部 320 は、FFT 処理部 304 から受けたデジタル信号に基づいて、HPF 301 が出力するアナログ信号の周波数スペクトルを生成し、生成した周波数スペクトルをスイッチ制御部 330 へ出力する。

[0152] 3つの BPF 412 の通過帯域は、それぞれ異なる。たとえば、BPF 412 A の通過帯域は 5 MHz 以上 10 MHz 未満であり、BPF 412 B の通過帯域は 10 MHz 以上 15 MHz 未満であり、BPF 412 C の通過帯域は 15 MHz 以上 20 MHz 未満である。

[0153] BPF 412 は、ADC 303 から受けたデジタル信号の周波数成分のうち、自己の通過帯域外の成分を減衰させたデジタル信号をスイッチ 411 へ出力する。

[0154] スイッチ制御部 330 は、検出部 320 から受けた周波数スペクトルに基づいてスイッチ制御信号を生成し、生成したスイッチ制御信号をスイッチ 411 へ出力することにより、スイッチ 411 を切り替える。

[0155] スイッチ 411 は、BPF 412 から受けたデジタル信号を選択的に検出部 320 へ出力する。より詳細には、スイッチ 411 は、スイッチ制御部 3

30から受けたスイッチ制御信号に応じて、BPF412Aから受けたデジタル信号を検出部320へ出力するか、BPF412Bから受けたデジタル信号を検出部320へ出力するか、またはBPF412Cから受けたデジタル信号を検出部320へ出力するかを切り替える。

[0156] スイッチ制御部330は、3つのBPF412の中から、スイッチ411を介して検出部320へデジタル信号を出力する1つのBPF412を選択する。より詳細には、スイッチ制御部330は、3つのBPF412の各々の通過帯域のうち、ADC303から出力されるデジタル信号においてノイズ成分が最も少ない通過帯域を判断し、当該通過帯域に対応するBPF412を選択する。

[0157] たとえば、スイッチ制御部330は、検出部320から受けた周波数スペクトルに基づいて、3つのBPF412の各々の通過帯域のうち、ADC303から出力されるデジタル信号の値が最も小さい通過帯域に対応するBPF412を選択する。

[0158] ここで、部分放電による電流波形はインパルス波形である。上記周波数スペクトルにおけるインパルス波形の成分は、各BPF412の通過帯域において等しく広がっているため、インパルス波形の成分によって生じる各通過帯域におけるスペクトルレベルの差は無視できるほど小さい。したがって、上記周波数スペクトルに基づいて、3つのBPF412の各々の通過帯域のうち、ADC303から出力されるデジタル信号の値が最も小さい通過帯域を、ノイズ成分が最も少ない通過帯域とみなすことができる。

[0159] スイッチ制御部330は、スイッチ制御信号をスイッチ411へ出力することにより、スイッチ411を介して検出部320へデジタル信号を出力するBPF412を、選択したBPF412に切り替える。

[0160] たとえば、スイッチ制御部330は、定期的または不定期に、検出部320から受けた周波数スペクトルに基づいてBPF412を選択し、選択結果に応じてスイッチ411を切り替える。

[0161] なお、スイッチ制御部330は、検出部320から受けた周波数スペクト

ルに基づいてスイッチ411を切り替える構成に限らず、検出部320がスイッチ411から受けるデジタル信号を定期的または不定期に監視し、デジタル信号の値すなわちデジタル信号に含まれるノイズ成分の量の変化に基づいてスイッチ411を切り替える構成であってもよい。

[0162] 検出部320は、スイッチ411の出力信号と、スイッチ制御部330が選択したBPF412の物性に関する特性データとに基づいて、地中ケーブル10における部分放電を検出する。検出部320による部分放電の検出方法の詳細は、第1の実施の形態で説明した内容と同様である。

[0163] また、スイッチ制御部330およびスイッチ411に代えて、BPF412の検出部320への出力を制御するBPF制御部を用いてもよい。すなわち、BPF制御部は、検出部320から受けた周波数スペクトルに基づいて、ADC303から出力されるデジタル信号の値が最も小さい通過帯域に対応するBPF412を選択する。BPF制御部は、各BPF412へ制御信号を出力することにより、選択したBPF412に検出部320へのデジタル信号の出力を開始させ、他のBPF412に検出部320へのデジタル信号の出力を停止させる。

[0164] また、検出部320は、スイッチ411の出力信号とBPF412の物性に関する特性データとに基づいて、地中ケーブル10における部分放電を検出する構成であるとしたが、これに限定するものではない。検出部320は、たとえば、作成した周波数スペクトルの一部を抽出し、抽出したスペクトルと、当該スペクトルの周波数帯域の物性に関する特性データとに基づいて、地中ケーブル10における部分放電を検出する構成であってもよい。

[0165] その他の構成および動作は第1の実施の形態に係る部分放電検出装置と同様であるため、ここでは詳細な説明を繰り返さない。

[0166] 本発明の第2の実施の形態に係る部分放電検出装置では、各ユニットの一部または全部のソフトウェア処理に用いるプロセッサを共通化することができるため、コストを低減することができる。

[0167] 上記実施の形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考

えられるべきである。本発明の範囲は、上記説明ではなく請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

[0168] 以上の説明は、以下に付記する特徴を含む。

[付記 1]

電力を伝送する線状の導体と、前記導体の周囲を覆う絶縁層と、前記絶縁層の周囲を覆う導体である遮蔽層とを有する地中ケーブルにおける部分放電を検出する部分放電検出装置であって、

前記地中ケーブルの遮蔽層を通して流れる電流の変化、または前記遮蔽層の電位の変化を検出信号として検出する信号検出部と、

前記信号検出部によって検出された前記検出信号に基づいて、前記地中ケーブルにおける部分放電を検出する放電検出部とを備え、

前記放電検出部は、

前記検出信号を受けるバンドパスフィルタと、

前記バンドパスフィルタのインパルス応答波形を記憶する記憶部とを含み、

前記放電検出部は、前記バンドパスフィルタの出力信号と、前記記憶部における前記インパルス応答波形とに基づいて、前記部分放電を検出する、部分放電検出装置。

符号の説明

- [0169]
- | | |
|----------|--------|
| 1 0 | 地中ケーブル |
| 1 1 | ケーブル端末 |
| 1 2 | ワイヤ |
| 1 3, 1 5 | 接地ノード |
| 3 1 | マンホール |
| 4 1 | 普通接続部 |
| 4 2 | 絶縁接続部 |
| 4 3 | 地上接続部 |

5 3 導電ケーブル
7 1 導体
7 2 内部半導電層
7 3 絶縁体
7 4 外部半導電層
7 5 遮蔽層
7 6 シース
7 7 絶縁筒
8 1 端子
1 0 0 C T
1 0 1 リングコア
1 0 2 巻線
1 0 5, 1 0 6 金属箔電極
1 1 0, 1 1 1 信号出力部
1 2 0, 1 2 1 信号検出部
3 0 0 放電検出部
3 0 1 H P F
3 0 2 L N A
3 0 3 A D C
3 0 4 F F T 処理部
3 0 5 A G C アンプ
3 0 6 A D C
3 1 0 フィルタ処理部
3 1 1 アナログスイッチ
3 1 2 B P F
3 1 3 L P F
3 2 0 検出部
3 3 0 スイッチ制御部

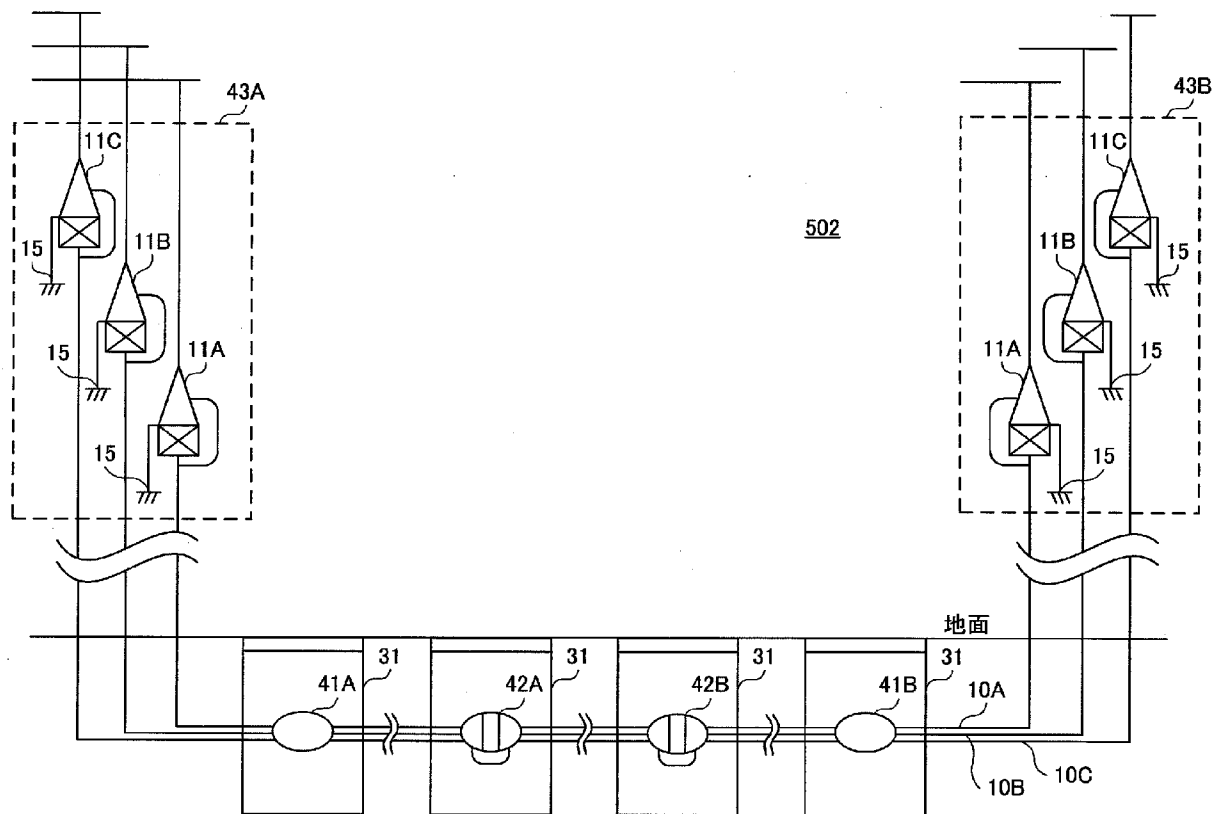
- 3 4 0 記憶部
- 4 0 0 放電検出部
- 4 1 0 フィルタ処理部
- 4 1 1 スイッチ
- 4 1 2 B P F
- 5 0 0, 5 1 1 部分放電検出装置
- 5 0 1 部分放電検出システム
- 5 0 2 送電システム

請求の範囲

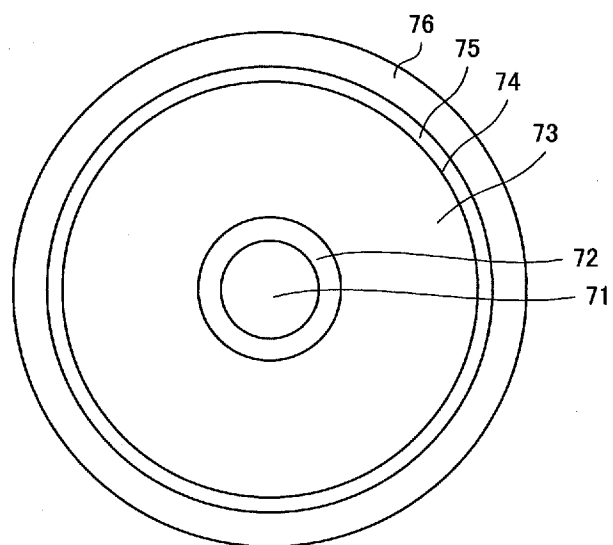
- [請求項1] 電力を伝送する線状の導体と、前記導体の周囲を覆う絶縁層と、前記絶縁層の周囲を覆う導体である遮蔽層とを有する地中ケーブルにおける部分放電を検出する部分放電検出装置であって、
- 前記遮蔽層を通して流れる電流の変化、または前記遮蔽層の電位の変化を検出信号として検出する信号検出部と、
- 前記信号検出部によって検出された前記検出信号に基づいて、前記地中ケーブルにおける部分放電を検出する放電検出部とを備え、
- 前記放電検出部は、
- 前記検出信号を受けるバンドパスフィルタと、
- 前記バンドパスフィルタの特性に関する特性データを記憶する記憶部とを含み、
- 前記放電検出部は、前記バンドパスフィルタの出力信号と、前記記憶部における前記特性データとに基づいて、前記部分放電を検出する、部分放電検出装置。
- [請求項2] 前記特性データは、前記バンドパスフィルタのパルス応答特性である、請求項1に記載の部分放電検出装置。
- [請求項3] 前記放電検出部は、通過帯域が互いに異なる複数の前記バンドパスフィルタを含み、
- 前記記憶部は、複数の前記バンドパスフィルタの各々の前記特性データを記憶しており、
- 前記放電検出部は、少なくともいずれか1つの前記バンドパスフィルタの出力信号と、対応の前記特性データとに基づいて前記部分放電を検出する、請求項1または請求項2に記載の部分放電検出装置。
- [請求項4] 前記放電検出部は、前記信号検出部によって検出された前記検出信号に基づいて複数の前記バンドパスフィルタの中からいずれか1つの前記バンドパスフィルタを選択し、選択した前記バンドパスフィルタの出力信号と、対応の前記特性データとに基づいて前記部分放電を検

出する、請求項 3 に記載の部分放電検出装置。

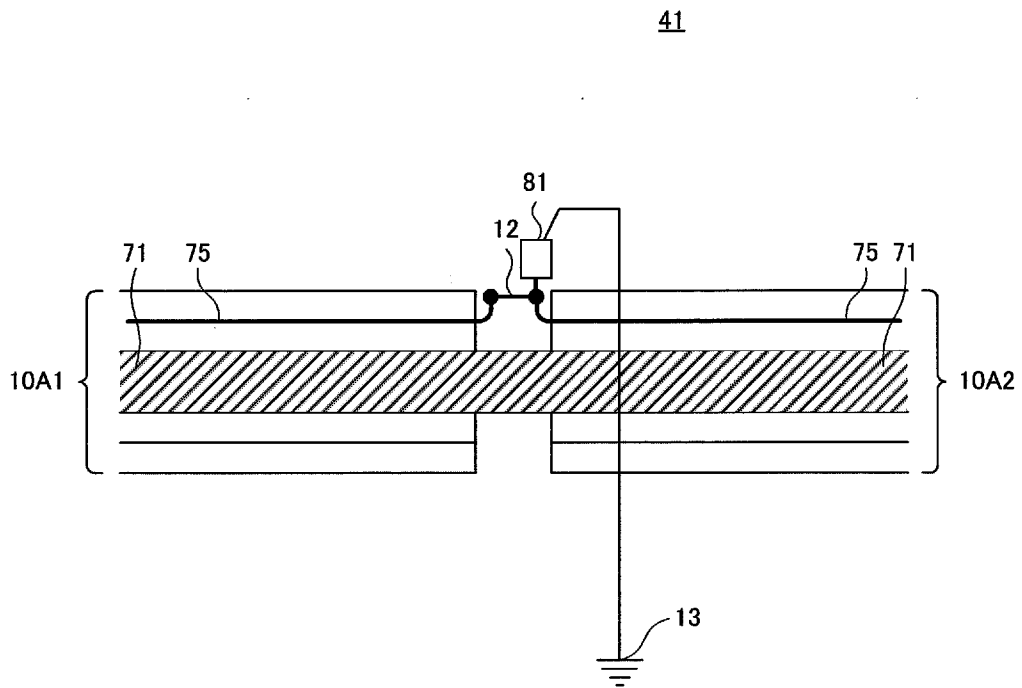
[図1]



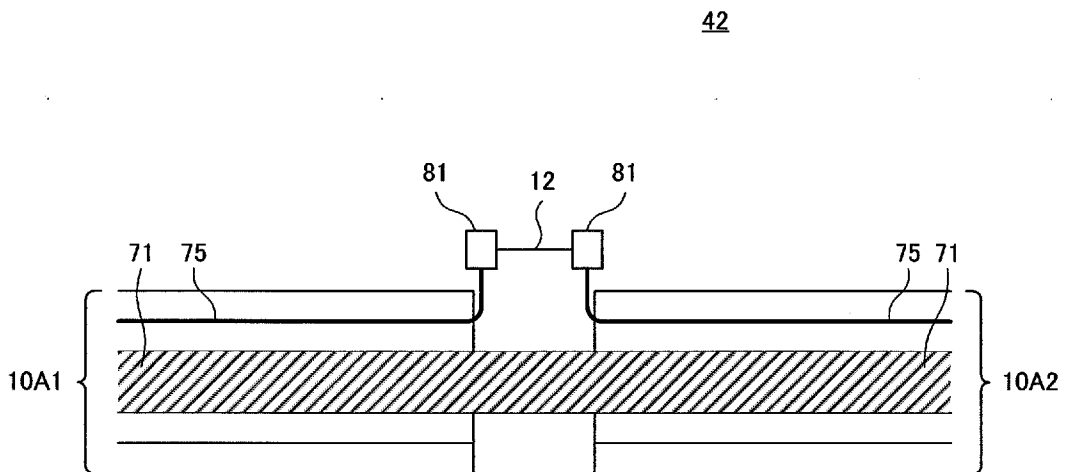
[図2]



[図3]

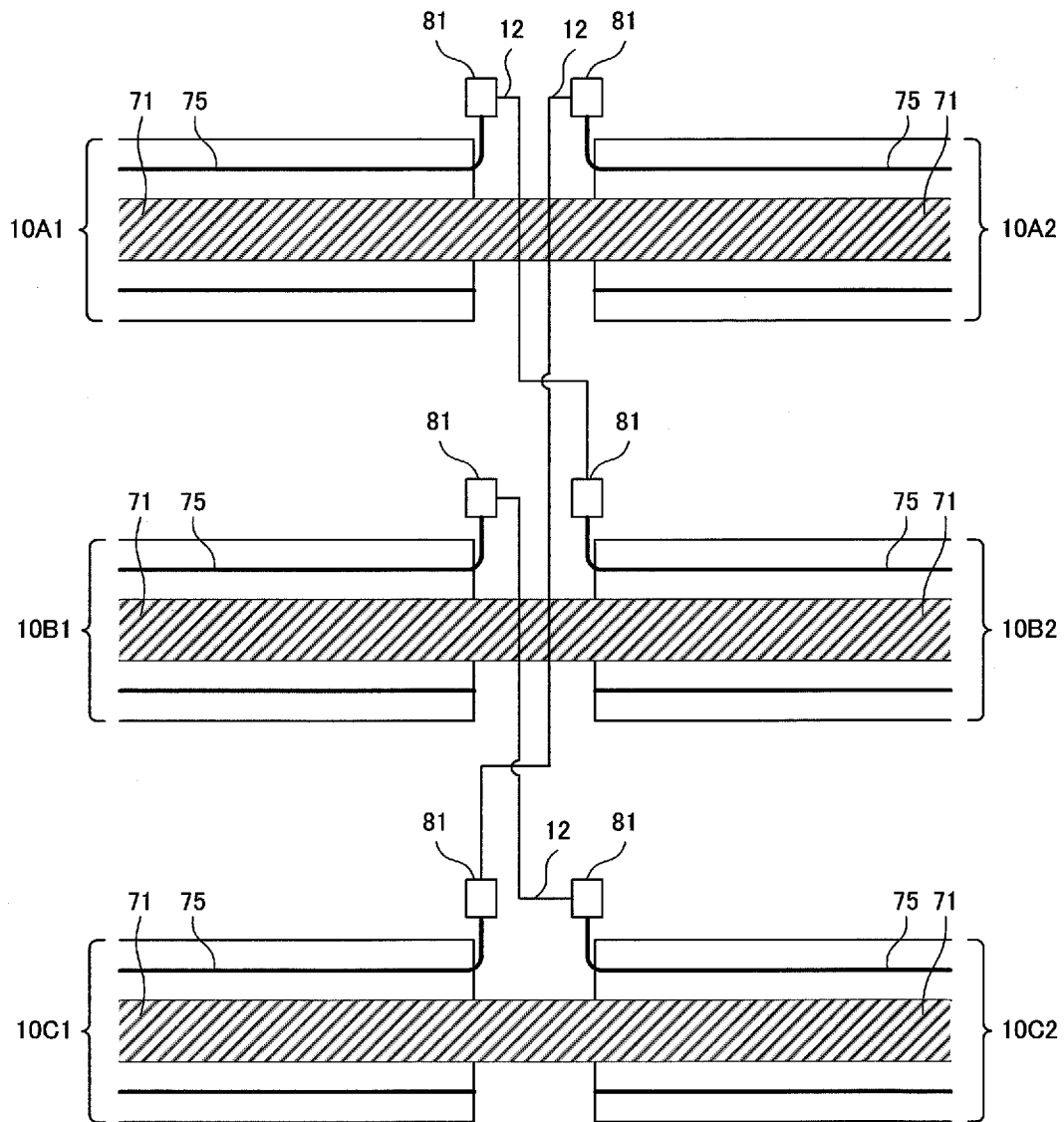


[図4]

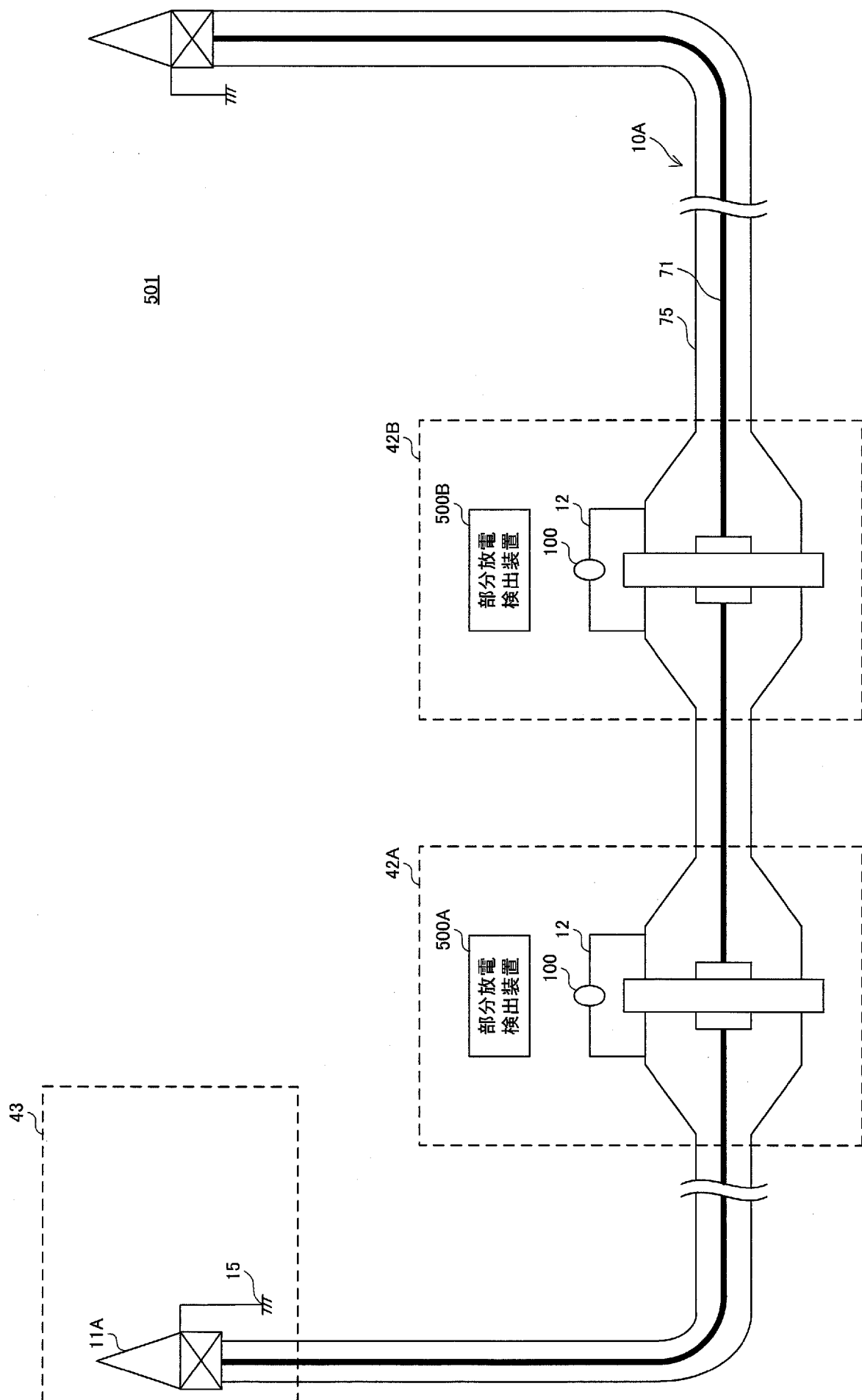


[図5]

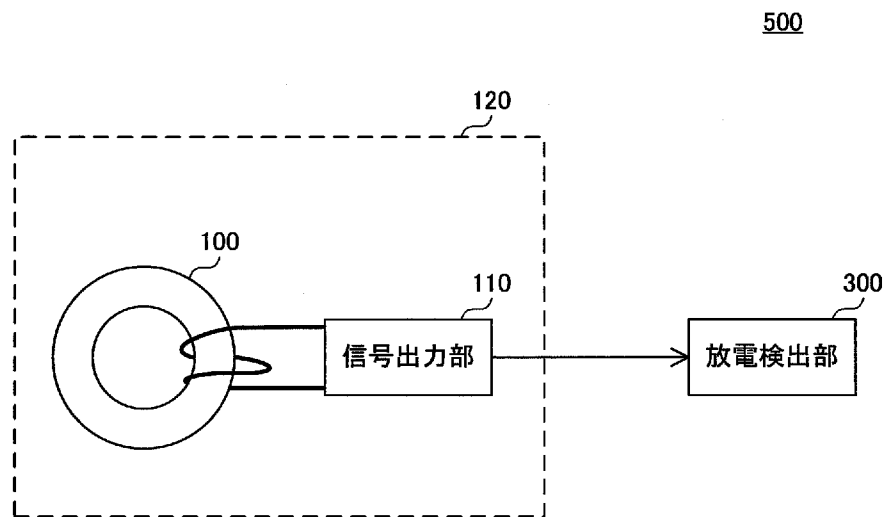
42



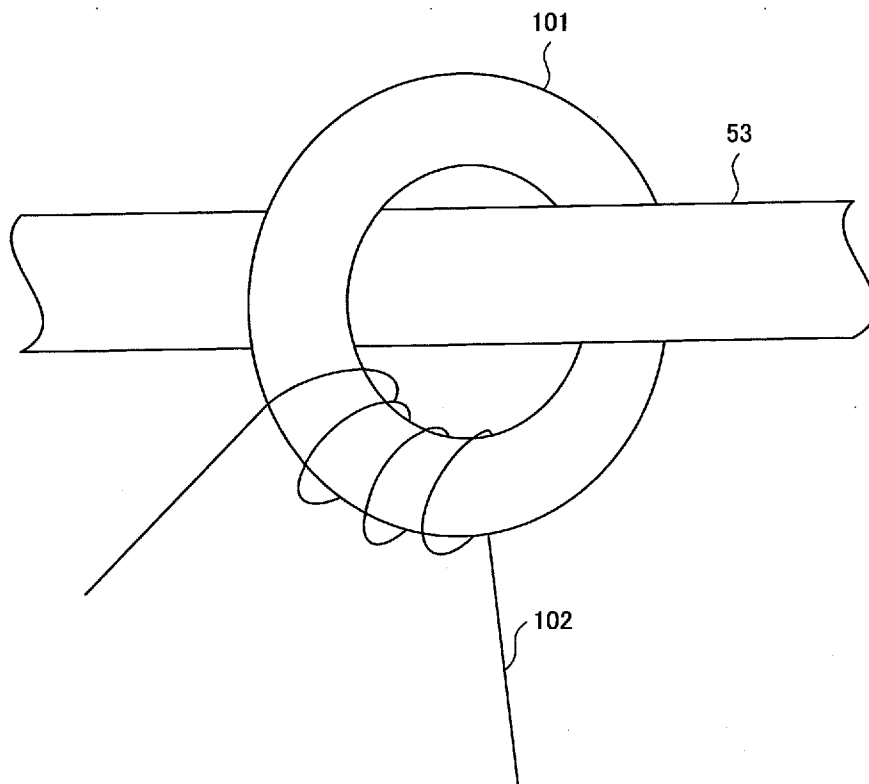
[図6]



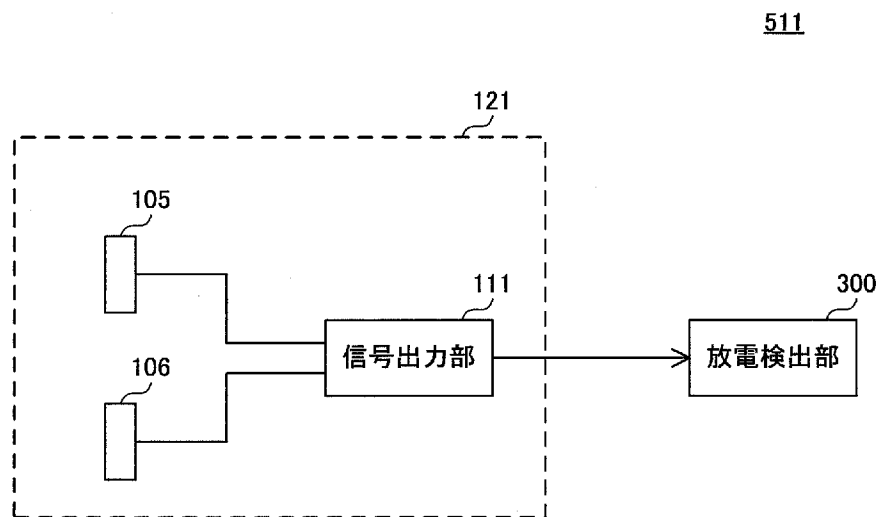
[図7]



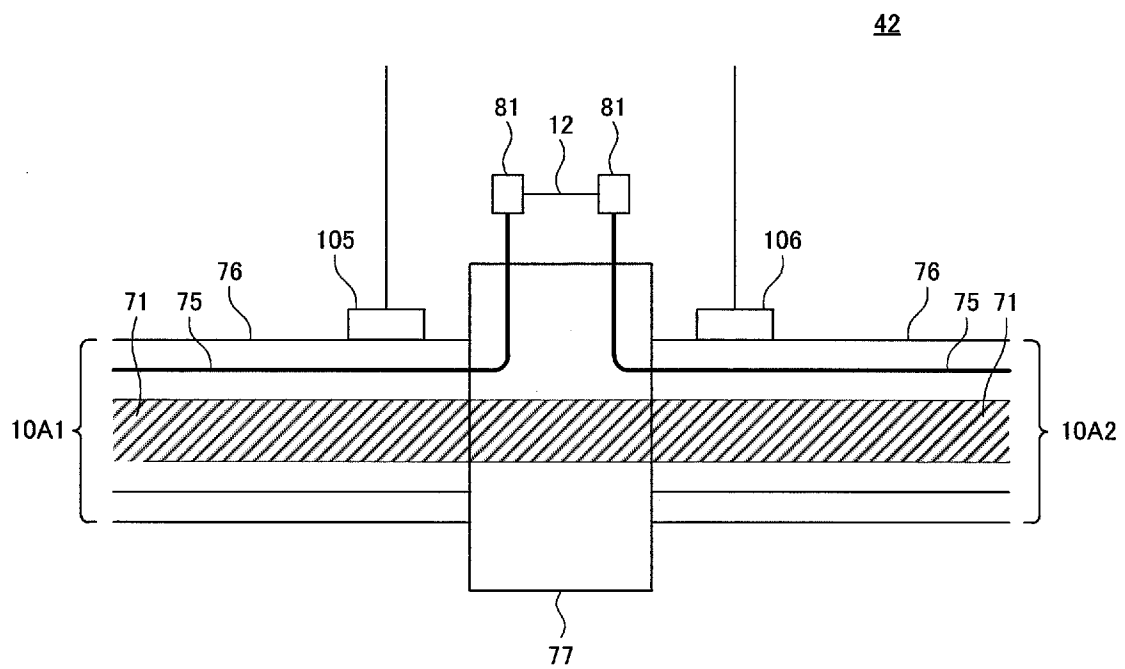
[図8]



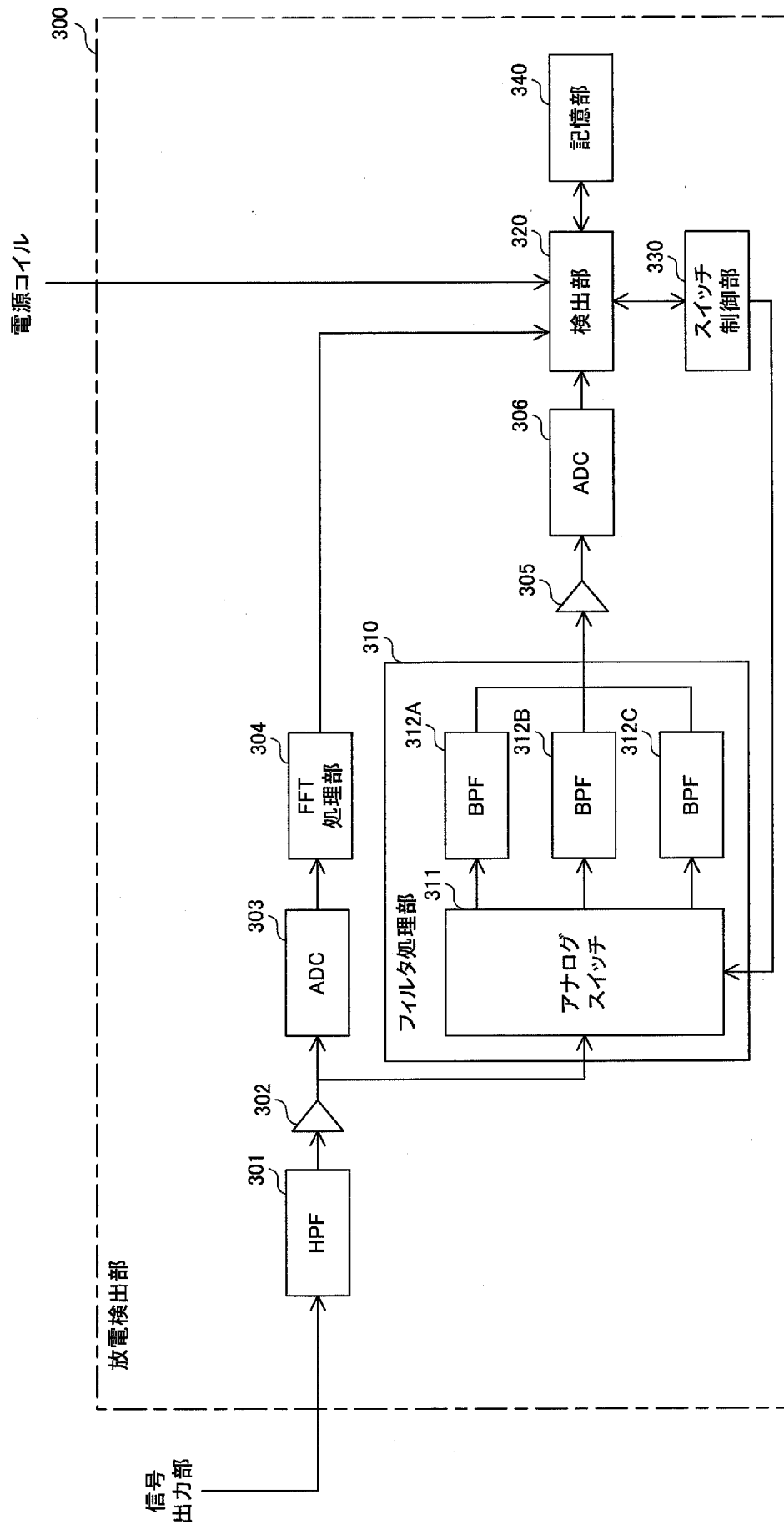
[図9]



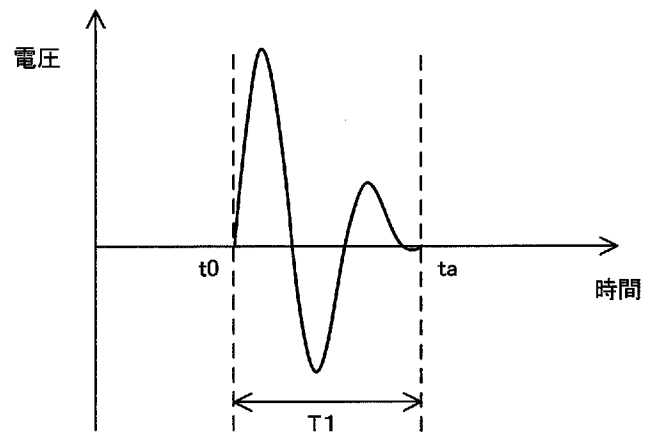
[図10]



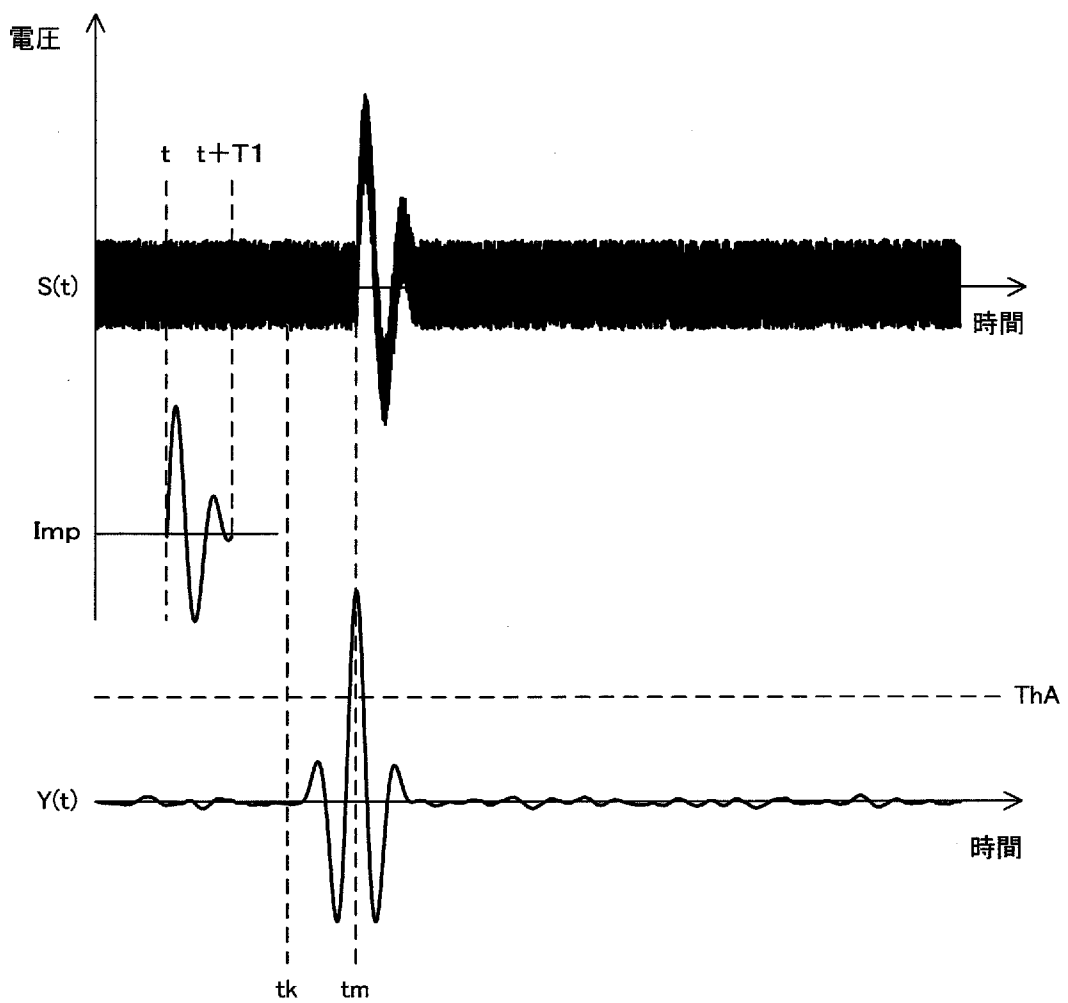
[図11]



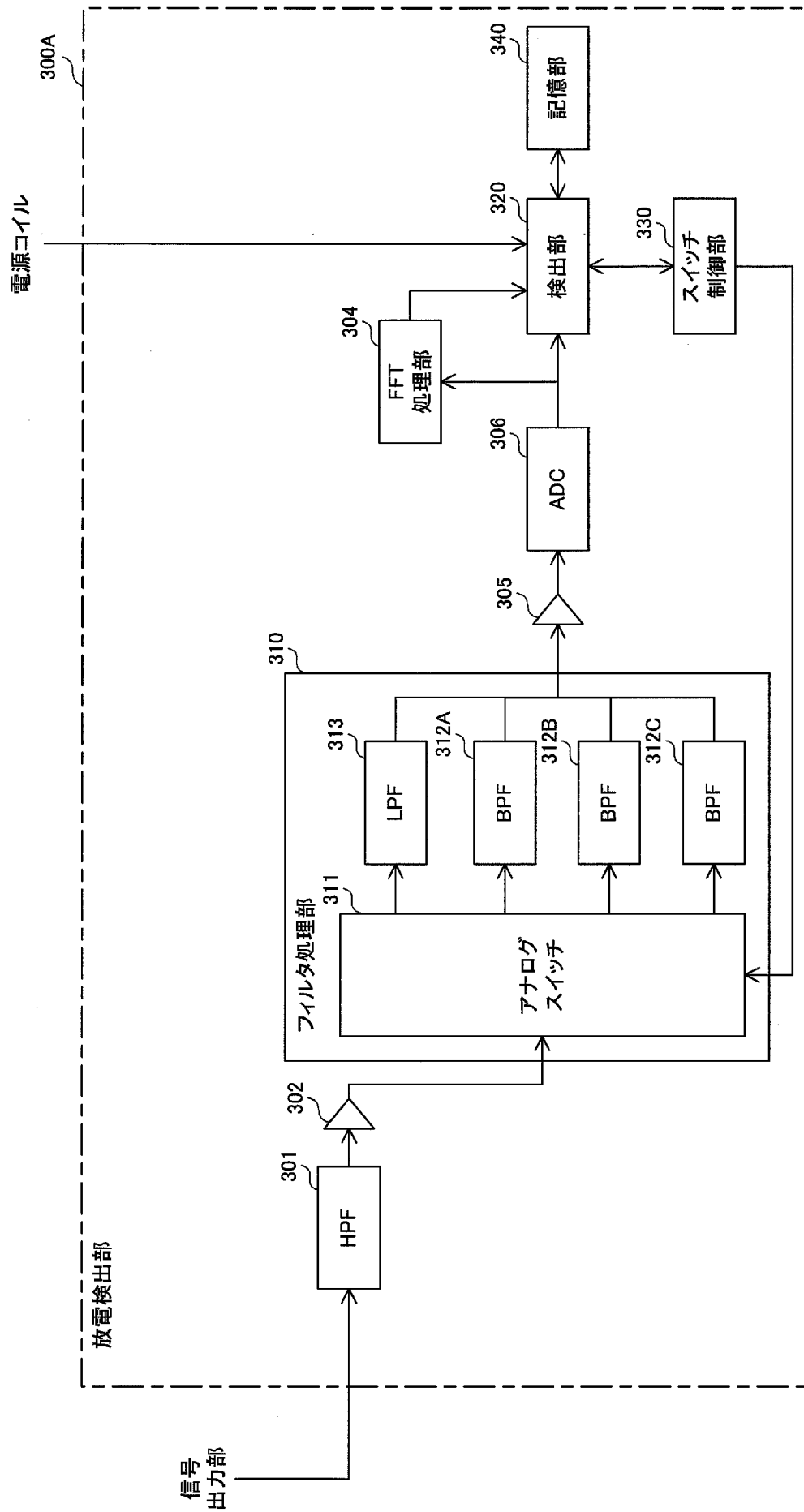
[図12]



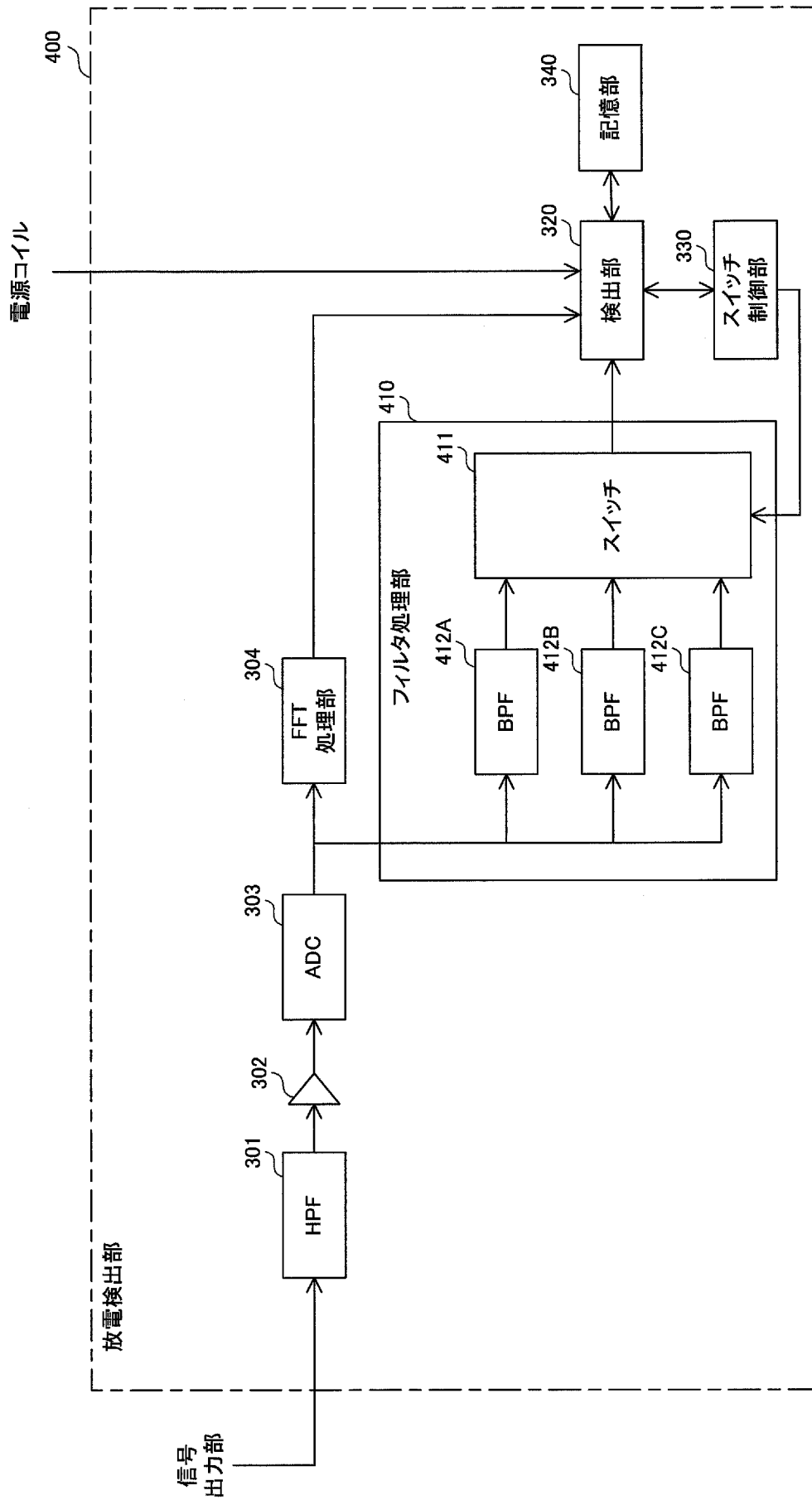
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/041839

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01R31/12 (2006.01) i

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)

Int.Cl. G01R31/12

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 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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 Y	JP 2015-143701 A (AMBIENT CORP.) 06 August 2015, paragraphs [0019]-[0027], [0032]-[0041], fig. 1-3 & US 2013/0006560 A1, paragraphs [0041]-[0048], [0053]-[0062], fig. 1-3 & WO 2011/109674 A1 & CN 102834725 A	1, 3-4 2
Y	US 2015/0142344 A1 (UTILX CORPORATION) 21 May 2015, paragraph [0009] & WO 2015/058068 A1	2



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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19.12.2019

Date of mailing of the international search report

07.01.2020

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office

3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,

Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/041839

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-283523 A (TEMPEARL IND CO., LTD.) 13 October 2005, entire text, all drawings (Family: none)	1-4
A	WO 2005/038475 A1 (FUJIKURA LTD.) 28 April 2005, entire text, all drawings & US 2007/0085548 A1, entire text, all drawings & CN 1871523 A	1-4
A	JP 8-152453 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 11 June 1996, entire text, all drawings (Family: none)	1-4
A	JP 5-157796 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 25 June 1993, entire text, all drawings (Family: none)	1-4
A	JP 2011-237182 A (FUJIKURA LTD.) 24 November 2011, entire text, all drawings (Family: none)	1-4
A	US 2011/0291666 A1 (OMICRON ELECTRONICS GMBH) 01 December 2011, entire text, all drawings & WO 2010/076002 A1 & EP 2204660 A1	1-4
A	US 2011/0204899 A1 (OMICRON ELECTRONICS GMBH) 25 August 2011, entire text, all drawings & EP 2360486 A1	1-4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01R31/12(2006.01)i

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))

Int.Cl. G01R31/12

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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	JP 2015-143701 A (アンビエント・コーポレーション) 2015.08.06, 段落0019-0027, 0032-0041, 図1-3 & US 2013/0006560 A1, 段落0041-0048, 0053-0062, Figs. 1-3 & WO 2011/109674 A1 & CN 102834725 A	1, 3-4 2
Y	US 2015/0142344 A1 (UTILX CORPORATION) 2015.05.21, 段落0009 & WO 2015/058068 A1	2

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ 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矛盾するものではなく、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

19.12.2019

国際調査報告の発送日

07.01.2020

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

島▲崎▼ 純一

2S

9107

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 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
A	JP 2005-283523 A (テンパール工業株式会社) 2005.10.13, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 4
A	WO 2005/038475 A1 (株式会社フジクラ) 2005.04.28, 全文, 全図 & US 2007/0085548 A1, 全文, 全図 & CN 1871523 A	1 - 4
A	JP 8-152453 A (住友電気工業株式会社) 1996.06.11, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 4
A	JP 5-157796 A (住友電気工業株式会社) 1993.06.25, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 4
A	JP 2011-237182 A (株式会社フジクラ) 2011.11.24, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1 - 4
A	US 2011/0291666 A1 (OMICRON ELECTRONICS GMBH) 2011.12.01, 全文, 全図 & WO 2010/076002 A1 & EP 2204660 A1	1 - 4
A	US 2011/0204899 A1 (OMICRON ELECTRONICS GMBH) 2011.08.25, 全文, 全図 & EP 2360486 A1	1 - 4