

(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
2017年11月30日(30.11.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/204264 A1

(51) 国際特許分類:
H01F 37/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/019430

(22) 国際出願日: 2017年5月24日(24.05.2017)

(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 2016-103908 2016年5月25日(25.05.2016) JP
特願 2016-104243 2016年5月25日(25.05.2016) JP

(71) 出願人: N T N株式会社(NTN CORPORATION)
[JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀
1丁目3番17号 Osaka (JP).

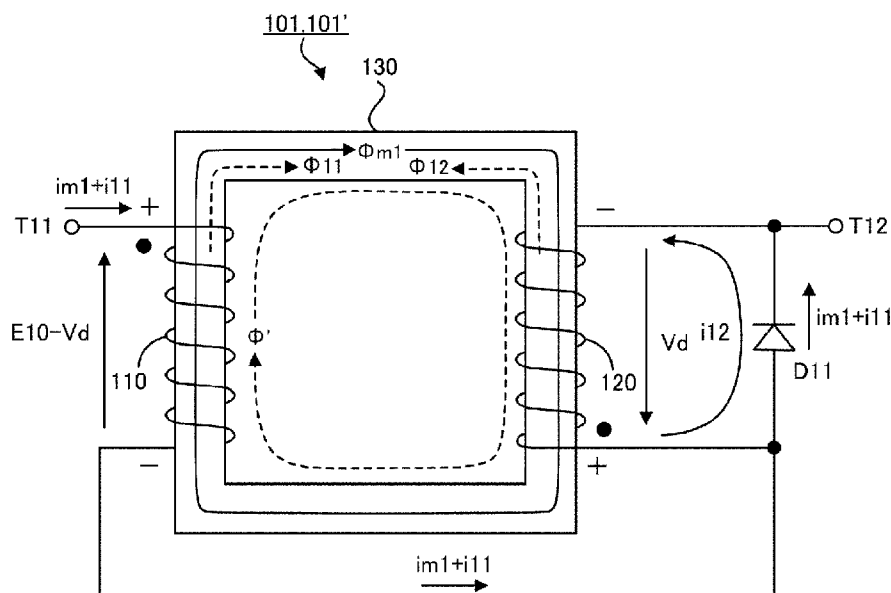
(72) 発明者: 羽田 正二(HANEDA Masaji); 〒5210351
滋賀県近江八幡市安土町常楽寺9
75 Shiga (JP).

(74) 代理人: 小島 高城郎 (KOJIMA Takiro);
〒1000006 東京都千代田区有楽町2-1
0-1 東京交通会館9階 第一東京国
際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,

(54) Title: CURRENT LIMITING COIL FOR DC POWER SUPPLY

(54) 発明の名称: 直流給電用限流コイル



(57) **Abstract:** A current limiting coil 101 comprises a coil 110 and a coil 120 that are cumulatively connected to each other. An anode of a diode D11 is connected to one end, of both ends of the coil 120, that is on a side where a point of connection between the coil 110 and the coil 120 is present, and a cathode of the diode D11 is connected to the other end that is on a side where a terminal T12 is present. The coil 110 and the coil 120 are wound around a core 130. When a voltage E10 is applied with a terminal T11 and the terminal T12 used respectively as the positive side and the negative side, an excitation current i_{m1} flows and a magnetic flux Φ_{m1} is generated in the core 130. A current i_{12} that loops

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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

through the coil 120 and the diode D11 flows due to the magnetic flux Φ_{m1} . The current i_{12} attempts to cause the coil 120 to generate a magnetic flux Φ_{12} . However, a current i_{11} flows through the coil 110 correspondingly to the current i_{12} , and causes generation of a magnetic flux Φ_{11} having such a magnitude as to just cancel the magnetic flux Φ_{12} . Thus, a current $i=i_{m1}+i_{11}$ flows from the terminal T11 toward the terminal T12.

(57) 要約: 限流コイル101は、和動接続の向きに接続されたコイル110とコイル120を有する。ただし、コイル120の両端には、ダイオードD11のアノードがコイル110とコイル120の接続点側に接続されており、そのカソードが端子T12側に接続されている。コイル110とコイル120は、コア130に巻回されている。端子T11と端子T12をそれぞれ正側と負側として電圧E10が印加されると、励磁電流 i_{m1} が流れて、コア130の内部に磁束 Φ_{m1} が生じる。磁束 Φ_{m1} により、コイル120とダイオードD11をループする電流 i_{12} が流れる。電流 i_{12} は、コイル120に磁束 Φ_{12} を発生させようとする。しかし、電流 i_{12} に対応して、電流 i_{11} がコイル110に流れ、磁束 Φ_{12} をちょうど打ち消す大きさの磁束 Φ_{11} を発生させる。従って、端子T11から端子T12に向けて電流 $i=i_{m1}+i_{11}$ が流れる。

明 細 書

発明の名称： 直流給電用限流コイル

技術分野

[0001] 本発明は、直流給電において使用される直流給電用限流コイルに関する。

背景技術

[0002] データセンタ等でサーバに高電圧直流を給電するシステムが知られている。また、スマートグリッドへの適用を目指して、380V程度の高電圧直流（HVDC: High Voltage Direct Current）送電の研究開発が進められている。

[0003] このような高電圧直流の給電線に短絡事故等が発生すると、過大電流が流れるおそれがある。この過大電流は、給電線の途中にコイルを挿入することにより、抑制することができる。電圧が急激に変化するとき、コイルのインダクタンスが電流の急激な変化を抑制する。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 例えば、遮断器は、過大電流が流れ始めて時間が経過し、電流値が所定の値に達したときに電流を遮断する。

しかし、短絡事故等が発生して大きな電圧が印加されたとき、短絡事故等の発生直後の電流値は小さく、コイルに流れる電流（磁束密度）は時間とともに徐々に上昇する。このため、電流値が遮断器を動作させる値に達し、遮断器が動作して電流が遮断されるまで時間がかかる。

[0005] また、コイルの巻線の抵抗は非常に小さい。短絡箇所の抵抗も小さい場合、電流が遮断される前にコイルが磁気飽和すると、インダクタンスが非常に小さくなり、膨大な電流が瞬時に流れるおそれがある。

[0006] 本発明の目的は、大きな電圧が印加された直後における電流の立ち上がりを早くし、その後に時間の経過とともに電流の増加を抑制することができる直流給電用限流コイルを提供することである。

課題を解決するための手段

- [0007] 上記目的を達成するために、本発明の直流給電用限流コイルは、
直流給電において使用される直流給電用限流コイルであって、
磁束を通しやすい材料で作られたコアと、
前記コアに巻回され、直列に接続された2つのコイルと、
前記2つのコイルのうちの一方のコイルの両端に接続された第1のダイオードと、
を備えることを特徴とする。
- [0008] 好ましくは、本発明の直流給電用限流コイルは、
前記2つのコイルが、和動接続の向きに接続されていることを特徴とする。
。
- [0009] 好ましくは、本発明の直流給電用限流コイルは、
前記2つのコイルのうちの一方のコイルまたは他方のコイルの両端に、前記第1のダイオードと逆方向に電流が流れるように接続された第2のダイオードを備えることを特徴とする。
- [0010] 好ましくは、本発明の直流給電用限流コイルは、
前記2つのコイルが、差動接続の向きに接続されていることを特徴とする。
。
- [0011] 好ましくは、本発明の直流給電用限流コイルは、
前記2つのコイルのうちの他方のコイルの両端に、前記第1のダイオードと逆方向に電流が流れるように接続された第2のダイオードを備えることを特徴とする。
- [0012] 好ましくは、本発明の直流給電用限流コイルは、
前記コアが、対向する第1のヨークおよび第2のヨークと、当該第1のヨークの一方の端部および当該第2のヨークの一方の端部を連結する第1の脚部と、当該第1のヨークの他方の端部および当該第2のヨークの他方の端部を連結する第2の脚部とを有し、
前記第1のヨーク、前記第2のヨーク、前記第1の脚部、または前記第2

の脚部が少なくとも１のギャップを有し、

前記２つのコイルが、前記第１の脚部または前記第２の脚部に重ね巻きされている、

ことを特徴とする。

[0013] 好ましくは、本発明の直流給電用限流コイルは、

前記コアが、対向する第１のヨークおよび第２のヨークと、当該第１のヨークの一方の端部および当該第２のヨークの一方の端部を連結する第１の脚部と、当該第１のヨークの他方の端部および当該第２のヨークの他方の端部を連結する第２の脚部とを有し、

前記第１のヨーク、前記第２のヨーク、前記第１の脚部、または前記第２の脚部が少なくとも１のギャップを有し、

前記２つのコイルの一方が、前記第１の脚部に巻回されており、

前記２つのコイルの他方が、前記第２の脚部に巻回されている、

ことを特徴とする。

[0014] 好ましくは、本発明の直流給電用限流コイルは、

前記コアが、対向する第１のヨークおよび第２のヨークと、当該第１のヨークの一方の端部および当該第２のヨークの一方の端部を連結する第１の脚部と、当該第１のヨークの他方の端部および当該第２のヨークの他方の端部を連結する第２の脚部と、当該第１のヨークの他方の端部から延長された第１の拡張ヨークと、当該第２のヨークの他方の端部から延長された第２の拡張ヨークと、当該第１の拡張ヨークにおける前記第１のヨークと反対側の端部と当該第２の拡張ヨークにおける前記第２のヨークと反対側の端部とを連結し、中間にギャップを有する第３の脚部とを有し、

前記２つのコイルの一方が、前記第１の脚部に巻回されており、

前記２つのコイルの他方が、前記第２の脚部に巻回されている、

ことを特徴とする。

[0015] 好ましくは、本発明の直流給電用限流コイルは、

前記第１のヨーク、前記第２のヨーク、前記第１の脚部、または前記第２

の脚部が少なくとも１のギャップを有することを特徴とする。

[0016] 好ましくは、本発明の直流給電用限流コイルは、

前記コアが、対向する第１のヨークおよび第２のヨークと、当該第１のヨークの一方の端部および当該第２のヨークの一方の端部を連結する第１の脚部と、当該第１のヨークの他方の端部および当該第２のヨークの他方の端部を連結する第２の脚部と、当該第１のヨークの中間部分と当該第２のヨークの中間部分を連結し、中間にギャップを有する第３の脚部とを有し、

前記２つのコイルの一方が、前記第１の脚部に巻回されており、

前記２つのコイルの他方が、前記第２の脚部に巻回されている、

ことを特徴とする。

[0017] 好ましくは、本発明の直流給電用限流コイルは、

前記コアが、対向する第１のヨークおよび第２のヨークと、当該第１のヨークの一方の端部および当該第２のヨークの一方の端部を連結する第１の脚部と、当該第１のヨークの他方の端部および当該第２のヨークの他方の端部を連結する第２の脚部と、当該第１のヨークの他方の端部から延長された第１の拡張ヨークと、当該第２のヨークの他方の端部から延長された第２の拡張ヨークと、当該第１の拡張ヨークにおける前記第１のヨークと反対側の端部と当該第２の拡張ヨークにおける前記第２のヨークと反対側の端部とを連結し、中間にギャップを有する第３の脚部と、当該第１のヨークの中間部分と当該第２のヨークの中間部分を連結し、中間にギャップを有する第４の脚部とを有し、

前記２つのコイルの一方が、前記第１の脚部に巻回されており、

前記２つのコイルの他方が、前記第２の脚部に巻回されている、

ことを特徴とする。

[0018] また、本発明の直流給電用限流コイルは、

直流給電において使用される直流給電用限流コイルであって、

磁束を通しやすい材料で作られたコアと、

前記コアに巻回され、差動接続された２つのコイルと、

を備えることを特徴とする。

[0019] 好ましくは、本発明の直流給電用限流コイルは、

前記コアが、対向する第1のヨークおよび第2のヨークと、当該第1のヨークの一方の端部および当該第2のヨークの一方の端部を連結する第1の脚部と、当該第1のヨークの他方の端部および当該第2のヨークの他方の端部を連結する第2の脚部とを有し、

前記2つのコイルが、前記第1の脚部または前記第2の脚部に重ね巻きされている、

ことを特徴とする。

[0020] 好ましくは、本発明の直流給電用限流コイルは、

前記コアが、対向する第1のヨークおよび第2のヨークと、当該第1のヨークの一方の端部および当該第2のヨークの一方の端部を連結する第1の脚部と、当該第1のヨークの他方の端部および当該第2のヨークの他方の端部を連結する第2の脚部とを有し、

前記2つのコイルの一方が、前記第1の脚部に巻回されており、

前記2つのコイルの他方が、前記第2の脚部に巻回されている、

ことを特徴とする。

[0021] 好ましくは、本発明の直流給電用限流コイルは、

前記コアが、対向する第1のヨークおよび第2のヨークと、当該第1のヨークの一方の端部および当該第2のヨークの一方の端部を連結する第1の脚部と、当該第1のヨークの他方の端部および当該第2のヨークの他方の端部を連結する第2の脚部と、当該第1のヨークの他方の端部から延長された第1の拡張ヨークと、当該第2のヨークの他方の端部から延長された第2の拡張ヨークと、当該第1の拡張ヨークにおける前記第1のヨークと反対側の端部と当該第2の拡張ヨークにおける前記第2のヨークと反対側の端部とを連結し、中間にギャップを有する第3の脚部とを有し、

前記2つのコイルの一方が、前記第1の脚部に巻回されており、

前記2つのコイルの他方が、前記第2の脚部に巻回されている、

ことを特徴とする。

[0022] 好ましくは、本発明の直流給電用限流コイルは、

前記コアが、対向する第1のヨークおよび第2のヨークと、当該第1のヨークの一方の端部および当該第2のヨークの一方の端部を連結する第1の脚部と、当該第1のヨークの他方の端部および当該第2のヨークの他方の端部を連結する第2の脚部と、当該第1のヨークの中間部分と当該第2のヨークの中間部分を連結し、中間にギャップを有する第3の脚部とを有し、

前記2つのコイルの一方が、前記第1の脚部に巻回されており、

前記2つのコイルの他方が、前記第2の脚部に巻回されている、

ことを特徴とする。

発明の効果

[0023] 本発明によれば、大きな電圧が印加された直後における電流の立ち上がりを早くし、その後に時間の経過とともに電流の増加を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]本発明の第1の実施形態に係る直流給電用限流コイルの構成の例を示す図である。図1（A）は、第1の実施形態に係る直流給電用限流コイルの構成の一例を示す。図1（B）は、第1の実施形態に係る直流給電用限流コイルの構成の別の例を示す。

[図2]図1の直流給電用限流コイルに印加される電圧とそこに流れる電流の一例を示す図である。

[図3]図1の直流給電用限流コイルの磁気回路の構成の一例を示す図である。

[図4]図3の磁気回路に電圧E10が印加されたときの電流の時間経過の一例を示す図である。

[図5]図1（A）の直流給電用限流コイルに印加される電圧とそこに流れる電流の別の例を示す図である。

[図6]矩形状のコアの左側の脚部に2つのコイルが重ね巻きされた図1（A）の限流コイルの構成の一例を示す図である。

[図7]矩形状のコアの左側の脚部と右側の脚部に2つのコイルがそれぞれ巻回された図1(A)の限流コイルの構成の一例を示す図である。

[図8]矩形部に隣接して漏れ磁束の経路が付加されたコアを有する図1(A)の限流コイルの構成の一例を示す図である。

[図9]矩形部の中間に漏れ磁束の経路が付加されたコアを有する図1(A)の限流コイルの構成の一例を示す図である。

[図10]ギャップを有する矩形部に隣接して漏れ磁束の経路が付加されたコアを有する図1(A)の限流コイルの構成の一例を示す図である。

[図11]矩形部の中間および矩形部の隣に漏れ磁束の経路が付加されたコアを有する図1(A)の限流コイルの構成の一例を示す図である。

[図12]本発明の第2の実施形態に係る直流給電用限流コイルの構成の例を示す図である。図12(A)は、第2の実施形態に係る直流給電用限流コイルの基本的な構成の一例を示す。図12(B)は、逆起電力抑止用ダイオードが付加された第2の実施形態に係る直流給電用限流コイルの構成の一例を示す。

[図13]図12(A)の直流給電用限流コイルに印加される電圧とそこに流れる電流の一例を示す図である。

[図14]図12(A)の直流給電用限流コイルの磁気回路の構成の一例を示す図である。

[図15]図14の磁気回路に電圧E10が印加されたときの電流の時間経過の一例を示す図である。

[図16]図12(B)の直流給電用限流コイルにおいて逆起電力を抑止するために流れる電流の一例を示す図である。

[図17]本発明の第3の実施形態に係る直流給電用限流コイルの構成の一例を示す図である。

[図18]図17の直流給電用限流コイルに印加される電圧とそこに流れる電流の一例を示す図である。

[図19]図17の直流給電用限流コイルの磁気回路の構成の一例を示す図であ

る。

[図20]図 1 9 の磁気回路に電圧 E_{20} が印加されたときの電流の時間経過の一例を示す図である。

[図21]矩形状のコアの左側の脚部に 2 つのコイルが重ね巻きされた図 1 7 の限流コイルの構成の一例を示す図である。

[図22]矩形状のコアの左側の脚部と右側の脚部に 2 つのコイルがそれぞれ巻回された図 1 7 の限流コイルの構成の一例を示す図である。

[図23]矩形部に隣接して漏れ磁束の経路が付加されたコアを有する図 1 7 の限流コイルの構成の一例を示す図である。

[図24]矩形部の中間に漏れ磁束の経路が付加されたコアを有する図 1 7 の限流コイルの構成の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0025] 以下、本発明の実施形態に係る直流給電用限流コイルについて図面を参照しながら詳細に説明する。なお、実施形態を説明する全図において、共通の構成要素には同一の符号を付し、繰り返しの説明を省略する。

[0026] 図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る直流給電用限流コイル 101, 101' の構成の例を示す。図 3 は、図 1 の直流給電用限流コイル 101, 101' の磁気回路の構成の一例を示す。

限流コイル 101 は、コイル 110 と、コイル 120 と、コア 130 と、ダイオード D_{11} と、ダイオード D_{12} とを有する。限流コイル 101' も、限流コイル 101 と同様に、コイル 110 と、コイル 120 と、コア 130 と、ダイオード D_{11} と、ダイオード D_{12} とを有する。なお、図 2 と図 3 には、ダイオード D_{12} を図示していないが、限流コイル 101, 101' はダイオード D_{12} を含む。

コイル 110 とコイル 120 は、端子 T_{11} と端子 T_{12} の間に直列に和動接続の向きに接続されている。すなわち、コイル 110 とコイル 120 の自己インダクタンスをそれぞれ L_{11} と L_{12} 、相互インダクタンスを M_1 とする。このとき、ダイオード D_{11} とダイオード D_{12} が無い場合には、

限流コイル101, 101'の合成インダクタンスが $L_{11} + L_{12} + 2M_1$ となるようにコイル110とコイル120は接続されている。

[0027] ただし、図1(A)に示すように、限流コイル101では、コイル120の両端に、互いに逆方向に電流が流れるようにダイオードD11とダイオードD12が接続されている。例えば、ダイオードD11はアノードがコイル110とコイル120の接続点側に接続され、カソードが端子T12側に接続されている。ダイオードD12はカソードがコイル110とコイル120の接続点側に接続され、アノードが端子T12側に接続されている。急に大きな電圧が印加された直後に端子T11から端子T12に向かって流れる電流は、コイル120を流れず、ダイオードD11を通して流れる。また、その逆方向に流れる電流は、コイル120を流れず、ダイオードD12を通して流れる。このため、急に大きな電圧が印加された直後には、コイル120は短絡されているとみなすことができる。

一方、図1(B)に示すように、限流コイル101'では、コイル120とコイル110の両端に、互いに逆方向に電流が流れるようにダイオードD11とダイオードD12が接続されている。例えば、ダイオードD11はアノードがコイル110とコイル120の接続点側に接続され、カソードが端子T12側に接続されている。ダイオードD12はアノードがコイル110とコイル120の接続点側に接続され、カソードが端子T11側に接続されている。急に大きな電圧が印加された直後に端子T11から端子T12に向かって流れる電流は、コイル120を流れず、ダイオードD11を通して流れる。また、その逆方向に流れる電流は、コイル110を流れず、ダイオードD12を通して流れる。このため、急に大きな電圧が印加された直後には、コイル120とコイル110のいずれか一方が短絡されているとみなすことができる。

[0028] コイル110とコイル120は、コア130に巻かれている。コア130は、鉄のような磁束を通しやすい材料で作られている。ただし、コア130は、磁束を通しやすい材料であれば、鉄以外の材料で作られていてもよい。

限流コイル101と限流コイル101'の動作は同様であるため、以下では限流コイル101を例に説明する。

[0029] 限流コイル101は、直流の給電線の途中に挿入される。通常（すなわち、短絡事故等が起こっていないとき）、コイル110とコイル120には略一定の電流が流れており、この電流によりコア130の内部には磁束 Φ' が生じている。このとき、コイル110とコイル120は単なる配線とみなせる。短絡事故等が起こり、例えば、図2に示すように、端子T11と端子T12をそれぞれ正側と負側として急に大きな電圧E10が印加されると、コイル110に電圧（ $E10 - V_d$ ）がかかり、端子T11から端子T12に向けてコイル110に励磁電流 i_{m1} が流れる。コイル110の両端に付した+と-の符号は電圧降下の向きを示す。なお、上述したようにコイル120は短絡されていると見なされるため、励磁電流 i_{m1} はコイル120にはほとんど流れない。 V_d はダイオードD11による電圧降下である。

[0030] このとき、図3に示すように、励磁電流 i_{m1} によって、コア130の内部に磁束 Φ_{m1} が生じる。磁束 Φ_{m1} によりコイル120に起電力が生じる。図2と図3においてコイル120の両端に付した+と-の符号は起電力の向きを示す。この起電力により、コイル120とダイオードD11をループする電流 i_{12} が流れる。電流 i_{12} は、コイル120に磁束 Φ_{12} を発生させようとする。しかし、電流 i_{12} に対応して、コイル110に電流 i_{11} が流れ、磁束 Φ_{12} をちょうど打ち消す大きさの磁束 Φ_{11} を発生させる。磁束 Φ_{11} と磁束 Φ_{12} が打ち消し合うため、コア130の内部の磁束は Φ_{m1} から変化しない。

従って、端子T11と端子T12をそれぞれ正側と負側として電圧E10が印加されたとき、端子T11から端子T12に向けて電流 $i = i_{m1} + i_{11}$ が流れる。

[0031] 図4に示すように、端子T11と端子T12間に流れる電流 i は、励磁電流 i_{m1} から電流 i_{11} の電流値だけ嵩上げされる。すなわち、端子T11と端子T12間に電圧E10が印加された直後に、端子T11と端子T12

間に流れる電流 i の電流値は、電流 i_{11} の電流値である。コイル 110 とコイル 120 に漏れ磁束がないと仮定すると、その後、電流 i の電流値は直線的に増加する。しかし、実際には、コイル 110 とコイル 120 には漏れ磁束が存在する。この漏れ磁束の影響により、時間が経過すると、磁束 Φ_{11} と磁束 Φ_{12} が減少し、電流 i_{11} と電流 i_{12} が減少する。このため、時間が経過するにつれて、端子 T11 と端子 T12 間に流れる電流 i の増加率が減少する。このように、限流コイル 101 は、電圧 E10 が印加された直後における電流 i の立ち上がりが早く、時間が経過するにつれて電流 i の増加を抑制する。

[0032] ダイオード D11 は、端子 T11 と端子 T12 をそれぞれ正側と負側として電圧 E10 が印加される場合に必要となる。この場合、ダイオード D12 は必要ない。

ダイオード D12 は、図 2 の例とは逆に、端子 T12 と端子 T11 をそれぞれ正側と負側として電圧 E10 が印加される場合に必要となる。図 5 に示すように、電圧 E10 が印加されたとき、電流 $i = i_{m1} + i_{11}$ は端子 T12 から端子 T11 に向けてダイオード D12 とコイル 110 を通って流れる。また、電流 i_{12} はコイル 120 とダイオード D12 をループして流れる。なお、この場合、ダイオード D11 は必要ない。

[0033] 以下に、限流コイル 101 の具体的な構成例について説明する。

図 6 は、矩形状のコア 130A の左側の脚部 P11 に 2 つのコイル 110A とコイル 120A が重ね巻きされた限流コイル 101A の構成の一例を示す。

限流コイル 101A は、コイル 110A と、コイル 120A と、コア 130A とを含む。

コア 130A は、ヨーク Y11 と、ヨーク Y12 と、脚部 P11 と、脚部 P12 とを有する。ヨーク Y11 とヨーク Y12 は対向している。脚部 P11 は、ヨーク Y11 の左の端部とヨーク Y12 の左の端部を連結する。脚部 P12 は、ヨーク Y11 の右の端部とヨーク Y12 の右の端部を連結する。

コア130Aは1つ以上のギャップ（隙間）を有する。例えば、図6の例では、ヨークY12が中間にギャップAG11を有する。なお、ヨークY11、脚部P11、または脚部P12がギャップを有していてもよい。コア130Aにギャップがあると、漏れ磁束が増加し、コア130Aは磁気飽和しにくくなる。

[0034] コイル110Aとコイル120Aの巻線は、脚部P11に逆向き（例えば、コイル110Aは左回り、コイル120Aは右回り）に重ね巻きされている。ヨークY11側に配置されているコイル110Aの一方の端部とコイル120Aの一方の端部（コイル110Aの巻き初めとコイル120Aの巻き初め）にそれぞれ端子T11と端子T12が設けられる。ヨークY12側に配置されているコイル110Aの他方の端部とコイル120Aの他方の端部（コイル110Aの巻き終わりとコイル120Aの巻き終わり）は接続される。

なお、コイル110Aとコイル120Aの巻線は、脚部P11ではなく、脚部P12に逆向きに重ね巻きされていてもよい。

[0035] 図7は、矩形状のコア130Aの左側の脚部P11と右側の脚部P12に2つのコイル110Bとコイル120Bがそれぞれ巻回された限流コイル101Bの構成の一例を示す。

限流コイル101Bは、コイル110Bと、コイル120Bと、コア130Aとを含む。

限流コイル101Bのコア130Aは、限流コイル101Aのものと同一である。

コイル110Bの巻線は、脚部P11に左回りに巻回されている。コイル120Bの巻線は、脚部P12に左回りに巻回されている。コイル110BのヨークY11側の端部とコイル120BのヨークY11側の端部（コイル110Bの巻き初めとコイル120Bの巻き初め）にそれぞれ端子T11と端子T12が設けられる。コイル110BのヨークY12側の端部とコイル120BのヨークY12側の端部（コイル110Bの巻き終わりとコイル1

20Bの巻き終わり)は接続される。

[0036] 図8は、矩形部に隣接して漏れ磁束の経路が付加されたコア130Bを有する限流コイル101Cの構成の一例を示す。

限流コイル101Cは、コイル110Bと、コイル120Bと、コア130Bとを含む。

コア130Bは、ヨークY11と、ヨークY12と、拡張ヨークY13と、拡張ヨークY14と、脚部P11と、脚部P12と、脚部P13とを有する。ヨークY11とヨークY12は対向している。拡張ヨークY13はヨークY11が延長されたものである。拡張ヨークY14はヨークY12が延長されたものである。脚部P11は、ヨークY11の左の端部とヨークY12の左の端部を連結する。脚部P12は、ヨークY11の右の端部とヨークY12の右の端部、すなわち、ヨークY11と拡張ヨークY13の接続部分およびヨークY12と拡張ヨークY14の接続部分を連結する。脚部P13は、拡張ヨークY13の右の端部と拡張ヨークY14の右の端部(拡張ヨークY13におけるヨークY11と反対側の端部と拡張ヨークY14におけるヨークY12と反対側の端部)を連結する。ただし、脚部P13は、中間にギャップ(隙間)AG12を有する。

[0037] 限流コイル101Cにおけるコイル110Bとコイル120Bは限流コイル101Bのものと同一である。すなわち、コイル110Bの巻線は、脚部P11に左回りに巻回されている。コイル120Bの巻線は、脚部P12に左回りに巻回されている。コイル110BのヨークY11側の端部とコイル120BのヨークY11側の端部(コイル110Bの巻き初めとコイル120Bの巻き初め)にそれぞれ端子T11と端子T12が設けられる。コイル110BのヨークY12側の端部とコイル120BのヨークY12側の端部(コイル110Bの巻き終わりとコイル120Bの巻き終わり)は接続される。

ヨークY11とヨークY12と脚部P11と脚部P12とは矩形部を形成する。拡張ヨークY13と脚部P13と拡張ヨークY14は、漏れ磁束の経

路となる。限流コイル101Cでは、漏れ磁束は、空气中だけでなく、拡張ヨークY13と脚部P13と拡張ヨークY14を通ることができる。

なお、コア130Bは、ギャップAG12の他に1つ以上のギャップを有していてもよい。例えば、ヨークY11、ヨークY12、拡張ヨークY13、拡張ヨークY14、脚部P11、または脚部P12がギャップを有していてもよい。

[0038] 図9は、矩形部の中間に漏れ磁束の経路が付加されたコア130Cを有する限流コイル101Dの構成の一例を示す。

限流コイル101Dは、コイル110Bと、コイル120Bと、コア130Cとを含む。

コア130Cは、ヨークY11と、ヨークY12と、脚部P11と、脚部P12と、脚部P14とを有する。ヨークY11とヨークY12は対向している。脚部P11は、ヨークY11の左の端部とヨークY12の左の端部を連結する。脚部P12は、ヨークY11の右の端部とヨークY12の右の端部を連結する。脚部P14は、ヨークY11の中間部分とヨークY12の中間部分を連結する。ただし、脚部P14は、中間にギャップ（隙間）AG13を有する。

[0039] 限流コイル101Dにおけるコイル110Bとコイル120Bは限流コイル101Bのものと同一である。すなわち、コイル110Bの巻線は、脚部P11に左回りに巻回されている。コイル120Bの巻線は、脚部P12に左回りに巻回されている。コイル110BのヨークY11側の端部とコイル120BのヨークY11側の端部（コイル110Bの巻き初めとコイル120Bの巻き初め）にそれぞれ端子T11と端子T12が設けられる。コイル110BのヨークY12側の端部とコイル120BのヨークY12側の端部（コイル110Bの巻き終わりとコイル120Bの巻き終わり）は接続される。

脚部P14は、漏れ磁束の経路となる。限流コイル101Dでは、漏れ磁束は、空气中だけでなく、脚部P14を通ることができる。

なお、コア130Cは、ギャップAG13以外に1つ以上のギャップを有していてもよい。例えば、ヨークY11、ヨークY12、脚部P11、または脚部P12がギャップを有していてもよい。

[0040] 図10は、ギャップAG11を有する矩形部に隣接して漏れ磁束の経路が付加されたコア130Dを有する限流コイル101Eの構成の一例を示す。

限流コイル101Eは、コイル110Bと、コイル120Bと、コア130Dとを含む。

コア130Dは、矩形部が1つ以上のギャップ（隙間）を有する点が図8のコア130Bと異なる。例えば、図10の例では、ヨークY12が中間にギャップAG11を有する。それ以外の点では、コア130Dはコア130Bと同一である。なお、コア130Dでは、ヨークY11、脚部P11、または脚部P12がギャップを有していてもよい。また、コア130Dでは、拡張ヨークY13、または拡張ヨークY14がギャップを有していてもよい。

限流コイル101Eにおけるコイル110Bとコイル120Bは、限流コイル101Bや限流コイル101Cのものと同一である。

[0041] 図11は、矩形部の中間および矩形部の隣に漏れ磁束の経路が付加されたコア130Eを有する限流コイル101Fの構成の一例を示す。

限流コイル101Fは、コイル110Bと、コイル120Bと、コア130Eとを含む。

コア130Eは、図9のコア130Cに、拡張ヨークY13と、拡張ヨークY14と、脚部P13とが付加されたものである。すなわち、コア130Eは、ヨークY11と、ヨークY12と、拡張ヨークY13と、拡張ヨークY14と、脚部P11と、脚部P12と、脚部P13と、脚部P14とを有する。ヨークY11とヨークY12は対向している。拡張ヨークY13はヨークY11が延長されたものである。拡張ヨークY14はヨークY12が延長されたものである。脚部P11は、ヨークY11の左の端部とヨークY12の左の端部を連結する。脚部P12は、ヨークY11の右の端部とヨーク

Y 1 2 の右の端部、すなわち、ヨーク Y 1 1 と拡張ヨーク Y 1 3 の接続部分およびヨーク Y 1 2 と拡張ヨーク Y 1 4 の接続部分を連結する。脚部 P 1 3 は、拡張ヨーク Y 1 3 の右の端部と拡張ヨーク Y 1 4 の右の端部（拡張ヨーク Y 1 3 におけるヨーク Y 1 1 と反対側の端部と拡張ヨーク Y 1 4 におけるヨーク Y 1 2 と反対側の端部）を連結する。ただし、脚部 P 1 3 は、中間にギャップ A G 1 2 を有する。脚部 P 1 4 は、ヨーク Y 1 1 の中間部分とヨーク Y 1 2 の中間部分を連結する。ただし、脚部 P 1 4 は、中間にギャップ A G 1 3 を有する。

なお、コア 1 3 0 E では、ヨーク Y 1 1、ヨーク Y 1 2、拡張ヨーク Y 1 3、拡張ヨーク Y 1 4、脚部 P 1 1、または脚部 P 1 2 がギャップを有していてもよい。

限流コイル 1 0 1 F におけるコイル 1 1 0 B とコイル 1 2 0 B は、限流コイル 1 0 1 B や限流コイル 1 0 1 D のものと同一である。

[0042] 図 1 2 (A) は、第 2 の実施形態に係る直流給電用限流コイル 1 0 2 の基本的な構成の一例を示す。図 1 4 は、図 1 2 (A) の直流給電用限流コイル 1 0 2 の磁気回路の構成の一例を示す。

限流コイル 1 0 2 は、コイル 1 4 0 と、コイル 1 5 0 と、コア 1 6 0 と、ダイオード D 1 3 とを有する。

コイル 1 4 0 とコイル 1 5 0 は、端子 T 1 3 と端子 T 1 4 の間に直列に差動接続の向きに接続されている。すなわち、コイル 1 4 0 とコイル 1 5 0 の自己インダクタンスをそれぞれ L_{13} と L_{14} 、相互インダクタンスを $M_{1'}$ とする。このとき、ダイオード D 1 3 が無い場合には、限流コイル 1 0 2、1 0 2' の合成インダクタンスが $L_{13} + L_{14} - 2M_{1'}$ となるようにコイル 1 4 0 とコイル 1 5 0 は接続されている。

[0043] ただし、限流コイル 1 0 2 では、図 1 2 (A) に示すように、例えばコイル 1 5 0 の両端に、電流が端子 T 1 3 から端子 T 1 4 に向けて流れるようにダイオード D 1 3 が接続される。すなわち、図 1 2 (A) の例では、ダイオード D 1 3 はアノードがコイル 1 4 0 とコイル 1 5 0 の接続点側に接続され

、カソードが端子T 1 4側に接続されている。

急に大きな電圧が印加された直後に端子T 1 3から端子T 1 4に向かって流れる電流は、コイル1 5 0を流れず、ダイオードD 1 3を通して流れる。このため、急に大きな電圧が印加された直後には、コイル1 5 0は短絡されているとみなすことができる。

[0044] コイル1 4 0とコイル1 5 0は、コア1 6 0に巻かれている。コア1 6 0は、鉄のような磁束を通しやすい材料で作られている。ただし、コア1 6 0は、磁束を通しやすい材料であれば、鉄以外の材料で作られていてもよい。

[0045] 限流コイル1 0 2は、直流の給電線の途中に挿入される。通常（すなわち、短絡事故等が起こっていないとき）、コイル1 4 0とコイル1 5 0には略一定の電流が流れており、この電流によりコア1 6 0の内部には磁束 $\Phi 1'$ と磁束 $\Phi 2'$ が生じている。磁束 $\Phi 1'$ と磁束 $\Phi 2'$ は、逆向きであり、互いに打ち消し合う。このとき、コイル1 4 0とコイル1 5 0は単なる配線とみなせる。コイル1 4 0とコイル1 5 0の巻き数が同一である場合、コア1 6 0の内部の磁束は略0となる。

短絡事故等が起こり、例えば、図1 3に示すように、端子T 1 3と端子T 1 4をそれぞれ正側と負側として急に大きな電圧E 1 0が印加されると、コイル1 4 0に電圧（E 1 0－V d 2）がかかり、端子T 1 3から端子T 1 4に向けてコイル1 4 0に励磁電流 i_{m2} が流れる。コイル1 4 0の両端に付した＋と－の符号は電圧降下の向きを示す。なお、上述したようにコイル1 5 0は短絡されているとみなされるため、励磁電流 i_{m2} はコイル1 5 0にはほとんど流れない。V d 2はダイオードD 1 3による電圧降下である。

[0046] このとき、図1 4に示すように、励磁電流 i_{m2} によって、コア1 6 0の内部に磁束 Φ_{m2} が生じる。磁束 Φ_{m2} によりコイル1 5 0に起電力が生じる。図1 3においてコイル1 5 0の両端に付した＋と－の符号は起電力の向きを示す。この起電力により、コイル1 5 0に電流 i_{14} が流れる。電流 i_{14} は、コイル1 5 0に磁束 $\Phi 1 4$ を発生させようとする。しかし、電流 i_{14} に対応して、コイル1 4 0に電流 i_{13} が流れ、磁束 $\Phi 1 4$ をちょうど

打ち消す大きさの磁束 Φ_{13} を発生させる。磁束 Φ_{13} と磁束 Φ_{14} が打ち消し合うため、コア160の内部の磁束は Φ_{m2} から変化しない。このとき、ダイオードD13を流れる電流は $i = i_{m2} + i_{13} - i_{14}$ となる。

従って、端子T13と端子T14をそれぞれ正側と負側として電圧E10が印加されたとき、端子T13から端子T14に向けて電流 $i = i_{m2} + i_{13}$ が流れる。

[0047] 図15に示すように、端子T13と端子T14間に流れる電流 i は、励磁電流 i_{m2} から電流 i_{13} の電流値だけ嵩上げされる。端子T13と端子T14間に電圧E10が印加された直後に、端子T13と端子T14間に流れる電流 i の電流値は、電流 i_{13} の電流値である。コイル140とコイル150に漏れ磁束がないと仮定すると、その後、電流 i の電流値は直線的に増加する。しかし、実際には、コイル140とコイル150には漏れ磁束が存在する。この漏れ磁束の影響により、時間が経過すると、磁束 Φ_{13} と磁束 Φ_{14} が減少し、電流 i_{13} と電流 i_{14} が減少する。このため、時間が経過するにつれて、端子T13と端子T14間に流れる電流 i の増加率が減少する。このように、限流コイル102は、電圧E10が印加された直後における電流 i の立ち上がりが早く、時間が経過するにつれて電流 i の増加を抑制する。

なお、図12(A)にはダイオードD13がコイル150の両端に接続されている例を示したが、ダイオードD13は、コイル150の両端ではなく、コイル140の両端に、電流が端子T13から端子T14に向けて流れるように接続してもよい。この場合、急に大きな電圧が印加された直後には、コイル140が短絡されているとみなすことができる。

[0048] 第1の実施形態については説明を省略したが、一般的に限流コイルは遮断器とともに高電圧直流の給電線に設置される。短絡事故等が発生すると、遮断器により電流が遮断される。このとき、限流コイルに逆起電力が生じる。図12(B)は、逆起電力抑止用ダイオードD_aが付加された第2の実施形態に係る直流給電用限流コイル102'の構成の一例を示す。

限流コイル 102' は、限流コイル 102 に逆起電力抑止用ダイオード D_a が付加されたものである。逆起電力抑止用ダイオード D_a は、アノードがコイル 140 とコイル 150 の接続点側に接続され、カソードが端子 T13 側に接続される。

図 13 に示す向きに流れていた電流が遮断されると、図 16 に示すように、コイル 140 とコイル 150 にそれぞれ逆起電力が生じる。図 16 においてコイル 140 とコイル 150 の両端に付した+と-の符号は逆起電力の向きを示す。

コイル 140 の逆起電力により流れる電流 i_a は、逆起電力抑止用ダイオード D_a とコイル 140 によって形成されるループを流れる。また、コイル 150 の逆起電力により流れる電流 i_b は、ダイオード D13 とコイル 150 によって形成されるループを流れる。

なお、限流コイル 102' は、図 13 の例とは逆に、大きな電圧 E が端子 T14 と端子 T13 をそれぞれ正側と負側として突然印加された場合でも、限流コイルとして使用可能である。ただし、この場合、逆起電力抑止用ダイオード D_a とダイオード D13 との機能は図 13 の例とは逆になる。

[0049] 図 3 に示したように、第 1 の実施形態に係る限流コイル 101, 101' では、通常、コア 130 内には磁束 Φ' が生じている。そして、短絡事故等が起こり、急に大きな電圧が印加されると、コア 130 の内部に磁束 Φ_{m1} が生じる。このとき、コア 130 内の磁束は Φ' から $\Phi' + \Phi_{m1}$ に変化する。磁気飽和するとコイルを流れる電流が急激に増加するため、磁気飽和は望ましくない。しかし、磁束 Φ' と磁束 Φ_{m1} の向きが同一であるため、限流コイル 101, 101' は、比較的磁気飽和しやすい。

一方、図 14 に示したように、第 2 の実施形態に係る限流コイル 102, 102' では、通常、コイル 140 から磁束 Φ_1' が生じ、コイル 150 から磁束 Φ_2' が生じている。磁束 Φ_1' と磁束 Φ_2' は逆向きであり、互いに打ち消し合っている。このため、コイル 140 とコイル 150 の巻き数が同一である場合、コア 160 内の磁束は略 0 である。そして、短絡事故等が

起こり、急に大きな電圧が印加されるとき、コア 160 内の磁束は略 0 から Φ_{m2} に変化する。限流コイル 102, 102' は、限流コイル 101, 101' に比べて磁束の変化できる幅が大きくなるため、磁気飽和しにくい。

[0050] 第 2 の実施形態に係る限流コイル 102, 102' は磁気飽和しにくいいため、コア 160 として、ギャップ（隙間）のないコアを使用することができる。また、図 6 の限流コイル 101A のように限流コイル 102, 102' でも、コア 160 としてギャップ AG1 を有する矩形状のコア 130A を用い、コア 130A の脚部 P1 または脚部 P2 にコイル 140 とコイル 150 を重ね巻きすることができる。また、図 7 の限流コイル 101B のように限流コイル 102, 102' でも、コア 160 としてギャップ AG1 を有する矩形状のコア 130A を用い、コア 130A の脚部 P1 にコイル 140 を巻回し、脚部 P2 にコイル 150 を巻回することができる。更に、限流コイル 102, 102' でも、コア 160 として図 8～図 11 に示したコア 130B～コア 130E を用い、それらの脚部 P1 にコイル 140 を巻回し、脚部 P2 にコイル 150 を巻回することができる。

[0051] なお、図 6 から図 11 に示したコア 130A～コア 130E の構成は、例示であって限定するものではない。コア 130 やコア 160 として、これら以外にも様々な構成のコアを用いることができる。コア 130 やコア 160 として、例えば、EI コア、EE コア、UU コア等の様々な形状のものを用いることができる。

[0052] 図 17 は、本発明の第 3 の実施形態に係る直流給電用限流コイル 201 の構成の一例を示す。図 19 は、図 17 の直流給電用限流コイル 201 の磁気回路の構成の一例を示す。

限流コイル 201 は、コイル 210 と、コイル 220 と、コア 230 とを有する。

コイル 210 とコイル 220 は、端子 T21 と端子 T22 の間に直列に差動接続されている。すなわち、コイル 210 とコイル 220 の自己インダクタンスをそれぞれ L21 と L22、相互インダクタンスを M2 とする。この

場合、限流コイル 201 の合成インダクタンスは $L_{21} + L_{22} - 2M_{22}$ となる。

コイル 210 とコイル 220 は、コア 230 に巻かれている。コイル 210 とコイル 220 の巻線の巻数が同じ場合、 $L_{21} = L_{22}$ となる。コア 230 は、鉄のような磁束を通しやすい材料で作られている。ただし、コア 230 は、磁束を通しやすい材料であれば、鉄以外の材料で作られていてもよい。

[0053] 限流コイル 201 は、直流の給電線の途中に挿入される。通常（すなわち、短絡事故等が起こっていないとき）、コイル 210 とコイル 220 には略一定の電流が流れている。この電流によりコア 230 の内部にそれぞれコイル 210 とコイル 220 による磁束が生じるが、これらの磁束は逆向きであり、互いに打ち消し合う。このとき、コイル 210 とコイル 220 は単なる配線とみなせる。短絡事故等が起こり、例えば、図 18 に示すように、端子 T21 と端子 T22 をそれぞれ正側と負側として電圧 E_{20} が印加されると、端子 T21 から端子 T22 に向けてコイル 210 とコイル 220 に電流 i_{20} が流れる。

このとき、図 19 に示すように、電流 i_{20} によって、コア 230 の内部に、コイル 210 による磁束 Φ_{M21} とコイル 220 による磁束 Φ_{M22} とが生じる。そして、磁束 Φ_{M21} と磁束 Φ_{M22} によってコイル 210 とコイル 220 にそれぞれ電圧 E_{21} と電圧 E_{22} が生じる。 $E_{20} = E_{21} + E_{22}$ である。コイル 210 とコイル 220 は差動接続されているため、磁束 Φ_{M21} と磁束 Φ_{M22} は互いに打ち消し合う。このため、コイル 210 とコイル 220 の自己インダクタンス L_{21} と L_{22} から相互インダクタンス $2M_{22}$ が減算される形となり、限流コイル 201 の合成インダクタンスは小さくなる。

図 20 に示すように、電圧 E_{20} が印加された直後は、 $E_{20} / (L_{21} + L_{22} - 2M_{22})$ の傾きで電流 i_{20} は増加する。このように、電流 i_{20} の立ち上がりは早い。

[0054] また、図 19 に示すように、電流 i_{20} が流れると、コイル 210 からの

漏れ磁束 Φ_{L21} とコイル220からの漏れ磁束 Φ_{L22} が生じる。漏れ磁束 Φ_{L21} と漏れ磁束 Φ_{L22} は、例えば空気中を通る。漏れ磁束 Φ_{L21} と漏れ磁束 Φ_{L22} により、それぞれに対応する漏れインダクタンスが生じる。時間が経過するとともに電流 i_{20} が増加し、漏れ磁束 Φ_{L21} と漏れ磁束 Φ_{L22} が増加する。それに起因して磁気回路における磁束の状態が変化し、図20に示すように、電流 i_{20} の増加率は減少し、電流 i_{20} の増加が抑制される。

[0055] 以下に説明するように、限流コイル201は、コア230の形状やコイル210とコイル220の巻き方を変えることにより、磁気回路における磁束の状態を変えることができる。

図21は、矩形状のコア230Aの左側の脚部P21に2つのコイル210Aとコイル220Aが重ね巻きされた限流コイル201Aの構成の一例を示す。

限流コイル201Aは、コイル210Aと、コイル220Aと、コア230Aとを有する。

コア230Aは、ヨークY21と、ヨークY22と、脚部P21と、脚部P22とを有する。ヨークY21とヨークY22は対向している。脚部P21は、ヨークY21の左の端部とヨークY22の左の端部を連結する。脚部P22は、ヨークY21の右の端部とヨークY22の右の端部を連結する。

コイル210Aとコイル220Aの巻線は、脚部P21に同一の方向（例えば、左回り）に重ね巻きされている。ヨークY21側に配置されているコイル210Aの一方の端部とコイル220Aの一方の端部（コイル210Aの巻き初めとコイル220Aの巻き初め）にそれぞれ端子T21と端子T22が設けられる。コイル210Aの他方の端部とコイル220Aの他方の端部（コイル210Aの巻き終わりとコイル220Aの巻き終わり）は接続される。

限流コイル201Aは、コイル210とコイル220の結合係数が1に近く、漏れ磁束 Φ_{L21} と漏れ磁束 Φ_{L22} が少ない。

なお、コイル210Aとコイル220Aの巻線は、脚部P21ではなく、

脚部 P 2 2 に同一の方向に重ね巻きされていてもよい。

[0056] 図 2 2 は、矩形状のコア 2 3 0 A の左側の脚部 P 2 1 と右側の脚部 P 2 2 に 2 つのコイル 2 1 0 B とコイル 2 2 0 B がそれぞれ巻回された限流コイル 2 0 1 B の構成の一例を示す。

限流コイル 2 0 1 B は、コイル 2 1 0 B と、コイル 2 2 0 B と、コア 2 3 0 A とを有する。

限流コイル 2 0 1 B のコア 2 3 0 A は、限流コイル 2 0 1 A のものと同一である。

コイル 2 1 0 B の巻線は、脚部 P 2 1 に左回りに巻回されている。コイル 2 2 0 B の巻線は、脚部 P 2 2 に右回りに巻回されている。コイル 2 1 0 B のヨーク Y 2 1 側の端部とコイル 2 2 0 B のヨーク Y 2 1 側の端部（コイル 2 1 0 B の巻き初めとコイル 2 2 0 B の巻き初め）にそれぞれ端子 T 2 1 と端子 T 2 2 が設けられている。コイル 2 1 0 B のヨーク Y 2 2 側の端部とコイル 2 2 0 B のヨーク Y 2 2 側の端部（コイル 2 1 0 B の巻き終わりとコイル 2 2 0 B の巻き終わり）は接続される。

限流コイル 2 0 1 B は、コイル 2 1 0 B とコイル 2 2 0 B の結合係数が限流コイル 2 0 1 A のものよりも小さく、漏れ磁束 Φ_{L21} と漏れ磁束 Φ_{L22} が限流コイル 2 0 1 A よりも多い。

[0057] 図 2 3 は、矩形部に隣接して漏れ磁束の経路が付加されたコア 2 3 0 B を有する限流コイル 2 0 1 C の構成の一例を示す。

限流コイル 2 0 1 C は、コイル 2 1 0 B と、コイル 2 2 0 B と、コア 2 3 0 B とを有する。

コア 2 3 0 B は、ヨーク Y 2 1 と、ヨーク Y 2 2 と、拡張ヨーク Y 2 3 と、拡張ヨーク Y 2 4 と、脚部 P 2 1 と、脚部 P 2 2 と、脚部 P 2 3 とを有する。ヨーク Y 2 1 とヨーク Y 2 2 は対向している。拡張ヨーク Y 2 3 はヨーク Y 2 1 が延長されたものである。拡張ヨーク Y 2 4 はヨーク Y 2 2 が延長されたものである。脚部 P 2 1 は、ヨーク Y 2 1 の左の端部とヨーク Y 2 2 の左の端部を連結する。脚部 P 2 2 は、ヨーク Y 2 1 の右の端部とヨーク Y

22の右の端部、すなわち、ヨークY21と拡張ヨークY23の接続部分およびヨークY22と拡張ヨークY24の接続部分を連結する。脚部P23は、拡張ヨークY23の右の端部と拡張ヨークY24の右の端部（拡張ヨークY23におけるヨークY21と反対側の端部と拡張ヨークY24におけるヨークY22と反対側の端部）を連結する。ただし、脚部P23は、中間にギャップ（隙間）AG21を有する。

[0058] 限流コイル201Cにおけるコイル210Bとコイル220Bは限流コイル201Bのものと同一である。すなわち、コイル210Bの巻線は、脚部P21に左回りに巻回されている。コイル220Bの巻線は、脚部P22に右回りに巻回されている。コイル210BのヨークY21側の端部とコイル220BのヨークY21側の端部（コイル210Bの巻き初めとコイル220Bの巻き初め）にそれぞれ端子T21と端子T22が設けられる。コイル210BのヨークY22側の端部とコイル220BのヨークY22側の端部（コイル210Bの巻き終わりとコイル220Bの巻き終わり）は接続される。

ヨークY21とヨークY22と脚部P21と脚部P22とは矩形部を形成する。拡張ヨークY23と脚部P23と拡張ヨークY24は、漏れ磁束 Φ_{L21} と漏れ磁束 Φ_{L22} の経路となる。限流コイル201Cでは、漏れ磁束 Φ_{L21} と漏れ磁束 Φ_{L22} は、空气中だけでなく、拡張ヨークY23と脚部P23と拡張ヨークY24を通ることができる。このため、限流コイル201Cでは、漏れ磁束 Φ_{L21} と漏れ磁束 Φ_{L22} が限流コイル201Bよりも更に多く、コイル210Bとコイル220Bの結合係数は限流コイル201Bのものよりも更に小さい。

[0059] 図24は、矩形部の中間に漏れ磁束の経路が付加されたコア230Cを有する限流コイル201Dの構成の一例を示す。

限流コイル201Dは、コイル210Bと、コイル220Bと、コア230Cとを有する。

コア230Cは、ヨークY21と、ヨークY22と、脚部P21と、脚部

P 2 2 と、脚部 P 2 4 とを有する。ヨーク Y 2 1 とヨーク Y 2 2 は対向している。脚部 P 2 1 は、ヨーク Y 2 1 の左の端部とヨーク Y 2 2 の左の端部を連結する。脚部 P 2 2 は、ヨーク Y 2 1 の右の端部とヨーク Y 2 2 の右の端部を連結する。脚部 P 2 4 は、ヨーク Y 2 1 の中間部分とヨーク Y 2 2 の中間部分を連結する。ただし、脚部 P 2 4 は、中間にギャップ（隙間）A G 2 2 を有する。

限流コイル 2 0 1 D におけるコイル 2 1 0 B とコイル 2 2 0 B は限流コイル 2 0 1 B のものと同一である。すなわち、コイル 2 1 0 B の巻線は、脚部 P 2 1 に左回りに巻回されている。コイル 2 2 0 B の巻線は、脚部 P 2 2 に右回りに巻回されている。コイル 2 1 0 B のヨーク Y 2 1 側の端部とコイル 2 2 0 B のヨーク Y 2 1 側の端部（コイル 2 1 0 B の巻き初めとコイル 2 2 0 B の巻き初め）にそれぞれ端子 T 2 1 と端子 T 2 2 が設けられる。コイル 2 1 0 B のヨーク Y 2 2 側の端部とコイル 2 2 0 B のヨーク Y 2 2 側の端部（コイル 2 1 0 B の巻き終わりとコイル 2 2 0 B の巻き終わり）は接続される。

脚部 P 2 4 は、漏れ磁束 Φ_{L21} と漏れ磁束 Φ_{L22} の経路となる。限流コイル 2 0 1 D では、漏れ磁束 Φ_{L21} と漏れ磁束 Φ_{L22} は、空気中だけでなく、脚部 P 2 4 を通ることができる。このため、限流コイル 2 0 1 D では、漏れ磁束 Φ_{L21} と漏れ磁束 Φ_{L22} が限流コイル 2 0 1 B よりも更に多く、コイル 2 1 0 B とコイル 2 2 0 B の結合係数は限流コイル 2 0 1 B のものよりも更に小さい。

[0060] なお、図 2 1 から図 2 4 に示したコア 2 3 0 A ~ 2 3 0 C の構成は、例示であって限定するものではない。コア 2 3 0 として、これら以外にも様々な構成のコアを用いることができる。例えば、コア 2 3 0 として、例えば、E I コア、E E コア、U U コア等の様々な形状のものを用いることができる。

[0061] 以上説明したように、本発明によれば、大きな電圧が印加された直後における電流の立ち上がりを早くすることができる。このため、本発明の直流給電用限流コイルを直流の給電線の途中に挿入することにより、遮断器やヒュ

ーズ等の動作時間を短縮することができる。

また、本発明によれば、大きな電圧が印加された後に時間が経過するとともに電流の増加を抑制することができる。このため、本発明の直流給電用限流コイルを直流の給電線の途中に挿入することにより、時間が経過してもコアが磁気飽和しにくくなり、過大電流が突発的に生じることを防止することができる。

[0062] 以上、本発明の実施形態について説明したが、設計または製造上の都合やその他の要因によって必要となる様々な修正や組み合わせは、請求項に記載されている発明や発明の実施形態に記載されている具体例に対応する発明の範囲に含まれる。

符号の説明

[0063] 101, 101', 101A, 101B, 101C, 101D, 101E, 101F, 102, 102' …限流コイル、110, 110A, 110B…コイル、120, 120A, 120B…コイル、130, 130A, 130B, 130C, 130D, 130E…コア、140…コイル、150…コイル、160…コア、Y11, Y12…ヨーク、Y13, Y14…拡張ヨーク、P11, P12, P13, P14…脚部、AG11, AG12, AG13…ギャップ（隙間）、D11, D12, D13, Da…ダイオード、201, 201A, 201B, 201C, 201D…限流コイル、210, 210A, 210B…コイル、220, 220A, 220B…コイル、230, 230A, 230B, 230C…コア、Y21, Y22…ヨーク、Y23, Y24…拡張ヨーク、P21, P22, P23, P24…脚部、AG21, AG22…ギャップ（隙間）

請求の範囲

- [請求項1] 直流給電において使用される直流給電用限流コイルであって、
磁束を通しやすい材料で作られたコアと、
前記コアに巻回され、直列に接続された2つのコイルと、
前記2つのコイルのうちの一方のコイルの両端に接続された第1のダイオードと、
を備えることを特徴とする直流給電用限流コイル。
- [請求項2] 前記2つのコイルが、和動接続の向きに接続されていることを特徴とする請求項1に記載の直流給電用限流コイル。
- [請求項3] 前記2つのコイルのうちの一方のコイルまたは他方のコイルの両端に、前記第1のダイオードと逆方向に電流が流れるように接続された第2のダイオードを備えることを特徴とする請求項2に記載の直流給電用限流コイル。
- [請求項4] 前記2つのコイルが、差動接続の向きに接続されていることを特徴とする請求項1に記載の直流給電用限流コイル。
- [請求項5] 前記2つのコイルのうちの他方のコイルの両端に、前記第1のダイオードと逆方向に電流が流れるように接続された第2のダイオードを備えることを特徴とする請求項4に記載の直流給電用限流コイル。
- [請求項6] 前記コアが、対向する第1のヨークおよび第2のヨークと、当該第1のヨークの一方の端部および当該第2のヨークの一方の端部を連結する第1の脚部と、当該第1のヨークの他方の端部および当該第2のヨークの他方の端部を連結する第2の脚部とを有し、
前記第1のヨーク、前記第2のヨーク、前記第1の脚部、または前記第2の脚部が少なくとも1のギャップを有し、
前記2つのコイルが、前記第1の脚部または前記第2の脚部に重ね巻きされている、
ことを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載の直流給電用限流コイル。

[請求項7] 前記コアが、対向する第1のヨークおよび第2のヨークと、当該第1のヨークの一方の端部および当該第2のヨークの一方の端部を連結する第1の脚部と、当該第1のヨークの他方の端部および当該第2のヨークの他方の端部を連結する第2の脚部とを有し、

前記第1のヨーク、前記第2のヨーク、前記第1の脚部、または前記第2の脚部が少なくとも1のギャップを有し、

前記2つのコイルの一方が、前記第1の脚部に巻回されており、

前記2つのコイルの他方が、前記第2の脚部に巻回されている、

ことを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載の直流給電用限流コイル。

[請求項8] 前記コアが、対向する第1のヨークおよび第2のヨークと、当該第1のヨークの一方の端部および当該第2のヨークの一方の端部を連結する第1の脚部と、当該第1のヨークの他方の端部および当該第2のヨークの他方の端部を連結する第2の脚部と、当該第1のヨークの他方の端部から延長された第1の拡張ヨークと、当該第2のヨークの他方の端部から延長された第2の拡張ヨークと、当該第1の拡張ヨークにおける前記第1のヨークと反対側の端部と当該第2の拡張ヨークにおける前記第2のヨークと反対側の端部とを連結し、中間にギャップを有する第3の脚部とを有し、

前記2つのコイルの一方が、前記第1の脚部に巻回されており、

前記2つのコイルの他方が、前記第2の脚部に巻回されている、

ことを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載の直流給電用限流コイル。

[請求項9] 前記第1のヨーク、前記第2のヨーク、前記第1の脚部、または前記第2の脚部が少なくとも1のギャップを有することを特徴とする請求項8に記載の直流給電用限流コイル。

[請求項10] 前記コアが、対向する第1のヨークおよび第2のヨークと、当該第1のヨークの一方の端部および当該第2のヨークの一方の端部を連結

する第1の脚部と、当該第1のヨークの他方の端部および当該第2のヨークの他方の端部を連結する第2の脚部と、当該第1のヨークの中間部分と当該第2のヨークの中間部分を連結し、中間にギャップを有する第3の脚部とを有し、

前記2つのコイルの一方が、前記第1の脚部に巻回されており、

前記2つのコイルの他方が、前記第2の脚部に巻回されている、

ことを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載の直流給電用限流コイル。

[請求項11]

前記コアが、対向する第1のヨークおよび第2のヨークと、当該第1のヨークの一方の端部および当該第2のヨークの一方の端部を連結する第1の脚部と、当該第1のヨークの他方の端部および当該第2のヨークの他方の端部を連結する第2の脚部と、当該第1のヨークの他方の端部から延長された第1の拡張ヨークと、当該第2のヨークの他方の端部から延長された第2の拡張ヨークと、当該第1の拡張ヨークにおける前記第1のヨークと反対側の端部と当該第2の拡張ヨークにおける前記第2のヨークと反対側の端部とを連結し、中間にギャップを有する第3の脚部と、当該第1のヨークの中間部分と当該第2のヨークの中間部分を連結し、中間にギャップを有する第4の脚部とを有し、

前記2つのコイルの一方が、前記第1の脚部に巻回されており、

前記2つのコイルの他方が、前記第2の脚部に巻回されている、

ことを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載の直流給電用限流コイル。

[請求項12]

直流給電において使用される直流給電用限流コイルであって、

磁束を通しやすい材料で作られたコアと、

前記コアに巻回され、差動接続された2つのコイルと、

を備えることを特徴とする直流給電用限流コイル。

[請求項13]

前記コアが、対向する第1のヨークおよび第2のヨークと、当該第

1のヨークの一方の端部および当該第2のヨークの一方の端部を連結する第1の脚部と、当該第1のヨークの他方の端部および当該第2のヨークの他方の端部を連結する第2の脚部とを有し、

前記2つのコイルが、前記第1の脚部または前記第2の脚部に重ね巻きされている、

ことを特徴とする請求項12に記載の直流給電用限流コイル。

[請求項14]

前記コアが、対向する第1のヨークおよび第2のヨークと、当該第1のヨークの一方の端部および当該第2のヨークの一方の端部を連結する第1の脚部と、当該第1のヨークの他方の端部および当該第2のヨークの他方の端部を連結する第2の脚部とを有し、

前記2つのコイルの一方が、前記第1の脚部に巻回されており、

前記2つのコイルの他方が、前記第2の脚部に巻回されている、

ことを特徴とする請求項12に記載の直流給電用限流コイル。

[請求項15]

前記コアが、対向する第1のヨークおよび第2のヨークと、当該第1のヨークの一方の端部および当該第2のヨークの一方の端部を連結する第1の脚部と、当該第1のヨークの他方の端部および当該第2のヨークの他方の端部を連結する第2の脚部と、当該第1のヨークの他方の端部から延長された第1の拡張ヨークと、当該第2のヨークの他方の端部から延長された第2の拡張ヨークと、当該第1の拡張ヨークにおける前記第1のヨークと反対側の端部と当該第2の拡張ヨークにおける前記第2のヨークと反対側の端部とを連結し、中間にギャップを有する第3の脚部とを有し、

前記2つのコイルの一方が、前記第1の脚部に巻回されており、

前記2つのコイルの他方が、前記第2の脚部に巻回されている、

ことを特徴とする請求項12に記載の直流給電用限流コイル。

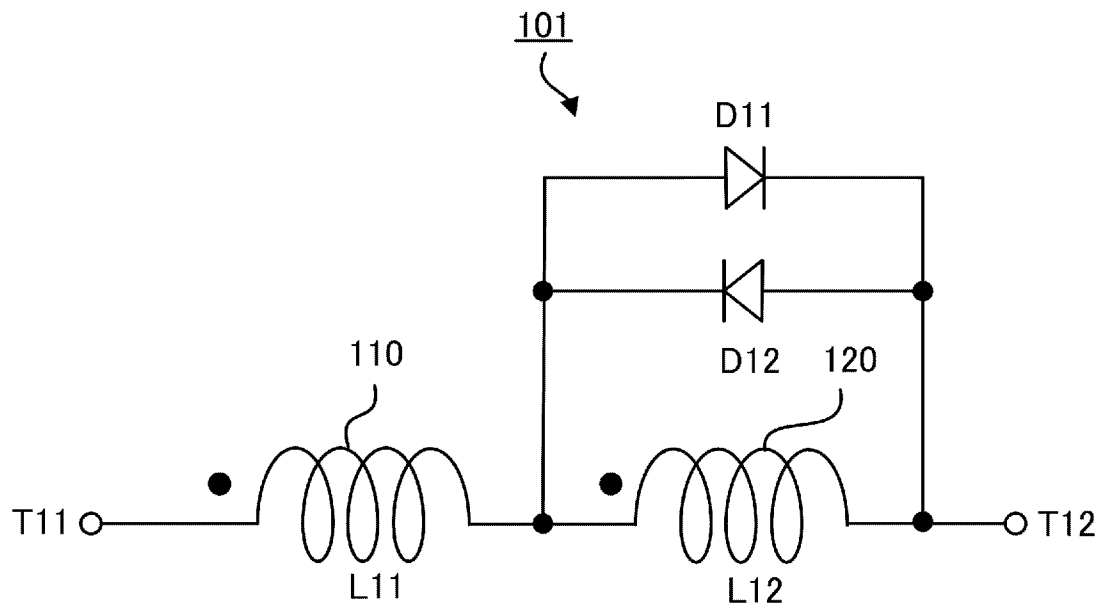
[請求項16]

前記コアが、対向する第1のヨークおよび第2のヨークと、当該第1のヨークの一方の端部および当該第2のヨークの一方の端部を連結する第1の脚部と、当該第1のヨークの他方の端部および当該第2の

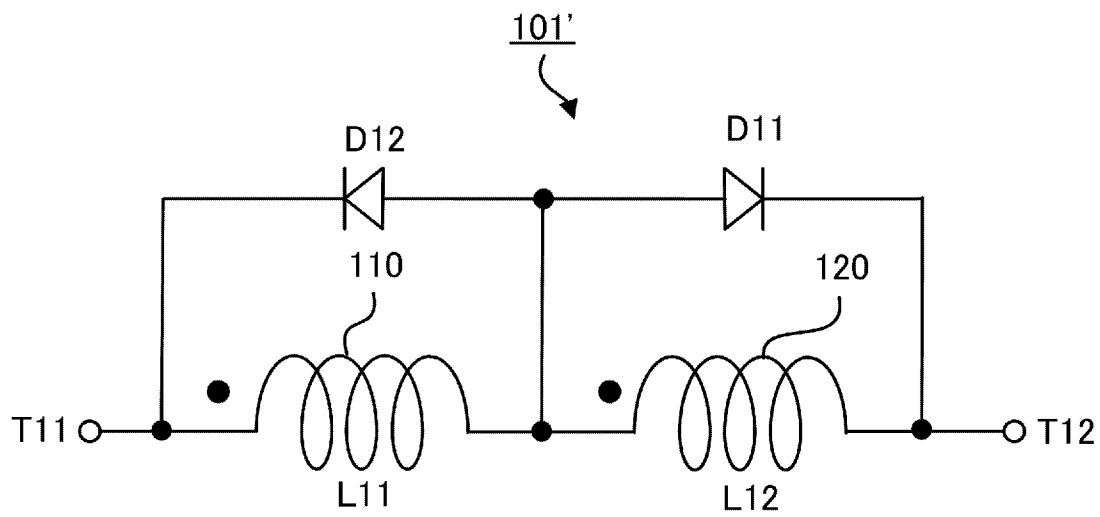
ヨークの他方の端部を連結する第２の脚部と、当該第１のヨークの中間部分と当該第２のヨークの中間部分を連結し、中間にギャップを有する第３の脚部とを有し、

前記２つのコイルの一方が、前記第１の脚部に巻回されており、
前記２つのコイルの他方が、前記第２の脚部に巻回されている、
ことを特徴とする請求項１２に記載の直流給電用限流コイル。

[図1]

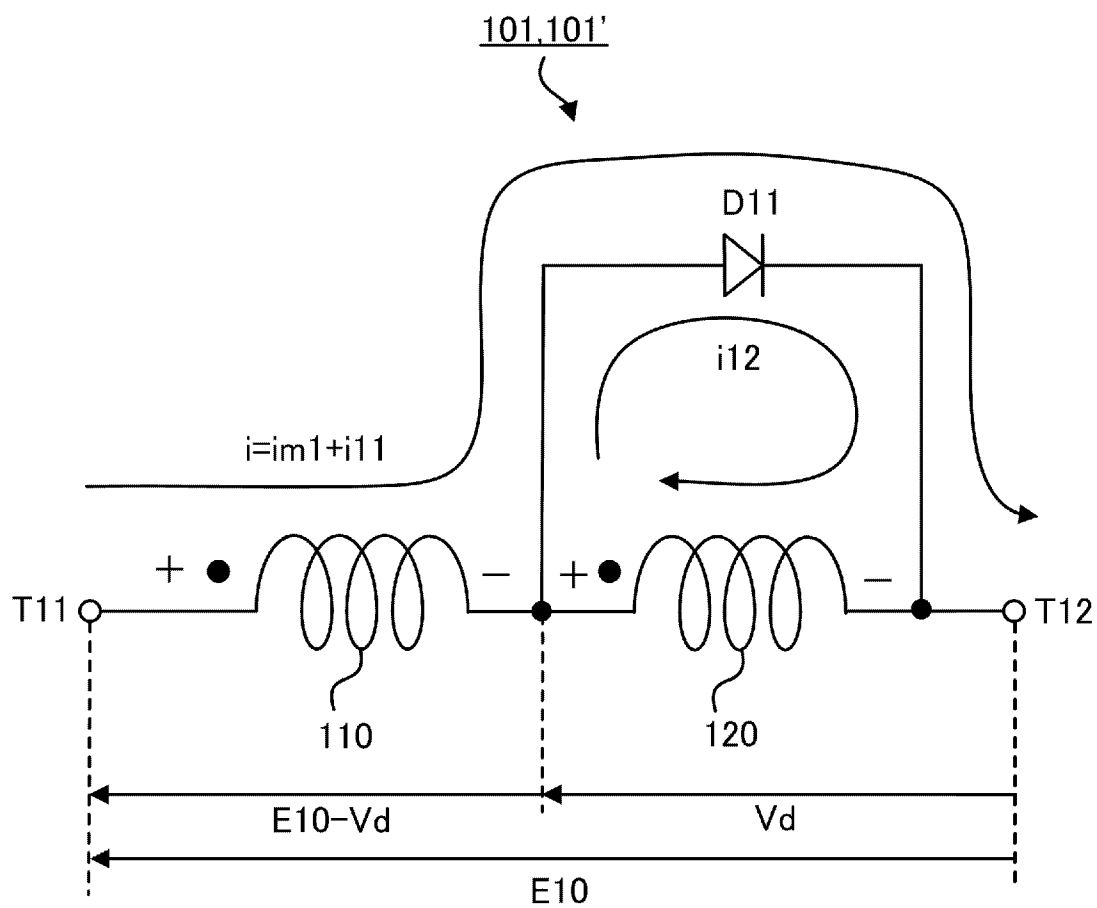


(A)

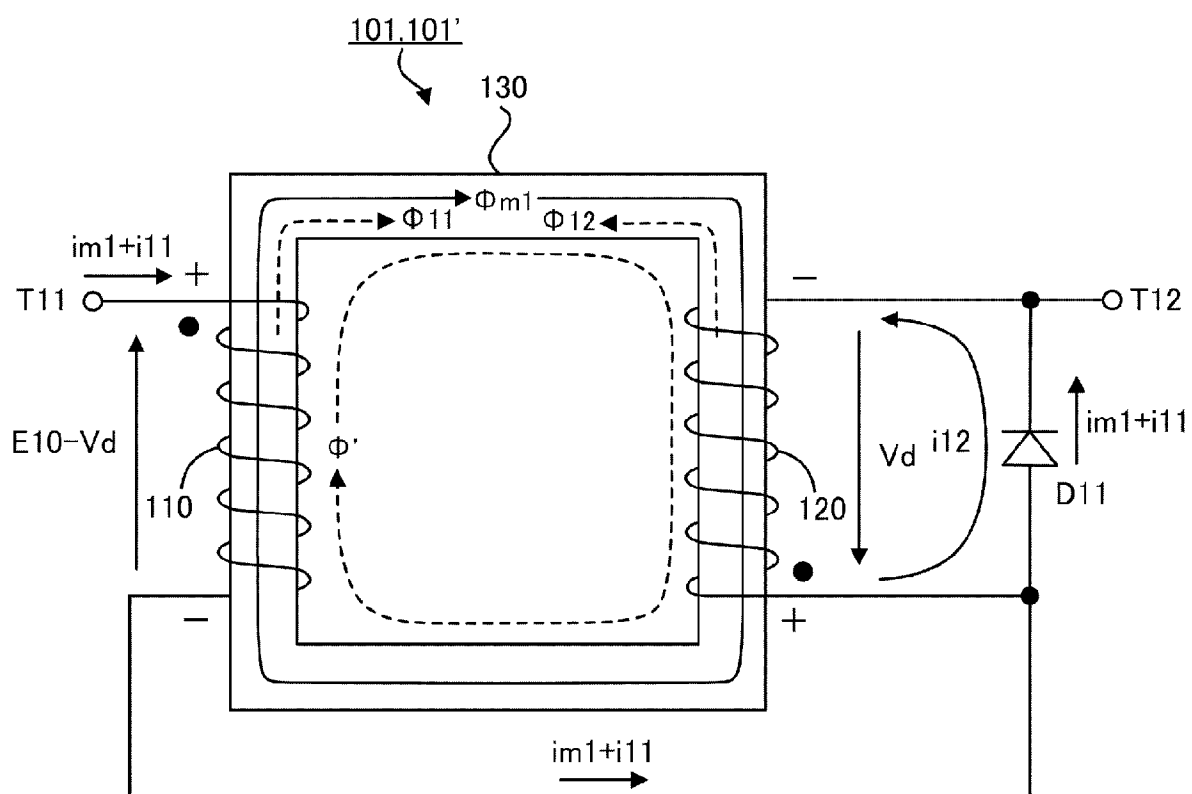


(B)

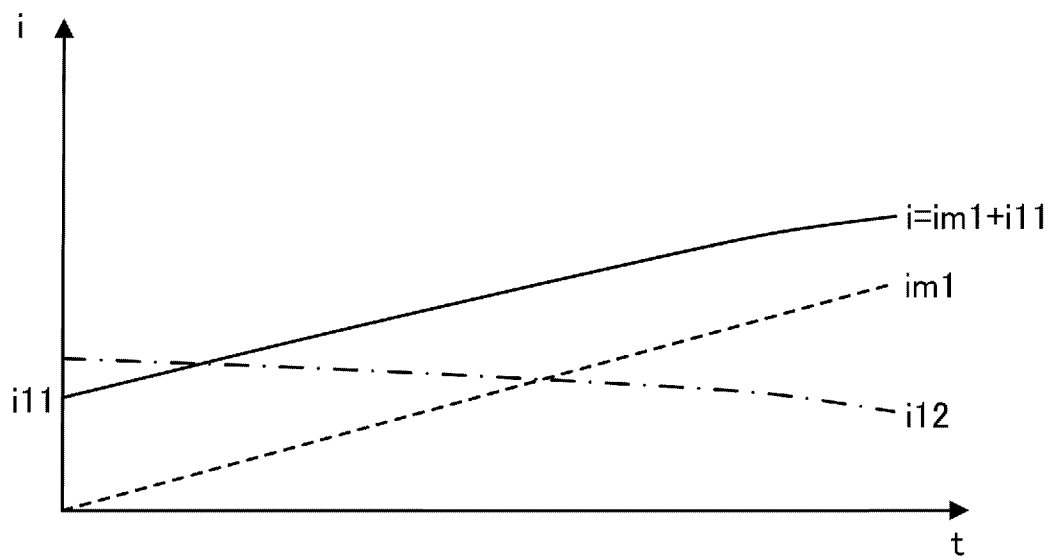
[図2]



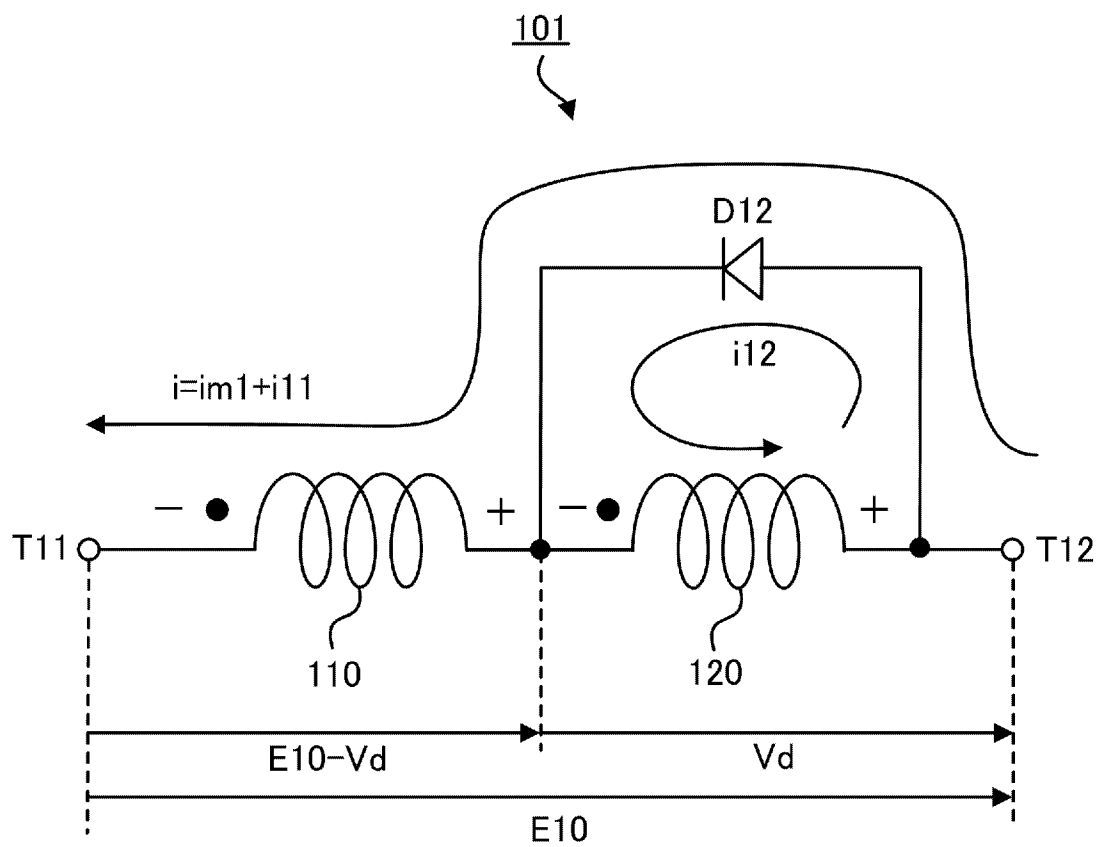
[図3]



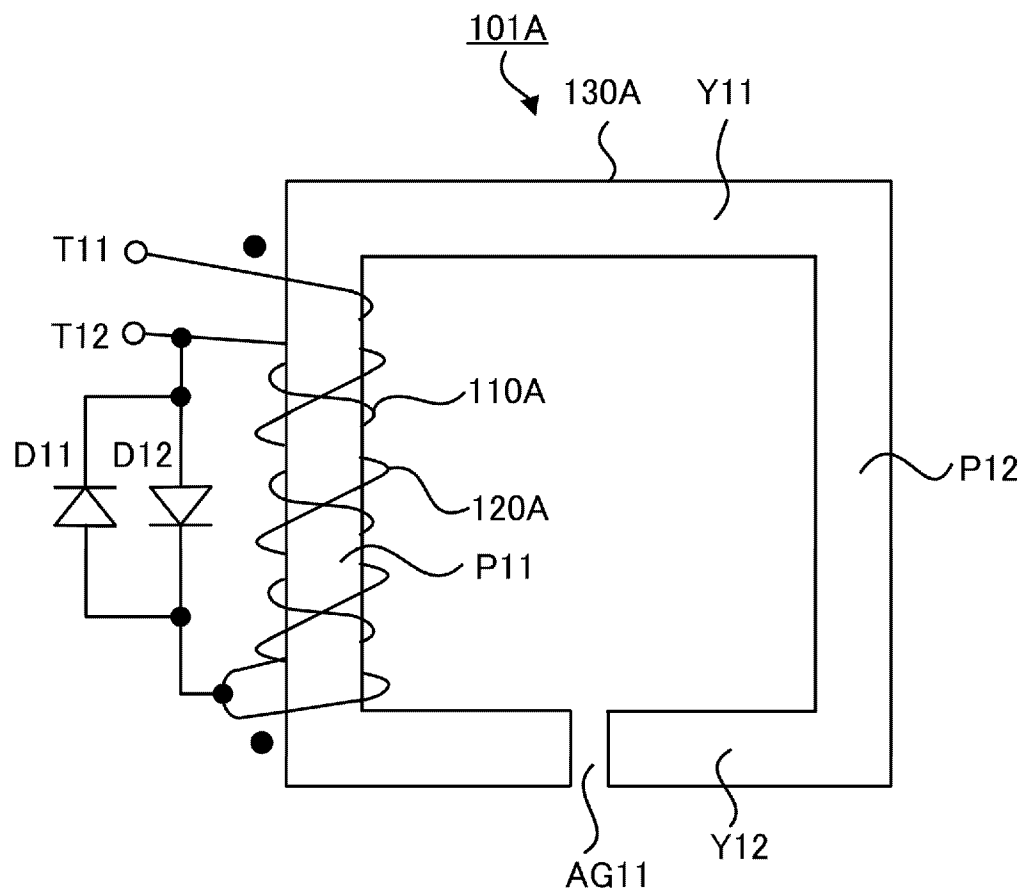
[図4]



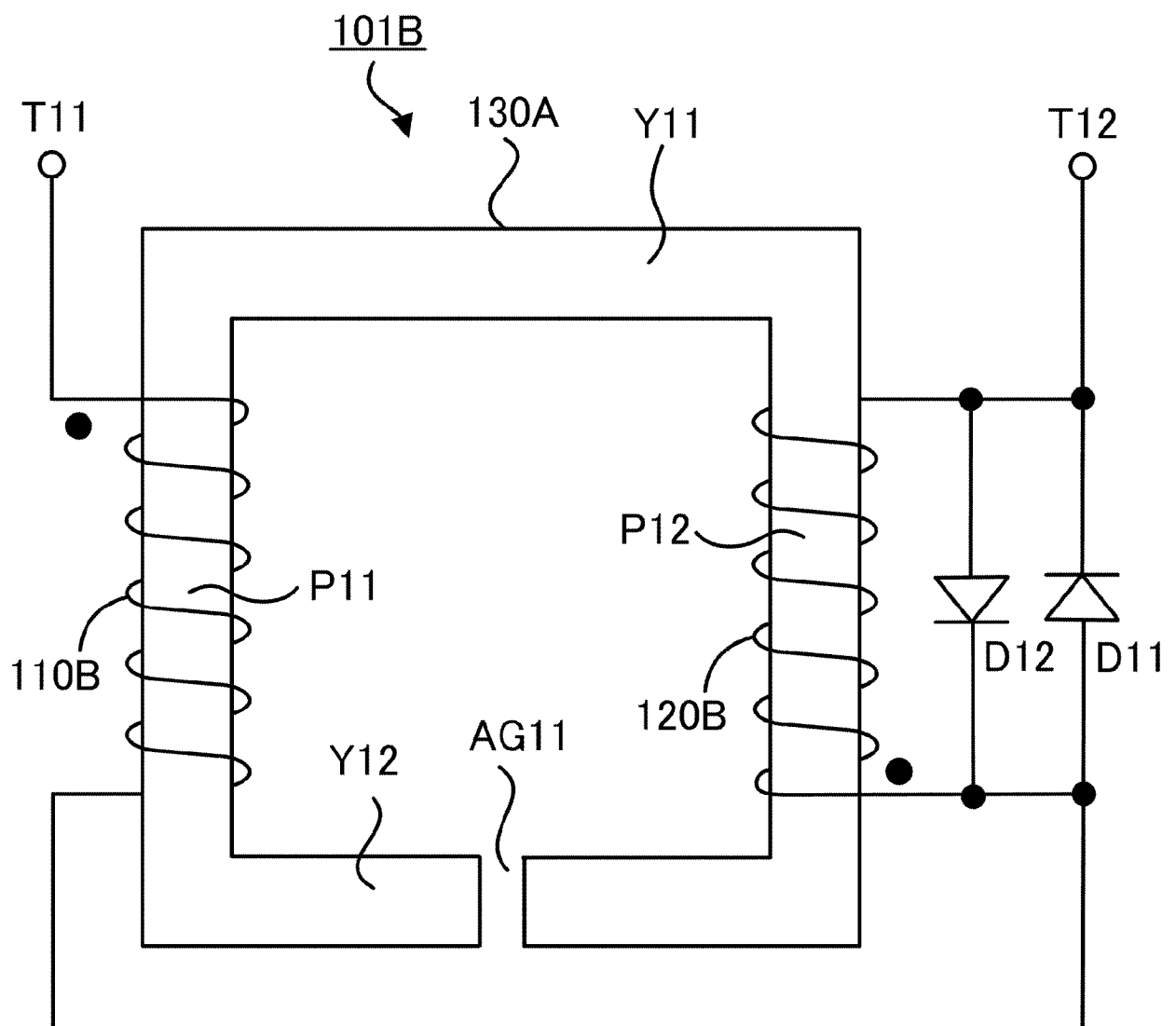
[図5]



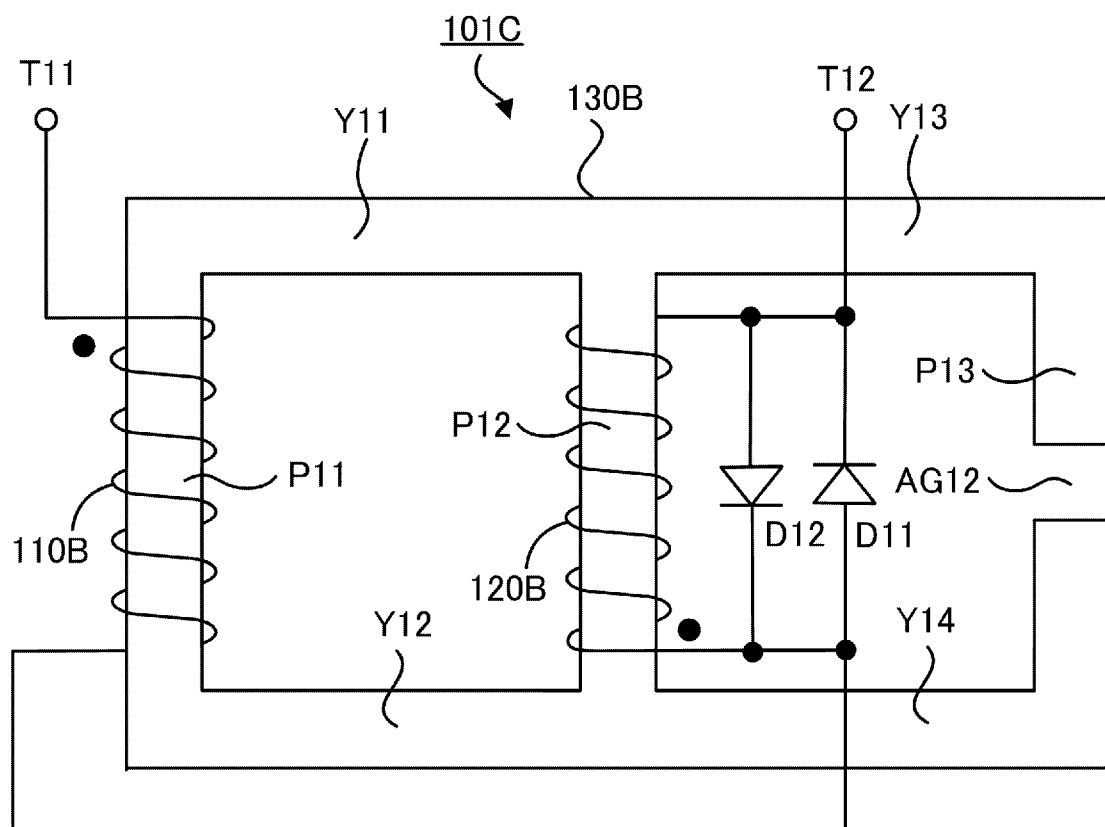
[図6]



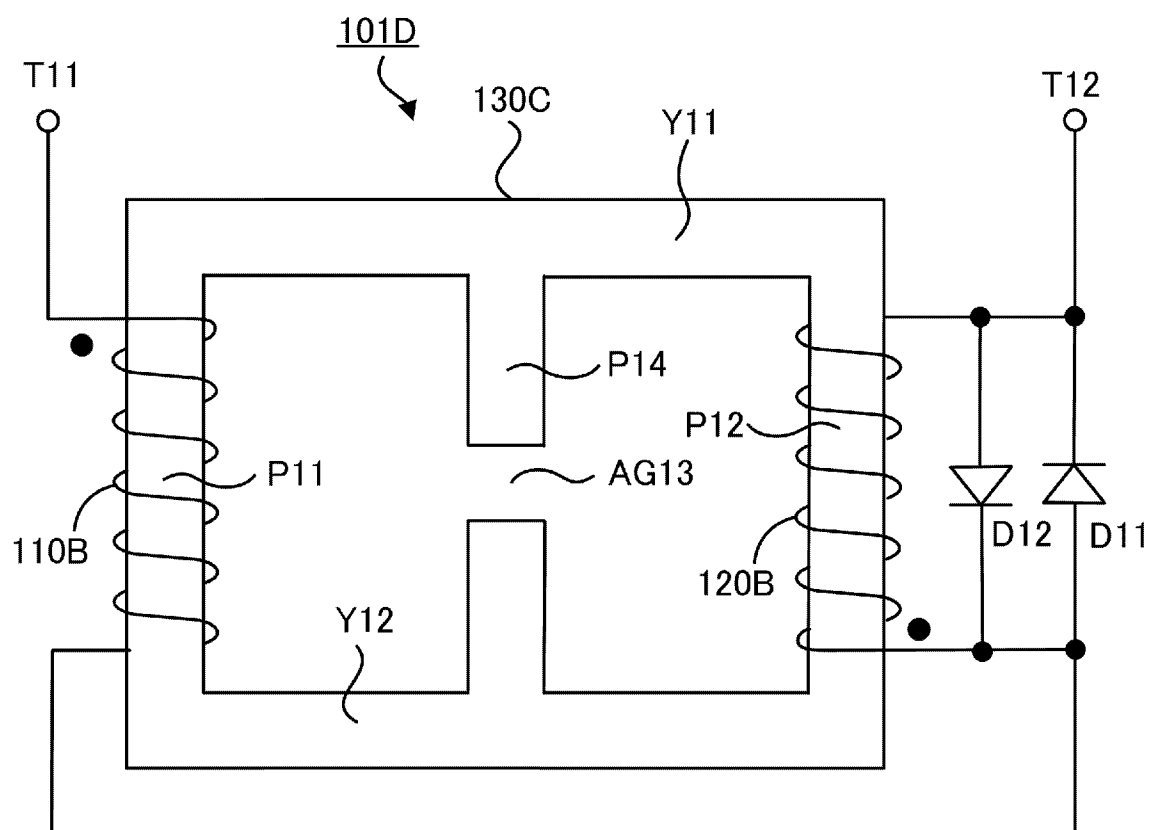
[図7]



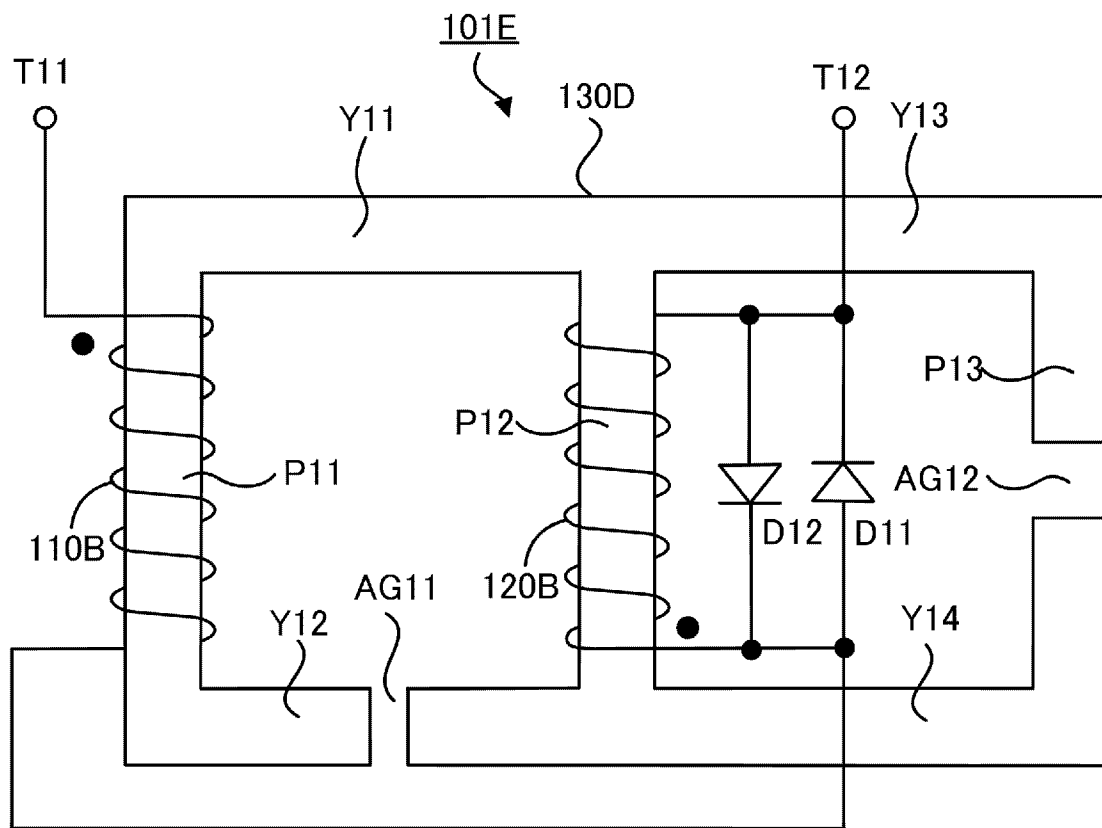
[図8]



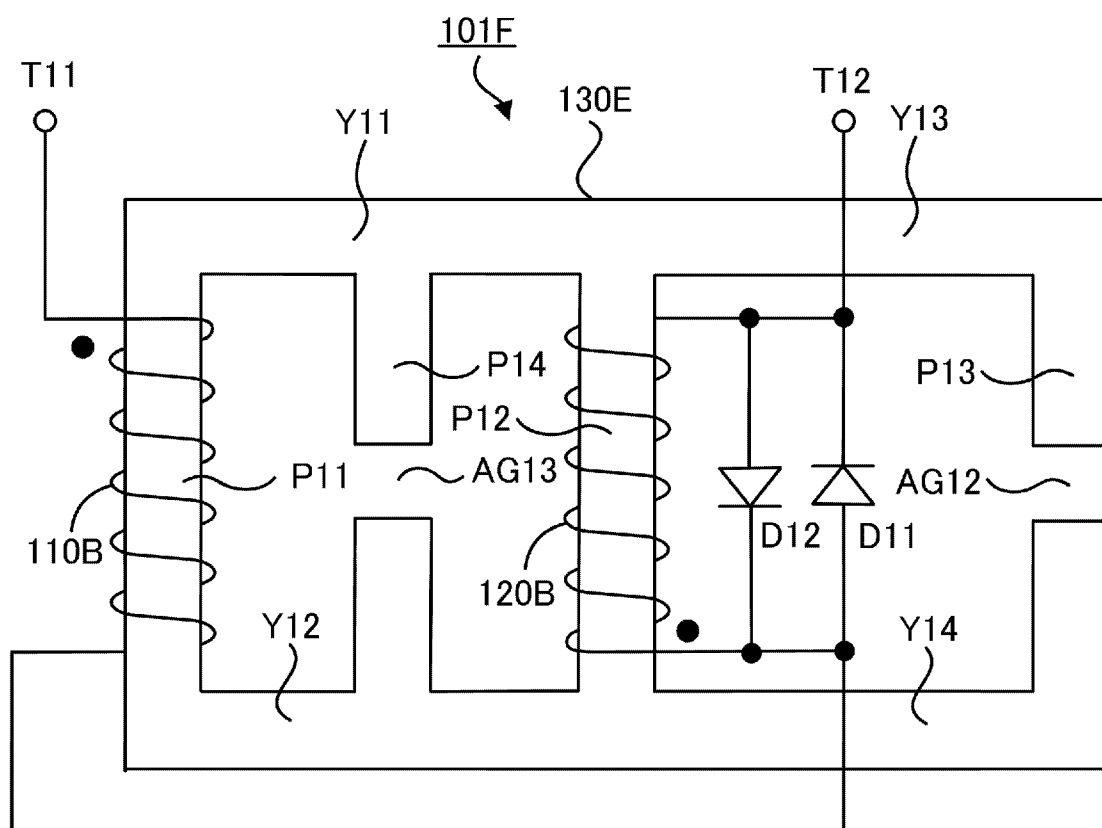
[図9]



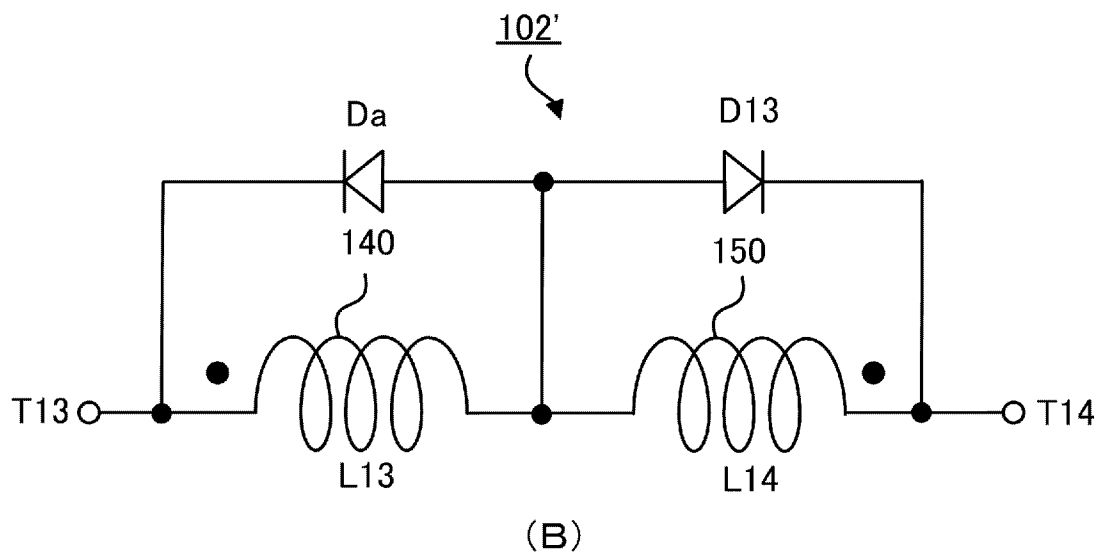
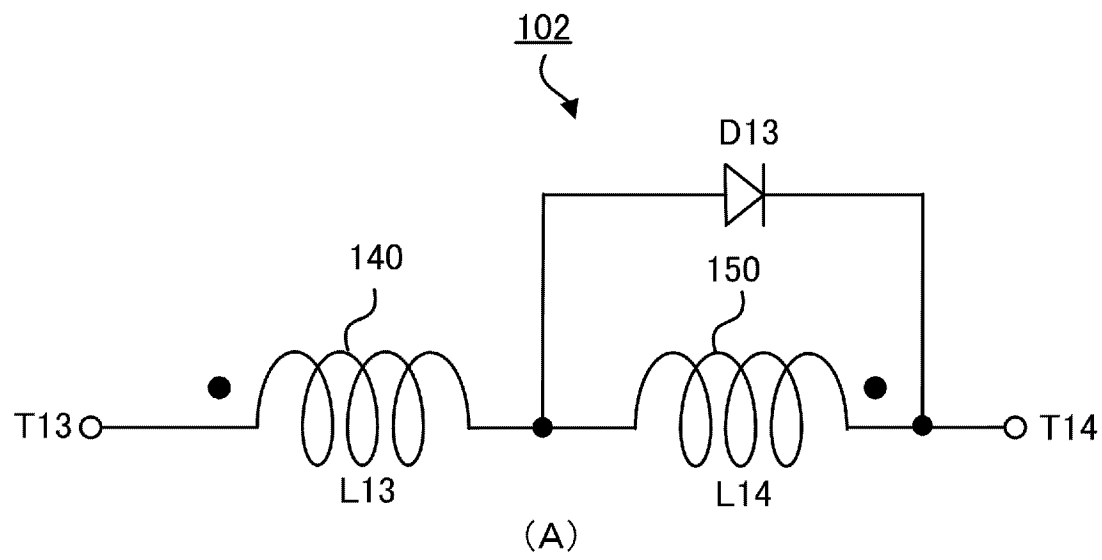
[図10]



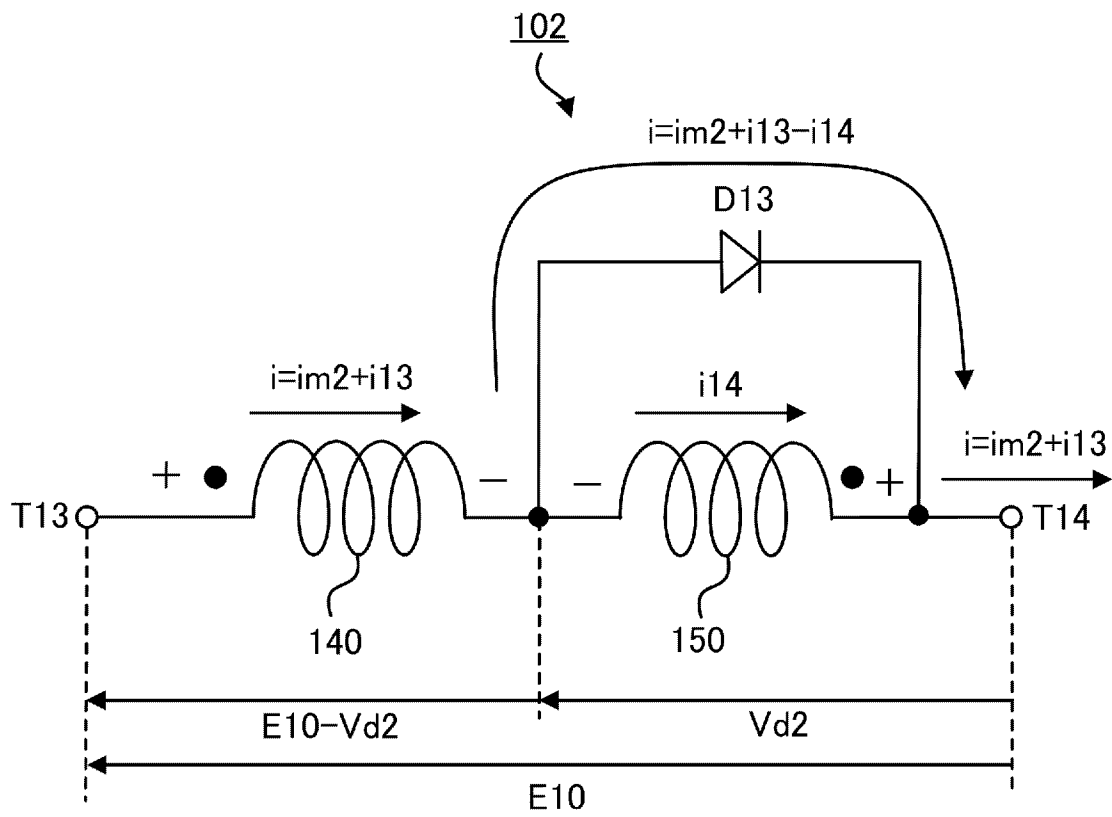
[図11]



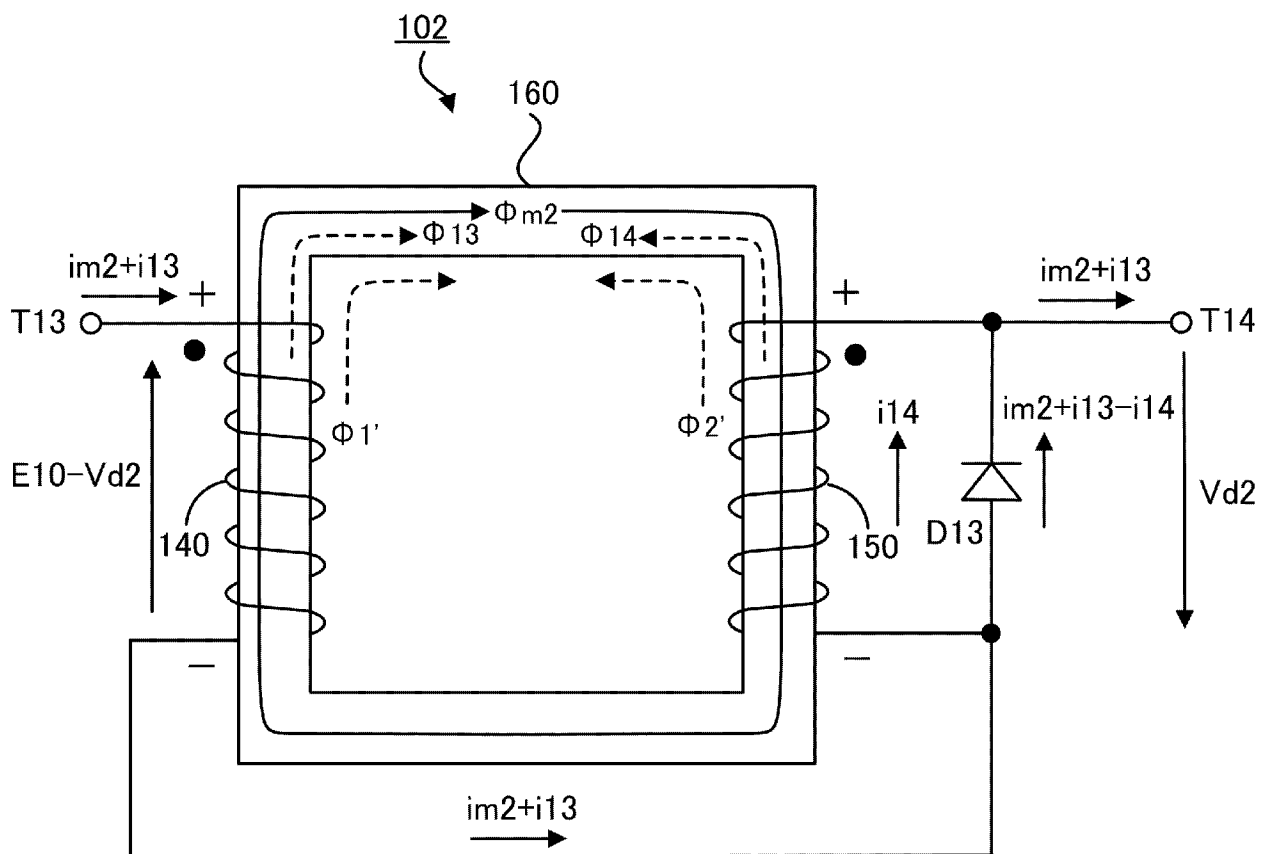
[図12]



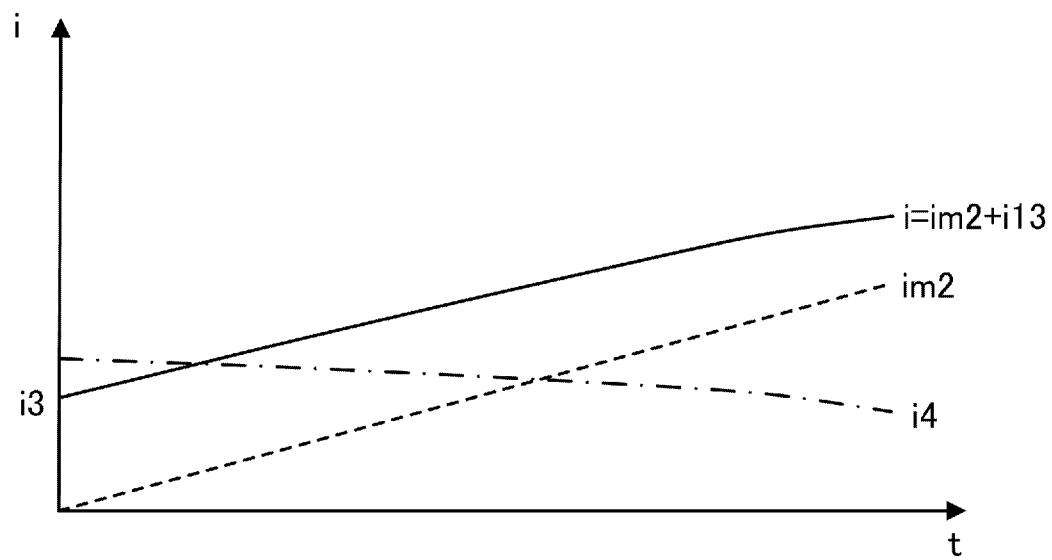
[図13]



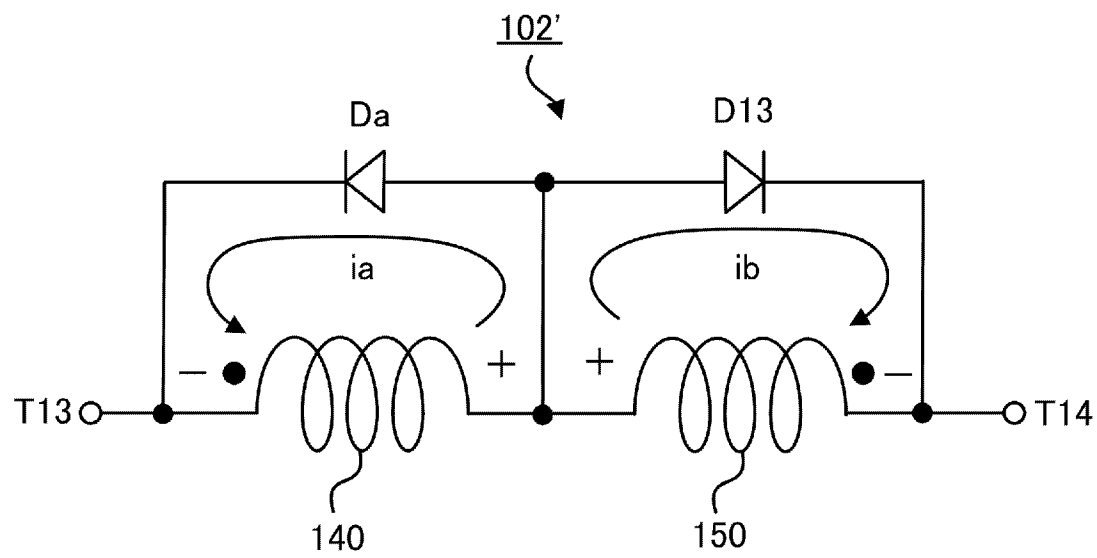
[図14]



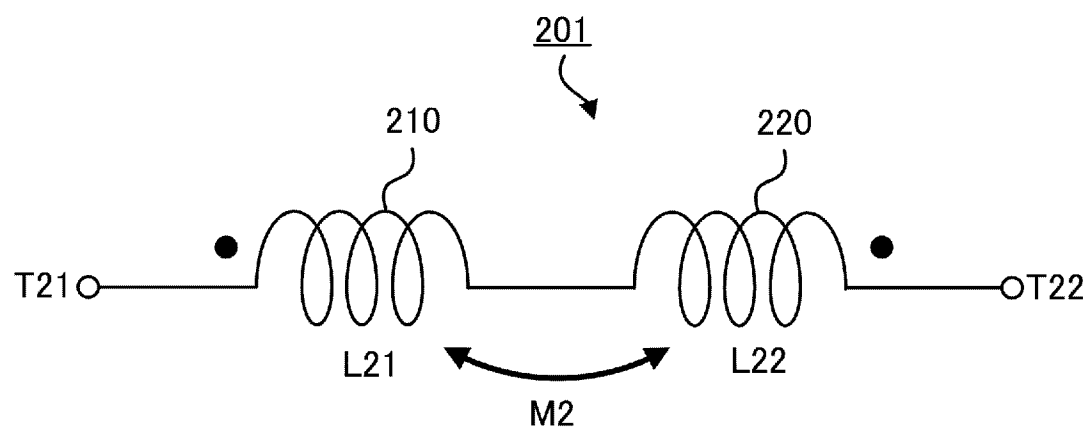
[図15]



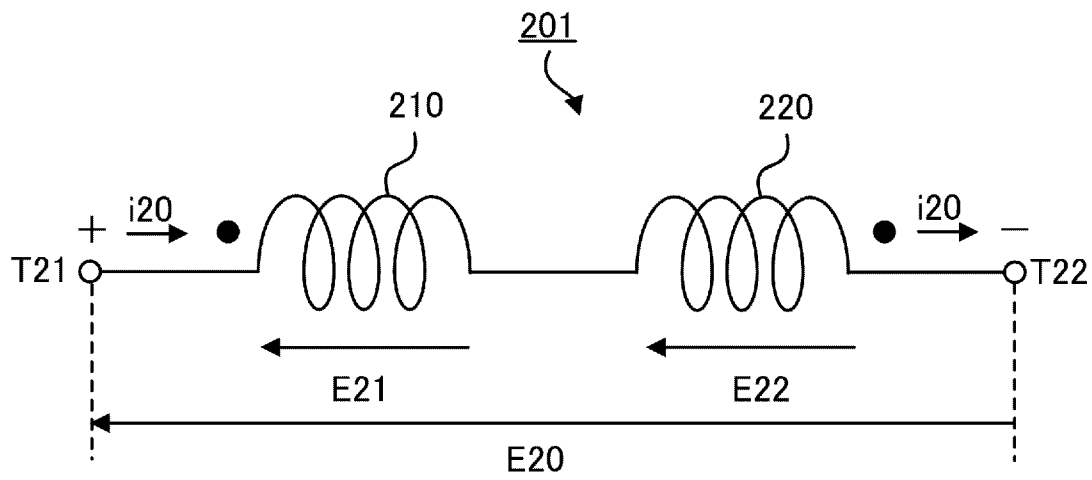
[図16]



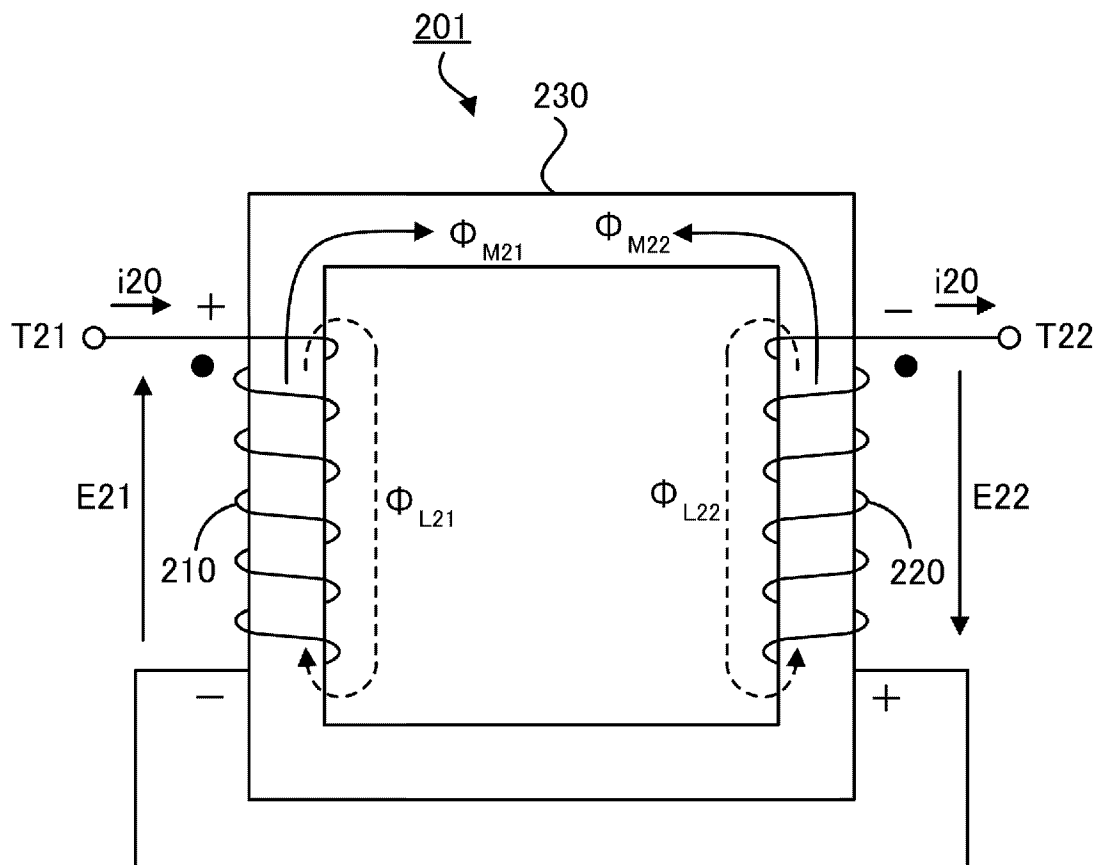
[図17]

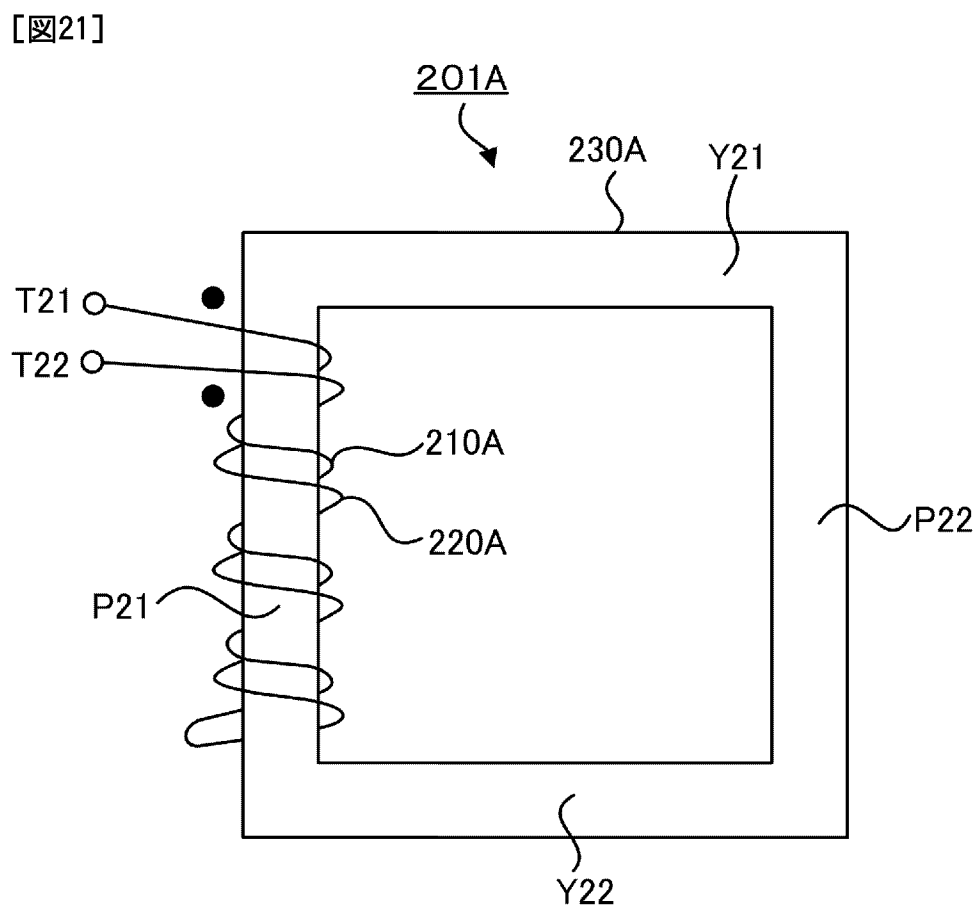
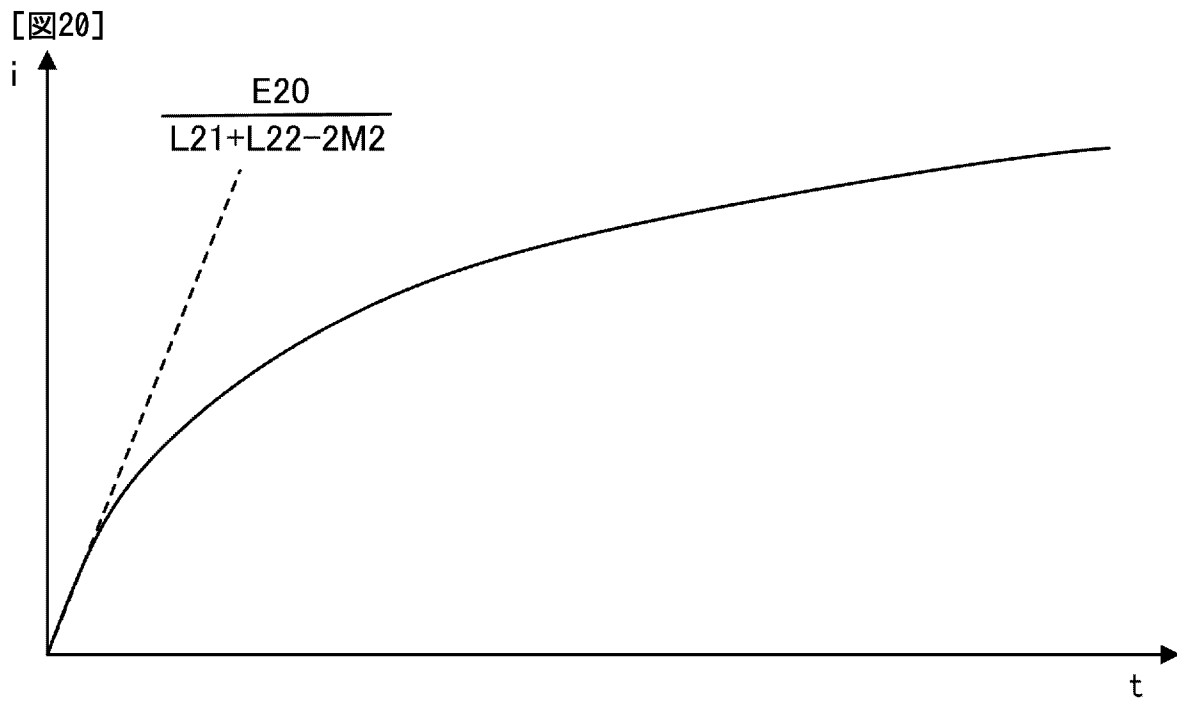


[図18]

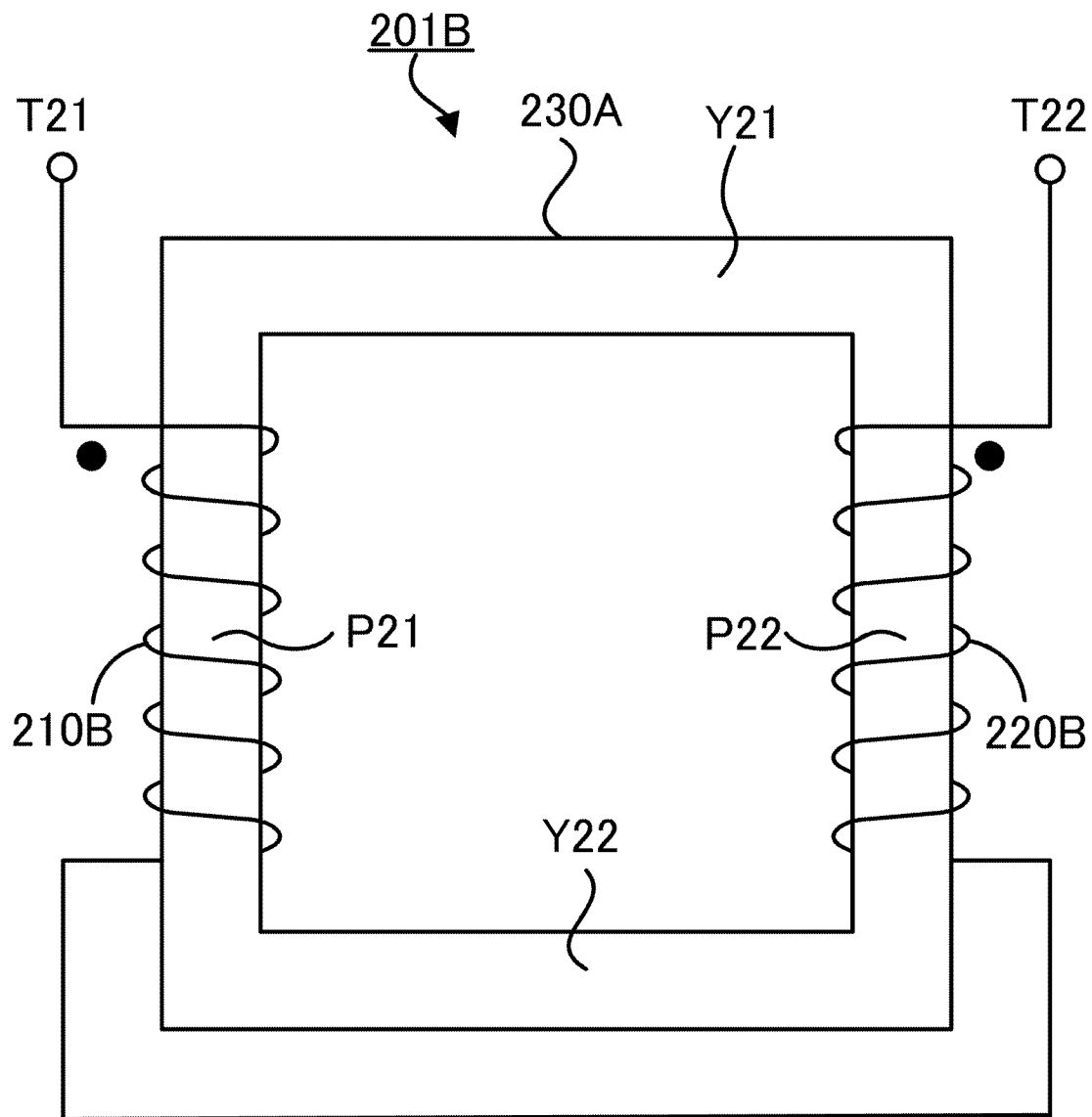


[図19]

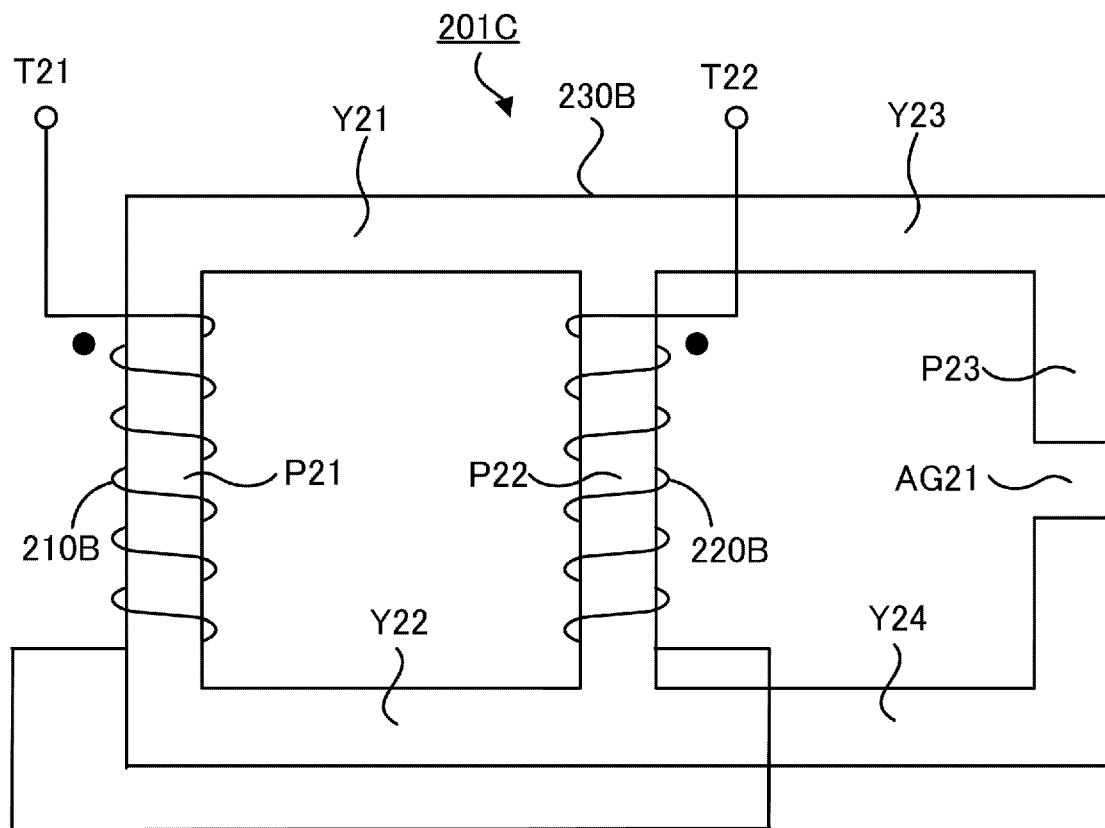




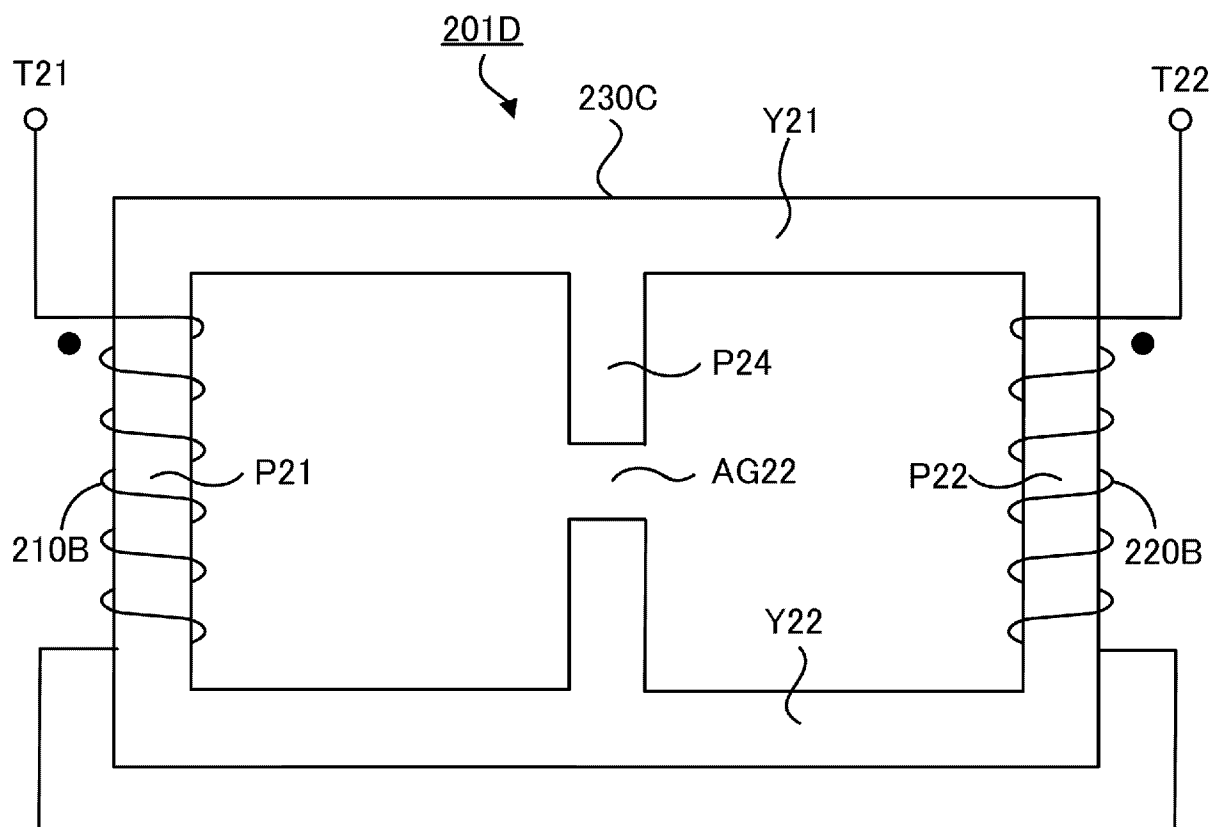
[図22]



[図23]



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/019430

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01F37/00(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)

H01F37/00, H01F38/08, H02H9/00-9/06, H02J1/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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	JP 2014-192988 A (NTT Data Intellilink Corp.), 06 October 2014 (06.10.2014), paragraphs [0010] to [0011], [0015] to [0018]; fig. 1 (Family: none)	1, 4-5, 8-9, 10, 12, 14-16 7, 11 2-3, 6, 13
Y		
A		
A	JP 2000-166248 A (Mitsubishi Electric Corp.), 16 June 2000 (16.06.2000), paragraph [0026]; fig. 1 (Family: none)	2-3, 6, 13

☒ 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
10 August 2017 (10.08.17)

Date of mailing of the international search report
22 August 2017 (22.08.17)

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/JP2017/019430

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2008/156076 A1 (The Kansai Electric Power Co., Inc.), 24 December 2008 (24.12.2008), paragraph [0065]; fig. 2 & JP 2009-4499 A & US 2010/0182813 A1 paragraph [0079]; fig. 2 & EP 2169722 A1	2-3, 6, 13
A	JP 56-26171 B1 (Tokyo Denki Kagaku Kogyo Kabushiki Kaisha), 17 June 1981 (17.06.1981), page 2, lines 21 to 23; fig. 1 (Family: none)	6, 13
A	US 5892644 A (The University of Chicago), 06 April 1999 (06.04.1999), page 3, lines 21 to 34; fig. 1 (Family: none)	6, 13
Y	JP 47-32261 B1 (Hitachi, Ltd.), 18 August 1972 (18.08.1972), page 2, lines 3 to 8; fig. 1 (Family: none)	7
Y	JP 44-1657 Y1 (Yawata Seitetsu Kabushiki Kaisha, Toritsu Tsushin Kogyo Kabushiki Kaisha), 22 January 1969 (22.01.1969), page 1, lines 11 to 18; fig. 2 (Family: none)	11
Y	WO 2011/061984 A1 (Shinto Holdings Co., Ltd.), 26 May 2011 (26.05.2011), paragraph [0044]; fig. 3(d), 4 (Family: none)	11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01F37/00(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. H01F37/00, H01F38/08, H02H9/00-9/06, H02J1/00

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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	JP 2014-192988 A（エヌ・ティ・ティ・データ先端技術株式会社） 2014.10.06, 段落[0010]-[0011], [0015]-[0018], 図1（ファミリー なし）	1, 4-5, 8-9, 10, 12, 14-16 7, 11 2-3, 6, 13
A	JP 2000-166248 A（三菱電機株式会社）2000.06.16, 段落[0026], 図 1（ファミリーなし）	2-3, 6, 13
A	WO 2008/156076 A1（関西電力株式会社）2008.12.24, 段落[0065],	2-3, 6, 13

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

10.08.2017

国際調査報告の発送日

22.08.2017

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）

右田 勝則

5D

8394

電話番号 03-3581-1101 内線 3551

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
	図 2 & JP 2009-4499 A & US 2010/0182813 A1, 段落[0079], 図 2 & EP 2169722 A1	
A	JP 56-26171 B1 (東京電気化学工業株式会社) 1981.06.17, 第 2 頁第 21-23 行、第 1 図 (ファミリーなし)	6, 13
A	US 5892644 A (The University of Chicago) 1999.04.06, 第 3 頁第 21-34 行、図 1 (ファミリーなし)	6, 13
Y	JP 47-32261 B1 (株式会社日立製作所) 1972.08.18, 第 2 頁第 3-8 行、第 1 図 (ファミリーなし)	7
Y	JP 44-1657 Y1 (八幡製鉄株式会社、東立通信工業株式会社) 1969.01.22, 第 1 頁第 11-18 行、第 2 図 (ファミリーなし)	11
Y	WO 2011/061984 A1 (新東ホールディングス株式会社) 2011.05.26, 段落[0044], 図 3(d), 図 4 (ファミリーなし)	11