

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4812829号

(P4812829)

(45) 発行日 平成23年11月9日 (2011. 11. 9)

(24) 登録日 平成23年9月2日 (2011. 9. 2)

(51) Int. Cl.

F I

H02M 7/12 (2006.01)

H02M 7/12 T

H02J 1/00 (2006.01)

H02J 1/00 301E

H02M 7/497 (2007.01)

H02M 7/12 601A

H02M 7/5387 (2007.01)

H02M 7/497

H02M 7/5387 Z

請求項の数 14 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2008-500179 (P2008-500179)
 (86) (22) 出願日 平成18年3月6日 (2006. 3. 6)
 (65) 公表番号 特表2008-533958 (P2008-533958A)
 (43) 公表日 平成20年8月21日 (2008. 8. 21)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2006/060466
 (87) 国際公開番号 W02006/094952
 (87) 国際公開日 平成18年9月14日 (2006. 9. 14)
 審査請求日 平成20年1月18日 (2008. 1. 18)
 (31) 優先権主張番号 102005012371.6
 (32) 優先日 平成17年3月9日 (2005. 3. 9)
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(73) 特許権者 390039413
 シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
 Siemens Aktiengesellschaft
 ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン
 ヴィッテルスバッハープラッツ 2
 Wittelsbacherplatz
 2, D-80333 Muenchen, Germany
 (74) 代理人 100075166
 弁理士 山口 巖
 (74) 代理人 100133167
 弁理士 山本 浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 12パルス高圧直流送電

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

それぞれ複数の6パルス電力変換器ブリッジ(19、20、21、22)を有し直流電流線路(8a、8b、9a、9b)を介して互いに結合された変換装置(6、7)を備え、交流電圧網(2、3)間に電力を伝送するための装置(29)であって、前記変換装置の同じ変換装置(6、7)の6パルス電力変換器ブリッジ(19、20、21、22)は異なる位相を持ったインダクタンス(4、5)を介してそれぞれ当該変換装置(6、7)に所属する交流電圧網(2、3)に接続可能であり、また前記6パルス電力変換器ブリッジ(19、20、21、22)の電力変換器素子(28)をトリガするため制御ユニットが設けられているものにおいて、前記変換装置(6、7)は複数の直流電流回路(30、31)を介して互いに結合され、各直流電流回路は少なくとも前記交流電圧網(2、3)から直流的に分離され、前記直流電流回路(30、31)には前記インダクタンス(4、5)の接地を介してそれぞれ基準電位が与えられている電力伝送装置。

【請求項 2】

前記直流電流回路の第1の直流電流回路(30)及びそれに結合されたインダクタンス(4、5)は、前記直流電流回路の第2の直流電流回路(31)及びそれに結合されたインダクタンス(4、5)に対し対称に構成されている請求項1記載の装置。

【請求項 3】

前記変換装置の第1の変換装置(6)の各6パルス電力変換器ブリッジ(19、20)は固有の直流電流回路(30、31)を介してそれぞれ前記変換装置の第2の変換装置(

7)の所属する各6パルス電力変換器ブリッジ(21、22)と結合され、その結果前記各直流電流回路(30、31)中にそれぞれ2つの6パルス電力変換器ブリッジ(19、21;20、22)が配置されている請求項1又は2記載の装置。

【請求項4】

前記インダクタンスが変圧器(4、5)であり、その変圧器はそれぞれ前記変換装置(6、7)に所属し、それぞれ所属の前記交流電圧網(2、3)と結合可能な多相の一次巻線(13、14)及びそれぞれ前記6パルス電力変換器ブリッジ(19、20、21、22)と結合された複数の多相の二次巻線(15、16、17、18)を有する請求項1から3のいずれか1項記載の装置。

【請求項5】

前記一次巻線(13、14)の相及び前記二次巻線の第1の二次巻線(16、17)の相はそれぞれ互いに星形結線に結合され、前記二次巻線の第2の二次巻線(15、18)の相はそれぞれ互いに三角結線に結合されている請求項4記載の装置。

【請求項6】

前記変圧器の相が互いに星形結線に結合された第1の変圧器(4)の二次巻線(16)と結合されている前記第1の変換装置(6)の6パルス電力変換器ブリッジ(20)が、直流電流側で前記第2の変換装置(7)の6パルス電力変換器ブリッジ(22)と結合され、第2の変換装置(7)の6パルス電力変換器ブリッジ(22)は前記変圧器の相が互いに三角結線に結合されている第2の変圧器(5)の二次巻線と交流側で結合されている請求項5記載の装置。

【請求項7】

前記変換装置(6、7)に所属する前記インダクタンス(4、5、33a、33b)がそれぞれ前記変圧器(4、5)及び所属の交流電圧網の相の数に依存する数のリアクトル(33a、33b)を含み、その際前記第1の変換装置(6)の第1の6パルス電力変換器ブリッジ(20)は前記リアクトルの第1のリアクトル(33a)を介して、また前記第1の変換装置(6)の第2の6パルス電力変換器ブリッジ(19)は前記第1の変圧器(4)を介して前記第1の交流電圧網(2)に接続可能であり、その際前記第1の変圧器(4)の一次巻線(13)の相は接地された星形結線に互いに結合されている請求項1から3のいずれか1項記載の装置。

【請求項8】

前記第1の変換装置(6)の第1の6パルス電力変換器ブリッジ(20)は前記第2の変換装置(7)の第1の6パルス電力変換器ブリッジ(22)と、また前記第1の変換装置(6)の第2の6パルス電力変換器ブリッジ(19)は前記第2の変換装置(7)の第2の6パルス電力変換器ブリッジ(21)と結合され、その際第2の変換装置(7)の第1の6パルス電力変換器ブリッジ(22)は前記第2の変圧器(5)を介して、また前記第2の変換装置(7)の第2の6パルス電力変換器ブリッジ(21)は前記リアクトルの第2のリアクトル(33b)を介して前記第2の交流電圧網(3)と結合可能であり、その際前記第2の変圧器(5)の一次巻線(34)の相は接地された星形結線に互いに結合されている請求項7記載の装置。

【請求項9】

前記各リアクトル(33a、33b)はそれぞれ所属の変圧器(4、5)の接地された一次巻線(13、14)の相のタップ(32、34)と結合されている請求項7又は8記載の装置。

【請求項10】

前記インダクタンスが二次巻線(16、17)を有する変圧器(4、5)を備え、その相は接地された星形結線で互いに結合されている請求項1から9のいずれか1項記載の装置。

【請求項11】

前記各直流電流回路(30、31)が少なくとも1つの平滑リアクトル(12)を有する請求項1から10のいずれか1項記載の装置。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

変換の際に生じる調波振動を交流側で抑制するためのフィルタ手段（27）を有する請求項 1 から 1 1 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 1 3】

前記電力変換器素子がサイリスタ素子（28）である請求項 1 から 1 2 のいずれか 1 項記載の装置。

【請求項 1 4】

前記直流電流線路（8a、8b、9a、9b）が50kmより短い長さを有する請求項 1 から 1 3 のいずれか 1 項記載の装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、直流電流線路を介して互いに結合されそれぞれ複数の6パルス電力変換器ブリッジを有する変換装置を備え、交流電圧網間に電力を伝送するための装置に関する。その際同じ変換装置の6パルス電力変換器ブリッジは、異なる移相を有するインダクタンスを介して変換装置にそれぞれ所属する交流電圧網に接続可能であり、また6パルス電力変換器ブリッジの電力変換器素子をトリガするための制御ユニットが設けられている。

【0002】

このような装置は例えば独国特許第3342210 C2号明細書、独国特許第69621697 T2号明細書又は独国特許第69508625 T2号明細書から既に知られており、例えば図1に従来技術として示されている。そこに示される装置1は、それぞれ3つの相2a、2b及び2c並びに3a、3b及び3cを有する交流電圧網2及び3間に電力を伝送するために設けられている。交流電圧網2及び3はインダクタンス4もしくは5を介してそれぞれ所属の変換装置6ないし7に接続されており、変換装置6、7は直流電圧線路8及び9を介して相互に接続されている。変換装置6及び7並びに直流電圧線路8及び9によって双極性の直列電圧回路10が形成され、この直列電圧回路は接地場所11で接地されている。直列電圧回路10内にはさらに直流電圧を平滑にするため平滑リアクトル12が設けられている。変換装置6もしくは7はインダクタンス4及び5を介してそれぞれ所属の交流電圧網2もしくは3に接続され、これらのインダクタンスは図示の実施例では変圧器4及び5として構成され、これらの変圧器はそれぞれ三相一次巻線13及び14並びにそれぞれ2つの三相二次巻線15及び16並びに17及び18を備えている。その際、図1において符号15で示されている二次巻線の相は互いに星形結線に結合され、一方二次巻線16の相は互いに三角結線に結合されている。交流電圧を伝送する場合には、このようにして二次巻線15及び16間に30度の位相差が生じる。二次巻線15は三相の6パルス電力変換器ブリッジ19と接続され、この電力変換器ブリッジはパワー半導体素子を有する6個の電力変換器から構成され、その構造及び相互接続については当業者のよく知るところであり、したがってここではそれについて立ち入って述べる必要はない。相応して、二次巻線16は6パルス電力変換器ブリッジ20と結合され、二次巻線17は6パルス電力変換器ブリッジ21と結合され、また二次巻線18は6パルス電力変換器ブリッジ22と結合されている。二次巻線をそれぞれ所属の6パルス電力変換器ブリッジと結合するために、三相の接続線23、24、25及び26が用いられる。変換装置6の6パルス電力変換器ブリッジ及び変換装置7の6パルス電力変換器ブリッジ21及び22は、それぞれ互いに直列に接続されている。6パルス電力変換器ブリッジ19、20の交流側入力における上述の30度の移相及びその直列接続に基づいて、いわゆる12パルス電力変換器が形成されるが、ただ念のため、対応する直列接続及び対応する移相は変換装置7の6パルス電力変換器ブリッジ21及び22間にも成立することを指摘しておく。

20

30

40

【0003】

変換装置において生じる擾乱電流は、知られたやり方で、交流側で負荷に並列に接続されたフィルタ手段27によって抑制される。

【0004】

50

半導体整流素子 28 からなる 6 パルス電力変換器ブリッジ 19、20、21 及び 22 を制御するため、図 1 には図示されていない制御ユニットが設けられている。電力変換器ブリッジ 19 及び 20 もしくは 21 及び 22 間の移相に基づいて、半導体整流素子 28 をトリガするために交流電流の一周期において 12 個のトリガパルス、即ち整流素子ごとに 1 パルスが必要である。この理由から、変換装置 6 又は 7 は 12 パルス変換装置ともいわれる。パルスは互いに 30° の間隔を持っている。12 パルス変換装置の、6 パルス電力変換器ブリッジのみからなる 6 パルス変換装置に対する大きな利点は、電流の基本振動の第 5 及び第 7 の調波振動の形で変換装置において生じる電流擾乱が相互に消されることにある。変換によって誘発される他の調波振動は、第 5 及び第 7 の調波振動に比し簡単にフィルタによって消すことができるから、12 パルス装置は 6 パルス変換に比しコスト的有利さを有する。

10

【0005】

しかしながら、既に知られている 12 パルス変換装置には、組み込まれたインダクタンスに著しくコストがかかるという欠点に伴う。何故ならこれらのインダクタンスはさらに付け加わった負荷にさらされるからである。その高められた負荷は、接続線 23、24、25 及び 26 を介してそれぞれの 6 パルス電力変換器ブリッジと結合されているインダクタンスの二次巻線にかかる高い直流電圧成分に起因する。

【0006】

本発明の課題は、それ故、冒頭に述べた装置をより安いコストで提供することにある。

【0007】

本発明によればこの課題は、変換装置が複数の直流電流回路を介して互いに結合され、その際各直流電流回路は少なくとも交流電圧網から直流的に分離されていることによって解決される。

20

【0008】

本発明によれば、それぞれ 1 つの交流電圧網に属する変換装置が直流電流側で複数の直流電流回路を介して互いに結合される。このことは先ず、6 パルス電力変換器が付加された直流電圧線路を介して互いに結合されなければならないという欠点を伴う。しかしながら、分離された直流電圧回路を介しての結合は、変換装置をそれぞれ所属の交流電圧網に連結する際の幅広い構成可能性を可能にする。言い換えれば、変換装置をそれぞれ所属の交流電圧網と結合するのに使用するインダクタンスの構成可能性が拡大され、その結果インダクタンスの合目的な構成によってそのコストが著しく減ぜられる。その際各直流電流回路は、互いに結合される交流電圧網を直流的に分離するため少なくとも 1 つの電磁的、従って誘導性又は容量性の、結合を有する。直流的分離によって、1 つの交流電圧網から他の交流電圧網への高周波擾乱の伝送は回避される。例えば米国特許第 5414612 号明細書に記載されている費用のかかる付加のフィルタは、本発明に従えば回避することができ、その結果このことによってもコストを節減することができる。本発明に従えば 12 パルス変換装置が保持され、その際加わる交流電圧の 1 周期に 12 個のトリガパルスが電力変換器素子のトリガのために生ぜしめられる。既に従来技術と関連して述べたように、6 パルス変換の場合には交流電圧のフィルタリングに対する費用を増すことでしか排除できない電流の第 5 及び第 7 調波振動の抹消が 12 パルス変換においては得られる。さらに、12

30

40

【0009】

第 1 の直流電流回路及びそれと結合されたインダクタンスは、第 2 の直流電流回路及びそれと結合されたインダクタンスに対し対称に構成されるのが有利である。直流電流回路とこれに所属するインダクタンスとからなる配置の対称的な構成によって、異なる直流電流回路を介して伝送される電力を一緒にする場合の補助手段が不必要となり、その結果コストの上昇が回避される。

【0010】

有利な実施例に従えば、直流電流回路にはインダクタンスの接地を介して基準電位が与えられる。この有利な発展形態に従えば、接地はもはや直流電流回路内ではなく、各変換

50

装置に関して交流側で行われる。インダクタンスの接地によって、そのコストをさらに下げることができる。その際以下に説明するように種々の可能性及び発展形態が存在する。

【0011】

さらに本発明の枠組みにおいて、第1の変換装置の各6パルス電力変換器ブリッジが、固有の直流電流回路を介して第2の変換装置の所属の6パルス電力変換器ブリッジと結合され、その結果各直流電流回路に2つの6パルス電力変換器ブリッジが配置されるのが目的にかなっている。この本発明の有利な実施例に従えば、各6パルス電力変換器ブリッジの両接続端子は、直流電流線路を介して他の変換装置の6パルス電力変換器ブリッジのそれぞれ接続端子と接続される。直流電流回路内における電力変換器ブリッジの直列接続は、本発明のこの発展形態に従えば可能でない。

10

【0012】

インダクタンスが変圧器であるのが目的にかなっており、この変圧器は、それぞれ1つの変換装置に所属し、それぞれ所属の交流電圧網と結合可能な多相の1つの一次巻線及びそれぞれ6パルス電力変換器ブリッジと結合された多相の複数の二次巻線を有する。そのような1より多い二次巻線を有する変圧器はコストはかかる。特に高い伝送性能に作られた変圧器は単相に構成することができ、その際変圧器は変圧器の外側で巻線の相の相互接続のためにそれぞれ複数の引き込み部を有し、この引き込み部に高圧屋外線路が接続可能であり、またこの引き込み部は高圧導体を他の絶縁媒体内へ導く。

【0013】

これに関する発展形態に従えば、一次巻線の相と二次巻線の1つの巻線の相とはそれぞれ互いに星形結線に結合され、その際第2の二次巻線の相は互いに三角結線に結合されている。二次巻線のこの目的にかなったそして異なる相互接続によって、各変換装置の6パルス電力変換器ブリッジの各交流側端子間の12パルス変換に対し典型的な位相差が準備される。この位相差は30度の大きさが目的にかなっており、その結果各変換装置の12の半導体整流素子を適切にトリガするためには交流電流の1周期に12のトリガパルスが必要である。トリガパルスは本発明に従えば制御ユニットによって準備され、そのような制御ユニットは知られており、それ故ここで立ち入る必要はない。

20

【0014】

相が互いに星形結線に結合された第1の変圧器の二次巻線と結合されている第1の変換装置の6パルス電力変換器ブリッジは、直流側で第2の変換装置の6パルス電力変換器ブリッジと結合され、その6パルス電力変換器ブリッジは交流側で第2の変圧器の二次巻線と結合され、第2の変圧器の二次巻線の相は互いに三角結線に結合されている。装置のこの接続配置によって変圧器をインダクタンスとしてもっぱら使用することが可能となり、その際同時に直流電流回路とそれに所属する変圧器の二次巻線との対称性の構成が可能となる。その際対称性は、第1の変換装置の6パルス電力変換器ブリッジがその相の三角結線を有し、一方同じ変圧器の他の二次巻線は第1の変換装置の他の6パルス電力変換器ブリッジと結合されることによって作られる。三角結線により結合された6パルス電力変換器ブリッジは、相が星形結線を有する他の変圧器の二次巻線に接続された6パルス電力変換器ブリッジと直流側で結合されている。これに対し、相が互いに星形結線に結合された第1の変圧器の二次巻線と結合された第1の変換装置の6パルス電力変換器ブリッジは、相が三角結線に配置された第2の変圧器の二次巻線と直流的に結合された6パルス電力変換器ブリッジと直流側で結合されている。その際、中性点を形成する二次巻線はそれぞれ接地されている。既に述べたように、特に伝送すべき電力が高い場合には、高圧直流送電変圧器は単相に形成するのが通常である。それ故単相の変圧器は通例、高圧架空線路の接続のために3つの引き出し部を持っている。相の相互接続は変圧器ハウジングの外部で行われる。中性点が接地される場合には、このことは各相に対し単相の変圧器の引き出し部の少なくとも1つに影響を及ぼす。これらの引き出し部は接地電位が加わるため、著しくより安いコストで形成することができる。

30

40

【0015】

これとは異なる実施例に従えば、変換装置に所属するインダクタンスはそれぞれ変圧器

50

と所属の交流電圧網の相の数に依存する数のリアクトルとを含み、その際第1の変換装置の第1の6パルス電力変換器ブリッジは第1のリアクトルを介して、また第1の変換装置の第2の6パルス電力変換器ブリッジは第1の変圧器を介して第1の交流電圧網に接続可能であり、その際第1の変圧器の一次巻線の相は接地された星形結線で互いに結合され、その二次巻線は三角結線を有する。この実施例に従えば、相の異なる相互接続を有する2つの二次巻線を利用し得る変圧器を用いることは、コスト上の理由から放棄される。その代わりに、一次巻線と二次巻線とを有する通常の変圧器が投入される。一次巻線は本発明による装置を運転する場合、所属の交流電圧網と直流的に結合され、その際一次巻線は接地された中性点を有する。この変圧器の二次巻線は、第1の変換装置の第1の6パルス電力変換器ブリッジと結合されている。これに対し、この変換装置の第2の6パルス電力変換器ブリッジはリアクトルを介して交流電圧網と直流的に結合され、その際、第2の変換装置ブリッジの直流的結合を介しての変圧器の一次巻線の接地を介して、直流電流回路の電位に対する基準点が準備され、この直流電流回路内に第1の変換装置の第2の6パルス電力変換器ブリッジが配置されている。2つ又はそれ以上の二次巻線及び異なる相互接続を持った変圧器の代わりにリアクトルを使用することは、本質的にコストが安く、したがって全装置の経済性に効果を及ぼす。

10

【0016】

このことに関して有利な発展形態に従えば、第1の変換装置の第1の6パルス電力変換器ブリッジは第2の変換装置の第1の6パルス電力変換器ブリッジと結合され、第1の変換装置の第2の6パルス電力変換器ブリッジは第2の変換装置の第2の6パルス電力変換器ブリッジと結合され、その際第2の変換装置の第1の6パルス電力変換器ブリッジは第2の変圧器を介して、また第2の変換装置の第2の6パルス電力変換器ブリッジは第2のリアクトルを介して、第2の交流電圧網と接続可能であり、その際第2の変圧器の一次巻線の相は接地された星形結線に互いに結合されている。このようにして、それぞれ直流電流回路と直流電流回路に属するインダクタンスとからなり、直流電流回路を介して運転において各交流電圧網と結合される対称配置が形成される。各配置の電位の基準点は、各変圧器の一次巻線の接地を介して確定される。第1の変圧器と第1のリアクトルとの間の位相変位の差が、第2の変圧器と第2のリアクトルとの間の位相変位の差に等しいのが目的になっている。

20

【0017】

これに関して目的にかなう発展形態においては、各リアクトルはそれぞれ所属の変圧器の接地された一次巻線の相のタップと接続されている。所属の交流電圧網の相と直接直流的に結合される代わりに、リアクトル及びしたがって所属の6パルス電力変換器ブリッジは、多相の一次巻線のタップと結合される。一次巻線は例えば三相に形成され、各相に対し巻線のタップを例えば巻線の中央に有する。タップは変圧器から外部へ導かれ、そしてリアクトルと直流的に結合することができる。装置の交流電圧網への端子はそれ故簡単かつ安いコストで形成される。

30

【0018】

インダクタンスが、二次巻線を持った変圧器を備え、その相が接地された星形接続で互いに結合されるのが有利である。この有利な発展形態に従えば、各直流電流回路に二次巻線の接地によって電位基準点が与えられる。直流電圧側の接地は不必要となる。

40

【0019】

各直流電流回路は少なくとも1つの平滑リアクトルを有するのが有利である。その際平滑リアクトルは直流電圧の平滑化に用いられる。高圧直流送電において平滑リアクトルを用いることは一般に知られており、したがってここではそれに立ち入る必要はない。

【0020】

変換の際生じる調波振動を交流側で抑制するために、フィルタ手段が設けられるのが有利である。

【0021】

電力変換器素子はサイリスタ整流素子として形成するのが目的になっている。

50

【0022】

直流導体は50kmより短い長さを持つのが有利である。コストの安い構成可能性の利点は、変換装置の隔たりがあまり大きいと失われる。何故なら、従来技術に比べて本発明の枠組みでは直流導体をより多く必要とするからである。有利な実施例においては、装置は、変換装置が同じ設備においていわゆる「連続して」配置される短結合である。

【0023】

本発明のなお別の目的にかなった構成及び利点は、図面に関連して本発明の実施例により以下に説明される。

【0024】

図1は、半導体整流素子を有する変換装置6、7により高圧直流電流を介して交流電圧網2、3間に電力を伝送するための既に知られた装置を示し、その変換装置は図像的には示されていない制御ユニットによって交流電流の1周期に12回トリガされる。この既に知られた装置1は、既に従来技術の評価と関連して述べられたものである。

【0025】

図2は本発明に従う装置29の実施例を概略的に示すものである。図示の装置29は、交流電圧網2から図2の右側に示す交流電圧網3に対し電力を伝送するために用いられ、これらの交流電圧網はそれぞれ相2a、2b、2cないし3a、3b、3cからなる。交流電圧網2及び3は、図示の実施例ではそれぞれ変圧器4、5として形成されている所属のインダクタンス4、5を介して変換装置6、7と結合され、これらの変換装置はそれぞれ2つの6パルス電力変換器ブリッジ19及び20もしくは21及び22を備えている。

【0026】

この既知の6パルス電力変換器回路自体は3つの相からなり、その際各相には電力半導体素子から構成された2つの電力変換器素子、この場合サイリスタ素子28が配置されている。図1に示される既知の装置とは異なり、6パルス電力変換器ブリッジ19及び20並びに21及び22は互いに直列に接続されるのではなく、共通の直流電流回路を介してそれぞれ他の変換装置と結合されている。もっと正確に言うと、6パルス電力変換器ブリッジ19及び21は、6パルス電力変換器ブリッジ19及び21のほかに直流電流線路8a及び8bを含む直流電流回路30の部分である。他の直流電流回路31は、6パルス電力変換器ブリッジ20及び22並びに直流電流線路9a及び9bからなる。変換装置6及び7はそれ故2つの直流電流回路30及び31を用いて互いに結合されている。従来技術に対して、本発明の枠組みにおいては2つの別の直流電流線路が設けられ、その結果経済的な考察から変換装置6及び7相互の間隔は特定の範囲に制限されるようにすべきである。図示の実施例においては、図示の装置はいわゆる短結合であり、この結合においては変換装置6及び7は直接相並んで配置されている。言い換えれば、直流電流線路8a、8b、9a及び9bはわずかのメートル数の規模の長さを有する。これらの直流電流回路は、接続線23及び25もしくは24及び26を介して交流側でそれぞれ二次巻線と結合され、これらの二次巻線は接続線23、24、25及び26のように三相に形成されている。三相の二次巻線15、直流電流回路30及び二次巻線17からなる配置は、二次巻線16、直流電流回路31及び二次巻線18からなる配置に対し対称に構成されている。そうしてこれらの配置のそれぞれ二次巻線15ないし18の相は互いに三角結線に結合され、これに対しそれぞれ他の二次巻線は中性点を形成するように相接続が用いられる。その際中性点は接地され、その結果直流電流回路30及び31には部分インダクタンス17及び16を介して接地電位が与えられる。直流側での接地は本発明の枠組みにおいてはなくなる。対称的な構成によって、接続線23及び24間もしくは25及び26間の位相差は場合も相殺される。本発明に従う実施例においても、交流電流の定格周波数の調波振動を抑制するためフィルタ手段27が設けられている。

【0027】

図3～7は、接続線23及び従って図像的には示されていない変圧器4及び5の引き出し部にかかる接地電位に対する電圧をキロボルト(kV)の単位で時間の関数として示す。図示の電圧変化は、ディー、エイ、ウッドフォード(D.A.Woodford)によるデジタル・

10

20

30

40

50

シミュレーションプログラム「DCリンクのデジタル・シミュレーションの実証 (Validation of Digital Simulation of DC Links)」IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems、PAS-104、#9、2588～2596頁、1985年9月、から計算されたものである。その際、エネルギーが交流電圧網 2 から交流電圧網 3 へ伝送されることから出発した。シミュレーションにおいては、直流電圧回路に対し平滑リアクトルを含めて、全抵抗が 0.35Ω 、インダクタンスが $35\mu\text{H}$ と仮定された。

【0028】

図 3 において、実線は接続線 2 3 a における電圧変化に相応し、点線は接続線 2 3 b における電圧変化を与え、破線は接続線 2 3 c における電圧変化を与える。見易くする理由から、図 4 においては唯 1 つの接続線の電圧変化、即ち接続線 2 3 a の電圧変化が示されている。

10

【0029】

図 5 は、時間の関数として電圧変化の相応する図であり、その際電圧はここでは接続線 2 4 及びしたがって相が三角相互接続を有する変圧器 4 の二次巻線 1 6 の引き出し部にかかるものである。実線は接続線 2 4 a にかかる電圧を表し、点線は接続線 2 4 b の電圧降下、破線は接続線 2 4 c にかかる電圧を表す。この場合も見易さの理由から、図 6 においては接続線 2 4 a の電圧変化が示されている。図 7 は中性点における電圧変化を示す。図 3 及び図 4 から、接続線には高い直流電圧成分がかかることを認めることができる。そして電圧はその符号を変えることなく、 $70\sim 30\text{kV}$ の間で変動する。三角結線の二次巻線と結合されている接続線に対して同様のことが成り立つ。特に図 6 において認め得るように、電圧は $0\sim 35\text{kV}$ の間で変動する。中性点も多かれ少なかれ一定の 40kV の直流電圧成分を有する。高い直流電圧成分によって、変圧器は通常より以上に負荷される。この負荷に対応するために、そのような高圧直流送電変圧器は相応に設計され、それ故コストがかかる。

20

【0030】

図 8～12 は、図 3～7 に対応する図を示すものであるが、今度は図 2 による本発明に従う装置についてのものである。二次巻線の相間にかかる電圧及び二次巻線に流れる電流は、図 3～5 について明らかにされた計算において各類似するものに相応する。複数又は 1 つの直流電流回路を流れる電流は、2 つの計算された例において 3000A の大きさである。変換装置 6 及び 7 間で伝送される電力は、両者において同じである。

【0031】

30

図 8 には、相が接地された星形結線に互いに結合された二次巻線と結合された接続線 2 4 の電圧変化を示す。その際、実線は接続線 2 4 a における電圧変化、点線は接続線 2 4 b における電圧変化、そして破線は接続線 2 4 c における電圧変化に相応する。図 9 は再び接続線 2 4 a における電圧変化に相応する。図 10 には再び、相が三角結線を形成する二次巻線と結合される接続線 2 3 a、2 3 b、2 3 c の電圧変化が示されている。図 11 には唯 1 つの接続線 2 3 a の電圧変化が示されている。図 12 は二次巻線 1 6 の接地された中性点の電圧変化を示す。図 8 及び 9 から、各接続線の電圧変化が零点のまわりで変動し、符号の入れ代わりがあることが認められる。電圧の振幅は、約 17kV の程度の規模に存在する。対応することが、三角結線の二次巻線と結合された接続線 2 3 a～2 3 c にも認められる。直流電圧成分は認めることができず、電圧は約 $+20\text{V}$ と -20V との間で周期的に変化する。変圧器 4 の二次巻線 1 6 の接地された中性点において、電圧は期待通り 0 に等しい。

40

【0032】

図 13～17 もしくは図 18～22 には、交流電圧網 3 に所属する変換装置 7 もしくは変圧器 5 に対する相応の計算が明らかにされている。図 13 ないし図 18 は、接続線 2 5 a、2 5 b 及び 2 5 c の各相と接地電位との間にかかる電圧を示し、その際二次巻線の相はそれぞれ互いに星形結線に結合されている。図 14 は図 1 の接続線 2 4 a にかかる電圧、図 19 は図 2 による接続線 2 5 a にかかる電圧を示す。図 15、16 ないし図 20、21 は、図 1 により既知の装置 1 ないし図 2 による本発明に従う装置 29 の接続線 2 6 の相の電圧変化を示す。図 17 ないし図 22 は所属の中性点の電圧変化を示す。図 3～7 及び図 8～12 と関連して述べたように、接続線及びしたがって変圧器 5 の二次巻線は、本発明に

50

よれば直流電流成分による強い負荷がよりわずかである。そして接続線 2 5 と接地電位との間の電圧は約 70～40kV の間で変動し、それに反して本発明によれば 20kV 程度の規模の振幅が得られ、電圧は零点のまわりに周期的に変動する。

【0033】

三角結線による変圧器 5 の二次巻線 1 8 における電圧の振幅は約 35kV の大きさであり、それに反して本発明の枠組みにおいては相応する二次巻線 1 8 には約 25kV の最大振幅が得られる。定義にかなって、本発明の枠組みにおいては中性点にかかる電圧は 0 に等しい。

【0034】

本発明の枠組みにおいて、両変圧器の電圧負荷は本質的に低減されることが認められ、その結果変圧器は安いコストで構成することができる。それで例えば単相に形成された変圧器の端子間、したがって屋外引き出し部間には、本発明によれば従来技術による装置よりも本質的に僅かな距離が維持されればよい。

【0035】

図 2 3 は本発明による装置の別の実施例を示す。この図示の実施例は、図 2 に示す実施例とは、変圧器 4 がただ三角結線の三相二次巻線 1 5 を有し、この二次巻線が三相の接続線 2 3 を介して 6 パルス電力変換器ブリッジ 1 9 と結合されていることによって異なる。同じ変換装置 6 の 6 パルス電力変換器ブリッジ 2 0 はこれに反しリアクトル 3 3 a を介して変圧器 4 の三相一次巻線 1 3 のタップ 3 2 と結合されている。6 パルス電力変換器ブリッジ 1 9 及び 2 1 並びに直流電流線路 8 a 及び 8 b からなる直流電流回路 3 0 はそれ故給電網 2 から直流的に分離されている。三相の接続線 2 5 及びリアクトル 3 3 b によって、電力変換器ブリッジ 2 1 は交流電圧網 3 の三相一次巻線のタップ 3 4 と結合されている。直流電流回路 3 0 の接地は、相が互いに星形結線に結合され中性点が接地されている三相一次巻線 1 4 との直流的結合を介して行われる。二次巻線 1 5、直流電流回路 3 0 及びリアクトル 3 3 b からなる配置は、直流電流回路 3 1 内のリアクトル 3 3 a 及び三角結線の三相二次巻線 1 8 とからなる配置に対し対称である。したがって、直流電流回路 3 1 の接地は、相が互いに星形結線に結合され中性点が接地されている変圧器 4 の一次巻線 1 3 の接地を介して行われる。

【0036】

図 2 4 は本発明に従う別の実施例を示し、リアクトル 3 3 a ないし 3 3 b が変圧器の一次巻線のタップと接続されていない点で図 2 3 に示される実施例と相違している。もっと正確に言うと、6 パルス電力変換器ブリッジ 2 0 ないし 2 1 はリアクトル 3 3 a ないし 3 3 b を介してそれぞれ所属の三相電圧網 2 ないし 3 と直接結合されている。ここでも、直流電流回路 3 0 及び 3 1 の接地は変圧器 4 ないし 5 の多相一次巻線 1 3 ないし 1 4 の中性点の接地を介して行われる。インダクタンス及び直流電流回路からなる配置は、再び互いに対称に形成されている。本発明に従う装置 2 9 が駆動される場合、そのすべての実施例において、交流電圧網 2 及び 3 は直流的に互いに分離されていることを指摘しておく。いわゆるゼロシステム擾乱電流の阻止又は抑制のための手段は本発明に従えば不必要となる。直流的分離は、図示の実施例においては変圧器 4 ないし 5 によって行われる。

【0037】

図 2 5 は本発明に従う装置 2 9 の別の実施例を示し、それぞれ交流電圧側で装置 2 9 に組み込まれているコンデンサ 3 5 を使用する点で図 2 に示される実施例と相違している。コンデンサ 3 5 は無効電力補償に用いられる。本発明に従う装置 2 9 の交流電圧側にコンデンサを配置することは原則的には任意である。例えばコンデンサ 3 5 又はシステムの各相に対し 1 つのコンデンサを有するコンデンサバッテリーを交流電圧網 2 と変圧器 4 の一次巻線 1 3 との間に配置することが可能である。このことは例えば図 2 5 の左半分を示されている。それとは異なり、図 2 5 の右側に変換装置 7 と変圧器 5 とに関連して示されているように、コンデンサ 3 5 又はコンデンサバッテリーを変換装置 7 と変圧器 5 との間に配置することが可能である。

【0038】

図 2 6 は本発明に従う装置 2 9 の別の実施例を示し、図 2 に示す実施例とは直流電流回

10

20

30

40

50

路 30 ないし 31 中に複数の平滑リアクトルを使用する点だけで異なる。平滑リアクトル 12 は直流電圧側で 6 パルス電力変換器ブリッジの各端子に配置され、その結果全体として 4 つの平滑リアクトル 12 が各直流電流回路 30 ないし 31 中に配置されている。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図 1】従来技術に従い交流電圧網間で直流電流を介して電力を伝送するための既知の 12 パルス装置の概略接続構成図である。

【図 2】本発明に従う装置の一実施例の概略接続構成図である。

【図 3】図 1 による、従って従来技術による装置の変圧器の二次側端子における電圧変化の線図である。

10

【図 4】図 1 による、従って従来技術による装置の変圧器の二次側端子における電圧変化の線図である。

【図 5】図 1 による、従って従来技術による装置の変圧器の二次側端子における電圧変化の線図である。

【図 6】図 1 による、従って従来技術による装置の変圧器の二次側端子における電圧変化の線図である。

【図 7】図 1 による、従って従来技術による装置の変圧器の二次側端子における電圧変化の線図である。

【図 8】図 2 による、従って本発明の実施例による装置の変圧器の二次側端子における電圧変化の線図である。

20

【図 9】図 2 による、従って本発明の実施例による装置の変圧器の二次側端子における電圧変化の線図である。

【図 10】図 2 による、従って本発明の実施例による装置の変圧器の二次側端子における電圧変化の線図である。

【図 11】図 2 による、従って本発明の実施例による装置の変圧器の二次側端子における電圧変化の線図である。

【図 12】図 2 による、従って本発明の実施例による装置の変圧器の二次側端子における電圧変化の線図である。

【図 13】従来技術による装置の図 1 において右側に示される変圧器の二次側端子における電圧変化の線図である。

30

【図 14】従来技術による装置の図 1 において右側に示される変圧器の二次側端子における電圧変化の線図である。

【図 15】従来技術による装置の図 1 において右側に示される変圧器の二次側端子における電圧変化の線図である。

【図 16】従来技術による装置の図 1 において右側に示される変圧器の二次側端子における電圧変化の線図である。

【図 17】従来技術による装置の図 1 において右側に示される変圧器の二次側端子における電圧変化の線図である。

【図 18】本発明による装置の図 2 において右側に示される変圧器の二次側端子における電圧変化の線図である。

40

【図 19】本発明による装置の図 2 において右側に示される変圧器の二次側端子における電圧変化の線図である。

【図 20】本発明による装置の図 2 において右側に示される変圧器の二次側端子における電圧変化の線図である。

【図 21】本発明による装置の図 2 において右側に示される変圧器の二次側端子における電圧変化の線図である。

【図 22】本発明による装置の図 2 において右側に示される変圧器の二次側端子における電圧変化の線図である。

【図 23】本発明による装置の別の実施例の接続構成図である。

【図 24】本発明による装置の別の実施例の接続構成図である。

50

【図 25】 本発明による装置の別の実施例の接続構成図である。

【図 26】 本発明による装置の別の実施例の接続構成図である。

【符号の説明】

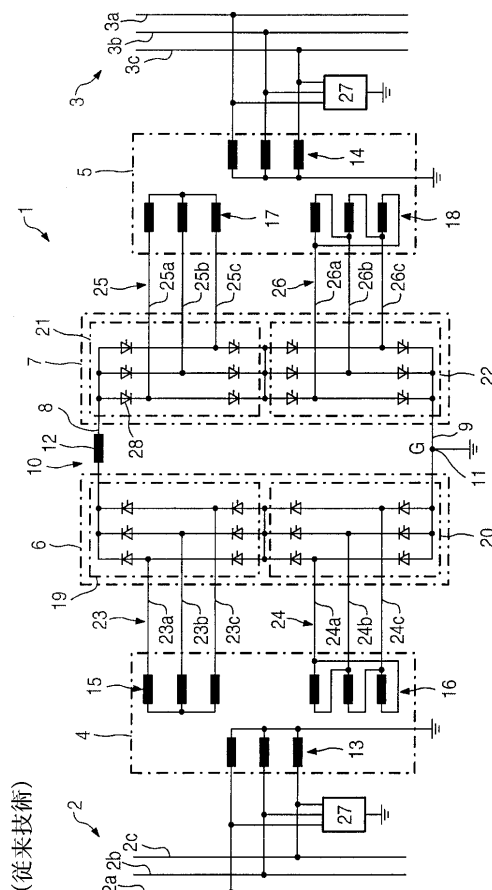
【0040】

- 1 電力伝送装置
- 2、3 交流電圧網
- 2a、2b、2c、3a、3b、3c 交流電圧網の相
- 4、5 インダクタンス
- 6、7 変換装置
- 8、9 直流電流線路
- 10 直流電圧回路
- 13、14 三相一次巻線
- 15、16、17、18 三相二次巻線
- 19、20、21、22 6パルス電力変換器ブリッジ
- 23、24、25、26 接続線
- 27 フィルタ手段
- 28 電力変換器素子
- 29 電力伝送装置
- 30、31 直流電流回路
- 32 タップ
- 33a、33b、33c、33d リアクトル
- 34 タップ
- 35 コンデンサ

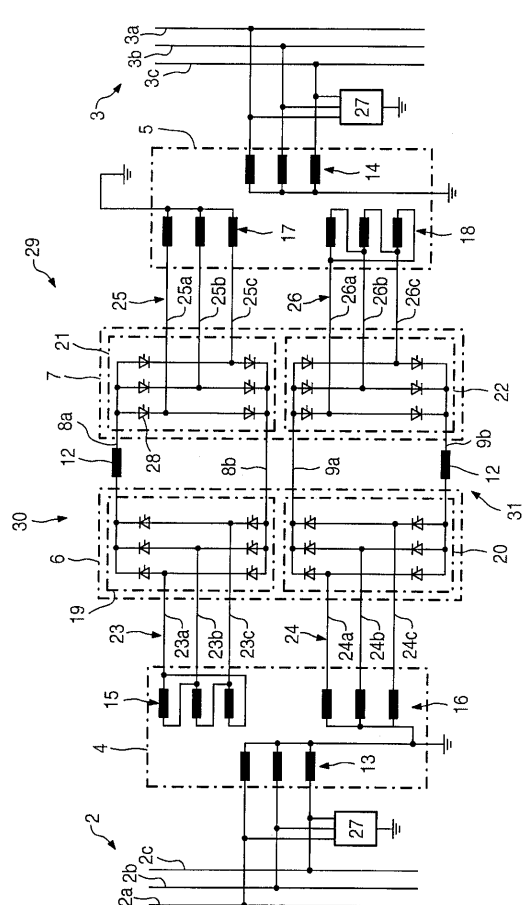
10

20

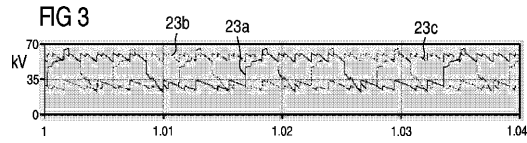
【図 1】



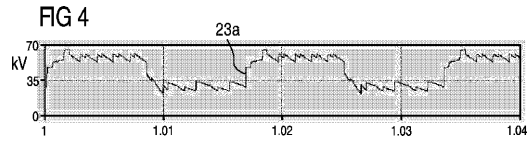
【図 2】



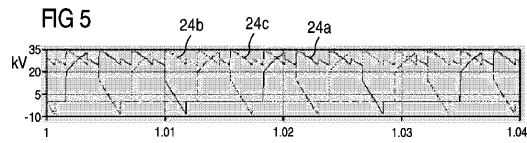
【図 3】



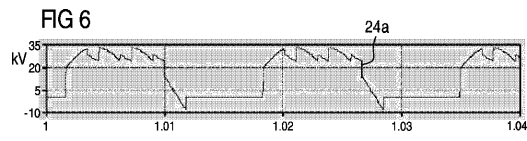
【図 4】



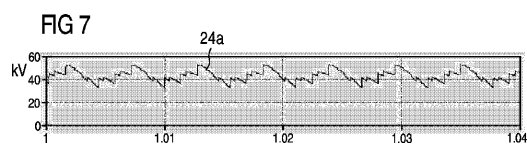
【図 5】



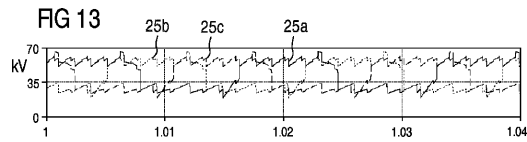
【図 6】



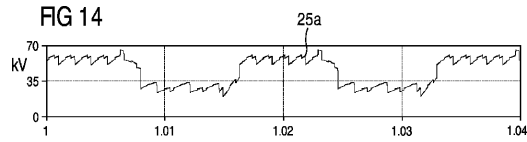
【図 7】



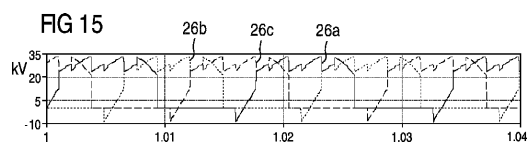
【図 13】



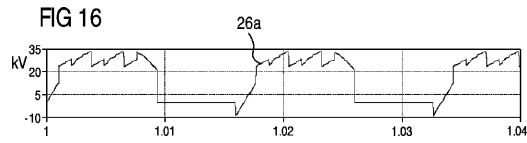
【図 14】



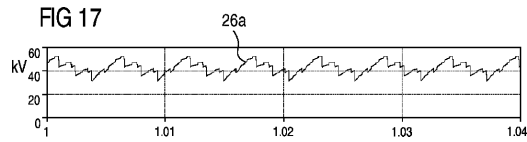
【図 15】



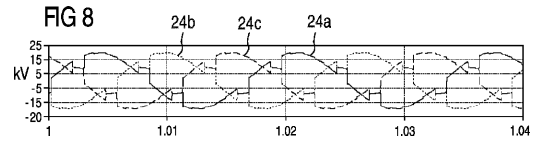
【図 16】



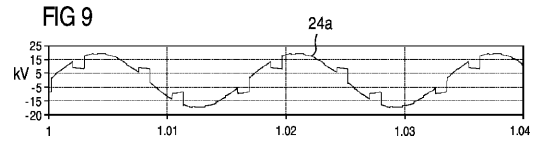
【図 17】



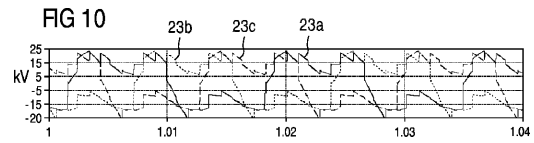
【図 8】



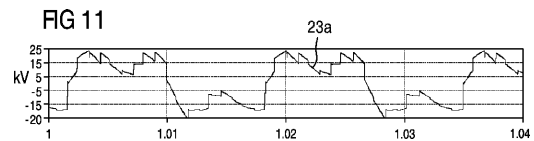
【図 9】



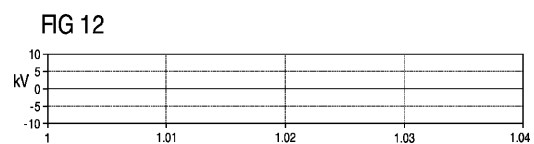
【図 10】



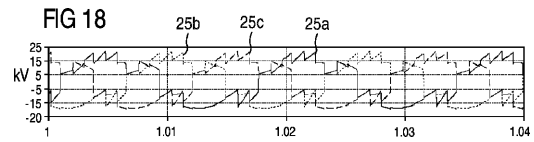
【図 11】



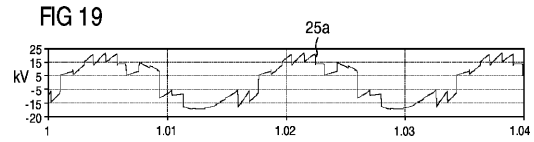
【図 12】



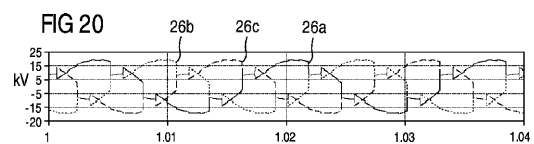
【図 18】



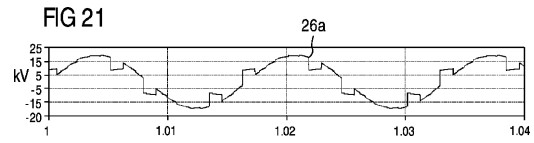
【図 19】



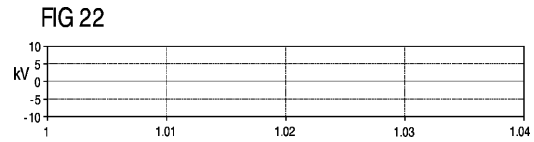
【図 20】



【図 21】



【図 22】



【図 23】

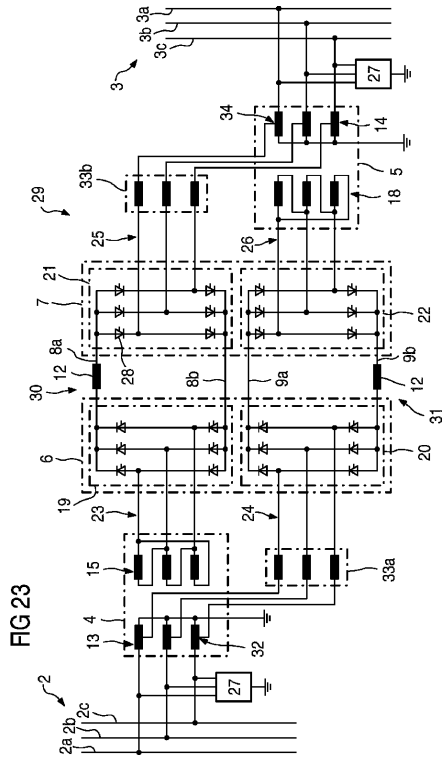


FIG 23

【図 24】

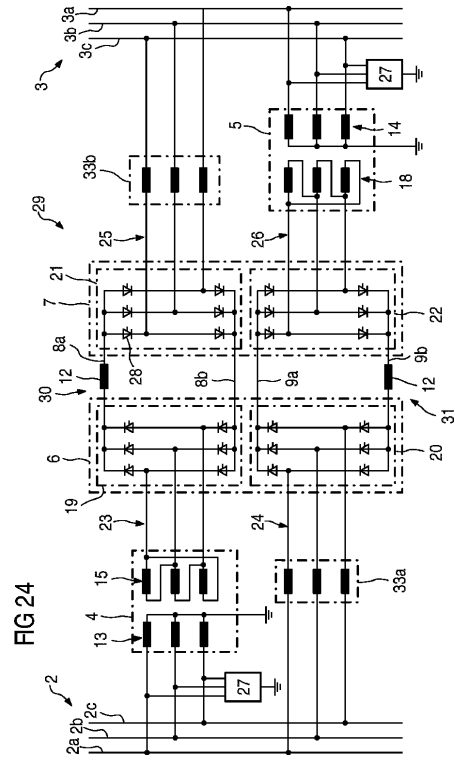


FIG 24

【図 25】

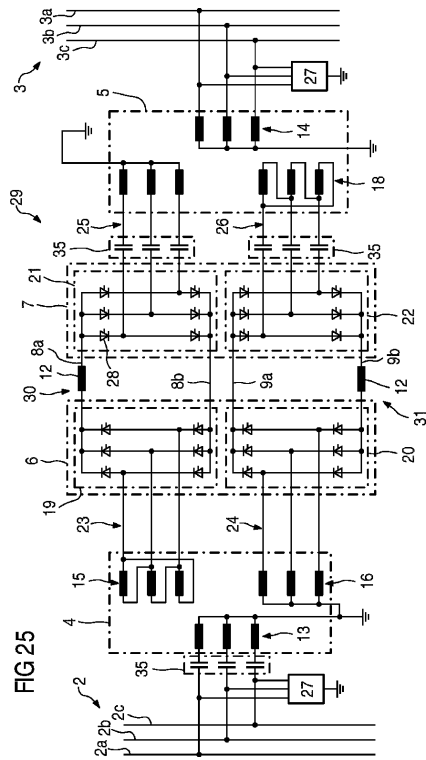


FIG 25

【図 26】

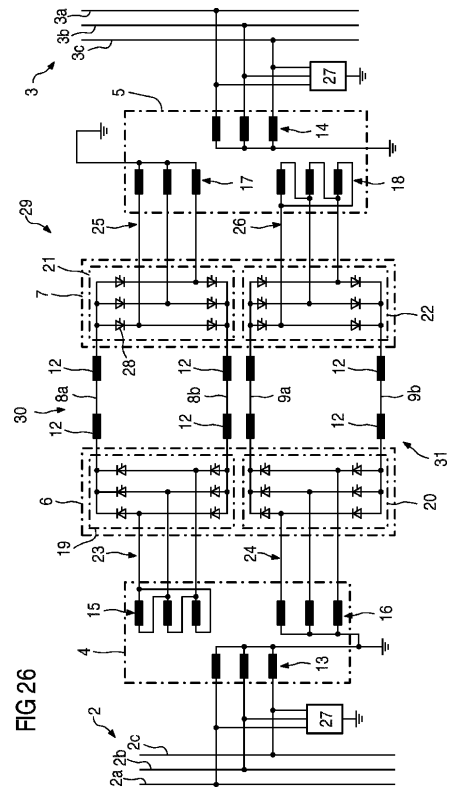


FIG 26

フロントページの続き

(72)発明者 ペライラ、マルコス

ドイツ連邦共和国 91056 エルランゲン タウヌスシュトラッセ 47

(72)発明者 ザデーク、カドリー

ドイツ連邦共和国 91056 エルランゲン ブライター ザント 17

審査官 服部 俊樹

(56)参考文献 特開平05-034482 (JP, A)

特開平08-251937 (JP, A)

特表平06-502059 (JP, A)

特表平10-505999 (JP, A)

特開平07-241081 (JP, A)

特開平07-264857 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M 7/12

H02J 1/00

H02M 7/497

H02M 7/5387