

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-188655

(P2011-188655A)

(43) 公開日 平成23年9月22日(2011.9.22)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>HO2M 7/487 (2007.01)</b>	HO2M 7/487	5H007
<b>HO2M 7/483 (2007.01)</b>	HO2M 7/483	5H730
<b>HO2M 7/5387 (2007.01)</b>	HO2M 7/5387 Z	
<b>HO2M 3/155 (2006.01)</b>	HO2M 3/155 U	
<b>HO2M 7/48 (2007.01)</b>	HO2M 3/155 F	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-52526 (P2010-52526)  
 (22) 出願日 平成22年3月10日 (2010.3.10)

特許法第30条第1項適用申請有り 発行者：電気関係学会四国支部連合大会実行委員会 刊行物名：平成21年度電気関係学会四国支部連合大会講演要旨集 発行年月日：平成21年9月15日

(71) 出願人 304020292  
 国立大学法人徳島大学  
 徳島県徳島市新蔵町2丁目24番地  
 (72) 発明者 大西 徳生  
 徳島県徳島市南常三島町2丁目1番地 国立大学法人徳島大学工学部内  
 Fターム(参考) 5H007 AA01 BB06 CA01 CB02 CB05  
 CC06 CC12 CC23 DA06 DC02  
 DC05 EA02  
 5H730 AA01 AA14 AS04 AS13 BB14  
 DD02 DD12 EE59 FD01 FD41  
 FG05

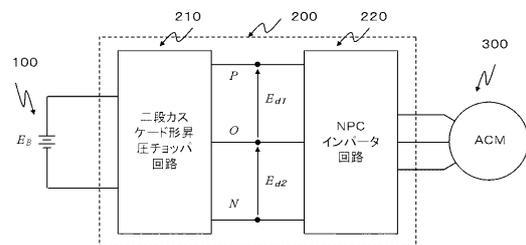
(54) 【発明の名称】 直流・交流電力変換制御装置

(57) 【要約】

【課題】 直流交流変換回路の昇圧チョッパ回路部において、単独の双方向昇圧チョッパ回路では電圧変換比が高く運転効率が低下し、スイッチング素子に直流回路電圧を越える高い耐圧が必要となる。昇圧制御された直流電圧源からインバータを働かせると、高速運転時には直流電圧が高いためスイッチング素子に直流回路電圧を越える高い耐圧が必要となる。高い直流電圧の下で直接的にオンオフスイッチング制御すると、スイッチング損失やスイッチングノイズが周辺機器に影響を及ぼす。

【解決手段】 バッテリー電圧から、1個の昇圧用リアクトルを介し二組の昇圧チョッパ切り替え回路動作により、昇圧された二組の直流電圧出力を直列に二段に接続して中性点電圧を有する二組の高い直流電圧を得ると共に、中性点電圧を有する昇圧制御された二組の直流電圧源をNPCインバータに接続し、低速では2レベル動作、高速では3レベル動作に連続的に波形・電圧制御する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

直流電圧源から直流電圧制御が可能な直流中性点を有する二組の直流出力を得る双方向電力授受可能な直流・直流電圧制御部の出力を中性点クランプダイオードインバータ（NPCインバータ）回路構成による直流・交流変換回路部に接続することにより、インバータにかかる直流電圧の制御を可能にするとともに、NPCインバータの出力電圧の波形を2レベルから3レベル間での制御を可能にすることにより、NPCインバータの出力電圧の振幅およびPWM制御波形を連続的に制御可能とすることを特徴とした直流・交流電力変換制御装置。

**【請求項 2】**

請求項1記載の直流・交流電力変換制御装置において、スイッチング素子と逆並列にダイオードを接続したスイッチ回路を2個直列に接続した接続点を有する二組のスイッチング回路を直列に接続し、直流電圧源から昇圧用リアクトルを介して、2つの接続点間に接続するとともに、直列に接続した二組のスイッチング回路の両端にコンデンサをそれぞれ接続することにより、昇圧用リアクトルを共用した2組の昇圧回路動作をスイッチ切り替え制御により、直列に接続した二組の電圧制御出力を得て、NPCインバータ回路に接続することを特徴とする直流・交流電力変換制御装置。

**【請求項 3】**

請求項1ないし2記載の直流・交流電力変換制御装置における直流・直流電圧制御部において、昇圧用リアクトルを共用した二組の昇圧回路のスイッチ切り替え制御により、直列に接続した二組の電圧制御出力の値を同じ値に制御することを特徴とする直流・直流電圧制御部を含む直流・交流電力変換制御装置。

**【請求項 4】**

請求項1記載の直流・交流電力変換制御装置において、三相NPCインバータの交流出力に三相交流電動機を接続することを特徴とする直流・交流電力変換制御装置。

**【請求項 5】**

請求項1ないし4記載の直流・交流電力変換制御装置において、昇圧用リアクトルを共用した二組の昇圧回路のスイッチ切り替え制御による直流・直流電圧制御部の制御とNPCインバータで構成する直流・交流電圧制御部を組み合わせ制御することにより、三相交流電動機の速度トルク制御を行うことを特徴とする直流・交流電力変換制御装置。

**【請求項 6】**

請求項1ないし5記載の直流・交流電力変換制御装置において、三相交流電動機を低速運転時には、直流・直流電圧制御部における出力電圧を低くすると共に直流・交流変換回路部における三相NPCインバータを2レベル動作でのPWM制御波形とし、高速運転時には、三相NPCインバータを3レベル動作でPWM制御波形とすることを特徴とする直流・交流電力変換制御装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、電気自動車の駆動電源分野に用いられる昇圧チョッパ回路を含むNPCインバータ技術に関する。特に充放電回路を2レベルから3レベルまで連続的に制御することにより運転効率の改善とノイズ低減を図り、蓄電池（バッテリー）の省エネと品質向上に貢献する技術である。

**【背景技術】****【0002】**

近年、電気自動車の駆動電源システムはバッテリーをインバータに直結する方式や、バッテリーを昇圧チョッパ回路でバッテリー電圧を昇圧してからインバータに接続してインバータを制御する場合が多い。

**【0003】**

電気自動車を低速運転する場合は、昇圧チョッパ回路によりインバータの直流電圧を高く

10

20

30

40

50

しないが、高速運転する場合、高い直流電圧に上げてから、インバータを制御することが多く、その昇圧比は高いため、高い変換効率は得られにくい課題がある。

【0004】

電気自動車の駆動用インバータ回路構成としては、三相ブリッジ構成による2レベルインバータが一般に用いられているが、スイッチング素子耐圧の低減やインバータの出力電圧の波形改善を目的に、電気鉄道等で用いられたNPCインバータ(特許文献1ないし4、非特許文献1参照)を電気自動車用として用いた例は見当たらない。

【0005】

このNPCインバーを働かせるためには、直流電源に中性点電位が必要であり、通常は2個のキャパシタを直列に接続して、中性点付きの2電源を得てNPCインバータに接続する方式が一般的であるが、NPCインバータに接続される負荷状態や制御状態によって、中性点電圧が変動し、正常な動作をしなくなる恐れがあるため、中性点の電位が変動しないような制御方策がいろいろと検討されているものの、中性点電圧を本質的に制御出来ないインバータの制御モードが存在するなどの課題がある。

10

【0006】

電気自動車などでは、直流電源としてバッテリーを用いるため、二組の蓄電池を直列に接続することにより、NPCインバータの直流電源として用いることが出来るが、直流電圧を高くする場合には構成がさらに複雑化するとともに、二組の蓄電池間での負荷バランスが崩れる可能性もあり、実用的でないと考えられる。

【0007】

従来技術によれば、バッテリー電圧を直接インバータに接続して、インバータにより交流電動機を制御する場合、高速運転時に適合した高い直流電圧のもとで、低速運転動作させると、インバータのスイッチング損失が大きく運転効率が低くなる。また、低い電圧で高速運転する場合、電動機電流が非常に大きくなり、大きな抵抗損を伴い、運転効率が低くなる。

20

【0008】

そこで、最近のハイブリッド自動車におけるインバータの制御法として、バッテリー電圧を直接インバータに接続しないで、昇圧チョッパ回路を介して運転状態に応じて、直流電圧を適切な電圧値に制御してインバータに接続する方式が採られている。

【0009】

この制御回路構成により、高速運転時には、バッテリー電圧を昇圧チョッパ回路により昇圧させてから、インバータ出力を得ることにより、大きな抵抗損につながる電流値を抑えることができる。また、低速運転時には昇圧チョッパ回路による昇圧比を抑えることにより、低い直流電圧でインバータを働かせるため、低速運転時のスイッチング損失も抑えることが出来る。

30

【0010】

しかしながら、更なる運転効率の改善を目指す場合、高速回転時における直流動作電圧をさらに高くする要求があるが、高い直流電圧でのインバータ動作においては、より高いスイッチング素子耐圧が必要になるとともに、高い電圧からのPWMスイッチング制御に伴うスイッチングノイズ等も増加するので、直流動作電圧としては数500V~600V程度に抑えられる状況にある。

40

【0011】

さらに、バッテリー電圧から、より高い直流電圧を得ようとする場合、昇圧チョッパの電圧変換比が大きくなり、変換効率の低下を招くので、この点からも高い直流電圧でインバータを働かせることは難しい。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】特許第4221212号公報

【特許文献2】特開平10-52049号公報

50

【特許文献3】特開平9 - 56172号公報

【特許文献4】特開2001 - 136750号公報

【非特許文献】

【0013】

【非特許文献1】「パワーエレクトロニクス回路」電気学会・半導体電力変換システム調査専門委員会編（平成12年11月30日刊 株式会社オーム社）45頁ないし92頁、137頁ないし210頁

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

電気自動車等への応用を目的とした直流交流変換回路における昇圧チョッパ回路部において、高速運転時にバッテリーなどの一つの直流電圧源から高い直流電圧を得る場合、単独の双方向昇圧チョッパ回路では電圧変換比が高くなり運転効率が低下すると共に、必要とするスイッチング素子に直流回路電圧を越える高い耐圧のものを必要とする課題がある。

10

【0015】

また、昇圧制御された直流電圧源からインバータを働かせる場合、インバータ回路部において、高速運転時には直流電圧が高くなるため、インバータのスイッチング素子に直流回路電圧を越える高い耐圧のものが必要となることと、高い直流電圧のもとで直接的にオンオフスイッチング制御する場合、スイッチング損失やスイッチングノイズが周辺機器に影響をおよぼすことが懸念されるなどの課題がある。

20

【0016】

また、直流電圧源をコンデンサで分割して中性点電圧を得てNPCインバータに接続する場合は、インバータの出力波形制御と負荷の状態によっては、中性点電圧が制御できないことが知られており、NPCインバータの中性点電圧の制御に課題がある。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明の要点は、バッテリー電圧から、1個の昇圧用リアクトルを介して、二組の昇圧チョッパ回路（二段カスケード形昇圧チョッパ回路）動作により、昇圧された二組の直流電圧出力を直列に二段に接続することにより、中性点電圧を有する二組の高い直流電圧を得るとともに、中性点電圧を有する昇圧制御された二組の直流電圧を電源としてNPCインバータに接続して、低速では2レベル動作に、また高速では3レベル動作に連続的に波形・電圧制御を行うことにより、前記した諸課題を解決する点にある。

30

【0018】

すなわち課題を解決するための第1の発明は、直流電圧源から直流電圧制御が可能な直流中性点を有する二組の直流出力を得る双方向電力授受可能な直流・直流電圧制御部の出力を中性点クランプダイオードインバータ（NPCインバータ）回路構成による直流・交流変換回路部に接続することにより、インバータにかかる直流電圧の制御を可能にするとともに、NPCインバータの出力電圧の波形を2レベルから3レベル間での制御を可能にし、NPCインバータの出力電圧の振幅およびPWM制御波形を連続的に制御可能とすることを特徴とする直流・交流電力変換制御装置である。

40

【0019】

また第2の発明は、前記直流・交流電力変換制御装置において、スイッチング素子と逆並列にダイオードを接続したスイッチ回路を2個直列に接続した接続点を有する二組のスイッチング回路を直列に接続し、直流電圧源から昇圧用リアクトルを介して、2つの接続点間に接続するとともに、直列に接続した二組のスイッチング回路の両端にコンデンサをそれぞれ接続することにより、昇圧用リアクトルを共用した二組の昇圧回路動作をスイッチ切り替え制御により、直列に接続した二組の電圧制御出力を得て、NPCインバータ回路に接続することを特徴とする直流・交流電力変換制御装置である。

【0020】

50

さらにまた第3の発明は、前記直流・交流電力変換制御装置における直流・直流電圧制御部において、昇圧用リアクトルを共用した二組の昇圧回路のスイッチ切り替え制御により、直列に接続した二組の電圧制御出力の値を同じ値に制御することを特徴とする直流・直流電圧制御部を含む直流・交流電力変換制御装置である。

【0021】

さらにまた第4の発明は、前記第1の発明の直流・交流電力変換制御装置において、三相NPCインバータの交流出力に三相交流電動機を接続することを特徴とする直流・交流電力変換制御装置である。

【0022】

さらにまた第1ないし4の発明の直流・交流電力変換制御装置において、昇圧用リアクトルを共用した二組の昇圧回路のスイッチ切り替え制御による直流・直流電圧制御部の制御とNPCインバータで構成する直流・交流電圧制御部を組み合わせ制御することにより、三相交流電動機の手速度トルク制御を行うことを特徴とする直流・交流電力変換制御装置である。

10

【0023】

さらにまた第1ないし5の発明の直流・交流電力変換制御装置において、三相交流電動機を低速運転時には、直流・直流電圧制御部における出力電圧を低くすると共に直流・交流変換回路部における三相NPCインバータを2レベル動作でのPWM制御波形とし、高速運転時には、三相NPCインバータを3レベル動作でPWM制御波形とすることを特徴とする直流・交流電力変換制御装置である。

20

【発明の効果】

【0024】

本発明の昇圧チョッパ回路の切り替え制御方式により、直流電圧を昇圧する場合の昇圧チョッパの昇圧比を1/2に抑えることができるので、昇圧チョッパ回路の効率を上げることが出来るとともに、スイッチング素子の耐圧を最大昇圧電圧の1/2に低減できる。

【0025】

また本発明の、直流・直流電圧制御回路部の直列接続された昇圧出力電圧をNPCインバータの電源を用いることにより、中性点電圧制御とは独立にマルチレベルPWM制御出力波形を得ることが出来、低速運転時には直流電圧を低くするとともに、2レベル動作をさせることにより効率改善と、高速運転時には直流電圧を高くし、3レベル動作をさせることにより、PWM制御された出力電圧波形を改善することができるのと同時に、スイッチング制御幅が1/2に抑えることが出来、スイッチングノイズ等を低く抑えることができ、かつスイッチング素子耐圧を最大直流電圧の1/2に抑えることが出来る。

30

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明の直流・交流電力変換制御装置にかかる基本回路構成図の一例。

【図2】本発明の直流・交流電力変換制御装置にかかるスイッチング回路の接続図の一例。

【図3】本発明の直流・直流電圧制御回路図の一例。

【図4】本発明の直流・直流電圧制御回路で昇圧動作における昇圧リアクトルにエネルギーを蓄積するときの短絡電流経路(1)の説明図。

40

【図5】本発明の直流・直流電圧制御回路で昇圧動作における昇圧リアクトル蓄積されたエネルギーをコンデンサCd1に昇圧動作をさせるときの短絡電流経路(2)の説明図。

【図6】本発明の直流・直流電圧制御回路で昇圧動作における昇圧リアクトル蓄積されたエネルギーでコンデンサCd2に昇圧動作をさせるときの短絡電流経路(3)の説明図。

【図7】本発明の実施例1の直流・直流電圧制御回路で力行動作、及び回生動作を確認するための負荷状態を含む主回路構成と制御システムの構成例。

【図8】実施例1に係る直流・直流電圧制御回路のシミュレーション波形データを示す図。

【図9】本発明の実施例2の直流・交流電力変換制御装置の制御動作を確認するために接

50

続した三相 R - L 負荷を含む主回路と制御システムの構成例。

【図 10】実施例 2 に係る直流・交流電力変換制御装置のシミュレーション波形データを示す図。

【発明を実施するための形態】

【0027】

本発明は、バッテリー電圧から、1個の昇圧用リアクトルを介して、二組の昇圧チョッパ回路動作により、昇圧された二組の直流電圧出力を直列に二段に接続することにより、中性点電圧を有する二倍の高い直流電圧を得るとともに、中性点電圧を有するこの昇圧制御された二組の直流電圧を電源として NPC インバータに接続して、バッテリー等の直流電圧源から交流電動機を駆動制御する直流・交流電力変換制御装置である。

10

【0028】

図 1 は、直流電圧源 100 から昇圧制御した二組の電圧源  $E_{d1}$ 、 $E_{d2}$  を直列に接続し、それを NPC インバータ 220 の電源として交流電動機 300 を動かせる直流・交流電力変換制御装置 200 の基本回路構成例である。

【0029】

図 2 は、この直流・交流電力変換制御装置を構成する電力変換回路である。直流電圧源 100 から 1 個の昇圧用リアクトル 217 を介して、スイッチング素子 (IGBT 等) とダイオードを逆並列に接続したスイッチングアームを 2 個直列に接続した 2 組のスイッチ回路 211、212、213 及び 214 を直列に接続した昇圧回路 210 を構成して、昇圧リアクトル 217 を短絡させた後に、2 組の昇圧出力用コンデンサ 215 及び 216 に交互に接続する昇圧回路動作をさせることにより、中性点を中心に 2 組の昇圧電圧出力を得て、直流・交流電力変換回路部 (NPC インバータ) 220 に接続することにより、NPC インバータは中性点電位変動の問題を伴うことなく、制御信号に応じて 2 レベル動作、3 レベル動作を任意に制御することができる。

20

【0030】

図 3 は、スイッチング素子 (IGBT 等) と逆並列に接続したダイオードによるスイッチ回路 211、212、213 及び 214 で構成した直流・直流電圧制御部 210 の回路構成例である。

【0031】

図 4 は、直流・直流電圧制御部 210 における昇圧チョッパ動作原理の説明図のうち、直流電源 100 から昇圧リアクトル (L) を介してスイッチ  $S_{02}$  -  $S_{03}$  経路より短絡回路を形成して、エネルギーを蓄積させる短絡電流経路図 (1) を示している。

30

【0032】

図 5 は、直流・直流電圧制御部 210 における昇圧チョッパ動作原理の説明図のうち、直流電源から昇圧リアクトル (L) に蓄積されたエネルギーをスイッチ  $S_{01}$  -  $S_{03}$  経路より昇圧経路を形成して、昇圧出力用コンデンサ  $C_{d1}$  に昇圧動作をさせる短絡電流経路図 (2) を示している。

【0033】

図 6 は、直流・直流電圧制御部 210 における昇圧チョッパ動作原理の説明図のうち、直流電源から昇圧リアクトル (L) に蓄積されたエネルギーをスイッチ  $S_{02}$  -  $S_{04}$  経路より昇圧経路を形成して、昇圧出力用コンデンサ  $C_{d2}$  に昇圧動作をさせる短絡電流経路図 (3) を示している。

40

【実施例 1】

【0034】

本発明の一実施例として直流・直流電圧制御部 210 において、図 7 に示す直流負荷回路 230 を接続し、昇圧リアクトル  $L=10\text{mH}$ 、コンデンサ  $C_{d1}=C_{d2}=5000\mu\text{F}$ 、直流電圧  $E_B=100\text{V}$  のもとで、昇圧電圧を  $E_{d1}=E_{d2}=150\text{V}$  に設定し、負荷回路 230 の抵抗  $R=10$  のもとで、負荷回路 230 の電圧  $V_s$  を  $145\text{V}$  として、負荷側にエネルギーを取り出す力行動作と、負荷回路 230 の電圧  $V_s$  を  $155\text{V}$  として、負荷側からエネルギーを直流・直流電圧変換回路 210 の直流電圧源  $E_B$  100 に回生する二つのケースについてシミュレーショ

50

ン解析を行った。

【 0 0 3 5 】

図 8 は、実施例 1 の二つの動作条件に設定してシミュレーション解析を行ったときの動作波形であり、同図 (a) 力行動作では、過渡状態を経て正の定常電流が流れ、(b) 回生動作では、過渡状態を経て負の定常電流が流れており、双方向の電力授受が可能で問題なく昇圧動作が行えることが確認できる。

【 実施例 2 】

【 0 0 3 6 】

本発明の他の実施例として、図 9 に示す直流・直流電圧制御部 2 1 0 と直流・交流電力変換部 2 2 0 を含む本発明による直流・交流電力変換制御回路において、昇圧リアクトル  $L=10\text{ mH}$ 、コンデンサ  $C_{d1}=C_{d2}=5000\text{ }\mu\text{ F}$ 、直流電圧  $E_B=100\text{ V}$  のもとで、昇圧電圧を  $E_{d1}=E_{d2}=150\text{ V}$  に設定し、三相負荷として  $R=10$ 、 $L_1=10\text{ mH}$  でシミュレーション解析を行った。

10

【 0 0 3 7 】

図 1 0 は、実施例 2 の直流・交流電力変換制御回路において、 $V/f$  一定制御により周波数を上昇させたときの動作波形であり、昇圧チョッパ動作により、直流電源電圧  $E_B=100\text{ V}$  から、 $E_{d1}=E_{d2}=150\text{ V}$  が得られており、周波数が上昇するとともに、電圧波形も 2 レベル動作から 3 レベル動作へとマルチレベル制御された PWM 波形に制御できることが確認できる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 3 8 】

本発明の、直流・交流電力変換制御装置において、直流・直流電圧制御部では特に昇圧時に、また直流・交流電力変換回路部では低速運転時に運転効率が改善できるとともに、必要とされるスイッチング素子耐圧を昇圧後の最大直流電圧値の  $1/2$  に抑えることができ、素子耐圧に余裕ができるので、効率の改善に有利なより高い直流動作電圧で動作させることができるので、電気自動車等の動力制御電源として有効利用することができる。

20

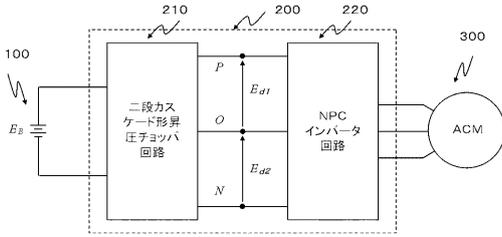
【 符号の説明 】

【 0 0 3 9 】

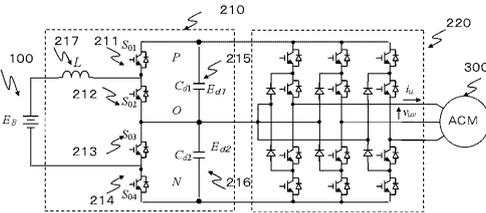
- 1 0 0 ... 直流電源
- 2 0 0 ... 直流・交流電力変換装置部
- 2 1 0 ... 直流・直流電圧制御回路部
- 2 1 1 ~ 2 1 4 ... スwitching素子と逆並列にダイオードを接続したスイッチ回路
- 2 1 5 , 2 1 6 ... 昇圧出力用コンデンサ
- 2 1 7 ... 昇圧用リアクトル
- 2 2 0 ... 直流・交流電力変換回路部 (NPC インバータ)
- 2 3 0 ... 力行動作、回生動作を確認用直流負荷回路
- 3 0 0 ... 交流負荷 (交流電動機、三相 R - L 負荷)
- 4 0 0 ... 制御信号発生回路部
- 4 1 0 ... 直流・直流電圧制御回路部の制御回路例
- 4 2 0 ... 直流・交流電力変換回路部の制御回路例 (PWM 制御部)

30

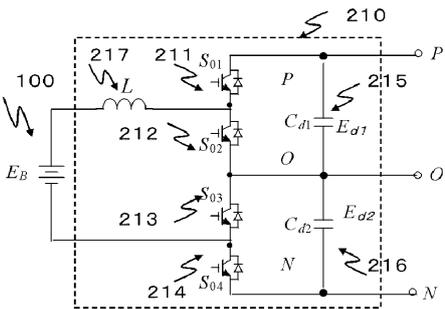
【図 1】



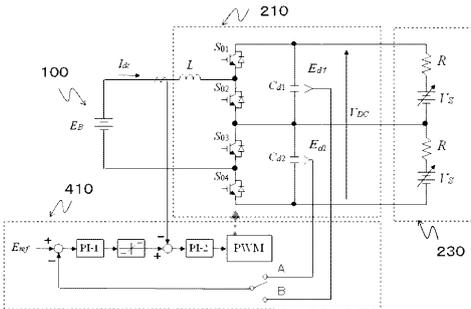
【図 2】



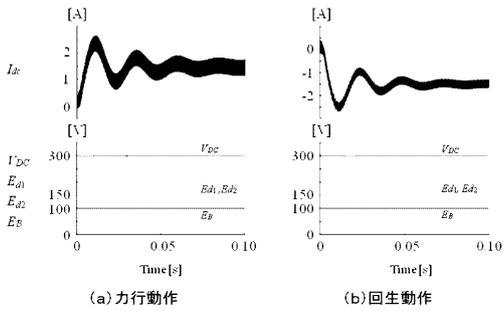
【図 3】



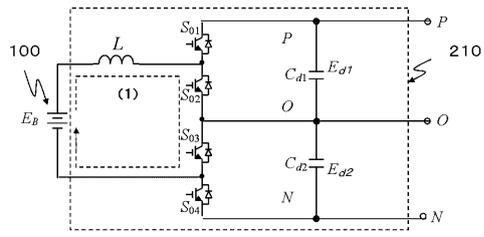
【図 7】



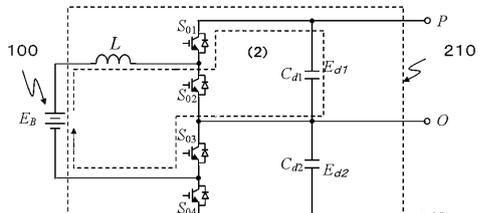
【図 8】



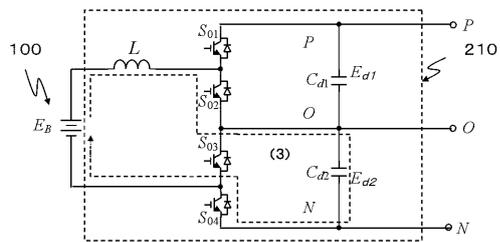
【図 4】



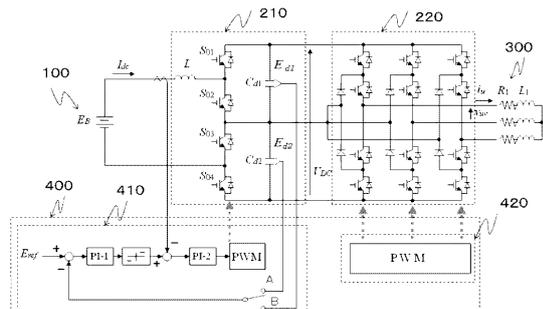
【図 5】



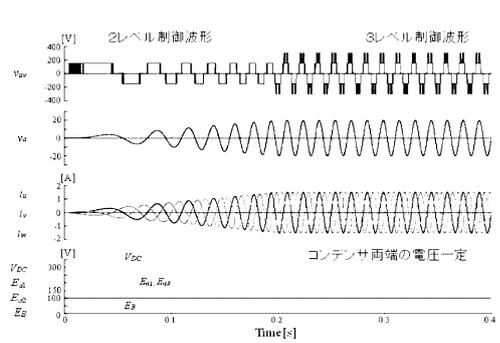
【図 6】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

H 0 2 M 7/48

F