

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7352179号  
(P7352179)

(45)発行日 令和5年9月28日(2023.9.28)

(24)登録日 令和5年9月20日(2023.9.20)

(51)国際特許分類 F I  
H 0 2 M 3/28 (2006.01) H 0 2 M 3/28 W  
H 0 2 M 3/28 Q

請求項の数 3 (全15頁)

(21)出願番号	特願2020-9968(P2020-9968)	(73)特許権者	000002945 オムロン株式会社 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町801番地
(22)出願日	令和2年1月24日(2020.1.24)	(74)代理人	100101454 弁理士 山田 卓二
(65)公開番号	特開2021-118604(P2021-118604 A)	(74)代理人	100091524 弁理士 和田 充夫
(43)公開日	令和3年8月10日(2021.8.10)	(74)代理人	100172236 弁理士 岩木 宣憲
審査請求日	令和4年11月7日(2022.11.7)	(72)発明者	佐藤 充 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町801番地 オムロン株式会社内
		(72)発明者	長岡 真吾 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 過電流保護装置、DC/DCコンバータ装置、及び電力システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のLLC共振コンバータを含むDC/DCコンバータ装置のための過電流保護装置であって、

前記複数のLLC共振コンバータのそれぞれは、少なくとも1つのスイッチング素子、トランス、及びキャパシタを備え、前記複数のLLC共振コンバータは互いに異なる位相で動作し、

前記過電流保護装置は、  
前記複数のLLC共振コンバータに共通の基準電流値を設定し、

複数の電流センサを用いて、前記各LLC共振コンバータのトランスの一次側回路に流れる電流をそれぞれ測定し、

前記測定された電流に基づいて、前記各LLC共振コンバータの現在の波高率をそれぞれ計算し、

前記各LLC共振コンバータの現在の波高率と前記基準電流値との積を、前記各LLC共振コンバータの過電流しきい値としてそれぞれ設定し、

前記複数のLLC共振コンバータのうちのいずれかについて、前記測定された電流が前記過電流しきい値を超えたとき、前記各LLC共振コンバータのスイッチング素子の動作を停止する停止信号を出力する、  
過電流保護装置。

【請求項2】

少なくとも1つのスイッチング素子、トランス、及びキャパシタをそれぞれ備え、互いに異なる位相で動作する複数のLLC共振コンバータと、

前記各LLC共振コンバータのトランスの一次側回路に流れる電流をそれぞれ測定する複数の電流センサと、

請求項1記載の過電流保護装置とを備えた、  
DC/DCコンバータ装置。

【請求項3】

第1の直流電圧を供給する電源装置と、

前記第1の直流電圧を第2の直流電圧に変換する、請求項2記載のDC/DCコンバータ装置と、

前記第2の直流電圧により動作する負荷装置とを含む、  
電力システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、複数のLLC共振コンバータを含むDC/DCコンバータ装置のための過電流保護装置に関する。また、本開示は、そのような過電流保護装置を備えたDC/DCコンバータ装置に関する。また、本開示は、そのような過電流保護装置を備えたDC/DCコンバータ装置を含む電力システムに関する。

【背景技術】

【0002】

DC/DCコンバータ装置から負荷装置に供給する電力を増大させるためにDC/DCコンバータ装置に流れる電流が増大すると、DC/DCコンバータ装置における発熱も増大する。従って、DC/DCコンバータ装置における発熱を低減するために、多重化された構成要素、例えば複数のLLC共振コンバータを備えたDC/DCコンバータ装置が知られている。この場合、複数のLLC共振コンバータは互いに異なる位相で動作する。

【0003】

例えば、特許文献1は、対応するハーフブリッジ回路から電力供給を受ける複数の一次巻線と、各一次巻線にそれぞれ磁氣的に結合されかつ出力端子に接続された複数の二次巻線と、各一次巻線にそれぞれ接続された複数のLLC共振回路とを備えたスイッチング多相共振電圧変換器を開示している。一次巻線又は二次巻線は、実際の中性点又は仮想の中性点が浮遊するように接続される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】欧州特許出願公開第2299580号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

一般に、DC/DCコンバータ装置は、その回路を過電流から保護するために、過電流が発生したときにインバータのスイッチング素子の動作を停止する過電流保護装置を備えることがある。過電流保護装置は、過電流の発生を検出するために、例えば、電流センサを用いてトランスの一次側回路に流れる電流を測定し、測定された電流を予め決められた過電流しきい値と比較する。

【0006】

前述のようにDC/DCコンバータ装置が複数のLLC共振コンバータを備える場合、各LLC共振コンバータのトランス、インダクタ、及びキャパシタなどは、それらの設計値から互いに異なるバラツキを有する可能性がある。これらのバラツキに起因して、各相の電流のピーク値(振幅)、実効値、波形などが不均一になる。従って、各LLC共振コンバータを過電流から保護するために各LLC共振コンバータに共通の過電流しきい値を

10

20

30

40

50

設定すると、過電流しきい値は、あるLLC共振コンバータに流れることが許容される電流の最大値（例えば、定格電流の160%）よりも低くなる可能性がある。この場合、このLLC共振コンバータに流れる電流が許容される最大値に到達する前に、DC/DCコンバータ装置の動作を不必要に停止してしまうおそれがある。従って、各LLC共振コンバータに流れる電流が許容される最大値に到達する前にDC/DCコンバータ装置の動作を不必要に停止しない過電流保護装置が求められる。

【0007】

本開示の目的は、複数のLLC共振コンバータを含むDC/DCコンバータ装置のための過電流保護装置であって、各LLC共振コンバータに流れる電流が許容される最大値に到達する前にDC/DCコンバータ装置の動作を不必要に停止しない過電流保護装置を提供することにある。また、本開示の目的は、そのような過電流保護装置を備えたDC/DCコンバータ装置を提供することにある。また、本開示の目的は、そのような過電流保護装置を備えたDC/DCコンバータ装置を含む電力システムを提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

本開示の一側面に係る過電流保護装置は、  
複数のLLC共振コンバータを含むDC/DCコンバータ装置のための過電流保護装置であって、

前記複数のLLC共振コンバータのそれぞれは、少なくとも1つのスイッチング素子、トランス、及びキャパシタを備え、前記複数のLLC共振コンバータは互いに異なる位相で動作し、

20

前記過電流保護装置は、  
複数の電流センサを用いて、前記各LLC共振コンバータのトランスの一次側回路に流れる電流をそれぞれ測定し、

前記測定された電流に基づいて、前記各LLC共振コンバータの過電流しきい値をそれぞれ設定し、

前記複数のLLC共振コンバータのうちのいずれかについて、前記測定された電流が前記過電流しきい値を超えたとき、前記各LLC共振コンバータのスイッチング素子の動作を停止する停止信号を出力する。

【0009】

これにより、各LLC共振コンバータに不均一な電流が流れる場合であっても、各LLC共振コンバータに流れる電流が許容される最大値に到達する前にDC/DCコンバータ装置の動作を不必要に停止しにくくすることができる。

30

【0010】

本開示の一側面に係る過電流保護装置において、  
前記複数のLLC共振コンバータに共通の基準電流値を設定し、  
前記測定された電流に基づいて、前記各LLC共振コンバータの現在の波高率をそれぞれ計算し、

前記各LLC共振コンバータの現在の波高率と前記基準電流値との積を、前記各LLC共振コンバータの過電流しきい値としてそれぞれ設定する。

40

【0011】

これにより、各相の電流の現在の波高率に基づいて、各相の過電流しきい値を設定することができる。

【0012】

本開示の一側面に係るDC/DCコンバータ装置は、  
少なくとも1つのスイッチング素子、トランス、及びキャパシタをそれぞれ備え、互いに異なる位相で動作する複数のLLC共振コンバータと、

前記各LLC共振コンバータのトランスの一次側回路に流れる電流をそれぞれ測定する複数の電流センサと、

請求項1又は2記載の過電流保護装置とを備える。

50

## 【 0 0 1 3 】

これにより、各 L L C 共振コンバータに不均一な電流が流れる場合であっても、各 L L C 共振コンバータに流れる電流が許容される最大値に到達する前に D C / D C コンバータ装置の動作を不必要に停止しにくくすることができる。

## 【 0 0 1 4 】

本開示の一側面に係る電力システムは、

第 1 の直流電圧を供給する電源装置と、

前記第 1 の直流電圧を第 2 の直流電圧に変換する、請求項 3 記載の D C / D C コンバータ装置と、

前記第 2 の直流電圧により動作する負荷装置とを含む。

10

## 【 0 0 1 5 】

これにより、各 L L C 共振コンバータに不均一な電流が流れる場合であっても、各 L L C 共振コンバータに流れる電流が許容される最大値に到達する前に D C / D C コンバータ装置の動作を不必要に停止しにくくすることができる。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 6 】

本開示の一側面に係る過電流保護装置は、各 L L C 共振コンバータに不均一な電流が流れる場合であっても、各 L L C 共振コンバータに流れる電流が許容される最大値に到達する前に D C / D C コンバータ装置の動作を不必要に停止しにくくすることができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

20

## 【 0 0 1 7 】

【 図 1 】 実施形態に係る D C / D C コンバータ装置 5 を含む電力システムの構成例を模式的に示すブロック図である。

【 図 2 】 図 1 の D C / D C コンバータ装置 5 の構成例を模式的に示す回路図である。

【 図 3 】 図 2 の過電流保護装置 1 5 の構成例を模式的に示すブロック図である。

【 図 4 】 図 2 の D C / D C コンバータ装置 5 の電流センサ C S 1 ~ C S 3 によって検出される U 相電流、V 相電流、及び W 相電流の例示的な波形を示すグラフである。

【 図 5 】 実施形態の変形例に係る D C / D C コンバータ装置 5 A の構成例を模式的に示す回路図である

## 【 発明を実施するための形態 】

30

## 【 0 0 1 8 】

以下、本開示の一側面に係る実施形態（以下、「本実施形態」とも表記する）を、図面に基づいて説明する。各図面において、同じ符号は同様の構成要素を示す。

## 【 0 0 1 9 】

## 〔 適用例 〕

図 1 は、実施形態に係る D C / D C コンバータ装置 5 を含む電力システムの構成例を模式的に示すブロック図である。図 1 の電力システムは、例えば、交流電源装置 1、ノイズフィルタ装置 2、整流器 3、力率調整器 4、D C / D C コンバータ装置 5、及び負荷装置 6 を備える。

## 【 0 0 2 0 】

40

ノイズフィルタ装置 2、整流器 3、及び力率調整器 4 は、交流電源装置 1 から交流電力の供給を受けて、第 1 の直流電圧を有する直流電力を発生する。本明細書では、交流電源装置 1、ノイズフィルタ装置 2、整流器 3、及び力率調整器 4 を、第 1 の直流電圧を供給する「電源装置」とも呼ぶ。D C / D C コンバータ装置 5 は、第 1 の直流電圧を第 2 の直流電圧に変換する。負荷装置 6 は、第 2 の直流電圧により動作する。

## 【 0 0 2 1 】

図 2 は、図 1 の D C / D C コンバータ装置 5 の構成例を模式的に示す回路図である。D C / D C コンバータ装置 5 は、少なくとも、複数の L L C 共振コンバータ 1 1 ~ 1 3、キャパシタ C 0、駆動装置 1 4、過電流保護装置 1 5、及び複数の電流センサ C S 1 ~ C S 3 を備える。

50

## 【 0 0 2 2 】

LLC共振コンバータ11は、スイッチング素子Q1、Q2、トランスT1、インダクタLr1、キャパシタCr1、及びダイオードD1、D2を備える。スイッチング素子Q1、Q2は、直流電力から交流電力を発生するインバータを構成する。トランスT1は、一次巻線w1及び二次巻線w2、w3を有し、また、漏れインダクタンスLm1を有する。インダクタLr1、キャパシタCr1、及び漏れインダクタンスLm1は、LLC共振回路を構成する。また、ダイオードD1、D2は整流回路を構成する。

## 【 0 0 2 3 】

LLC共振コンバータ12は、スイッチング素子Q3、Q4、トランスT2、インダクタLr2、キャパシタCr2、及びダイオードD3、D4を備える。スイッチング素子Q3、Q4は、直流電力から交流電力を発生するインバータを構成する。トランスT2は、一次巻線w4及び二次巻線w5、w6を有し、また、漏れインダクタンスLm2を有する。インダクタLr2、キャパシタCr2、及び漏れインダクタンスLm2は、LLC共振回路を構成する。また、ダイオードD3、D4は整流回路を構成する。

10

## 【 0 0 2 4 】

LLC共振コンバータ13は、スイッチング素子Q5、Q6、トランスT3、インダクタLr3、キャパシタCr3、及びダイオードD5、D6を備える。スイッチング素子Q5、Q6は、直流電力から交流電力を発生するインバータを構成する。トランスT3は、一次巻線w7及び二次巻線w8、w9を有し、また、漏れインダクタンスLm3を有する。インダクタLr3、キャパシタCr3、及び漏れインダクタンスLm3は、LLC共振回路を構成する。また、ダイオードD5、D6は整流回路を構成する。

20

## 【 0 0 2 5 】

キャパシタC0は、LLC共振コンバータ11～13の出力電力を平滑化する。

## 【 0 0 2 6 】

駆動装置14は、互いに異なる位相（例えば120度ずつ異なる位相）でLLC共振コンバータ11～13を動作させるように、スイッチング素子Q1～Q6を駆動する。駆動装置14は、例えばパルス幅変調により、スイッチング素子Q1～Q6を駆動する。

## 【 0 0 2 7 】

電流センサCS1～CS3は、各LLC共振コンバータ11～13のトランスT1～T3の一次側回路に流れる電流をそれぞれ測定する。

30

## 【 0 0 2 8 】

過電流保護装置15は、複数の電流センサCS1～CS3を用いて、各LLC共振コンバータ11～13のトランスT1～T3の一次側回路に流れる電流をそれぞれ測定する。過電流保護装置15は、測定された電流に基づいて、各LLC共振コンバータ11～13の過電流しきい値をそれぞれ設定する。過電流保護装置15は、複数のLLC共振コンバータ11～13のうちいずれかについて、測定された電流が過電流しきい値を超えたとき、各LLC共振コンバータ11～13のスイッチング素子Q1～Q6の動作を停止する停止信号を出力する。過電流保護装置15は、停止信号を駆動装置14に送る。

## 【 0 0 2 9 】

過電流保護装置15は、過電流しきい値を、LLC共振コンバータ11～13ごとに個別に、かつ、動的に設定することができる。これにより、過電流保護装置15は、各LLC共振コンバータ11～13に不均一な電流が流れる場合であっても、各LLC共振コンバータ11～13に流れる電流が許容される最大値に到達する前にDC/DCコンバータ装置5の動作を不必要に停止しにくくすることができる。

40

## 【 0 0 3 0 】

## [ 実施形態 ]

以下、実施形態に係る過電流保護装置を備えたDC/DCコンバータ装置を含む電力システムについてさらに説明する。

## 【 0 0 3 1 】

## [ 構成例 ]

50

図 1 を参照して、電力システムの各構成要素についてさらに説明する。

【 0 0 3 2 】

交流電源装置 1 は、所定電圧及び所定周波数の交流電力を供給する。交流電源装置 1 は、商用電力網の電源設備であってもよく、それに代わって、例えば、直流電源装置及びインバータを備えてもよい。

【 0 0 3 3 】

ノイズフィルタ装置 2 は、導線を介して伝搬するノーマルモードノイズ信号及びコモンモードノイズ信号の少なくとも一方を低減するように構成される。ノイズフィルタ装置 2 は、ノイズ信号の極性とは逆の極性を有する反転信号を発生する能動素子を含むアクティブフィルタと、キャパシタ及びインダクタなどの受動素子からなるパッシブフィルタとの少なくとも一方を備える。

10

【 0 0 3 4 】

整流器 3 は、交流電源装置 1 からノイズフィルタ装置 2 を介して供給された交流電力を直流電力に変換する。整流器 3 は、ダイオードブリッジを備える整流回路であってもよい。また、整流器 3 は、入力される交流電圧又は交流電流の位相に合わせて動作するスイッチング素子を備える同期整流回路であってもよい。

【 0 0 3 5 】

力率調整器 4 は、整流器 3 から出力された直流電力の力率を調整する。力率調整器 4 は、インダクタ及びノ又はキャパシタなどの受動素子を備えてもよく、トランジスタ及びダイオードなどの能動素子をさらに備えてもよい。

20

【 0 0 3 6 】

DC / DC コンバータ装置 5 は、力率調整器 4 から出力された第 1 の直流電圧を第 2 の直流電圧に変換する。

【 0 0 3 7 】

負荷装置 6 は、DC / DC コンバータ装置 5 から出力された直流電力により動作して何らかの仕事を行う。負荷装置 6 は、例えば、モータ、蓄電池、センサ、通信装置などを含む。

【 0 0 3 8 】

図 2 を参照して、DC / DC コンバータ装置 5 の各構成要素についてさらに説明する。

【 0 0 3 9 】

図 2 の例では、スイッチング素子 Q 1 , Q 2 のペア、スイッチング素子 Q 3 , Q 4 のペア、及びスイッチング素子 Q 5 , Q 6 のペアは、ハーフブリッジ型インバータをそれぞれ構成する。

30

【 0 0 4 0 】

図 2 の例では、トランス T 1 の一次巻線 w 1 の第 1 の端子は、インダクタ L r 1 を介してスイッチング素子 Q 1 , Q 2 の間のノードに接続される。トランス T 2 の一次巻線 w 4 の第 1 の端子は、インダクタ L r 2 を介してスイッチング素子 Q 3 , Q 4 の間のノードに接続される。トランス T 3 の一次巻線 w 7 の第 1 の端子は、インダクタ L r 3 を介してスイッチング素子 Q 5 , Q 6 の間のノードに接続される。トランス T 1 の一次巻線 w 1 の第 2 の端子、トランス T 2 の一次巻線 w 4 の第 2 の端子、及びトランス T 3 の一次巻線 w 7 の第 2 の端子は、キャパシタ C r 1 ~ C r 3 を介して中性点 N 0 に接続される。図 2 の例では、中性点 N 0 は浮遊している。

40

【 0 0 4 1 】

図 2 の例では、トランス T 1 の二次巻線 w 2 , w 3 の両端は、ダイオード D 1 , D 2 を介して DC / DC コンバータ装置 5 の正の出力端子にそれぞれ接続され、二次巻線 w 2 , w 3 のセンタータップは、DC / DC コンバータ装置 5 の負の出力端子に接続される。トランス T 2 の二次巻線 w 5 , w 6 の両端は、ダイオード D 3 , D 4 を介して DC / DC コンバータ装置 5 の正の出力端子にそれぞれ接続され、二次巻線 w 5 , w 6 のセンタータップは、DC / DC コンバータ装置 5 の負の出力端子に接続される。トランス T 3 の二次巻線 w 8 , w 9 の両端は、ダイオード D 5 , D 6 を介して DC / DC コンバータ装置 5 の正

50

の出力端子にそれぞれ接続され、二次巻線  $w_8$  ,  $w_9$  のセンタータップは、DC/DCコンバータ装置 5 の負の出力端子に接続される。

【0042】

前述のように、LLC共振コンバータ 11 ~ 13 は互いに異なる位相で動作する。このため、駆動装置 14 は、各周期の前半においてスイッチング素子 Q1 をオンしてスイッチング素子 Q2 をオフし、各周期の後半においてスイッチング素子 Q1 をオフしてスイッチング素子 Q2 をオンするように、制御信号をスイッチング素子 Q1 , Q2 に送る。また、駆動装置 14 は、スイッチング素子 Q1 , Q2 のオン/オフ動作から 120 度遅延した各周期の前半においてスイッチング素子 Q3 をオンしてスイッチング素子 Q4 をオフし、各周期の後半においてスイッチング素子 Q3 をオフしてスイッチング素子 Q4 をオンするように、制御信号をスイッチング素子 Q3 , Q4 に送る。また、駆動装置 14 は、スイッチング素子 Q1 , Q2 のオン/オフ動作から 240 度遅延した各周期の前半においてスイッチング素子 Q5 をオンしてスイッチング素子 Q6 をオフし、各周期の後半においてスイッチング素子 Q5 をオフしてスイッチング素子 Q6 をオンするように、制御信号をスイッチング素子 Q5 , Q6 に送る。これにより、LLC共振コンバータ 11 ~ 13 は、互いに 120 度ずつ異なる位相を有する U 相、V 相、及び W 相の電力をそれぞれ発生する。

10

【0043】

各 LLC 共振コンバータ 11 ~ 13 の出力電圧は、スイッチング素子 Q1 ~ Q6 のスイッチング周波数に依存する。従って、駆動装置 14 は、DC/DCコンバータ装置 5 の所望の出力電圧に応じて、スイッチング素子 Q1 ~ Q6 のスイッチング周波数を変化させる。

20

【0044】

図 2 の例では、電流センサ CS1 は、キャパシタ Cr1 と中性点 N0 との間に流れる U 相電流を測定するように設けられる。電流センサ CS2 は、キャパシタ Cr2 と中性点 N0 との間に流れる V 相電流を測定するように設けられる。電流センサ CS3 は、キャパシタ Cr3 と中性点 N0 との間に流れる W 相電流を測定するように設けられる。

【0045】

図 3 は、図 2 の過電流保護装置 15 の構成例を模式的に示すブロック図である。過電流保護装置 15 は、整流器 21 - 1 ~ 21 - 3、ピーク検出器 22 - 1 ~ 22 - 3、実効値計算器 23 - 1 ~ 23 - 3、波高率計算器 24 - 1 ~ 24 - 3、しきい値計算器 25 - 1 ~ 25 - 3、比較器 26 - 1 ~ 26 - 3、及び論理和演算器 27 を備える。

30

【0046】

整流器 21 - 1、ピーク検出器 22 - 1、実効値計算器 23 - 1、波高率計算器 24 - 1、しきい値計算器 25 - 1、及び比較器 26 - 1 は、LLC共振コンバータ 11 における過電流を検出する過電流検出回路 20 - 1 を構成する。

【0047】

整流器 21 - 1 は、電流センサ CS1 によって測定された U 相電流を整流し、ピーク検出器 22 - 1、実効値計算器 23 - 1、及び論理和演算器 27 に送る。

【0048】

ピーク検出器 22 - 1 は、U 相電流の現在のピーク値を検出する。ピーク検出器 22 - 1 は、例えばピークホールド回路を含む。

40

【0049】

実効値計算器 23 - 1 は、U 相電流の現在の実効値を計算する。実効値の計算には時間がかかるので、実効値計算器 23 - 1 は、低域通過フィルタを用いて、U 相電流の実効値に代えて、整流された U 相電流の平均値を生成してもよい。ここで、例えば、直前の 1 つ又は複数の周期にわたる平均値が生成されてもよく、DC/DCコンバータ装置 5 の起動時から現在までにわたる平均値が生成されてもよい。

【0050】

波高率計算器 24 - 1 は、U 相電流の現在のピーク値及び現在の実効値に基づいて、U 相電流の現在の波高率 = 現在のピーク値 / 現在の実効値を計算する。

【0051】

50

しきい値計算器 25 - 1 は、U 相電流の現在の波高率と、予め設定された基準電流値との積を、U 相電流の過電流しきい値  $T_{hU}$  として計算し、計算された過電流しきい値  $T_{hU}$  を比較器 26 - 1 に設定する。しきい値計算器 25 - 1 には、LLC 共振コンバータ 11 ~ 13 に共通の基準電流値が予め設定される。基準電流値は、電流のピーク値が予め決められた過電流しきい値に達すると考えられるときの電流の実効値を示す。

【0052】

また、しきい値計算器 25 - 1 には、LLC 共振コンバータ 11 ~ 13 に共通の波高率の初期値が予め設定される。前述のように、実効値の計算には時間がかかる。また、過電流保護装置 15 はその動作開始時において実効値のデータを有していない。従って、しきい値計算器 25 - 1 は、実効値計算器 23 - 1 が U 相電流の現在の実効値を計算できるよ

10

【0053】

また、しきい値計算器 25 - 1 には、LLC 共振コンバータ 11 ~ 13 に共通の、過電流しきい値の上限値  $T_{h1}$  及び下限値  $T_{h2}$  が予め設定される。

【0054】

比較器 26 - 1 は、整流された U 相電流の瞬時値が U 相電流の過電流しきい値  $T_{hU}$  を越えたか否かを判断し、判断結果を示す出力信号を論理和演算器 27 に送る。例えば、比較器 26 - 1 の出力信号は、整流された U 相電流の瞬時値が U 相電流の過電流しきい値  $T_{hU}$  を越えたとき、ローレベルからハイレベルに遷移する。

20

【0055】

このように、過電流検出回路 20 - 1 は、測定された U 相電流に基づいて U 相電流の過電流しきい値  $T_{hU}$  を動的に設定し、また、測定された U 相電流が過電流しきい値  $T_{hU}$  を超えたか否かを判断する。

【0056】

整流器 21 - 2、ピーク検出器 22 - 2、実効値計算器 23 - 2、波高率計算器 24 - 2、しきい値計算器 25 - 2、及び比較器 26 - 2 は、LLC 共振コンバータ 12 における過電流を検出する過電流検出回路 20 - 2 を構成する。過電流検出回路 20 - 2 は、過電流検出回路 20 - 1 と同様に、測定された V 相電流に基づいて V 相電流の過電流しきい値を動的に設定し、また、測定された V 相電流が過電流しきい値  $T_{hV}$  を超えたか否かを判断する。

30

【0057】

整流器 21 - 1、ピーク検出器 22 - 1、実効値計算器 23 - 1、波高率計算器 24 - 1、しきい値計算器 25 - 1、及び比較器 26 - 1 は、LLC 共振コンバータ 11 における過電流を検出する過電流検出回路 20 - 1 を構成する。過電流検出回路 20 - 3 は、過電流検出回路 20 - 1、20 - 2 と同様に、測定された W 相電流に基づいて W 相電流の過電流しきい値を動的に設定し、また、測定された W 相電流が過電流しきい値  $T_{hW}$  を超えたか否かを判断する。

【0058】

論理和演算器 27 は、U 相電流、V 相電流、及び W 相電流のうちの少なくとも 1 つが対応する過電流しきい値を超えたとき、各 LLC 共振コンバータ 11 ~ 13 のスイッチング素子 Q1 ~ Q6 の動作を停止する停止信号を出力する。

40

【0059】

整流器 21 - 1 ~ 21 - 3、ピーク検出器 22 - 1 ~ 22 - 3、実効値計算器 23 - 1 ~ 23 - 3 は、連続時間で動作するアナログ回路として構成されてもよい。また、波高率計算器 24 - 1 ~ 24 - 3、しきい値計算器 25 - 1 ~ 25 - 3、比較器 26 - 1 ~ 26 - 3、及び論理和演算器 27 は、離散時間で動作するデジタル回路として構成されてもよい。

【0060】

50

[ 動作例 ]

図 4 は、図 2 の DC / DC コンバータ装置 5 の電流センサ CS 1 ~ CS 3 によって検出される U 相電流、V 相電流、及び W 相電流の例示的な波形を示すグラフである。

【 0 0 6 1 】

前述のように、複数の LLC 共振コンバータ 1 1 ~ 1 3 のトランス T 1 ~ T 3、インダクタ L r 1 ~ L r 3、及びキャパシタ C r 1 ~ C r 3 などは、それらの設計値から互いに異なるバラツキを有する可能性がある。これらのバラツキに起因して、各相の電流のピーク値、実効値、波形などが不均一になる。図 4 は、U 相電流、V 相電流、及び W 相電流が互いに異なるピーク値及び波形を有する場合を示す。

【 0 0 6 2 】

例えば、本発明者らが行ったシミュレーションでは、同じピーク値及び同じ波形を有する U 相電流、V 相電流、及び W 相電流を発生しようとしても、部品のバラツキに起因して、以下のように異なるピーク値、実効値、及び波高率を有する電流が発生された。

【 0 0 6 3 】

	ピーク値	実効値	波高率
U 相	7 . 6 3 8 3 3	5 . 4 1 7 7 9	1 . 4 0 9 8 6 0 8 4 7
V 相	9 . 2 8 4 2 7	5 . 8 3 7 9 1	1 . 5 9 0 3 4 1 4 0 6
W 相	7 . 5 3 0 5 6	4 . 8 5 2 5 1	1 . 5 5 1 8 8 9 6 4 1

10

20

【 0 0 6 4 】

通常、複数の回路が同じ回路構成を有し、同じタイプの部品からなる場合、これらの回路は同じ特性を有する。従って、DC / DC コンバータ装置 5 が複数の LLC 共振コンバータ 1 1 ~ 1 3 を備える場合、各 LLC 共振コンバータ 1 1 ~ 1 3 には共通の過電流しきい値が設定されることが自然である。しかしながら、各 LLC 共振コンバータ 1 1 ~ 1 3 の部品のバラツキに起因して、各 LLC 共振コンバータ 1 1 ~ 1 3 の特性は互いに異なる。従って、各 LLC 共振コンバータ 1 1 ~ 1 3 に共通の過電流しきい値を設定すると、過電流しきい値は、ある LLC 共振コンバータに流れることが許容される電流の最大値（例えば、定格電流の 1 6 0 %）よりも低くなる可能性がある。この場合、この LLC 共振コンバータに流れる電流が許容される最大値に到達する前に、DC / DC コンバータ装置 5 を不必要に停止してしまうおそれがある。

30

【 0 0 6 5 】

実施形態に係る過電流保護装置 1 5 は、以下に説明するように、各 LLC 共振コンバータ 1 1 ~ 1 3 に不均一な電流が流れる場合であっても、各 LLC 共振コンバータ 1 1 ~ 1 3 に流れる電流が許容される最大値に到達する前に DC / DC コンバータ装置 5 の動作を不必要に停止しにくくすることができる。

【 0 0 6 6 】

(ステップ S 1) 過電流保護装置 1 5 には、前述のように、基準電流値、波高率の初期値、過電流しきい値の上限値 T h 1 及び下限値 T h 2 が予め設定される。例えば、基準電流値を 1 0 A に設定し、波高率の初期値を 2 に設定し、過電流しきい値の上限値 T h 1 を 1 3 A に設定し、過電流しきい値の下限値 T h 2 を 7 A に設定してもよい。

40

【 0 0 6 7 】

(ステップ S 2) 過電流保護装置 1 5 は、U 相電流、V 相電流、及び W 相電流のある周期（第 n 周期）において、U 相電流、V 相電流、及び W 相電流のそれぞれについて、現在のピーク値を検出し、現在の実効値を計算し、現在の波高率を計算する。

【 0 0 6 8 】

(ステップ S 3) 過電流保護装置 1 5 は、U 相電流、V 相電流、及び W 相電流のそれぞれについて、ステップ S 2 において計算された現在の波高率と、ステップ S 1 において設定された基準電流値との積を、次の周期（第 n + 1 周期）のための過電流しきい値 T h U

50

、 $T_h V$ 、及び $T_h W$ として計算して更新する。計算された過電流しきい値 $T_h U$ 、 $T_h V$ 、及び $T_h W$ がステップ $S_1$ において設定した上限値 $T_h 1$ を越える場合には、過電流しきい値を上限値 $T_h 1$ に設定する。また、計算された過電流しきい値 $T_h U$ 、 $T_h V$ 、及び $T_h W$ がステップ $S_1$ において設定した下限値 $T_h 2$ より小さくなる場合には、過電流しきい値を下限値 $T_h 2$ に設定する。

【0069】

(ステップ $S_4$ )過電流保護装置15は、次の周期(第 $n+1$ 周期)において、U相電流、V相電流、及びW相電流のうち少なくとも1つが、ステップ $S_3$ において計算された対応する過電流しきい値 $T_h U$ 、 $T_h V$ 、及び $T_h W$ を超えたとき、各LLC共振コンバータ11~13のスイッチング素子 $Q_1 \sim Q_6$ の動作を停止する停止信号を出力する。10  
そうでなければ、過電流保護装置15は、ステップ $S_2$ に戻り、処理を繰り返す。

【0070】

過電流保護装置15は、図4に示すように、過電流しきい値 $T_h U$ 、 $T_h V$ 、及び $T_h W$ を、LLC共振コンバータ11~13ごとに個別に、かつ、動的に設定することができる。これにより、過電流保護装置15は、各LLC共振コンバータ11~13に不均一な電流が流れる場合であっても、各LLC共振コンバータ11~13に流れる電流が許容される最大値に到達する前にDC/DCコンバータ装置5の動作を不必要に停止しにくくすることができる。

【0071】

[変形例]

以上、本開示の実施形態を詳細に説明してきたが、前述までの説明はあらゆる点において本開示の例示に過ぎない。本開示の範囲を逸脱することなく種々の改良や変形を行うことができることは言うまでもない。例えば、以下のような変更が可能である。なお、以下では、上記実施形態と同様の構成要素に関しては同様の符号を用い、上記実施形態と同様の点については、適宜説明を省略した。以下の変形例は適宜組み合わせ可能である。20

【0072】

図5は、実施形態の変形例に係るDC/DCコンバータ装置5Aの構成例を模式的に示す回路図である図5のDC/DCコンバータ装置5Aは、図2のLLC共振コンバータ11~13に代えて、LLC共振コンバータ11A~13Aを備える。

【0073】

LLC共振コンバータ11Aは、図2のトランス $T_1$ 及びその漏れインダクタンス $L_{m1}$ に代えて、トランス $T_{11}$ 及びインダクタ $L_{m11}$ を備え、図2のダイオード $D_1$ 、 $D_2$ に代えて、ダイオード $D_{11} \sim D_{14}$ を備える。また、LLC共振コンバータ12Aは、図2のトランス $T_2$ 及びその漏れインダクタンス $L_{m2}$ に代えて、トランス $T_{12}$ 及びインダクタ $L_{m12}$ を備え、図2のダイオード $D_3$ 、 $D_4$ に代えて、ダイオード $D_{15} \sim D_{18}$ を備える。また、LLC共振コンバータ13Aは、図2のトランス $T_3$ 及びその漏れインダクタンス $L_{m3}$ に代えて、トランス $T_{13}$ 及びインダクタ $L_{m13}$ を備え、図2のダイオード $D_5$ 、 $D_6$ に代えて、ダイオード $D_{19} \sim D_{22}$ を備える。30

【0074】

LLC共振コンバータ11A~13AのLLC共振回路は、トランス $T_1 \sim T_3$ の漏れインダクタンス $L_{m1} \sim L_{m3}$ に代えて、ディスクリート素子であるインダクタ $L_{m11} \sim L_{m13}$ をそれぞれ含んでもよい。40

【0075】

また、図5の例では、図2の中性点 $N_0$ に対応するノードは、各トランス $T_{11} \sim T_{13}$ の一次側回路の負極(又は接地導体)に接続される。

【0076】

また、トランス $T_{11}$ は、一次巻線 $w_1$ 及び二次巻線 $w_{11}$ を有する。二次巻線 $w_{11}$ は、ダイオード $D_{11} \sim D_{14}$ からなるフルブリッジの整流回路を介してDC/DCコンバータ装置5の出力端子に接続される。また、トランス $T_{12}$ は、一次巻線 $w_4$ 及び二次巻線 $w_{12}$ を有する。二次巻線 $w_{12}$ は、ダイオード $D_{15} \sim D_{18}$ からなるフルブリッ 50

ジの整流回路を介してDC/DCコンバータ装置5の出力端子に接続される。また、トランスT13は、一次巻線w7及び二次巻線w13を有する。二次巻線w13は、ダイオードD19～D22からなるフルブリッジの整流回路を介してDC/DCコンバータ装置5の出力端子に接続される。

【0077】

図5に示す構成の一部のみが図2のDC/DCコンバータ装置5に適用されてもよい。例えば、図2のLLC共振コンバータ11～13は、図5のインダクタLm11～Lm13をそれぞれ備えてもよい。また、図2の中性点N0は、各トランスT1～T3の一次側回路の負極（又は接地導体）に接続されてもよい。図2のLLC共振コンバータ11～13は、トランスT1～T3及びダイオードD1～D6に代えて、図5のトランスT11～T13及びダイオードD11～D22を備えてもよい。これにより、DC/DCコンバータ装置の設計上の自由度を向上することができる。

10

【0078】

各LLC共振コンバータ11～13, 11A～13Aは、2つのスイッチング素子を含むハーフブリッジ型インバータに代えて、4つのスイッチング素子を含むフルブリッジ型インバータを備えてもよく、少なくとも1つのスイッチング素子を含む他のインバータを備えてもよい。

【0079】

DC/DCコンバータ装置5は、2つ又は4つ以上のLLC共振コンバータを備え、これにより、三相に限らず、二相又は四相以上の交流電力を発生するように構成されてもよい。

20

【0080】

電力システムは、交流の交流電源装置1及び整流器3に代えて、直流の電源装置を備えてもよい。また、電力システムは、直流の負荷装置6に代えて、インバータ及び交流の負荷装置を備えてもよい。実施形態に係る過電流保護装置はこれらの場合にも適用可能である。

【0081】

[効果]

各LLC共振コンバータ11～13の部品のバラツキに起因して発生する各相の電流のピーク値、実効値、波形などの不平衡を解析による予測することは困難である。一方、実施形態に係る過電流保護装置15は、各LLC共振コンバータ11～13に不均一な電流が流れる場合であっても、過電流しきい値を、現在の波高率に基づいて、LLC共振コンバータ11～13ごとに個別に、かつ、動的に設定することができる。

30

【0082】

このように、実施形態に係る過電流保護装置15は、各LLC共振コンバータ11～13に不均一な電流が流れる場合であっても、各LLC共振コンバータ11～13に流れる電流が許容される最大値に到達する前にDC/DCコンバータ装置5の動作を不必要に停止しにくくすることができる。

【0083】

実施形態に係るDC/DCコンバータ装置5は、複数のLLC共振コンバータ11～13を備えたことにより、DC/DCコンバータ装置5の筐体において熱源を分散することができる。従って、例えば、空冷ファンをもたない大電力かつ高電力密度のDC/DCコンバータ装置を提供することができる。

40

【0084】

[まとめ]

本開示の各側面に係る過電流保護装置、DC/DCコンバータ装置、及び電力システムは、以下のように表現されてもよい。

【0085】

本開示の一側面に係る過電流保護装置15は、複数のLLC共振コンバータ11～13を含むDC/DCコンバータ装置5のための過電流保護装置15であって、複数のLLC

50

共振コンバータ 11 ~ 13 のそれぞれは、少なくとも 1 つのスイッチング素子 Q1 ~ Q6、トランス T1 ~ T3、及びキャパシタ Cr1 ~ Cr3 を備える。複数の LLC 共振コンバータ 11 ~ 13 は互いに異なる位相で動作する。過電流保護装置 15 は、複数の電流センサ CS1 ~ CS3 を用いて、各 LLC 共振コンバータ 11 ~ 13 のトランス T1 ~ T3 の一次側回路に流れる電流をそれぞれ測定する。過電流保護装置 15 は、測定された電流に基づいて、各 LLC 共振コンバータ 11 ~ 13 の過電流しきい値をそれぞれ設定する。過電流保護装置 15 は、複数の LLC 共振コンバータ 11 ~ 13 のうちのいずれかについて、測定された電流が過電流しきい値を超えたとき、各 LLC 共振コンバータ 11 ~ 13 のスイッチング素子 Q1 ~ Q6 の動作を停止する停止信号を出力する。

【0086】

本開示の一側面に係る過電流保護装置 15 は、複数の LLC 共振コンバータ 11 ~ 13 に共通の基準電流値を設定する。過電流保護装置 15 は、測定された電流に基づいて、各 LLC 共振コンバータ 11 ~ 13 の現在の波高率をそれぞれ計算する。過電流保護装置 15 は、各 LLC 共振コンバータ 11 ~ 13 の現在の波高率と基準電流値との積を、各 LLC 共振コンバータ 11 ~ 13 の過電流しきい値としてそれぞれ設定する。

【0087】

本開示の一側面に係る DC / DC コンバータ装置 5 は、少なくとも 1 つのスイッチング素子 Q1 ~ Q6、トランス T1 ~ T3、及びキャパシタ Cr1 ~ Cr3 をそれぞれ備え、互いに異なる位相で動作する複数の LLC 共振コンバータ 11 ~ 13 と、各 LLC 共振コンバータ 11 ~ 13 のトランス T1 ~ T3 の一次側回路に流れる電流をそれぞれ測定する複数の電流センサ CS1 ~ CS3 と、請求項 1 又は 2 記載の過電流保護装置 15 とを備える。

【0088】

本開示の一側面に係る電力システムは、第 1 の直流電圧を供給する電源装置と、第 1 の直流電圧を第 2 の直流電圧に変換する、請求項 3 記載の DC / DC コンバータ装置 5 と、第 2 の直流電圧により動作する負荷装置 6 とを含む。

【産業上の利用可能性】

【0089】

本開示の一側面に係る過電流保護装置は、例えば、交流電力が入力されて 2 kW 程度の大きさの直流電力を出力する電源システムとして動作する電力システムに適用可能である。

【0090】

本開示の一側面に係る過電流保護装置は、例えば、実施形態に係る DC / DC コンバータ装置 5 とは異なる理由で電流の不均衡が生じる、複数のインバータを含む電力変換装置にも適用可能である。

【符号の説明】

【0091】

- 1 交流電源装置
- 2 ノイズフィルタ装置
- 3 整流器
- 4 力率調整器
- 5, 5A DC / DC コンバータ装置
- 6 負荷装置
- 11 ~ 13, 11A ~ 13A LLC 共振コンバータ
- 14 駆動装置
- 15 過電流保護装置
- 20 - 1 ~ 20 - 3 過電流検出回路
- 21 - 1 ~ 21 - 3 整流器
- 22 - 1 ~ 22 - 3 ピーク検出器
- 23 - 1 ~ 23 - 3 実効値計算器
- 24 - 1 ~ 24 - 3 波高率計算器

10

20

30

40

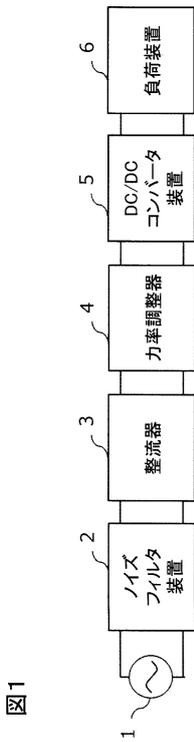
50

- 25 - 1 ~ 25 - 3 しきい値計算器
- 26 - 1 ~ 26 - 3 比較器
- 27 論理和演算器
- C0, Cr1 ~ Cr3 キャパシタ
- CS1 ~ CS3 電流センサ
- D1 ~ D6, D11 ~ D22 ダイオード
- Lm1 ~ Lm3 漏れインダクタンス
- Lr1 ~ Lr3, Lm11 ~ Lm13 インダクタ
- N0 中性点
- Q1 ~ Q6 スwitching素子
- T1 ~ T3, T11 ~ T13 トランス
- w1 ~ w9, w11 ~ w13 巻線

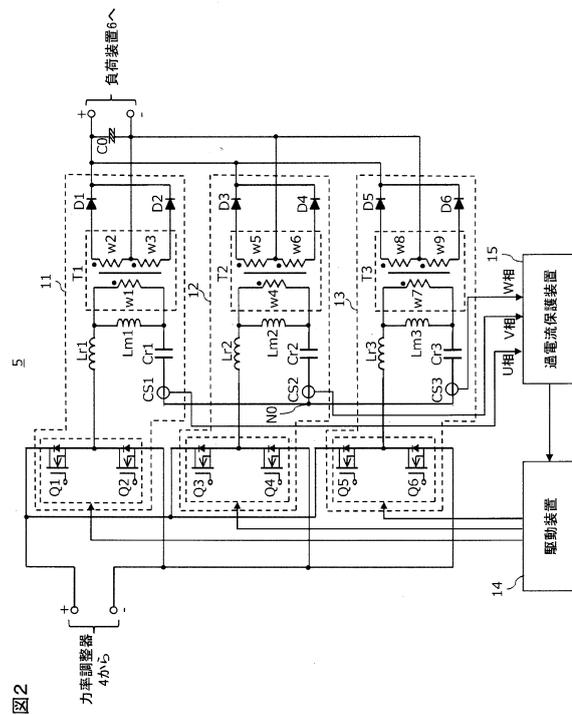
10

【図面】

【図1】



【図2】



20

30

40

50

【図3】

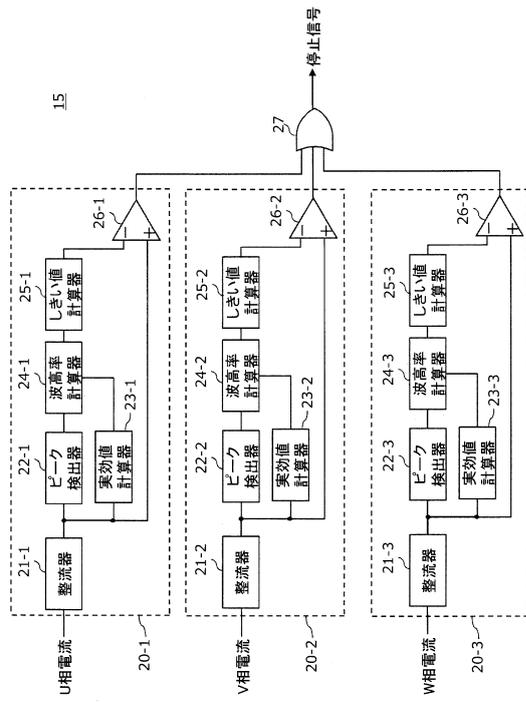


図3

【図4】

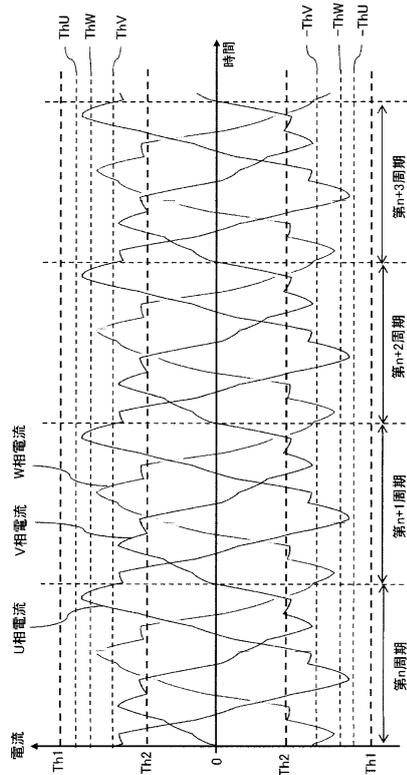


図4

【図5】

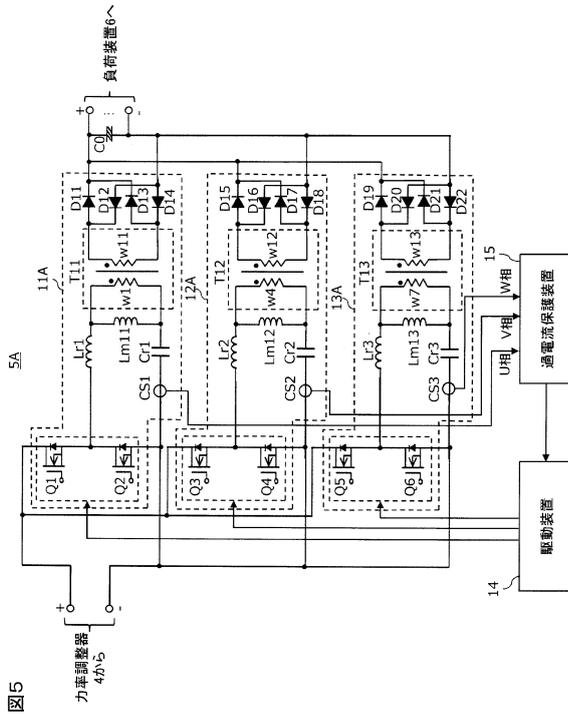


図5

10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

不動堂町 8 0 1 番地 オムロン株式会社内

審査官 麻生 哲朗

(56)参考文献 特開 2 0 1 6 - 0 0 1 9 8 0 ( J P , A )

特開 2 0 0 6 - 2 7 1 0 6 9 ( J P , A )

特開 2 0 0 3 - 2 8 4 3 3 3 ( J P , A )

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

H 0 2 M 3 / 2 8