

明 細 書

発明の名称： 電力供給装置、クレーン、及び電力供給方法

技術分野

[0001] 本発明は、例えば、箱型形状のコンテナ（吊荷）が多数設置される港湾のコンテナヤードにてコンテナを搬送するクレーンの電力供給装置、クレーン、及び電力供給方法に関するものである。

背景技術

[0002] 港湾等のコンテナヤードでは、船舶へ積み込む前のコンテナや、船舶から積み下ろされたコンテナが多数設置されている。これらコンテナは、上方へ複数積み上げられた段積みコンテナとされ、各段積みコンテナが所定配列に従ってレーンごとに並べられている。各レーンには、レーンを跨ぐように、RTG（Rubber Tired Gantry crane）等の自走式の門型クレーンが配置されている。この門型クレーンによって、レーン内を走行するトレーラやAGV（Automatic Guided Vehicle）とのコンテナの受け渡しが行われ、また、レーン内のコンテナの設置等が行われる。

[0003] このようなRTG等のクレーンは、従来、クレーンに搭載されたエンジン発電機にて発電し、クレーンの走行モータや荷役モータに電力を供給している。また、近年の環境負荷低減の要請から、エンジン発電機に加えてバッテリーを搭載したハイブリッド電源方式が実用化されつつある。さらに、環境負荷の低減を進める方式として、エンジン発電機を廃し、地上に設けた給電源から給電ケーブルおよびケーブルリールを介してクレーンに電力を供給するケーブルリール式地上給電方式がある。

[0004] 特許文献1には、商用電源と蓄電装置とからの給電によって駆動するクレーンが記載されている。

特許文献1に記載されているクレーンは、蓄電装置の蓄電量が第1閾値を上回っている場合、高圧領域及び低圧領域共に、蓄電装置単体でモータを駆

動させ、蓄電装置の蓄電量が第1閾値を下回っている場合は、蓄電装置からの電力と商用電源からの電力の併用によってモータを駆動させ、蓄電装置の蓄電量が第1閾値よりも低い第2閾値を下回っている場合は、商用電源からの電力のみによってモータを駆動させる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2007-166775号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ここで、RTG等のクレーンは、吊荷の巻き上げに要する電力が例えば150kW（過負荷耐量180%時最大270kW）、トロリの横行走行に要する電力が例えば22kW（過負荷耐量200%時最大44kW）、その他ベースロードが最大の場合に要する電力が例えば35kW程度の負荷に対する電力を必要とするため、合計最大350kW程度の電力を必要とする。

[0007] 一方、吊荷を巻き下げる場合、クレーンは、発電機の振る舞いをし、商用電源へ電力を回生する。

[0008] このように、クレーンによる電力の消費と発電とを平均すると数十kW程度となることから、クレーンによっては、負荷変動が大きくなる場合もある。

[0009] しかし、特許文献1に記載のクレーンは、蓄電装置で補えない電力が商用電源から供給されるので、商用電源から供給される電力は場面に応じて変動する。このため、RTG等に適用する場合は、高圧電力（例えば、AC6600V）となることを想定して、商用電源からの給電のための電源設備等を構成しなければならない。そして、クレーンの電力変動が大きい場合は、さらに過剰な電源設備を必要とする。

[0010] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、商用電源からクレーンへ供給する電力を低電力とし低圧送電を可能にすることができる、

電力供給装置、クレーン、及び電力供給方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0011] 上記課題を解決するために、本発明の電力供給装置、クレーン、及び電力供給方法は以下の手段を採用する。
- [0012] すなわち、本発明の第1の態様に係る電力供給装置は、充放電可能であり、クレーンの電力負荷に電力を供給するための蓄電池と、商用電源から予め定められた電力の供給を受ける受電手段と、前記電力負荷が消費する電力と前記商用電源から供給される電力との電力差を算出する算出手段と、前記算出手段によって算出された電力差に応じた電力を前記蓄電池から充放電させる制御手段と、を備える。
- [0013] 本発明の第1の態様によれば、本発明の第1の態様に係る電力供給装置は、充放電可能であり、クレーンの電力負荷に電力を供給するための蓄電池と、商用電源から予め定められた電力の供給を受ける受電手段と、を備える。
- すなわち、クレーンは、クレーンに備えられた蓄電池から放電される電力と商用電源から供給される電力とで電力負荷を駆動させる。電力負荷とは、クレーンを移動させる車輪を回転させるためのモータや補機等である。
- [0014] そして、算出手段によって、電力負荷が消費する電力と商用電源から供給される電力との電力差が算出され、制御手段によって、算出手段で算出された電力差に応じた電力が蓄電池から充放電される。
- [0015] このため、本発明の第1の態様に係る電力供給装置は、商用電源から供給される予め定められた電力を低くしても（例えば45kW）、蓄電池から放電される電力が商用電源から供給される電力を補うこととなる。従って、本発明の第1の態様に係る電力供給装置は、商用電源からクレーンへ供給する電力を低電力とし低圧送電を可能にすることができる。
- [0016] また、本発明の第2の態様に係る電力供給装置は、発電機を備えたクレーン又は既設の発電機を廃したクレーンの電力負荷に交流電力を供給する電力供給装置であって、充放電可能であり、前記電力負荷に電力を供給するための蓄電池と、商用電源から予め定められた電力の供給を受ける受電手段と、

前記電力負荷が消費する電力と前記商用電源から供給される電力との電力差を算出する算出手段と、前記算出手段によって算出された電力差に応じた電力を前記蓄電池から充放電させる制御手段と、前記電力負荷への給電路へ前記蓄電池及び前記受電手段からの直流電力を交流電力に変換し供給する供給手段と、を備える。

[0017] 本発明の第2の態様によれば、本発明の第2の態様に係る電力供給装置は、発電機を備えたクレーン又は既設の発電機を廃したクレーンの電力負荷に交流電力を供給するためのものであり、充放電可能であり、電力負荷に電力を供給するための蓄電池と、商用電源から予め定められた電力の供給を受ける受電手段と、クレーンの電力負荷への給電路へ蓄電池及び受電手段からの直流電力を交流電力に変換し供給する供給手段と、を備える。

そして、算出手段によって、電力負荷が消費する電力と商用電源から供給される電力との電力差が算出され、制御手段によって、算出手段で算出された電力差に応じた電力が蓄電池から充放電される。

[0018] すなわち、本発明の第2の態様に係る電力供給装置は、発電機によって電力負荷へ電力を供給していた既存のクレーンの電力負荷への給電路へ接続されることによって、該既存のクレーンの電力負荷を、蓄電池と商用電源から供給される電力によって駆動させることができる。

[0019] そして、本発明の第2の態様に係る電力供給装置は、商用電源から供給される予め定められた電力を低くしても（例えば45kW）、蓄電池から放電される電力が商用電源から供給される電力を補うこととなる。従って、本発明の第2の態様に係る電力供給装置は、商用電源からクレーンへ供給する電力を低電力とし低圧送電を可能にすることができる。

[0020] また、本発明の上記のいずれかに記載の電力供給装置は、前記クレーンが、他のレーンへ移動可能とされ、前記制御手段は、前記クレーンがレーン間を移動する場合、前記商用電源から供給される電力はないものとして前記蓄電池を充放電させる。

[0021] これにより、クレーンがレーン間を移動する場合、商用電源から供給され

る電力はないものとして蓄電池を充放電させるので、クレーンを他のレーンへ移動させるために商用電源から電力を供給されない状態となっても、クレーンを他のレーンへ移動させることができる。蓄電池は、クレーンのレーン間の移動によって消費される電力を賄える電力容量を有するものが予め選択される。

[0022] また、本発明の上記のいずれかに記載の電力供給装置は、前記商用電源から供給される電力が、前記予め定められた電力以下で可変とされる構成としてもよい。

[0023] 上記構成によれば、商用電源から供給される電力が、予め定められた電力以下で可変とされるので、電力負荷で消費される電力が少ない場合等に、商用電源から供給される電力をより低くすることができる。

[0024] また、上記構成の電力供給装置は、前記制御手段が、前記蓄電池の充電状態の履歴に基づいて、前記商用電源から供給される電力を変化させる。

[0025] これにより、蓄電池の充電状態の履歴に基づいて、商用電源から供給される電力を変化させるので、蓄電池の充電量が高い場合に、商用電源から供給される電力をより低くすることができる。

[0026] また、上記構成における電力供給装置は、前記制御手段が、前記電力負荷へ供給する電力の履歴に基づいて、前記商用電源から供給される電力を変化させる。

[0027] これにより、電力負荷へ供給する電力の履歴に基づいて、商用電源から供給される電力を変化させるので、電力負荷で消費される電力が少ない場合に、商用電源から供給される電力をより低くすることができる。

[0028] また、本発明の上記のいずれかに記載の電力供給装置は、前記クレーンが、吊荷を巻き上げる巻き動作における加速度を変化させることで、電力負荷で消費される電力を抑制する巻き動作を行い、前記蓄電池の電力容量は、前記巻き動作によって抑制された電力に基づく。

[0029] クレーンの巻き動作の加速度に応じて消費電力が過大となる場合があるため、巻き動作の加速度を変化させることで、過大な消費電力の発生を抑制さ

せる。これにより、本発明は、蓄電池の電力容量を巻き動作によって抑制された電力に基づいて決定することができるので、より電力容量が低い蓄電池を用いることができる。

[0030] 一方、本発明の第3の態様に係るクレーンは、上記のいずれかに記載の電力供給装置と、前記電力供給装置から供給される電力によって駆動する電力負荷と、を備える。

[0031] 本発明の第3の態様によれば、上記記載の電力供給装置を備えるので、商用電源から供給される予め定められた電力を低くしても（例えば45kW）、蓄電池から放電される電力が商用電源から供給される電力を補うこととなる。従って、本発明の第3の態様に係るクレーンは、商用電源からクレーンへ供給する電力を低電力とし低圧送電を可能にすることができる。

[0032] さらに、本発明の第4の態様に係る電力供給方法は、充放電可能であり、電力負荷に電力を供給するための蓄電池と、商用電源から予め定められた電力の供給を受ける受電手段と、を備えたクレーンの前記電力負荷に電力を供給する電力供給方法であって、前記電力負荷が消費する電力と前記商用電源から供給される電力との電力差を算出する第1工程と、前記第1工程によって算出された電力差に応じた電力を前記蓄電池から充放電させる第2工程と、を含む。

[0033] 本発明の第4の態様によれば、本発明の第4の態様に係る電力供給方法は、商用電源から供給される予め定められた電力を低くしても（例えば45kW）、蓄電池から放電される電力が商用電源から供給される電力を補うこととなる。従って、本発明の第4の態様に係る電力供給方法は、商用電源からクレーンへ供給する電力を低電力とし低圧送電を可能にすることができる。

[0034] また、本発明の第5の態様に係る電力供給方法は、充放電可能であり、クレーンの電力負荷に電力を供給するための蓄電池と、商用電源から予め定められた電力の供給を受ける受電手段と、前記電力負荷への給電路へ前記蓄電池及び前記受電手段からの直流電力を交流電力に変換し供給する供給手段と、を備え、発電機を備えたクレーン又は既設の発電機を廃したクレーンの前

記電力負荷に交流電力を供給するための電力供給装置の電力供給方法であって、前記電力負荷が消費する電力と前記商用電源から供給される電力との電力差を算出する第1工程と、前記第1工程によって算出された電力差に応じた電力を前記蓄電池から充放電させる第2工程と、を含む。

[0035] 本発明の第5の態様によれば、発電機によって電力負荷へ電力を供給していた既存のクレーンの給電路へ本発明の上記のいずれかに記載の電力供給装置を接続することによって、該既存のクレーンは、蓄電池と商用電源から供給される電力によって、電力負荷を駆動させることができる。

そして、本発明の第5の態様に係る電力供給方法は、商用電源から供給される予め定められた電力を低くしても（例えば45kW）、蓄電池から放電される電力が商用電源から供給される電力を補うこととなる。従って、本発明の第5の態様に係る電力供給方法は、商用電源からクレーンへ供給する電力を低電力とし低圧送電を可能にすることができる。

発明の効果

[0036] 本発明によれば、商用電源からクレーンへ供給する電力を低電力とし低圧送電を可能にすることができる、という優れた効果を有する。

図面の簡単な説明

[0037] [図1]本発明の第1実施形態に係るクレーンを示した斜視図である。

[図2]本発明の第1実施形態に係るクレーンの電氣的構成の概略図である。

[図3]本発明の第1実施形態に係る電力供給装置の詳細な構成を示すブロック図である。

[図4]本発明の第1実施形態に係るクレーンの電力負荷で消費される電力の時間変化を示すグラフである。

[図5]本発明の第3実施形態に係る巻き動作の巻き速度及び消費電力の変化を示すグラフである。

[図6]本発明の第4実施形態に係るクレーンの電氣的構成の概略図である。

発明を実施するための形態

[0038] 以下に、本発明に係る電力供給装置、クレーン、クレーンの電力供給方法

の一実施形態について、図面を参照して説明する。

[0039] 〔第 1 実施形態〕

以下、本発明の第 1 実施形態について説明する。

[0040] 図 1 は、本第 1 実施形態にかかるクレーン 1 を示している。

図 1 には、レーン R の走行方向 X に設置されたクレーン 1 が示されている。クレーン 1 は、地上に設置された給電ボックス 3 1 から供給された電力によって動作する地上給電方式の電動クレーンとされており、エンジン発電機を備えていない。クレーン 1 は、クレーン用給電ケーブルリール装置（以下、単に「ケーブルリール装置」という。）2 を備えている。

[0041] クレーン 1 は、いわゆる RTG (Rubber Tired Gantry crane) とされ、複数の車輪（ゴムタイヤ）3 によって自走する門型のクレーンとされている。クレーン 1 は、複数のコンテナ（以下、「吊荷」という。）が上方に段積みされた段積み吊荷が所定配列をもって設置されたレーン R を跨ぐように配置され、レーン R の長手方向（走行方向 X）に走行する。

[0042] クレーン 1 は、各脚部 1 1 に 4 つの走行装置 5 を備えており、各走行装置 5 に 4 つの車輪 3 が設けられている。走行装置 5 は、走行制御装置 7 によって、その駆動が制御されるようになっている。走行装置 5 には、オートステアセンサ 6 が設けられている。このオートステアセンサ 6 は、レーン R の長手方向に敷設された磁気ガイドライン 1 5 からの磁気を検出するようになっている。これにより、クレーン 1 を走行方向 X に自動で直進運転できるようになっている。

[0043] 左右方向である走行方向 X に隣り合う走行装置 5 は、下梁 9 によって連結されており、この下梁 9 上に走行制御装置 7 が設置されている。ここで、左右とはクレーン 1 の走行方向を意味し、前後とはトロリ 2 0 の移動方向（横行方向 Y）を意味する。これは、トロリ 2 0 に設置された運転室 2 2 内のオペレータの姿勢を基準として定められたものである。

[0044] 下梁 9 の中央には、下方に向けた状態のベイセンサ 8 が設けられている。

このベイセンサ 8 は、設置された吊荷の左右方向の単位であるベイ毎に敷設された磁石 16 からの磁気を検出するようになっている。これにより、クレーン 1 を目標のベイに停止させることができる。

下梁 9 の両端には、上方に立設する柱 10 がそれぞれ設けられている。各柱 10 の上端は、もう一方の下梁 9 から立設された柱 10 の上端とガーダ 12 によって連結されている。

[0045] ガーダ 12 は左右方向に 2 本並列に設けられており、これらガーダ 12 上をトロリ 20 が前後方向（横行方向 Y）に移動する。トロリ 20 には運転室 22 が設けられており、この運転室 22 内にオペレータが待機し、クレーン 1 の操作を行う。

[0046] トロリ 20 からはスプレッダ（吊具）24 が吊り下げられており、このスプレッダ 24 によって吊荷が把持された状態で吊り下げられるようになっている。具体的には、スプレッダ 24 の四隅に、先端に拡大頭部を有するツイストロックピン（図示せず）が下方に突出した状態で設けられており、各ツイストロックピンの拡大頭部が吊荷の上面四隅に設けられた穴に挿入された状態で回転させられることによって係合するようになっている。このようにスプレッダ 24 によって吊り下げられることにより、吊荷はトロリ 20 の移動に応じて各位置に移動させられる。

[0047] クレーン 1 は、後述するバッテリー 42（蓄電池）及び充放電装置 48 を含む電力供給装置 40（図 2，3 参照）を備えている。バッテリー 42 は、地上に固定設置された給電ボックス 31 から給電ケーブル 33 及びケーブルリール 35 を介して供給された電力を貯蔵する。給電ボックス 31 からは、例えば AC 460V といった低電圧の電力が供給されるようになっている。

[0048] 給電ケーブル 33 は、AC 460V といった低電圧仕様とされているので、従来の AC 6600V 級の高電圧仕様の給電ケーブルに比べて小径とされている。これに伴い、ケーブルリール 35 は、従来のケーブルリールに比べて小径となり小型化されている。このように小型化されたケーブルリール 35 は、クレーン 1 の走行方向 X 側に張り出すように設置されている。

[0049] ケーブルリール 35 を備えたケーブルリール装置 2 は、クレーン 1 に対して着脱可能とされている。また、図 1 に示されているように、1 つのクレーン 1 に対して複数設けることもできる。そして、給電ボックス 31 の位置に応じて、ケーブルリール装置 2 の位置が変更できるようになっている。

[0050] 図 2 は、本第 1 実施形態に係るクレーン 1 の電氣的構成の概略図である。

[0051] クレーン 1 は、電力負荷に電力を供給（給電）する電力供給装置であって、商用電源から予め定められた電力の供給を受け、電力負荷に電力を供給する PWM コンバータ 41、及び充放電可能であり、電力負荷に電力を供給するためのバッテリー 42 を含む上述した電力供給装置 40 を備えている。

[0052] 電力供給装置 40 は、地上電源設備である給電ボックス 31 から交流電力が給電され、PWM コンバータ 41 によって交流電力を直流電力に変換し、電力負荷に接続されている負荷駆動インバータ 43A～43F へ給電する。

給電ボックス 31 は、高圧受電盤 44 によって商用電源から受電し、受電した交流電力を変圧器 45 によって所定の大きさの交流電力に変換（例えば、6600V を 460V に変換）し、電力供給装置 40 へ給電する。

[0053] PWM コンバータ 41 は、給電ボックス 31 に接続された給電ケーブル 33 に給電コネクタ 46 及びケーブルリール 47 を介して接続されており、給電ボックス 31 から給電された交流電力を直流電力に変換する。

[0054] また、電力供給装置 40 は、充放電装置（DC/DC コンバータ）48 を備え、バッテリー 42 から所定の大きさの直流電力を充放電可能とし、電力負荷に接続されている負荷駆動インバータ 43A～43F へ給電する。

[0055] クレーン 1 は、電力負荷として、トロリ 20 を横行させる横行用のモータ 49A、車輪 3 を回転させるモータ 49B～49E 及び旋回用のモータ 49F、吊荷を巻き上げるための巻き上げ用モータ 49G、並びに補機 50 を備えている。

巻き上げた吊荷を下げる場合、巻き上げ用モータ 49G は、発電機として機能し、発電する。

[0056] 以下の説明において、各モータ 49 を区別する場合は、符号の末尾に A～

Gの何れかを付し、各モータ49を区別しない場合は、A～Gを省略する。
また、各負荷駆動用インバータを区別する場合は、符号の末尾にA～Fの何れかを付し、各負荷駆動インバータ43を区別しない場合は、A～Fを省略する。

[0057] そして、各モータ49及び補機50は、各々対応する負荷駆動インバータ43によって電力供給装置40からの直流電力が交流電力へ変換され、給電される。

[0058] また、電力負荷で消費されなかった電力は、抵抗器51によって消費される。

[0059] 図3は、電力供給装置40の詳細な構成を示すブロック図である。

[0060] 電力供給装置40は、PWMコンバータ41、バッテリー42、及び充放電装置48と共に、充放電制御装置53を備える。

[0061] 充放電装置48は、充放電制御装置53から出力される充放電電力指令値 P_T に基づいて、バッテリー42の充放電を制御すると共に、バッテリー42の充放電電力フィードバック値 P_B を充放電制御装置53へ出力する。

[0062] 充放電制御装置53は、電力負荷が消費する電力と商用電源から供給される電力との電力差を算出する。

例えば、充放電制御装置53には、PWMコンバータ41から入力電力を示す値（入力電力フィードバック値 P_I ）が入力され、各負荷駆動インバータ43から電力負荷で消費される電力を示す値（負荷消費電力フィードバック値 P_L ）が入力される。負荷消費電力 P_L は、負荷駆動インバータ43からの電圧 V 及び電流 I の積の総和（kW）から算出され、外乱要素である負荷変動を示している。

[0063] 入力電力目標値 $P_{I\ target}$ は、予め定められた値、すなわち固定値とされる。

[0064] 図4は、電力負荷で消費される電力の時間変化を示すグラフである。

図4は、横軸が時間変化、縦軸が電力とされており、電力負荷で消費される消費電力の時間変化を示している。電力が正の場合は、電力負荷が電力を

消費している場合である一方、電力が負の場合は、クレーン 1 が吊荷の巻き下げを行っている場合であり、巻き上げ用モータ 49 G が電力を発生させている場合である。

[0065] そして、直線 A が消費電力の平均値を示しており、本第 1 実施形態では、一例として、入力電力目標値 $P_{I\ target}$ を上記平均値（例えば 45 kW）とする。

[0066] そして、（１）式に示すように、入力電力目標値 $P_{I\ target}$ と充放電電力指令値 P_T との和が負荷消費電力 P_L となる。そのため、（２）式に示すように、充放電電力指令値 P_T が、電力負荷が消費する電力と商用電源から供給される電力との電力差を示す値として、充放電制御装置 53 によって算出される。

$$P_{I\ target} + P_T = P_L \quad \dots (1)$$

$$P_T = P_L - P_{I\ target} \quad \dots (2)$$

[0067] （２）式に基づいて算出された充放電電力指令値 P_T は、充放電装置 48 へ出力される。

充放電装置 48 は、充放電電力指令値 P_T に応じた電力をバッテリー 42 から充放電させる。

具体的には、充放電装置 48 は、充放電電力指令値 P_T が正の場合、バッテリー 42 を放電させる一方、充放電電力指令値 P_T が負の場合、バッテリー 42 を充電させる充放電制御を行う。

[0068] このように、充放電制御装置 53 から充放電装置 48 へ出力される充放電電力指令値 P_T は、各負荷駆動インバータ 43 から出力される負荷消費電力 P_L に基づいており、バッテリー 42 の充放電はフィードバック制御されている。このため、制御遅れが発生する場合は、遅れの影響を下記（３）、（４）式に基づいて補償する。

$$\Delta P_T = K \times (P_{I\ target} - P_I) \quad \dots (3)$$

（３）式の K は制御ゲインであり予め定められており、 P_I は PWM コンバータ 41 から実際に出力される電力の値である。

$$P_T = P_T + \Delta P_T \quad \cdots (4)$$

[0070] また、本第 1 実施形態のクレーン 1 は、現在のレーン R から他のレーン R へ移動可能とされており、電力供給装置 40 は、クレーン 1 がレーン R 間を移動する場合、商用電源から供給される電力はないものとしてバッテリー 42 を充放電させる。

すなわち、クレーン 1 を他のレーン R へ移動させるために商用電源から電力を供給されない状態となっても、クレーン 1 を他のレーン R へ移動させることができる。

[0071] より具体的には、充放電制御装置 53 が、給電コネクタ 46 の着脱信号に基づいて、給電ボックス 31 から給電されない状態を検知すると、入力電力目標値 $P_{I\ target}$ を 0（零）とし、（2）式に基づいて、充放電電力指令値 P_T を算出し、商用電源からの無給電状態の電力負荷に対する電力充放電制御を行う。

バッテリー 42 は、クレーン 1 のレーン R 間の移動によって消費される電力を賄える電力容量を有するものが予め選択される。

[0072] 以上説明したように、本第 1 実施形態に係る電力供給装置 40 は、充放電可能であり、クレーン 1 の電力負荷に電力を供給するためのバッテリー 42 と、商用電源から予め定められた電力の供給を受ける PWM コンバータ 41 と、を備える。充放電制御装置 53 が、電力負荷が消費する電力と商用電源から供給される電力との電力差を算出し、充放電装置 48 が、算出された電力差に応じた電力をバッテリー 42 から充放電させる。

従って、本第 1 実施形態に係る電力供給装置 40 は、商用電源から供給される予め定められた電力（入力電力目標値 $P_{I\ target}$ ）を低くしても（例えば 45 kW）、蓄電池から放電される電力が商用電源から供給される電力を補うこととなる。このため、本第 1 実施形態に係る電力供給装置 40 は、商用電源からクレーン 1 へ供給する電力を低電力とし低圧送電を可能にすることができる。

[0073] 商用電源からクレーン 1 の電力負荷に供給する電力を低電力にすることに

よって、クレーン 1 への給電ケーブル 33 のサイズを小さくすることができ、ケーブルリール 47 を小型化することができる。

[0074] 〔第 2 実施形態〕

以下、本発明の第 2 実施形態について説明する。

[0075] 本第 2 実施形態に係るクレーン 1 及び電力供給装置 40 の構成は、図 1 ～ 3 に示す第 1 実施形態に係るクレーン 1 及び電力供給装置 40 の構成と同様であるので説明を省略する。

[0076] 本第 2 実施形態に係る電力供給装置 40 は、商用電源から供給される電力、すなわち入力電力目標値 $P_{I\ target}$ を、予め定められた電力以下で可変とする。

[0077] 例えば、電力供給装置 40 は、バッテリー 42 の充電状態の履歴に基づいて、商用電源から供給される電力（入力電力目標値 $P_{I\ target}$ ）を変化させる。

[0078] バッテリー 42 が満充電に達すると、充電ができない状態となる。そのため、充放電制御装置 53 は、上記（2）式に基づくバッテリー 42 の充放電制御において、バッテリー 42 が満充電となると充放電電力指令値 P_T が負の場合でもバッテリー 42 の充電を一時停止させる。

[0079] このような場合、充放電制御装置 43 は、充電すべき状態にあるにも関わらずバッテリー 42 が満充電のために充電を停止させる発生率 p （商用電源から電力を供給された総時間に対する充電の停止時間の割合）をリアルタイムに算出し、入力電力目標値 $P_{I\ target}$ を算出する。

[0080] 入力電力目標値 $P_{I\ target}$ は、例えば（5）式で算出される。

$$P_{I\ target} = k \times (1 - p) \times P_{I\ target \cdot Base} \quad \cdots (5)$$

k は予め定められた係数であり、 $P_{I\ target \cdot Base}$ は基準となる入力電力目標値（例えば 45 kW）である。

これにより、発生率 p が大きい場合は、入力電力目標値 $P_{I\ target}$ が小さく変化する。

[0081] また、電力供給装置 40 は、バッテリー 42 の充電状態の履歴に基づいて、

商用電源から供給される電力を変化させる他の例として、バッテリー 42 の充電率（SOC: State of Charge）の傾き α をリアルタイムに算出し、（6）式から入力電力目標値 $P_{\text{I target}}$ を算出する。

傾き α は、例えば、横軸を時間、縦軸を充電率としたグラフから充電率の時間変化の移動平均を算出し、該移動平均の傾きから求められる。

[0082] そして、入力電力目標値 $P_{\text{I target}}$ は、例えば（6）式で算出される。

$$P_{\text{I target}} = k \times (1 - \alpha) \times P_{\text{I target} \cdot \text{Base}} \quad \dots (6)$$

これにより、傾きが正、すなわちバッテリー 42 が充電されている割合が大きい場合は、入力電力目標値 $P_{\text{I target}}$ が小さく変化する。

[0083] さらに、他の例として、電力供給装置 40 が、電力負荷へ供給する電力の履歴に基づいて、商用電源から供給される電力を変化させてもよい。

この例では、電力負荷で消費される電力の平均値（現在から所定時間前までの平均値） $P_{\text{I target} \cdot \text{average}}$ を算出し、（7）式に示すように、入力電力目標値 $P_{\text{I target}}$ を平均値 $P_{\text{I target} \cdot \text{average}}$ とする。

$$P_{\text{I target}} = P_{\text{I target} \cdot \text{average}} \quad \dots (7)$$

[0084] 商用電源から供給される電力の可変制御は、例えば、充放電制御装置 53 が上記（5）～（7）式の何れか式を用いて、入力電力目標値 $P_{\text{I target}}$ を算出することで、その結果に応じて算出される充放電電力指令値 P_{T} を充放電装置 48 へ出力し、充放電電力指令値 P_{T} に基づいた電力をバッテリー 42 から充放電させる。

[0085] また、電力供給装置 40 は、発生率 p や充電率の傾き α に応じて異なる入力電力目標値 $P_{\text{I target}}$ を予め記憶し、発生率 p や充電率の傾き α に応じて入力電力目標値 $P_{\text{I target}}$ を変更してもよい。入力電力目標値 $P_{\text{I target}}$ は、0（零）であってもよいし、負の値としてもよい。入力電力目標値 $P_{\text{I target}}$ が負の場合とは、クレーン 1 が吊荷を巻き下げる場合であって、モータ 49 が発電機として機能することによって発電し、該発電した電力を商用電源へ回生させる。

[0086] 以上説明したように、本第 2 実施形態に係る電力供給装置 40 は、バッテ

リ 4 2 の充電状態の履歴に基づいて、商用電源から供給される電力を変化させるので、バッテリー 4 2 の充電量が高い場合に、商用電源から供給される電力をより低くすることができる。

また、電力供給装置 4 0 は、電力負荷へ供給する電力の履歴に基づいて、商用電源から供給される電力を変化させるので、電力負荷で消費される電力が少ない場合に、商用電源から供給される電力をより低くすることができる。

また、本第 2 実施形態に係る電力供給装置 4 0 は、商用電源からの電力の供給を低くするため、抵抗器 5 1 によって消費される電力を削減することができ、抵抗器 5 1 を備える必要性を低下させることができる。

[0087] 〔第 3 実施形態〕

以下、本発明の第 3 実施形態について説明する。

[0088] 本第 3 実施形態に係るクレーン 1 及び電力供給装置 4 0 の構成は、図 1 ～ 3 に示す第 1 実施形態に係るクレーン 1 及び電力供給装置 4 0 の構成と同様であるので説明を省略する。

[0089] 電力供給装置 4 0 に備えられているバッテリー 4 2 の電力容量は、電力負荷のピーク電力を賄えなければならない。すなわち、より電力容量の小さなバッテリー 4 2 を用いるためには、電力負荷のピーク電力を低減させることが効果的である。

[0090] そこで、本第 3 実施形態では、クレーン 1 が吊荷を巻き上げる巻き動作時に電力負荷で消費される電力ピークを低減させる。

[0091] 以下、本第 3 実施形態に係るクレーン 1 の巻き動作について具体的に説明する。

[0092] まず、電力負荷へ供給する電力の制限値（供給電力制限値 P_{Limit} ）を設定し、供給電力制限値 P_{Limit} に基づいて、巻き動作を制限する。

[0093] ここで、電力負荷への供給電力制限値 P_{Limit} と負荷消費電力 P_L との関係は、下記（8）式が成立しなければならない。

$$P_L < P_{Limit} \quad \cdots (8)$$

[0094] そして、負荷消費電力 P_L は下記(9)式及び(10)式のように細分化される。

$$P_L = P_{MH} + P_{Aux} \quad \dots (9)$$

$$P_{MH} = (9.8 \times M \times V + a \times (M + J) \times V) \quad \dots (10)$$

(9)式において、 P_{MH} は巻き動作に必要な電力(巻き動作必要電力(k

W))であり、 P_{Aux} は補機50で消費される電力の基準値(ベース電力(k W))である。

(10)式において、 M は吊荷質量(kg)、 V は巻き速度(m/s)、 a は巻き加速度(m/s^2)、 J は巻き上げドラムの慣性モーメントを質量相当に変換した値(kg)である。

[0095] そして、(10)式に基づいて、供給電力制限値 P_{Lim} の範囲内で出力できる最大の巻き速度 V や加速度 a を算定する。

[0096] 本第3実施形態に係るクレーン1は、吊荷を巻き上げる巻き動作における加速度 a を変化させることで、電力負荷で消費される電力を抑制する巻き動作を行い、バッテリ42の電力容量を巻き動作によって抑制された電力に基づくものとする。

[0097] 本第3実施形態に係る巻き動作について、図5を参照して説明する。

図5(a)は、従来の巻き動作の速度(巻き速度)の時間変化を示し、図5(b)は、図5(a)に対応する従来の巻き動作で消費される電力の時間変化を示している。

[0098] 図5(b)に示すように、巻き速度を上昇させ、一定にする場合に電力ピークが現れる。

そこで、本第3実施形態では、図5(b)のように、クレーン1の巻き動作の加速度に応じて消費電力が過大となる場合に、巻き動作の加速度を変化させる。

[0099] 図5(c)は、本第3実施形態に係る巻き動作の速度(巻き速度)の時間変化を示し、図5(d)は、図5(c)に対応する本第3実施形態に係る巻き動作で消費される電力の時間変化を示している。

本第3実施形態に係る巻き動作では、図5（d）に示すように、消費電力が予め設定された供給電力制限値 P_{Limit} 以下となるように、図5（c）に示すように、巻き速度を一定にする前における巻き動作の加速度を変化させる。

[0100] 加速度が低下するように変化させることによって、巻き動作に要する総時間が、加速度を変化させない場合に比べて長くなる。そのため、一定とする巻き速度を、加速度を変化させない場合に比較して速くすることによって、巻き動作に要する総時間が長くなることを防止してもよい。

[0101] このように、本第3実施形態では、クレーン1の巻き動作における過大な消費電力の発生を抑制させるので、バッテリー42の電力容量を、巻き動作によって抑制された電力に基づいて決定することができ、より電力容量が低いバッテリー42を用いることができる。

[0102] 〔第4実施形態〕

以下、本発明の第4実施形態について説明する。

図6は、本第4実施形態に係るクレーン1の電氣的構成及び電力供給装置40の電氣的構成を示す。図6における図3と同一の構成部分については図3と同一の符号を付して、その説明を省略する。

[0103] 本第4実施形態に係るクレーン1'は、エンジン60の駆動によって発電する発電機61（エンジン発電機66）を備えた従来のRTGにおいて、既存の発電機61を廃し、これに代わる電力供給装置40'を設置した形態を示したものである。従来のRTGでは、発電機61から出力される交流電力は、負荷駆動インバータ62を介してモータ49及び補機50に供給されており、本第4実施形態に係るクレーン1'では、既存の発電機61に代わる電力供給装置40'の出力を交流電力とすることで、従来のRTGを改造する場合に好適な形態となっている。

[0104] 本第4実施形態に係る電力供給装置40'は、バッテリー42、PWMコンバータ41、並びにクレーン1'の電力負荷への給電路63へバッテリー42及びPWMコンバータ41からの電力を供給するための直流電力を交流電力

に変換し供給するDC/ACインバータ65を備え、電力供給装置40'から供給される電力によってクレーン1'の電力負荷を駆動可能としている。また、本第4実施形態に係る電力供給装置40'は、DC/ACインバータ65から充放電制御装置53へ負荷消費電力 P_L が出力される。

[0105] すなわち、本第4実施形態に係る電力供給装置40'は、発電機61によって電力負荷へ電力を供給していた既存のクレーン1'の電力負荷への給電路へ、接続されることによって、該既存のクレーン1'の電力負荷を、バッテリー42と商用電源から供給される電力によって駆動させることができる。

そして、本第4実施形態に係る電力供給装置40'は、商用電源から供給される予め定められた電力を低くしても（例えば45kW）、バッテリー42から放電される電力が商用電源から供給される電力を補うこととなるので、商用電源からクレーンへ供給する電力を低電力にすることができる。

[0106] 本第4実施形態では、既存の発電機61をクレーン1'から廃する形態について説明したが、必ずしも既存の発電機61をクレーン1'から廃する必要はなく、既存の発電機61をクレーン1'に備えたままで、電力供給装置40'をクレーン1'に接続してもよい。この場合、クレーン1'は、発電機61と電力供給装置40'を併用して電力負荷へ電力を供給してもよい。

[0107] 以上、本発明を、上記各実施形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施形態に記載の範囲には限定されない。発明の要旨を逸脱しない範囲で上記各実施形態に多様な変更または改良を加えることができ、該変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれる。

符号の説明

- [0108] 1 クレーン
1' クレーン
40 電力供給装置
40' 電力供給装置
41 PWMコンバータ
42 バッテリ

- 4 8 充放電装置
- 4 9 モータ
- 5 0 補機
- 5 3 充放電制御装置
- 6 5 D C / A C インバータ

請求の範囲

- [請求項1] 充放電可能であり、クレーンの電力負荷に電力を供給するための蓄電池と、
商用電源から予め定められた電力の供給を受ける受電手段と、
前記電力負荷が消費する電力と前記商用電源から供給される電力との電力差を算出する算出手段と、
前記算出手段によって算出された電力差に応じた電力を前記蓄電池から充放電させる制御手段と、
を備えた電力供給装置。
- [請求項2] 発電機を備えたクレーン又は既設の発電機を廃したクレーンの電力負荷に交流電力を供給する電力供給装置であって、
充放電可能であり、前記電力負荷に電力を供給するための蓄電池と、
商用電源から予め定められた電力の供給を受ける受電手段と、
前記電力負荷が消費する電力と前記商用電源から供給される電力との電力差を算出する算出手段と、
前記算出手段によって算出された電力差に応じた電力を前記蓄電池から充放電させる制御手段と、
前記電力負荷への給電路へ前記蓄電池及び前記受電手段からの直流電力を交流電力に変換し供給する供給手段と、
を備えた電力供給装置。
- [請求項3] 前記クレーンは、他のレーンへ移動可能とされ、
前記制御手段は、前記クレーンがレーン間を移動する場合、前記商用電源から供給される電力はないものとして前記蓄電池を充放電させる請求項 1 又は請求項 2 記載の電力供給装置。
- [請求項4] 前記商用電源から供給される電力は、前記予め定められた電力以下で可変とされる請求項 1 から請求項 3 の何れか 1 項記載の電力供給装置。

- [請求項5] 前記制御手段は、前記蓄電池の充電状態の履歴に基づいて、前記商用電源から供給される電力を変化させる請求項4記載の電力供給装置。
- [請求項6] 前記制御手段は、前記電力負荷へ供給する電力の履歴に基づいて、前記商用電源から供給される電力を変化させる請求項4記載の電力供給装置。
- [請求項7] 前記クレーンは、吊荷を巻き上げる巻き動作における加速度を変化させることで、電力負荷で消費される電力を抑制する巻き動作を行い、
前記蓄電池の電力容量は、前記巻き動作によって抑制された電力に基づく請求項1から請求項6の何れか1項記載の電力供給装置。
- [請求項8] 請求項1から請求項7の何れか1項に記載の電力供給装置と、
前記電力供給装置から供給される電力によって駆動する電力負荷と、
を備えたクレーン。
- [請求項9] 充放電可能であり、電力負荷に電力を供給するための蓄電池と、商用電源から予め定められた電力の供給を受ける受電手段と、を備えたクレーンの前記電力負荷に電力を供給する電力供給方法であって、
前記電力負荷が消費する電力と前記商用電源から供給される電力との電力差を算出する第1工程と、
前記第1工程によって算出された電力差に応じた電力を前記蓄電池から充放電させる第2工程と、
を含む電力供給方法。
- [請求項10] 充放電可能であり、クレーンの電力負荷に電力を供給するための蓄電池と、商用電源から予め定められた電力の供給を受ける受電手段と、前記電力負荷への給電路へ前記蓄電池及び前記受電手段からの直流電力を交流電力に変換し供給する供給手段と、を備え、発電機を備えたクレーン又は既設の発電機を廃したクレーンの前記電力負荷に交流

電力を供給するための電力供給装置の電力供給方法であって、

前記電力負荷が消費する電力と前記商用電源から供給される電力との電力差を算出する第 1 工程と、

前記第 1 工程によって算出された電力差に応じた電力を前記蓄電池から充放電させる第 2 工程と、
を含む電力供給方法。