

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

荷役機械の制御装置であって、
前記荷役機械は、
荷役作業用のモータと、
電池と、
エンジンからの動力により発電する発電機と、
直流母線に前記電池が接続され、前記発電機及び／又は前記電池から供給される電力から前記モータを駆動するための電力変換を行うインバータと、
を備えており、
前記制御装置は、

前記モータの駆動開始時から 0 以上の第 1 の所定時間経過後に、前記エンジンの回転数をアイドル状態の回転数から定格回転数に切り替え、

前記モータの駆動終了時から 0 以上の第 2 の所定時間経過後に、前記エンジンの回転数を定格回転数からアイドル状態の回転数に切り替える、
ことを特徴とする荷役機械の制御装置。

【請求項 2】

前記電池は、積層型ニッケル水素電池である、請求項 1 に記載の荷役機械の制御装置。

【請求項 3】

前記荷役機械は、前記電池の SOC (State of Charge) を算出する電池モニタをさらに備えており、

前記電池モニタにより算出される前記電池の SOC の値に応じて、前記第 1 の所定時間を設定する、請求項 1 に記載の荷役機械の制御装置。

【請求項 4】

前記荷役機械は、前記電池の SOC (State of Charge) を算出する電池モニタをさらに備えており、

前記電池モニタにより算出される前記電池の SOC の値に応じて、前記第 2 の所定時間を設定する、請求項 1 に記載の荷役機械の制御装置。

【請求項 5】

前記荷役作業用のモータは、前記荷役機械において貨物を上昇させるための巻き上げ用モータである、請求項 1 に記載の荷役機械の制御装置。

【請求項 6】

前記荷役作業用のモータは、前記荷役機械を走行させるための走行用モータである、請求項 1 に記載の荷役機械の制御装置。

【請求項 7】

前記荷役作業用のモータは、前記荷役機械において貨物を横行させるための横行用モータである、請求項 1 に記載の荷役機械の制御装置。

【請求項 8】

前記荷役作業用のモータの回生電力により前記電池を充電する、請求項 1 に記載の荷役機械の制御装置。

【請求項 9】

荷役機械の制御方法であって、
前記荷役機械は、

荷役作業用のモータと、
電池と、

エンジンからの動力により発電する発電機と、

直流母線に前記電池が接続され、前記発電機及び／又は前記電池から供給される電力から前記モータを駆動するための電力変換を行う生成するインバータと、
を備えており、

前記制御方法は、

10

20

30

40

50

前記モータの駆動開始時から第１の所定時間経過後に、前記エンジンの回転数をアイドル状態の回転数から定格回転数に切り替えるステップと、

前記モータの駆動終了時から第２の所定時間経過後に、前記エンジンの回転数を定格回転数からアイドル状態の回転数に切り替えるステップと、

を含むことを特徴とする荷役機械の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、荷役機械を制御する制御装置及び制御方法に関する。

【背景技術】

10

【０００２】

コンテナの積み下ろしなどの荷役作業を行う荷役機械は、エンジン発電機と荷役作業用のモータを備えており、エンジン発電機から出力される電力でモータを駆動し、荷物の積み降ろし動作（荷役動作）を行う。荷役機械において、エンジン発電機からの電力は、さらに、照明装置や運転室の空調設備などの補機にも供給される。そのため、荷役機械では、荷役動作時以外でもエンジン発電機を動作させて、補機に電力を供給する必要がある。

【０００３】

近年、エンジン発電機と電池の両方を備えた荷役機械が開発されている（例えば、特許文献１参照）。特許文献１に開示された荷役機械は、無負荷状態が続いたときに、エンジン発電機を定格運転からアイドルに切り替えて、補機への電力供給を電池から行い、電池電圧が所定値以下に低下すると、エンジン発電機をアイドルから定格運転に切り替えて、エンジン発電機から補機に電力を供給している。

20

【特許文献１】特開２００４－３６０６１０号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

エンジン、特に、ディーゼルエンジンは、大きな動力を必要とする荷役作業時の電力供給に適したものであるが、荷役作業が行われていない間は補機を運転すればよく、小さな動力しか必要としない補機への電力供給には適していない。しかし、従来の荷役機械は、荷役作業が行われていない間も、補機に電力を供給する必要があるためにエンジン発電機を動作させるので、エンジンの燃料消費量が多くなり、燃費が悪くなるという問題があった。

30

【０００５】

また、ディーゼルエンジンは、その特性上、部分負荷運転においては効率（燃費）が悪く、定格負荷近傍で運転するとき最も効率（燃費）が良い。荷役機械においては、一般に貨物の横移動時や荷役機械移動時の必要動力は、巻き上げ時のそれに比べて小さい。このため、貨物の横移動時においては、ディーゼルエンジンは、かなり低負荷で運転することになり、効率の悪い運転を強いられることとなる。例えば、横移動用モータの定格動力が３７ｋｗであり、巻き上げ用モータの定格動力が１７０ｋｗである場合、ディーゼルエンジンは２０％程度と低い負荷で運転することとなり、燃費が悪いのみならず、パティキュレート（煤など）の発生に伴う環境負荷が高くなる。

40

【０００６】

本発明は、上記従来の問題を解決するものであって、その目的とするところは、燃費の良い荷役機械の制御装置及び制御方法を提供することにある。さらには、環境にやさしい荷役機械の制御装置及び制御方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

本発明は、荷役機械の制御装置であって、荷役機械は、荷役作業用のモータと、電池と、エンジンからの動力により発電する発電機と、直流母線に電池が接続され、発電機及び／又は電池から供給される電力からモータを駆動するための電力変換を行うインバータと

50

、を備えており、制御装置は、モータの駆動開始時から 0 以上の第 1 の所定時間経過後に、エンジンの回転数をアイドル状態の回転数から定格回転数に切り替え、モータの駆動終了時から 0 以上の第 2 の所定時間経過後に、エンジンの回転数を定格回転数からアイドル状態の回転数に切り替えることを特徴とする。本発明の荷役機械の制御装置は、図 2 に示すパワーフロー制御装置 7 である。

【0008】

上記電池は、いわゆる蓄電機能を有した蓄電設備であってもよい。好ましくは、上記電池は、積層型ニッケル水素電池である。

【0009】

荷役機械は、電池の SOC (State of Charge) を算出する電池モニタをさらに備えてもよい。このとき、電池モニタにより算出される電池の SOC の値に応じて、第 1 の所定時間を設定してもよい。また、電池モニタにより算出される電池の SOC の値に応じて、第 2 の所定時間を設定してもよい。

10

【0010】

荷役作業用のモータは、荷役機械において貨物を上昇させるための巻き上げ用モータであってもよい。荷役作業用のモータは、荷役機械を走行させるための走行用モータであってもよい。荷役作業用のモータは、荷役機械において貨物を横行させるための横行用モータであってもよい。

【0011】

荷役作業用のモータの回生電力により電池を充電してもよい。

20

【0012】

本発明は荷役機械の制御方法であって、荷役機械は、荷役作業用のモータと、電池と、エンジンからの動力により発電する発電機と、直流母線に電池が接続され、発電機及び / 又は電池から供給される電力からモータを駆動するための電力変換を行うインバータと、を備えており、制御方法は、モータの駆動開始時から第 1 の所定時間経過後に、エンジンの回転数をアイドル状態の回転数から定格回転数に切り替えるステップと、モータの駆動終了時から第 2 の所定時間経過後に、エンジンの回転数を定格回転数からアイドル状態の回転数に切り替えるステップと、を含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

30

本発明によれば、モータを駆動しているときは、主としてエンジン発電機から電力を供給し、モータを停止しているときは電池から電力を供給することで、エンジン発電機と電池の負荷分担を調整している。具体的には、モータを駆動している間は、エンジンを定格回転させて、主としてエンジン発電機からの電力でモータを駆動し、モータを停止させている間は、エンジンをアイドルにして、電池のみから補機に電力を供給するようにしている。これにより、エンジンの燃料消費量を低減することができ、燃費が良くなる。

【0014】

さらには、巻き上げ用モータを駆動しているときは、主としてエンジン発電機から電力を供給し、巻き上げ用モータを停止しているときは、電池から電力を供給するようにしてもよい。かかる場合は、横移動用モータなどの駆動のための電力は、主として、電池から供給することになる。このようにすれば、エンジンは低負荷ないしは部分負荷で運転することを避けることができるので、燃費が良くなり、パティキュレート（煤など）の発生に伴う環境負荷を抑えることができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下に示す本発明の実施形態は、エンジン発電機と、インバータの直流母線に接続された電池と、を備えたハイブリッド方式の荷役機械の制御において、荷役動作を行っている間は、エンジンを定格回転させて、主としてエンジン発電機からの電力でモータを駆動し、荷役動作を行っていない間は、エンジンをアイドルにして、電池のみから補機に電力を供給する。これにより、エンジンの燃費が良くなるという効果が得られる。

50

【 0 0 1 6 】

1 . 荷役機械の構成

図 1 に、本発明の実施形態の制御装置を含む荷役機械の外観を概略的に示す。本実施形態の荷役機械 1 0 0 は、港湾等の荷役作業に使用されるクレーン装置の一つであるゴムタイヤ式トランスファークレーン (R T G : Rubber Tired Gantry crane) である。荷役機械 1 0 0 は、コンテナ 1 0 1 を吊り上げるスプレッド 1 0 3 と、巻き上げ及び巻き下げによりスプレッド 1 0 3 を上昇及び下降させるワイヤーロープ 1 0 9 と、スプレッド 1 0 3 を横行させるためのトラバーサ 1 0 5 と、前後の方向に走行が可能なタイヤ 1 0 7 と、を有する。荷役機械 1 0 0 は、コンテナ 1 0 1 をスプレッド 1 0 3 で吊り上げ、スプレッド 1 0 3 に取り付けられたワイヤーロープ 1 0 9 を巻き上げてスプレッド 1 0 3 を上昇させ、トラバーサ 1 0 5 を所望の位置まで横行させた後、ワイヤーロープ 1 0 9 を巻き下げてスプレッド 1 0 3 を下降させることにより、コンテナ 1 0 1 の積み下ろしを行う。また、荷役機械 1 0 0 は、タイヤ 1 0 7 による走行によって、任意の位置に移動することができる。

10

【 0 0 1 7 】

図 2 に、本発明にかかる荷役機械 1 0 0 のシステム構成をブロック図で示す。荷役機械 1 0 0 は、交流電力を出力するエンジン発電機 1 と、エンジン発電機 1 を制御するエンジン発電機制御装置 2 と、エンジン発電機 1 に接続されたインバータ 3 と、インバータ 3 から出力される電力により駆動するモータ 4 と、インバータ 3 に運転指令を出力する運転指令部 8 と、を有する。エンジン発電機 1 は、エンジン 1 1 とエンジン 1 1 に接続された発電機 1 2 とにより構成される。本実施形態において、エンジン 1 1 は、軽油を燃料とするディーゼルエンジンである。エンジン 1 1 が定格回転しているとき発電機 1 2 は動作し、エンジン 1 1 がアイドルのとき発電機 1 2 は停止する。エンジン発電機制御装置 2 は、エンジン回転数指令に基づいて、エンジン 1 1 を回転させる。インバータ 3 は、交流電力を直流電力に変換するコンバータ部 3 1 と、直流電力を交流電力に変換するインバータ部 3 2 とを有する。インバータ 3 は、運転指令部 8 から出力される運転指令に従って、コンバータ部 3 1 及びインバータ部 3 2 を制御し、モータ 4 に電力を供給する。モータ 4 は、図 1 に示すワイヤーロープ 1 0 9 の巻き上げを行うための巻き上げ用モータである。運転指令部 8 は、荷役機械 1 0 0 の運転室などに設けられる。運転指令部 8 は、操作員から指示された運転指令をインバータ 3 に出力する。運転指令は、巻き上げ及び巻き下げ指令を含む。

20

30

【 0 0 1 8 】

荷役機械 1 0 0 は、さらに、インバータ 3 のコンバータ部 3 1 とインバータ部 3 2 との間の直流母線に直結された電池 5 と、電池 5 の充電状態 (S O C : State Of Charge) を算出する電池モニタ 6 と、運転指令と電池 5 の S O C に基づいて、エンジン発電機制御装置 2 を制御するパワーフロー制御装置 7 と、を有する。本実施形態において、電池 5 はニッケル水素単電池を直列に積層した積層型ニッケル水素電池である。具体的には、ニッケル水素電池は、対向して設けられた一対の板状の集電体の間に、セパレータによって仕切られた正極セルと負極セルとを有する複数の単位電池が、互いに隣り合う一方の前記単位電池の正極セルと他方の前記単位電池の負極セルとが対向するように積層されてなる電池モジュールである。ニッケル水素電池の特性については後述するが、ニッケル水素電池は、S O C (state of charge) の変動による電圧変動が小さいという特性を有しているため、直流母線に直結することができる。電池の出力電圧は、単位電池の積層数によって調整することができる。ニッケル水素電池の場合は、1 . 2 V 単位の小さな単位で電池の出力電圧を調整することができる。パワーフロー制御装置 7 は、運転指令部 8 からインバータ 3 に出力される運転指令と電池モニタ 6 により算出される電池 5 の S O C に基づいて、エンジン 1 1 にエンジン回転数指令を出力する。エンジン回転数指令は、定格回転数を指示する定格回転数指令と、定格回転数より低い回転数であるアイドルを指示するアイドル指令を含む。

40

【 0 0 1 9 】

50

また、荷役機械 100 は、インバータ 3 のコンバータ部 31 とインバータ部 32 との間の直流母線に接続された DC / AC コンバータ 9 と、DC / AC コンバータ 9 に接続された補機 10 とを備える。補機 10 は、荷役動作時だけでなく、荷役動作時以外においても電力を必要とするものであって、例えば、荷役機械 100 に設けられた照明装置や運転室の空調設備、油圧ユニット（油圧ポンプ等）などである。

【0020】

2. 荷役機械の動作

荷役機械 100 の動作について、巻き上げを指示する運転指令が入力されたときを例にして説明する。図 3 に、巻き上げを開始するときのパワーフロー制御装置 7 の制御を示す。巻き上げが開始される前、パワーフロー制御装置 7 はエンジン回転数指令としてアイドル指令を出力している。エンジン発電機制御装置 2 は、アイドル指令に従って、エンジン 11 をアイドルにしている。このとき、発電機 12 の発電電力はゼロである。操作員が巻き上げ指令を運転指令部 8 に入力すると、運転指令部 8 は巻き上げ指令を出力する。パワーフロー制御装置 7 は、運転指令部 8 からの巻き上げ指令を入力したかどうかを判断する（S301）。巻き上げ指令が入力されると、パワーフロー制御装置 7 は、電池モニタ 6 が算出した電池 5 の SOC を入力する（S302）。電池モニタ 6 は、電池 5 の電流、電圧、及び温度を検出して電池 5 の SOC を算出している。パワーフロー制御装置 7 は、入力された電池 5 の SOC が所定値以上かどうかを判断する（S303）。

【0021】

電池 5 の SOC が所定値未満であれば（S303 で No）、ステップ S304 ~ S306 の処理を行わず、パワーフロー制御装置 7 は、エンジン回転数指令をアイドル指令から定格回転指令に切り替え、定格回転指令をエンジン発電機制御装置 2 に出力する（S307）。ここで、ステップ S304 ~ S306 の処理を行わないとは、遅延時間となる所定時間をゼロに設定することに相当する。エンジン発電機制御装置 2 は、定格回転指令に従って、エンジン 11 を定格回転させる。このとき、エンジン 11 に接続された発電機 12 は発電し、エンジン発電機 1 と電池 5 の両方からモータ 4 へ電力が供給され、巻き上げが開始される。

【0022】

電池 5 の SOC が所定値以上であれば（S303 で Yes）、電池 5 の充電状態が十分にあり、続いて充電されると、過充電になるおそれがあると判断できる。よって、パワーフロー制御装置 7 は、まず、電池 5 の SOC に基づいて、遅延時間となる所定時間を設定し（S304）、所定時間が経過するまでは、アイドル指令の出力を継続する（S305）。そのため、エンジン発電機制御装置 2 は、エンジン 11 をアイドルのまま運転する。インバータ 3 は、運転指令部 8 から出力される巻き上げ指令に従って動作し、電池 5 から出力される直流電力を交流電力に変換して、モータ 4 に供給する。このように、電池 5 からの電力のみで巻き上げを行う。パワーフロー制御装置 7 は、設定した所定時間が経過したかどうかを判断する（S306）。所定時間が経過すれば、パワーフロー制御装置 7 は、エンジン回転数指令をアイドル指令から定格回転指令に切り替え、定格回転指令をエンジン発電機制御装置 2 に出力する（S307）。エンジン発電機制御装置 2 は、定格回転指令が入力されると、エンジン 11 を定格回転させる。このとき、エンジン 11 に接続された発電機 12 は発電を開始する。これにより、エンジン発電機 1 と電池 5 の両方からモータ 4 に電力が供給され、巻き上げが行われる。

【0023】

図 4 に、電池 5 の SOC に基づいて設定する所定時間の特性を示す。所定時間は、電池 5 の SOC が多いほど所定時間が長くなるように設定される。本実施形態では、所定時間は、電池 5 の SOC に基づいて、0 秒 ~ 12 秒の範囲で設定される。より具体的には、所定時間は、電池 5 の SOC が所定の閾値（例えば、80%）未満のときは 0 秒に設定され、電池 5 の SOC が所定の閾値（例えば、80%）以上のときに 0 秒より大きくなるように設定される。

【0024】

10

20

30

40

50

以上のように、本実施形態によれば、巻き上げ開始時、電池 5 の SOC が所定値以上であれば、すなわち、続いて充電されると電池 5 が過充電になるおそれがあると判断されるときは、設定した所定時間が経過するまで、エンジン 11 をアイドルのまま運転して、電池 5 のみで巻き上げを行う。これにより、電池 5 が消費され、インバータ 3 の直流母線に接続された電池 5 の過充電を防止できる。このように、巻き上げ開始時に電池 5 の充電状態に従って、電池 5 を放電させることにより、電池 5 を常に良好な充電状態に保持できる。

【0025】

次に、巻き上げ終了時の動作を説明する。図 5 に、巻き上げ終了時のパワーフロー制御装置 7 の制御を示す。操作員から運転指令部 8 に入力されている巻き上げ指令が終了すると、運転指令部 8 は、巻き上げ指令の出力を停止する。パワーフロー制御装置 7 は、運転指令部 8 の出力に基づいて、巻き上げ指令が終了したかどうかを判断する (S501)。巻き上げ指令が終了すると、パワーフロー制御装置 7 は、電池モニタ 6 が算出した電池 5 の SOC を入力する (S502)。電池モニタ 6 は、電池 5 の電流、電圧、及び温度を検出して、電池 5 の SOC を算出している。パワーフロー制御装置 7 は、算出された電池 5 の SOC が所定値以下かどうかを判断する (S503)。

10

【0026】

電池 5 の SOC が所定値よりも大きければ (S503 で No)、ステップ S504 ~ S506 の処理を行わず、パワーフロー制御装置 7 は、エンジン回転数指令を定格回転指令からアイドル指令に切り替えて、アイドル指令を出力する (S507)。ここで、ステップ S504 ~ S506 の処理を行わないとは、遅延時間となる所定時間をゼロに設定することに相当する。エンジン発電機制御装置 2 は、アイドル指令に従って、エンジン 11 をアイドルに切り替える。これにより、発電機 12 の出力はゼロになる。補機 10 への電力供給は電池 5 からの電力のみで行われる。

20

【0027】

電池 5 の SOC が所定値以下であれば (S503 で Yes)、電池 5 の充電状態が十分でなく、電池 5 を続けて放電すると、過放電になるおそれがあると判断できる。よって、電池 5 の SOC が所定値以下であれば、パワーフロー制御装置 7 は、電池 5 の SOC に基づいて所定時間を設定し (S504)、所定時間が経過するまで、定格回転指令を出力し続ける (S505)。エンジン発電機制御装置 2 は、定格回転指令に従って、エンジン 11 の定格回転を継続する。これにより、エンジン発電機 1 から出力される電力で電池 5 が充電される。パワーフロー制御装置 7 は、設定した所定時間が経過したかどうかを判断する (S506)。所定時間が経過すれば、パワーフロー制御装置 7 は、エンジン回転数指令を定格回転指令からアイドル指令に切り替えて、アイドル指令を出力する (S507)。エンジン発電機制御装置 2 は、アイドル指令に従って、エンジン 11 をアイドルに切り替える。これにより、発電機 12 の出力はゼロになる。以後、補機 10 への電力供給は電池 5 からの電力のみで行われる。

30

【0028】

図 6 に、電池 5 の SOC に基づいて設定する所定時間の特性を示す。所定時間は、電池 5 の SOC が小さいほど所定時間が長くなるように設定される。本実施形態では、所定時間は、電池 5 の SOC に基づいて、0 秒 ~ 12 秒の範囲で設定される。より具体的には、所定時間は、電池 5 の SOC が所定の閾値 (例えば、50%) よりも大きければ 0 秒に設定され、電池 5 の SOC が所定の閾値 (例えば、50%) 以下のときに 0 秒より大きくなるように設定される。

40

【0029】

以上のように、本実施形態によれば、巻き上げ終了時、電池 5 の SOC が所定値以下であれば、すなわち、続けて放電すると電池 5 が過放電になるおそれがあると判断されるときは、設定した所定時間が経過するまで、エンジン 11 を定格回転のまま運転して、エンジン発電機 1 からの電力で電池 5 を充電する。これにより、インバータ 3 の直流母線に接続された電池 5 の過放電を防止できる。このように、巻き上げ終了時に電池 5 の充電状

50

態に従って、電池 5 を充電させることにより、電池 5 を常に良好な充電状態に保持できる。

【 0 0 3 0 】

図 7 ~ 図 9 に、巻き上げ及び巻き下げ動作におけるタイミングチャートを示す。図 7 ~ 図 9 において、(a) は運転指令部 8 が出力する巻き上げ指令のオン / オフを示し、(b) はパワーフロー制御装置 7 が出力するエンジン回転数指令を示し、(c) は運転指令部 8 が出力する巻き下げ指令のオン / オフを示し、(d) は電池 5 の SOC を示している。

【 0 0 3 1 】

図 7 は、電池の充電状態が良好な状態にあるため、所定時間 及び所定時間 が設けられない例を示す。巻き上げ指令が入力されるまで (時刻 t_0 ~ 時刻 t_1)、パワーフロー制御装置 7 は、エンジン回転数指令として、アイドル指令をエンジン発電機制御装置 2 に出力している。エンジン発電機制御装置 2 は、アイドル指令に従って、エンジン 11 をアイドルにしているため、発電機 12 は停止している。この間、補機 10 への電力供給は、電池 5 のみによって行われる。そのため、電池 5 の SOC は減少していく。

【 0 0 3 2 】

時刻 t_1 で巻き上げ指令が入力される。このときの電池 5 の SOC は 75 % であり、図 4 に示す所定の閾値 (80 %) を超えていないため、所定時間 は設定されない。言い換えると、所定時間 はゼロである。よって、パワーフロー制御装置 7 は、巻き上げ指令がオンになるとすぐに、アイドル指令から定格回転指令に切り替える。定格回転指令に従って、エンジン発電機制御装置 2 はエンジン 11 を定格回転させる。これにより、エンジン発電機 1 と電池 5 からの両方の電力によって巻き上げが行われる (時刻 t_1 ~ 時刻 t_3)。

【 0 0 3 3 】

時刻 t_3 で巻き上げ終了の指令が入力される、すなわち、巻き上げ指令がオフになる。このときの電池 5 の SOC は 55 % であり、図 6 に示す所定の閾値 (50 %) より大きいいため、所定時間 は設定されない。言い換えると、所定時間 はゼロである。よって、パワーフロー制御装置 7 は、巻き上げ指令がオフになるとすぐに、定格回転指令からアイドル指令に切り替える。アイドル指令に従って、エンジン発電機制御装置 2 はエンジン 11 をアイドルにする。これにより、発電機 12 は停止する。補機 10 への電力供給は、電池 5 のみによって行われる。そのため、電池 5 の SOC は減少していく (時刻 t_3 ~ 時刻 t_5)。

【 0 0 3 4 】

一方、巻き下げの指令が入力されると (時刻 t_5)、荷役機械 100 は巻き下げを開始する。巻き下げは、モータ 4 を駆動させず、コンテナ 101 の重量により行う。コンテナ 101 の降下に伴いモータ 4 が回転し、回生電力が発生する。この回生電力により、電池 5 が充電される。回生電力によって電池 5 に蓄えられた電力は、補機 10 への給電と次の巻き上げ作業に利用される。

【 0 0 3 5 】

図 8 は、巻き上げ開始時の電池の充電状態が過充電になるおそれがある状態であり、所定時間 が設けられる例を示す。図 8 において、巻き上げ指令が入力されたときの電池 5 の SOC は 90 % であり (時刻 t_1)、図 4 に示す所定の閾値 (80 %) を超えている。よって、パワーフロー制御装置 7 は、図 4 の特性に示すように所定時間 を電池 5 の SOC に基づいて設定し、所定時間 が経過するまでの間、エンジン発電機制御装置 2 にアイドル指令を出力し続ける。この間 (時刻 t_1 ~ 時刻 t_2)、発電機 12 は停止しているため、巻き上げは、電池 5 からの電力のみによって行われる。所定時間 が経過すると、パワーフロー制御装置 7 は、アイドル指令から定格回転指令に切り替えて、定格回転指令をエンジン発電機制御装置 2 に出力する。エンジン発電機制御装置 2 は、定格回転指令に従って、エンジン 11 を定格回転する。これにより、発電機 12 は発電する。よって、所定時間 が経過した後は、エンジン発電機 1 と電池 5 の両方からの電力によって巻き上げが行われる (時刻 t_2 ~ 時刻 t_3)。

【 0 0 3 6 】

図 9 は、巻き上げ終了時の電池の充電状態が過放電になるおそれがある状態であり、所定時間 が設けられる例を示す。図 9 において、巻き上げ指令が終了したときの電池 5 の SOC は 30 % であり（時刻 t_3 ）、図 6 に示す所定の閾値（50 %）より小さい。パワーフロー制御装置 7 は、図 6 の特性に示すように、所定時間 を電池 5 の SOC に基づいて設定し、所定時間 が経過するまでの間、エンジン発電機制御装置 2 に定格回転指令を出力し続ける。この間（時刻 t_3 ~ 時刻 t_4 ）、電池 5 はエンジン発電機 1 から出力される電力により充電される。所定時間 が経過すると（時刻 t_4 ）、パワーフロー制御装置 7 は、エンジン回転数指令を定格回転指令からアイドル指令に切り替えて、アイドル指令をエンジン発電機制御装置 2 に出力する。

10

【 0 0 3 7 】

本実施形態によれば、エンジン発電機 1 と電池 5 の負荷分担を運転指令に従って調整している。具体的には、モータ 4 を駆動している間は、エンジン 11 を定格回転させて、主としてエンジン発電機 1 からの電力でモータ 4 を駆動し、モータ 4 を停止させている間は、エンジン 11 をアイドルにして、電池 5 のみから補機 10 に電力を供給するようにしている。これにより、エンジン 11 の燃費が良くなる。

【 0 0 3 8 】

また、巻き上げ開始時及び巻き上げ終了時には、電池 5 の充電状態（SOC）に基づいて、エンジン回転数の切り替えのタイミングを替えている。よって、インバータ 3 の直流母線に接続された電池 5 の過充電及び過放電を防止することができる。

20

【 0 0 3 9 】

図 10 及び図 11 は、上記の制御に基づき実際に実験を行った際の実験結果を示す図である。図 10 は従来のハイブリッド方式でない荷役機械を用いて行った実験結果を示しており、図 11 は本発明のハイブリッド方式の荷役機械を用いて行った実験結果を示している。実験において、定格負荷（40 . 6 t）の巻上及び巻下と無負荷の巻上及び巻下を 1 時間にそれぞれ 10 回行なった。また、図 11 に示す本実施形態の実験においては、図 3 ~ 図 6 に示すように、巻き上げ開始時及び巻き下げ終了時に、電池 5 の SOC に基づいて所定時間 、 を設定して実験を行った。図 10 及び図 11 に示すように、エンジンの燃料消費量を比較すると、従来は実験開始から 60 分経過後のエンジンの燃料消費量が 17 . 7 リットルであったのに対し、本発明は 6 . 1 リットルであった。この実験結果により、本発明の荷役機械 100 は、従来の荷役機械と比較して、約 65 . 5 % の燃料消費量を低減できることを確認できた。すなわち、本願発明の荷役機械 100 は、従来の荷役機械と比較して燃費が良くなることを確認できた。また、電池 5 の SOC に基づいて所定時間 、 を設定することにより、図 11 の SOC に示すように、インバータ 3 の直流母線に接続された電池 5 の充電状態が安定することも確認できた。

30

【 0 0 4 0 】

ここで、ニッケル水素電池の特性について説明する。図 12 に、各種電池等の SOC（state of charge）に対する電圧変化を示す SOC 特性を示す。曲線 a はニッケル水素電池の電圧変化、曲線 b は鉛蓄電池の電圧変化、曲線 c はリチウムイオン電池の電圧変化、曲線 d は電気二重層キャパシタの電圧変化を示す。SOC の変動に対する電圧変化（ V / SOC ）は、ニッケル水素電池で約 0 . 1、鉛蓄電池で約 1 . 5、リチウムイオン電池で約 2、電気二重層キャパシタで約 3 になっている。つまり、同じ電圧変化とすれば、ニッケル水素電池は、鉛蓄電池の 1 / 15 に、リチウムイオン電池の 1 / 20 に、電気二重層キャパシタの 1 / 30 に小さくできる。

40

【 0 0 4 1 】

図 12 に示すように、曲線 a で示されるニッケル水素電池は、他の電池等と比較して電圧の変動に対する SOC の変動が広い範囲 S という特性を有する。すなわち、ニッケル水素電池は、SOC の変動に対して電池電圧の変動が小さい。これに比べて、曲線 b、c、d で示される他の電池等では、SOC の変動に対して電池電圧の変動が大きい。例えば、SOC の中央値でみれば、ニッケル水素電池では、中央値の電圧を V_1 とし、電圧変動が

50

範囲 dV_1 内におさまるように使用する場合、SOC の範囲 S のほぼ全てにおいて使用することができ、電池容量を有効に利用することができる。これに対し、鉛蓄電池を中央値の電圧を V_2 とし、電圧変動が dV_2 内におさまるように使用するには、SOC が狭い範囲でしか使用することができず、電池容量を有効に利用できない。同様に、リチウムイオン電池を中央値の電圧を V_3 とし電圧変動が範囲 dV_3 内におさまるように使用するには、SOC が狭い範囲でしか使用することができず、電池容量を有効に利用できない。ここで、電圧変動範囲の大きさは、 $dV_1 / V_1 = dV_2 / V_2 = dV_3 / V_3$ とする。

【0042】

したがって、SOC が範囲 S の中ほど、例えば SOC が 40 ~ 60 パーセントのときの電池電圧が、直流母線の定格出力電圧と等しいあるいは略等しいニッケル水素電池を、図 2 のように直流母線に直結した場合、ニッケル水素電池の充放電が繰り返されることによりその充電状態が変動しても電池電圧の変動を非常に小さく抑えることができるので、電池容量を有効に利用することができる。

10

【0043】

ニッケル水素電池は、直流母線電圧の変動許容範囲で、SOC 特性の大半がカバーされるため、電池内の容量が有効に利用される。一方、ニッケル水素電池と比較して他の種類の二次電池では、SOC に対する電圧変化の傾斜が大きいので、直流母線に許容される電圧範囲で、有効な電池容量は比較的小さくなる。即ち、ニッケル水素電池以外の鉛蓄電池やリチウムイオン電池等の二次電池をき電線に直結して使用しようとするれば、ニッケル水素電池と比較して結果的に多数の電池が必要になり、広大な設置面積が必要となり、更に設備費が高価となる。

20

【0044】

3. まとめ

本実施形態によれば、モータ 4 を駆動しているときは、主としてエンジン発電機 1 から電力を供給し、モータ 4 を停止しているときは電池 5 から電力を供給することで、エンジン発電機 1 と電池 5 の負荷分担を調整している。具体的には、モータ 4 を駆動している間は、エンジン 11 を定格回転させて、主としてエンジン発電機 1 からの電力でモータ 4 を駆動し、モータ駆動を行わず、大きな電力が不要な期間は、エンジン 11 をアイドルにして、電池 5 のみから補機 10 に電力を供給するようにしている。これにより、モータ駆動を行わない期間の燃料消費を低減でき、燃費が良くなる。エンジン 11 のアイドル時間が長ければ長いほど、燃料消費量の低減の効果が得られる。

30

【0045】

また、巻き上げ用モータを駆動しているときは、主としてエンジン発電機から電力を供給し、巻き上げ用モータを停止しているときは、電池から電力を供給している。よって、横移動用モータなどの駆動のための電力は、主として、電池から供給することになる。これにより、エンジンは低負荷ないしは部分負荷で運転することを避けることができるので、燃費が良くなると共に、パティキュレート（煤など）の発生に伴う環境負荷を抑えることができる。

40

【0046】

ニッケル水素電池は、内部抵抗が小さく、かつ SOC (state of charge) の変動による電圧変動が小さく電池容量を有効利用できるため、他の二次電池に比べて小容量の電池を用いることができ、大きな設置場所を必要としない。また、電池 5 として、SOC による電池起電力の変化が小さいニッケル水素電池を使用することにより、電池 5 をインバータの直流母線に直接接続することが可能となるため、電池 5 と直流母線との間に従来技術で必要であった、電池 5 の充放電を制御する充放電制御装置が不要となる。本実施形態によれば、充放電制御装置を用いないため、充放電制御装置の設置スペースが不要となる。また、高価な充放電制御装置を用いないため、装置全体として安価になる。

【0047】

電池 5 を直流母線に直接接続すると、電池 5 への充放電が、電池 5 の起電力とインバー

50

タ 3 の直流母線の電圧との差によって決まるため、電池 5 が過充電又は過放電になる場合がある。しかし、本実施形態によれば、運転指令が入力されたとき、電池モニタ 6 により算出される電池 5 の SOC に基づいて所定時間 を設定し、設定した時間 が経過するまでの間、エンジン発電機 1 のエンジン回転数をアイドルのままにしている。よって、巻き上げが電池 5 からの電力のみで行われ、電池 5 が消費される。これにより、電池 5 の過充電を防ぐことができる。また、運転指令の入力が終了したときは、電池モニタ 6 により算出される電池 5 の SOC に基づいて、所定時間 を設定し、所定時間 が経過するまでは、エンジン発電機 1 のエンジン回転数を定格回転のままにしている。これにより、エンジン発電機 1 から出力される電力で、電池 5 が充電される。よって、電池 5 の過放電を防ぐことができる。

10

【0048】

また、所定時間 、 の長さを電池モニタ 6 により算出される電池 5 の SOC に基づいて設定することにより、電池 5 を所望の SOC に近づけることができる。よって、より確実に電池 5 の過充電及び過放電を防止することができる。これにより、電池 5 の寿命の延命化に寄与できる。

【0049】

エンジン発電機 1 と電池 5 による巻き上げ時の負荷分担はそれぞれの電圧によって決まる。電池 5 の電圧が発電機 1 2 の電圧よりも低くなるように設定しておけば、巻き上げ時の電池 5 の負荷分担は小さくなり、巻き上げ時における電池 5 の放電量が減る。よって、回生によって電池 5 に蓄積された電力をエンジンアイドル時の補機 10 への給電に十分に使用することができる。例えば、インバータ 3 に電池 5 を直結する前に、予め電池 5 の電圧を下げておくことにより、巻き上げ時の電池 5 の負荷分担を小さくすることができる。

20

【0050】

4. 変形例

なお、本実施形態においては、モータ 4 が巻き上げ用モータである場合について説明したが、モータ 4 は、トラバーサ 105 を横行させるための横行用モータ、又はタイヤ 107 を走行させるための走行用モータであってもよい。この場合であっても、本実施形態を適用できる。すなわち、走行が行われていない間及び横行が行われていない間、エンジン 11 をアイドルにすることにより、燃費を良くすることができる。さらに、走行開始時及び走行終了時、又は横行開始時及び横行終了時において、電池 5 の SOC に基づいて、所定時間 、 を設定し、エンジン回転数の切り替えタイミングを制御することにより、電池 5 の過充電及び過放電を防止できる。

30

【0051】

なお、電池 5 は、ニッケル水素電池以外の蓄電設備であってもよい。例えば、電池 5 は、鉛蓄電池、リチウムイオン電池、電気二重層キャパシタであってもよい。この場合、電池もしくはキャパシタなどの蓄電設備の間には、充放電制御装置を配して、電池等の電圧を適宜、昇降圧して、直流母線に接続してもよい。この場合であっても、本願発明の所定の効果を得ることができる。

【0052】

なお、本実施形態においては、所定時間 、 を 0 ~ 12 秒の範囲で設定したが、この値は変更可能である。例えば、所定時間 は、電池 5 の SOC が十分に大きいとき（例えば、90% 以上のとき）は、電池 5 のみで巻き上げを完了することができる時間に設定してもよい。

40

【0053】

また、荷役機械 100 は、RTG の他、ガントリークレーン、ジブクレーン等であってもよい。

【産業上の利用可能性】

【0054】

本発明の制御装置及び制御方法によれば燃費を良くすることができるという効果を有し、RTG などの荷役機械に有用である。

50

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 5 】

【図 1】本発明の制御装置を含む荷役機械の外観図

【図 2】図 1 の荷役機械の構成を示すブロック図

【図 3】巻き上げ開始時のフローチャート

【図 4】所定時間 の特性図

【図 5】巻き上げ終了時のフローチャート

【図 6】所定時間 の特性図

【図 7】所定時間 、 が設けられない場合の例を示すタイミングチャート

【図 8】所定時間 が設けられる場合の例を示すタイミングチャート

10

【図 9】所定時間 が設けられる場合の例を示すタイミングチャート

【図 1 0】従来の実験結果を示すグラフ

【図 1 1】本発明の実験結果を示すグラフ

【図 1 2】各種電池の S O C に対する電圧変化を示す S O C 特性図

【符号の説明】

【 0 0 5 6 】

1 エンジン発電機

2 エンジン発電機制御装置

3 インバータ

4 モータ

20

5 電池

6 電池モニタ

7 パワーフロー制御装置

8 運転指令部

9 D C / A C コンバータ

1 0 補機

1 1 エンジン

1 2 発電機

3 1 コンバータ部

3 2 インバータ部

30

1 0 0 荷役機械

1 0 1 コンテナ

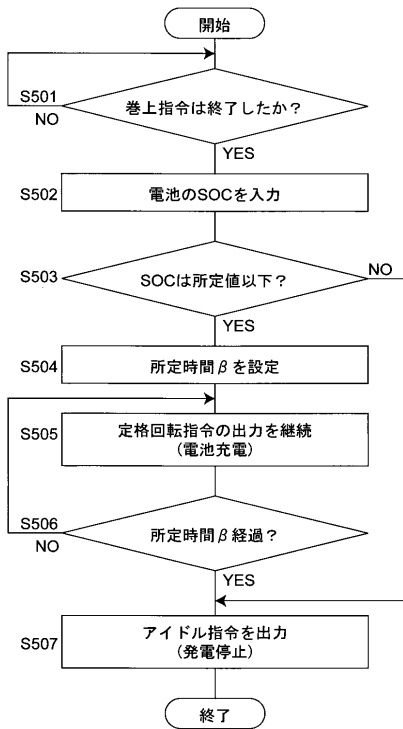
1 0 3 スプレッダ

1 0 5 トラバース

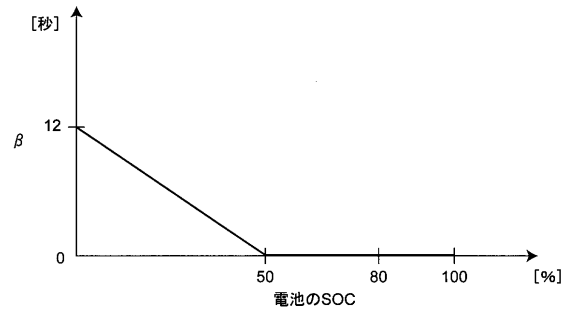
1 0 7 タイヤ

1 0 9 ワイヤロープ

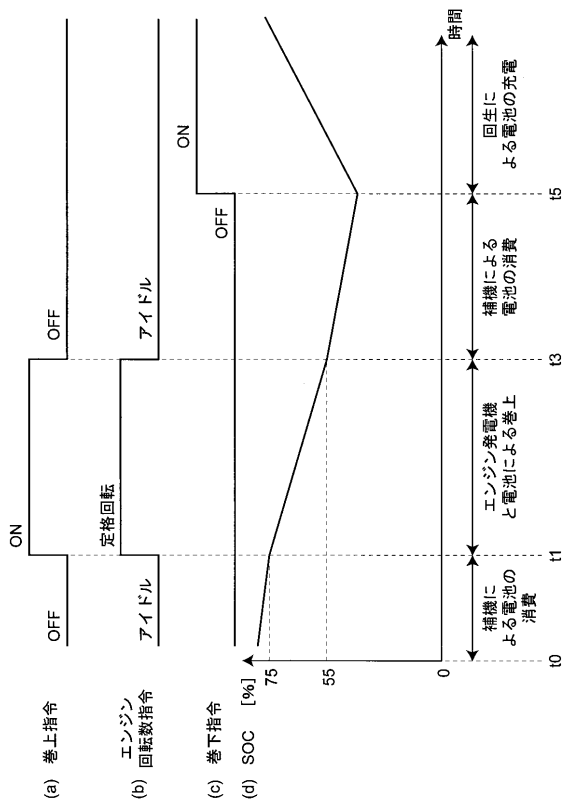
【図 5】



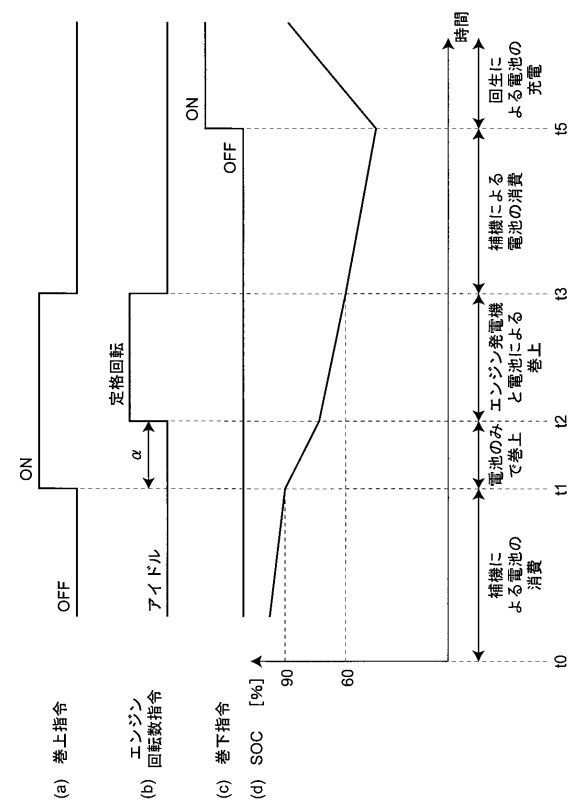
【図 6】



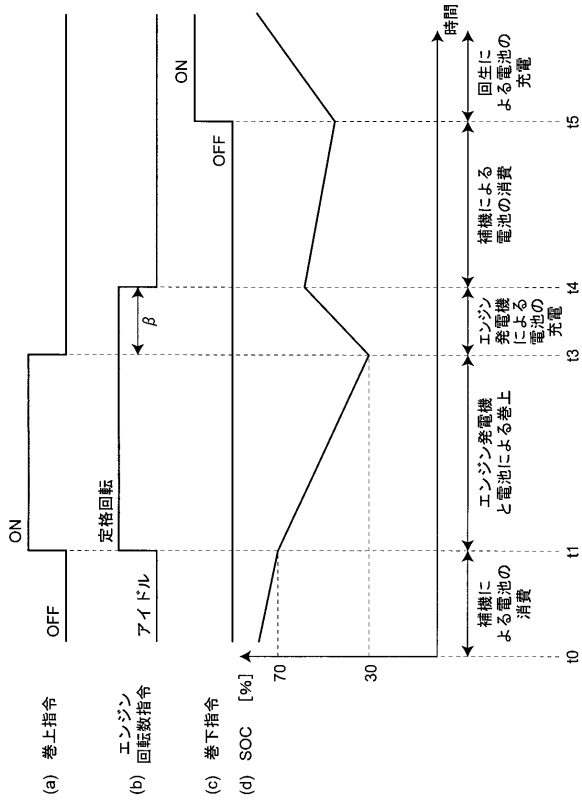
【図 7】



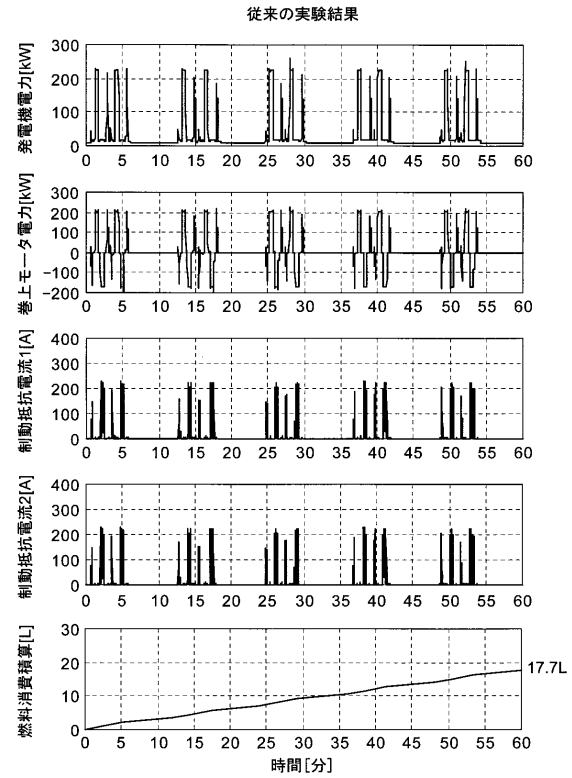
【図 8】



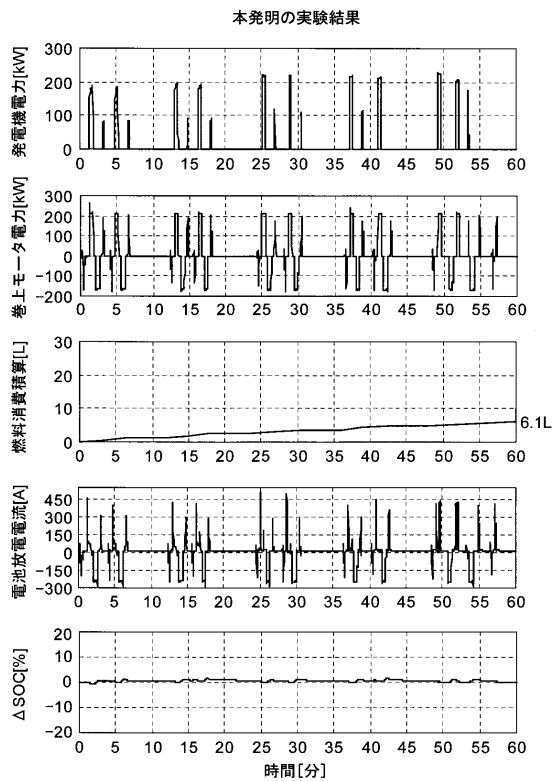
【図 9】



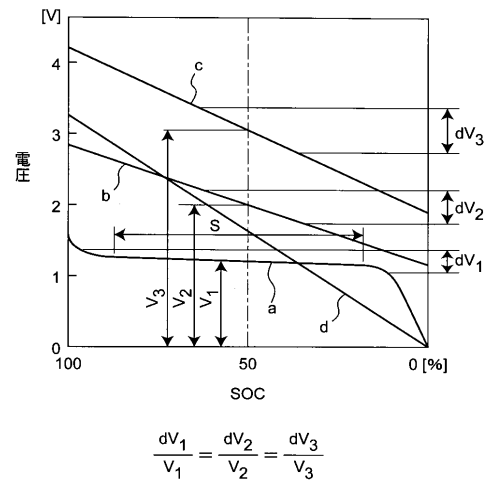
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 宮本 裕一

兵庫県明石市川崎町 1 - 1 川崎重工業株式会社明石工場内

(72)発明者 林 正人

兵庫県明石市川崎町 1 - 1 川崎重工業株式会社明石工場内

(72)発明者 宮崎 崇

兵庫県神戸市兵庫区和田山通 2 丁目 1 番 1 8 号 川崎重工業株式会社兵庫工場内

(72)発明者 細谷 和弘

兵庫県神戸市兵庫区和田山通 2 丁目 1 番 1 8 号 川崎重工業株式会社兵庫工場内

F ターム(参考) 3F204 AA03 DD03 DD18

3G093 AA08 AA16 CA04 DA01 DB19 DB20 DB22 DB28 EA03 EB09

EC02

5H590 AA02 AB04 AB05 CA09 CA23 CD03 CE04 CE05 EA07 FA01

HA27