

(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2007-325338

(P2007-325338A)

(43) 公開日 平成19年12月13日(2007.12.13)

(51) Int. Cl.  
B60L 15/38 (2006.01)

F I  
B60L 15/38

テーマコード(参考)  
5H115

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2006-149922 (P2006-149922)  
(22) 出願日 平成18年5月30日(2006.5.30)

(71) 出願人 000173784  
財団法人鉄道総合技術研究所  
東京都国分寺市光町2丁目8番地38  
(74) 代理人 100124682  
弁理士 黒田 泰  
(74) 代理人 100104710  
弁理士 竹腰 昇  
(74) 代理人 100090479  
弁理士 井上 一  
(72) 発明者 川村 淳也  
東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財  
団法人鉄道総合技術研究所内  
(72) 発明者 近藤 圭一郎  
東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財  
団法人鉄道総合技術研究所内

最終頁に続く

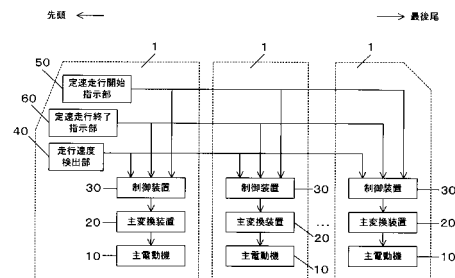
(54) 【発明の名称】 定速走行制御方法及び制御装置

(57) 【要約】

【課題】 列車の定速走行時における高効率な運転制御を実現すること。

【解決手段】 定速走行時、各車両1に備えられた制御装置30は、現在の走行速度 $V_i$ と目標速度 $V^*$ との速度差 $\Delta V$ 及び加速度に基づいて稼働する主変換装置20の稼働台数 $N_i$ を決定し、決定した稼働台数 $N_i$ を基に自主変換装置20が稼働対象であるか否かを判断する。自主変換装置20が稼働対象ならば自主変換装置20を稼働し、稼働対象でないならば停止させる。またこのとき、主変換装置20は、主電動機10及び主変換装置20の総合効率が最も高い状態となるよう、自主変換装置20を稼働させる。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

複数の電動車を有して構成される列車に具備された複数の主変換装置それぞれの稼働を制御して、現在の走行速度を所与の目標速度に保つ定速走行制御を行う定速走行制御方法であって、

現在の走行速度と前記目標速度との速度差、及び、現在の加速度を算出する算出工程と

、  
前記算出された速度差及び加速度に基づいて、所定の動作条件で稼働させる主変換装置を決定する稼働装置決定工程と、

前記決定された主変換装置それぞれを共通の前記動作条件で稼働し、他の主変換装置を停止させる稼働制御工程と、

を含む定速走行制御方法。

10

## 【請求項 2】

前記稼働装置決定工程は、現在稼働中の主変換装置の台数に対して増減する主変換装置の台数を、前記算出された速度差及び加速度に基づいて決定する増減台数決定工程を含み、前記決定された増減台数に基づいて前記動作条件で稼働させる主変換装置を決定する工程である請求項 1 に記載の定速走行制御方法。

## 【請求項 3】

前記稼働装置決定工程は、

所定の優先順位に従って稼働させる主変換装置を決定する優先順位決定工程と、

前記優先順位を定期的に変更する優先順位変更工程と、

を含む請求項 1 又は 2 に記載の定速走行制御方法。

20

## 【請求項 4】

複数の電動車を有して構成される列車に具備された  $N$  台 ( $N \geq 2$ ) の主変換装置それぞれの稼働を制御して、現在の走行速度を所与の目標速度に保つ定速走行制御を行う前記主変換装置それぞれの制御装置であって、

$M$  台 ( $N \geq M$ ) の主変換装置を稼働させる場合に自制御装置の制御対象の主変換装置を稼働させるか否かを判定可能な稼働判定データを記憶する記憶手段と、

現在の走行速度と前記目標速度との速度差、及び、現在の加速度を算出する算出手段と

、  
前記算出された速度差及び加速度に基づいて、前記  $N$  台の主変換装置のうち、共通する所定の動作条件で稼働させる主変換装置の台数を決定する稼働台数決定手段と、

前記決定された主変換装置の台数と前記稼働判定データとに基づいて、自制御装置の制御対象の主変換装置を稼働させるか否かを判定する判定手段と、

前記判定手段により稼働させると判定された場合に自制御装置の制御対象の主変換装置を前記動作条件で稼働させ、稼働させないと判定された場合に当該主変換装置を停止させる稼働制御手段と、

を備えた制御装置。

30

## 【請求項 5】

複数の電動車を有して構成される列車に具備された複数の主変換装置それぞれの稼働を制御して、現在の走行速度を所与の目標速度に保つ定速走行制御を行う前記主変換装置それぞれの制御装置であって、

現在の走行速度と前記目標速度との速度差、及び、現在の加速度に基づいて、自制御装置の制御対象の主変換装置を所定の動作条件で稼働させるか否かを判定可能な複数種類の稼働判定データを記憶する記憶手段と、

現在の走行速度と前記目標速度との速度差、及び、現在の加速度を算出する算出手段と

、  
前記記憶手段に記憶された複数種類の稼働判定データから択一的に稼働判定データを選択する選択手段と、

前記算出された速度差及び加速度と前記選択された稼働判定データとに基づいて、自制

40

50

御装置の制御対象の主変換装置を稼働させるか否かを判定する判定手段と、

前記判定手段により稼働させると判定された場合に自制御装置の制御対象の主変換装置を前記動作条件で稼働させ、稼働させないと判定された場合に当該主変換装置を停止させる稼働制御手段と、

を備えた制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、列車の走行速度を所与の目標速度に保つ定速走行制御方法等に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、電気車の走行制御では、例えば、全編成の車両重量から所定の加速度を得るために必要なトルクを算出し、必要トルクを各電動機で分担するように各電動機を制御している。しかしながら、この制御方法では、効率化という点で問題があった。即ち、電動機効率と電動機を駆動するインバータ効率との積で表される総合効率は、電動機にかかる負荷が高くなるほど（高負荷）、総合効率が高くなり、逆に電動機にかかる負荷が低くなるほど（低負荷）、総合効率が著しく低下する。つまり、必要トルクが小さいほど、総合効率が低くなり、その結果、編成全体としての効率が悪くなる。

【0003】

そこで、効率化を図るための技術として、全編成の車両重量とノッチ指令等に応じた加速度とによって必要な引張力（必要トルク）を算出し、その必要トルクに応じて電動機の稼働台数を求め、稼働する各電動機の一当りの出力値を決定する技術が知られている（例えば、特許文献1参照）。

【特許文献1】特開平7-308004号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述の特許文献1の技術では、全編成の車両重量と所望の加速度によって必要トルクを算出し、算出した必要トルクに応じて電動機の稼働台数や電動機一台あたりの出力値を決定している。しかしながら、特許文献1の技術は、必要トルクの大きい加速走行時の制御であり、効率の観点から、必要トルクが比較的小さい定速走行にはそのまま適用できなかった。本発明は、上記事情に鑑みて為されたものであり、列車の定速走行時における高効率な運転制御を実現することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記課題を解決するための第1の発明は、

複数の電動車を有して構成される列車に具備された複数の主変換装置それぞれの稼働を制御して、現在の走行速度を所与の目標速度に保つ定速走行制御を行う定速走行制御方法であって、

現在の走行速度と前記目標速度との速度差、及び、現在の加速度を算出する算出工程（例えば、図12のステップA15～A17）と、

前記算出された速度差及び加速度に基づいて、所定の動作条件で稼働させる主変換装置を決定する稼働装置決定工程（例えば、図12のステップA23）と、

前記決定された主変換装置それぞれを共通の前記動作条件で稼働し、他の主変換装置を停止させる稼働制御工程（例えば、図12のステップA25～A29）と、

を含む定速走行制御方法である。

【0006】

この第1の発明によれば、現在の走行速度と目標速度との速度差、及び、現在の加速度に基づいて、所定の動作条件で稼働させる主変換装置が決定され、決定された主変換装置それぞれが共通の動作条件で稼働されるとともに、他の主変換装置が停止されることで、

10

20

30

40

50

走行速度を所与の目標速度に保つ定速走行制御が実現される。

【0007】

つまり、列車に具備される全ての主変換装置のうち、一部の主変換装置が稼働され、他の主変換装置は停止される。この結果、全ての電動機のうち、稼働される主変換装置により駆動される一部の電動機のみで列車が駆動されることになる。ところで、電動機とこの電動機を駆動する主変換装置との総合効率は、電動機にかかる負荷が高くなるほど（高負荷）、高い。このため、一部の主変換装置のみを稼働させることで、列車全体としての効率が向上し、消費電力の低減が実現される。またこの場合、主変換装置の動作条件を、電動機と主変換装置との総合効率が最も高効率となる条件とすることで、更なる高効率化が図れる。尚、電動機と主変換装置の仕様は予め分かっているため、その動作条件を予め定めておくことができる。

10

【0008】

第2の発明は、第1の発明の定速走行制御方法であって、

前記稼働装置決定工程は、現在稼働中の主変換装置の台数に対して増減する主変換装置の台数を、前記算出された速度差及び加速度に基づいて決定する増減台数決定工程を含み、前記決定された増減台数に基づいて前記動作条件で稼働させる主変換装置を決定する工程である定速走行制御方法である。

【0009】

この第2の発明によれば、現在稼働中の主変換装置の台数に対して増減する主変換装置の台数が、走行速度と目標速度との速度差及び加速度に基づいて決定され、決定された増減台数に基づいて、所定の動作条件で稼働させる主変換装置が決定される。

20

【0010】

このように、目標速度との速度差及び加速度に基づいて増減台数を決定することで、走行速度を速やかに目標速度に近づけるように制御できるとともに、稼働する主変換装置の台数を適切且つ容易に決定できる。ここで、増減台数の決定としては、例えば、走行速度が目標速度より速い場合には、増減台数を負、即ち稼働する主変換装置の台数を減少させ、逆に走行速度が目標速度より遅い場合には、増減台数を正、即ち稼働する主変換装置の台数を増加させるようにすることが望ましい。

【0011】

第3の発明は、第1又は第2の発明の定速走行制御方法であって、

前記稼働装置決定工程は、

所定の優先順位に従って稼働させる主変換装置を決定する優先順位決定工程と、

前記優先順位を定期的に変更する優先順位変更工程と、

を含む定速走行制御方法である。

30

【0012】

この第3の発明によれば、所定の優先順位に従って稼働させる主変換装置が決定されるとともに、この優先順位が定期的に変更される。つまり、優先順位が変更されることで、稼働する主変換装置の数が同じであっても、その時々で稼働する主変換装置が異なる、即ち駆動される電動機が変化する。ところで、優先順位を固定とすると、優先順位が高い主変換装置が高頻度で稼働され、優先順位の低い主変換装置の稼働頻度は低くなる。しかし、優先順位が変更されることで、各主変換装置がほぼ均等に稼働され、主変換装置及び電動機の稼働の偏りが防止される。また、各主変換装置及び電動機の稼働時間が均等になる結果、稼働による発熱時間がほぼ均等になるため、一部の機器の寿命が極端に短くなることなく、全体として各機器の寿命低下が防止される。

40

【0013】

第4の発明は、

複数の電動車を有して構成される列車に具備されたN台（ $N \geq 2$ ）の主変換装置それぞれの稼働を制御して、現在の走行速度を所与の目標速度に保つ定速走行制御を行う前記主変換装置それぞれの制御装置（例えば、図1の制御装置30）であって、

M台（ $N \geq M$ ）の主変換装置を稼働させる場合に自制御装置の制御対象の主変換装置を

50

稼働させるか否かを判定可能な稼働判定データを記憶する記憶手段（例えば、図4の自車両データ310及び優先車両データ320）と、

現在の走行速度と前記目標速度との速度差、及び、現在の加速度を算出する算出手段（例えば、図4の定速走行制御部100；図12のステップA15～A17）と、

前記算出された速度差及び加速度に基づいて、前記N台の主変換装置のうち、共通する所定の動作条件で稼働させる主変換装置の台数を決定する稼働台数決定手段（例えば、図4の定速走行制御部100；図12のステップA21）と、

前記決定された主変換装置の台数と前記稼働判定データとに基づいて、自制御装置の制御対象の主変換装置を稼働させるか否かを判定する判定手段（例えば、図4の定速走行制御部100；図12のステップA25）と、

前記判定手段により稼働させると判定された場合に自制御装置の制御対象の主変換装置を前記動作条件で稼働させ、稼働させないと判定された場合に当該主変換装置を停止させる稼働制御手段（例えば、図4の定速走行制御部100；図12のステップA27～A29）と、

を備えた制御装置である。

#### 【0014】

この第4の発明によれば、現在の走行速度と目標速度との速度差、及び、現在の加速度に基づいて、所定の動作条件で稼働させる主変換装置の台数を決定し、決定した主変換装置の台数と記憶されている稼働判定データとに基づいて制御対象の主変換装置を稼働させるか否かを判定し、稼働させると判定した場合には制御対象の主変換装置を所定の動作条件で稼働し、稼働させないと判定した場合には停止することで、現在の走行速度を所与の目標速度に保つ定速走行制御を行う主変換装置それぞれの制御装置が実現される。

#### 【0015】

これにより、定速走行時には、列車に具備される全ての主変換装置のうち、一部の主変換装置が稼働され、他の主変換装置は停止される。この結果、全ての電動機のうち、稼働される主変換装置により駆動される一部の電動機のみで列車が駆動されることとなる。ところで、電動機とこの電動機を駆動する主変換装置との総合効率は、電動機にかかる負荷が高くなるほど（高負荷）、高い。このため、一部の主変換装置のみを稼働させることで、列車全体としての効率が向上し、消費電力の低減が実現される。またこの場合、主変換装置の動作条件を、電動機と主変換装置との総合効率が最も高効率となる条件とすることで、更なる高効率化が図れる。尚、電動機と主変換装置の仕様は予め分かっているため、その動作条件を予め定めておくことができる。

#### 【0016】

第5の発明は、

複数の電動車を有して構成される列車に具備された複数の主変換装置それぞれの稼働を制御して、現在の走行速度を所与の目標速度に保つ定速走行制御を行う前記主変換装置それぞれの制御装置であって、

現在の走行速度と前記目標速度との速度差、及び、現在の加速度に基づいて、自制御装置の制御対象の主変換装置を所定の動作条件で稼働させるか否かを判定可能な複数種類の稼働判定データを記憶する記憶手段と、

現在の走行速度と前記目標速度との速度差、及び、現在の加速度を算出する算出手段と、

前記記憶手段に記憶された複数種類の稼働判定データから択一的に稼働判定データを選択する選択手段と、

前記算出された速度差及び加速度と前記選択された稼働判定データとに基づいて、自制御装置の制御対象の主変換装置を稼働させるか否かを判定する判定手段と、

前記判定手段により稼働させると判定された場合に自制御装置の制御対象の主変換装置を前記動作条件で稼働させ、稼働させないと判定された場合に当該主変換装置を停止させる稼働制御手段と、

を備えた制御装置である。

10

20

30

40

50

## 【0017】

この第5の発明によれば、現在の走行速度と目標速度との速度差及び現在の加速度と、記憶されている複数種類の稼働判定データから択一的に選択された稼働判定データとに基づいて、制御対象の主変換装置を稼働させるか否かを判定し、稼働させると判定した場合には制御対象の主変換装置を所定の動作条件で稼働し、稼働させないと判定した場合には停止することで、現在の走行速度を所与の目標速度に保つ定速走行制御を行う主変換装置それぞれの制御装置が実現される。

## 【0018】

これにより、定速走行時には、列車に具備される全ての主変換装置のうち、一部の主変換装置が稼働され、他の主変換装置は停止される。この結果、全ての電動機のうち、稼働される主変換装置により駆動される一部の電動機のみで列車が駆動されることとなる。ところで、電動機とこの電動機を駆動する主変換装置との総合効率は、電動機にかかる負荷が高くなるほど（高負荷）、高い。このため、一部の主変換装置のみを稼働させることで、列車全体としての効率が向上し、消費電力の低減が実現される。またこの場合、主変換装置の動作条件を、電動機と主変換装置との総合効率が最も高効率となる条件とすることで、更なる高効率化が図れる。尚、電動機と主変換装置の仕様は予め分かっているため、その動作条件を予め定めておくことができる。

10

## 【発明の効果】

## 【0019】

本発明によれば、列車に具備される全ての主変換装置のうち、一部の主変換装置が稼働され、他の主変換装置は停止される。この結果、全ての電動機のうち、稼働される主変換装置により駆動される一部の電動機のみで列車が駆動されることとなる。電動機とこの電動機を駆動する主変換装置との総合効率は、電動機にかかる負荷が高くなるほど（高負荷）、高い。このため、列車全体としての効率が向上し、消費電力の低減が実現される。またこの場合、主変換装置の動作条件を、電動機と主変換装置との総合効率が最も高効率となる条件とすることで、更なる高効率化が図れる。

20

## 【0020】

また、車両毎に独立して主変換装置の稼働が制御される。このため、全ての主変換装置を統括して稼働制御するための装置や、該装置と各主変換装置とを繋ぐ伝送線が不要となり、コストやスペースの削減、車両の軽量化が実現される。

30

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0021】

以下、図面を参照して、本発明の好適な実施形態を説明する。

## [全体構成]

図1は、本実施形態における列車編成の一例を示す図である。同図に示すように、列車は複数の車両1が連結されて編成される。尚、列車を構成する車両は電動車或いは付随車であるが、ここでは全ての車両1が電動車であるとする。そして、電動車である各車両1には、主電動機10と、主変換装置20と、制御装置30とが備えられており、何れも同一仕様であるとする。また、編成のうちの一の車両1（同図では、先頭車両）には、更に、走行速度検出部40と、定速走行開始指示部50と、定速走行終了指示部60とが備えられている。

40

## 【0022】

走行速度検出部40は、列車の現在の走行速度Vを検出する。具体的には、車軸に取り付けられて検出した車軸の回転速度から列車の走行速度Vを算出する速度センサとしても良いし、或いは、速度センサを用いない公知の速度センサレス制御により走行速度Vを推定することにも良い。検出された走行速度Vは、各車両1の制御装置30それぞれに出力される。

## 【0023】

定速走行開始指示部50は、走行中、定速走行（定速運転）の開始指示操作が為されると、各車両1の制御装置30それぞれに対して、定速走行開始指示を目標速度 $V^*$ とともに

50

に出力する。定速走行の開始指示操作は、運転士による定速ノッチ操作や定速ボタンの入操作である。

【0024】

定速走行終了指示部60は、定速走行の終了（解除）を判断すると、各車両1の制御装置30それぞれに対して、定速走行終了指示を出力する。具体的には、制動作用時や、定速ノッチ以外のノッチ操作が為されたとき、或いは定速ボタンの切操作が為されたときに停止走行を終了すると判断する。尚、これら走行速度検出部40、定速走行開始指示部50及び定速走行終了指示部60は、何れも公知の技術であるため、詳細説明は省略する。

【0025】

主電動機10は、架線（不図示）から主変換装置20を介して供給される三相交流電力によって車軸（不図示）を回転駆動する電動機であり、例えば三相交流誘導電動機で実現される。

10

【0026】

主変換装置20は、インバータを含んで構成され、制御装置30から入力される制御信号に従って、架線（不図示）から供給される直流電力を交流電力に変換して主電動機10に供給する。即ち、インバータは、例えばIGBT等の半導体スイッチング素子から成り、制御装置30から入力される制御信号に従ってスイッチング駆動され、供給される直流電力を可変電圧/可変周波数の三相交流電力に変換して主電動機10に供給する。

【0027】

[原理]

20

本実施形態は、定速走行時において、各主変換装置20の稼働を制御することで編成全体としての消費電力の低減を図る実施形態である。

【0028】

図2は、主電動機10の機器特性の一例を示す図である。同図では、横軸を主電動機10の出力P、縦軸を主電動機10の効率として、主電動機10の出力Pに対する効率を示している。同図に示すように、効率は出力Pによって異なる。大まかには、出力Pが大きくなるほど効率が高くなるが、出力Pがある程度以上になると、それ以降は効率が徐々に低くなる。

【0029】

図3は、本実施形態の原理を説明するための図である。同図(a)は、従来の定速走行制御であり、同図(b)は、本実施形態の定速走行制御である。何れも、電動車であるN台の車両1から編成される列車を定速走行制御する場合を示している。

30

【0030】

従来の定速走行制御では、同図(a)に示すように、N台の主変換装置20の全てを稼働し、定速走行に要するトルク（必要トルク）がN台の主電動機10で分担される。このとき、各主電動機10は、例えば図2の機器特性上のA点で駆動されるとすると、各主電動機10の出力Pは $P_A$ であり、効率は $\eta_A$ である。つまり、編成全体の主電動機10の出力の総和 $P_{TA}$ は、 $P_{TA} = N \times P_A$ 、となる。また、主電動機10の一台当たりの損失 $R_A$ は、 $R_A = P_A \times (1 - \eta_A)$ 、となる。従って、編成全体の損失 $R_{TA}$ は、次式(1)となる。

40

$$R_{TA} = N \times P_A \times (1 - \eta_A) \\ = P_{TA} \times (1 - \eta_A) \quad \cdots (1)$$

【0031】

これに対して、本実施形態では、図3(b)に示すように、N台の主変換装置20のうち、一部のn台の主変換装置20を稼働し、他の(N-n)台の主変換装置20は停止する。即ち、n台の主電動機10が駆動され、必要トルクがn台の主電動機10で分担される。つまり、駆動される各主電動機10にかかる負荷は、同図(a)に示す従来よりも高い。例えば図2に示す機器特性上のB点で駆動されるとすると、各主電動機10の出力Pは $P_B (> P_A)$ であり、効率は $\eta_B (> \eta_A)$ である。

【0032】

50

そして、編成全体の主電動機 10 の出力の総和  $P_{TB}$  は、 $P_{TB} = n \times P_B$ 、となる。尚、この総和出力  $P_{TB}$  は、同図 (a) に示す従来の場合の総和出力  $P_{TA}$  に等しい。また、主電動機 10 の一台当たりの損失  $R_B$  は、 $R_B = P_B \times (1 - \eta_B)$ 、となる。従って、編成全体の損失  $R_{TB}$  は、次式 (2) となる。

$$R_{TB} = n \times P_B \times (1 - \eta_B) \\ = P_{TB} \times (1 - \eta_B) \quad \cdot \cdot (2)$$

#### 【0033】

式 (1), (2) を比較すると、 $\eta_A < \eta_B$ 、であるから、 $R_{TA} > R_{TB}$ 、である。即ち、本実施形態のほうが従来よりも編成全体の損失  $R_T$  が小さい。つまり、本実施形態によれば、従来に比較して効率が向上し、消費電力の低減が実現される。

10

#### 【0034】

##### [制御装置]

図 4 は、制御装置 30 の内部構成の一例を示す図である。同図によれば、制御装置 30 は、処理部である定速走行制御部 100 を有するとともに、定速走行制御プログラム 200 と、データ群 300 とを記憶している。データ群 300 には、自車両データ 310 と、優先車両データ 320 と、初期稼働台数算出データ 330 と、稼働増減台数テーブル 340 と、走行速度データ 350 と、目標走行データ 360 と、稼働状況データ 370 とが含まれている。制御装置 30 は、上述のように各車両 1 に備えられており、各制御装置 30 が独立して同一の定速走行制御を行う。以下、制御装置 30 の制御対象の主変換装置 20 や、この主変換装置 20 によって駆動される主電動機 10 を特に区別する場合には、該制御装置 30 及び主電動機 10 それぞれを、「自制御装置 30」及び「自主電動機 10」という。

20

#### 【0035】

定速走行制御部 100 は、定速走行開始指示部 50 から定速走行の開始指示が入力されると、定速走行制御プログラム 200 に従い、データ群 300 を基に、指示された目標速度  $V^*$  を保つように定速走行 (定速運転) させる定速走行制御処理を行う。

#### 【0036】

具体的には、先ず、走行速度検出部 40 により検出された現在の走行速度  $V$  を基に、初期稼働台数算出データ 330 を参照して、主電動機 10 の最大出力  $T_E$  及び走行抵抗  $R_r$  を判断する。

30

#### 【0037】

図 5 に、走行速度  $V$  と、主電動機 10 の最大出力  $T_E$  及び走行抵抗  $R_r$  との関係の一例を示す。同図では、横軸を走行速度  $V$ 、縦軸を最大出力  $T_E$  及び走行抵抗  $R_r$  としたグラフを示している。同図によれば、主電動機 10 の最大出力  $T_E$  は、走行速度  $V$  が所定値に達するまではほぼ一定であり、この所定値を超えると、走行速度  $V$  の上昇につれて減少する。また、走行抵抗  $R_r$  は、走行速度  $V$  の上昇につれて上昇する。この各グラフを表す関数式が、初期稼働台数算出データ 330 として記憶される。

#### 【0038】

次いで、定速走行制御部 100 は、判断した主電動機 10 の最大出力  $T_E$  及び走行抵抗  $R_r$  を基に、次式 (3) に従って、主電動機 10 の初期稼働台数  $N_0$  を算出する。

40

$$N_0 = R_r / T_E \quad \cdot \cdot (3)$$

但し、初期稼働台数  $N_0$  は正数であり、走行抵抗  $R_r$  を最大出力  $T_E$  で除した値を、小数点以下を切り上げた値として算出される。

#### 【0039】

初期稼働台数  $N_0$  を決定すると、続いて、優先車両データ 320 を参照し、一編成の全ての主変換装置 20 のうち、稼働させる  $N_0$  台の主変換装置 20 を決定する。

#### 【0040】

優先車両データ 320 は、主変換装置 20 を稼働させる際の優先順位を指定するデータである。図 6 に、優先車両データ 320 のデータ構成の一例を示す。同図によれば、優先車両データ 320 は、稼働する主変換装置 20 を決定する際の優先順位が最も高い主変換

50



装置 20 が備えられている車両 1 の車両番号を格納している。この優先車両データ 320 に格納された車両番号の車両 1 に備えられた主変換装置 20 の優先順位が最も高く、以降は車両番号順に優先順位となる。最後尾車両の次は、先頭車両となる。尚、車両番号は、例えば先頭車両を基準とした最後尾車両までの連番（例えば、先頭車両から順に「1」、「2」、・・・）となっている。

#### 【0041】

定速走行制御部 100 は、優先車両データ 320 で指定される車両 1 から連続する後続の  $N_0$  台の車両 1 それぞれに備えられている主変換装置 20 を、稼働対象の主変換装置 20 とする。

#### 【0042】

その後、定速走行制御部 100 は、自主変換装置 20 が稼働対象の主変換装置 20 であるかを判断し、稼働対象ならば、制御対象である自主変換装置 20 を稼働（動作）させ、稼働対象でないならば、停止させる。このとき、当該制御装置 30 が備えられている車両 1（以下、「自車両」という）が編成中の何れの車両 1 であるかは、自車両データ 310 を参照して判定する。図 7 に、自車両データ 310 のデータ構成の一例を示す。同図によれば、自車両データ 310 は、自車両の車両番号を格納している。また、主変換装置 20 を稼働する場合、主電動機 10 の出力が、主変換装置 20 及び主電動機 10 の総合効率が最も高い状態で出力するよう、主変換装置 20 を稼働させる。このときの主変換装置 20 の制御パラメータは、その仕様によって予め定められるため、主変換装置 20 の稼働制御は ON/OFF 制御に近いものになる。

10

20

#### 【0043】

ここで、各主変換装置 20 の稼働状況は稼働状況データ 370 に格納される。図 8 に、稼働状況データ 370 のデータ構成の一例を示す。同図によれば、稼働状況データ 370 は、主変換装置 371 毎に、稼働状況 372 を対応付けて格納している。稼働状況 372 には、稼働中或いは停止中を示すデータが格納される。

#### 【0044】

その後、定速走行制御装置 30 は、定速走行終了指示部 60 から定速走行の終了指示が入力されるまでの間、所定時間  $T$  毎に次の処理を繰り返す。即ち、次式（4）に従って、走行速度検出部 40 により検出された現在の走行速度  $V_i$  と、目標速度  $V^*$  との速度差  $V$  を算出する。

$$V = V^* - V_i \quad \cdot \cdot (4)$$

30

#### 【0045】

また、次式（5）に従って、現在の加速度  $a$  を算出する。

$$a = (V_i - V_{i-1}) / T \quad \cdot \cdot (5)$$

上式（5）において、 $V_{i-1}$  は、前回の走行速度、即ち時間  $T$  だけ過去の時点での走行速度である。尚、定速走行制御の開始直後では、初期速度  $V_0$  を前回速度  $V_{i-1}$  とする。

#### 【0046】

ここで、目標速度  $V^*$  は、例えば図 9 に一例を示す目標速度データ 360 に格納されている。また、現在速度  $V_i$  及び前回速度  $V_{i-1}$  は、例えば図 10 に一例を示す走行速度データ 350 に格納されている。

40

#### 【0047】

次いで、算出した速度差  $V$ 、及び加速度  $a$  を基に、稼働増減台数テーブル 340 を参照して、主変換装置 20 の増減台数  $n$  を決定する。ここで、増減台数  $n$  は整数値である。即ち、増減台数  $n$  が正值の場合、主変換装置 20 の稼働数を増加させることになり、負値の場合、稼働数を減少させることになる。

#### 【0048】

図 11 に、稼働増減台数テーブル 340 のデータ構成の一例を示す。同図によれば、稼働増減台数テーブル 340 は、速度差 341 及び加速度 342 の組み合わせ毎に、増減台数  $n$  を対応付けて格納している。尚、同図では、現在の走行速度  $V$  が目標速度  $V^*$  に近い

50

場合には現在の走行速度  $V$  を保つよう、速度差  $V$  が「 $-0.5 \sim 0.5$ 」の範囲では増減台数  $n$  が「 $0$ 」に設定されている。

【0049】

同図によれば、例えば、速度差  $V$  が正 ( $V > 0$ )、且つ加速度  $a$  が正 ( $a > 0$ ) の場合 (走行速度が目標速度  $V^*$  より遅く、且つ加速中の場合) には、増減台数  $n$  が正値、即ち稼働台数を増加させるように設定され、その増加台数  $n$  は、速度差  $V$  が大きいほど、また加速度  $a$  が小さいほど、多くなるように設定されている。

【0050】

また、速度差  $V$  が正 ( $V > 0$ )、且つ加速度  $a$  が負 ( $a < 0$ ) の場合 (走行速度  $V$  が目標速度  $V^*$  より遅く、且つ減速中の場合) には、増減台数  $n$  は正値、即ち稼働台数を増加させるように設定され、その増加台数  $n$  は、速度差  $V$  が大きいほど、また加速度  $|a|$  が大きいほど、多くなるように設定されている。但し、増加台数  $n$  が増加する度合いは、上述の「速度差  $V$  が正 ( $V > 0$ )、且つ加速度  $a$  が正 ( $a > 0$ )」の場合に比較して大きい。これは、走行速度  $V$  が目標速度  $V^*$  より遅いのにも関わらず、減速しているためである。

【0051】

また、速度差  $V$  が負 ( $V < 0$ )、且つ加速度  $a$  が正 ( $a > 0$ ) の場合 (走行速度  $V$  が目標速度  $V^*$  より速く、且つ加速中の場合) には、増減台数  $n$  は負値、即ち稼働台数を減少させるように設定され、その減少台数  $|n|$  は、速度差  $|V|$  が大きいほど、また加速度  $a$  が大きいほど、多くなるように設定されている。

【0052】

また、速度差  $V$  が負 ( $V < 0$ )、且つ加速度  $a$  が負 ( $a < 0$ ) の場合 (走行速度  $V$  が目標速度  $V^*$  より速く、且つ減速中の場合) には、増減台数  $n$  は負値、即ち稼働台数を減少させるように設定され、その減少台数  $|n|$  は、速度差  $|V|$  が大きいほど、また加速度  $|a|$  が小さいほど、多くなるように設定されている。但し、増加台数  $n$  が減少する度合いは、上述の「速度差  $V$  が負 ( $V < 0$ )、且つ加速度  $a$  が正 ( $a > 0$ )」の場合に比較して小さい。これは、走行速度  $V$  が目標速度  $V^*$  を超えているのに対して、減速しているためである。

【0053】

定速走行制御部 100 は、稼働増減台数テーブル 340 を参照して、算出した速度差  $V$  及び加速度  $a$  の組に対応する増減台数  $n$  を判断する。そして、現在の主変換装置 20 の稼働台数  $N_i$  に、判断した増減台数  $n$  を加算して、次に稼働対象とする主変換装置 20 の台数  $N_{i+1}$  を決定する。尚、主変換装置 20 の現在の稼働台数  $N_i$  は、稼働状況データ 370 を参照して判断する。

【0054】

続いて、優先車両データ 320 を参照して、次に稼働対象とする  $N_{i+1}$  台の主変換装置 20 を決定する。そして、自主変換装置 20 が稼働対象であるか否かを判断し、稼働対象ならば、自主変換装置 20 を稼働させ、稼働対象でないならば、停止させる。

【0055】

以上の処理を、定速走行終了指示部 60 から終了指示が入力されるまでの間、所定時間  $T$  毎に繰り返す。終了指示が入力されると、定速走行制御を終了し、通常に加減速走行制御に移行する。

【0056】

[処理の流れ]

図 12 は、制御装置 30 による定速走行制御処理の流れを説明するためのフローチャートである。この処理は、定速走行開始指示部 50 から定速走行の開始指示が入力され、定速走行制御部 100 が定速走行制御プログラム 200 を実行することで実現される。

【0057】

同図によれば、定速走行制御部 100 は、先ず、走行速度検出部 40 から入力される現在の走行速度  $V$  を判定する (ステップ A1)。次いで、初期稼働台数算出データ 330 を

10

20

30

40

50

参照して、現在速度  $V$  での走行抵抗  $TE$  及び主電動機 10 の最大出力  $TE$  を算出する。そして、式 (3) に従って、主変換装置 20 の初期稼働台数  $N_0$  を算出する (ステップ A3)。

【0058】

続いて、全ての主変換装置 20 から、稼働対象とする  $N_0$  台の主変換装置 20 を決定する。即ち、優先車両データ 320 を参照し、指定される車両 1 から連続する  $N_0$  台の車両 1 それぞれに備えられている  $N_0$  台の主変換装置 20 を、稼働対象とする (ステップ A5)。そして、自主変換装置 20 が稼働対象であるか否かを判断する。稼働対象ならば (ステップ A7: YES)、自主変換装置 20 を稼働させ (ステップ A9)、稼働対象でないならば (ステップ A7: NO)、自主変換装置 20 を停止させる (ステップ A11)。

10

【0059】

その後、定速走行制御部 100 は、所定時間  $T$  毎に次の処理を繰り返す。即ち、走行速度検出部 40 から入力される現在の走行速度  $V_i$  を判定する (ステップ A13)。次いで、式 (4) に従って、現在速度  $V_i$  と目標速度  $V^*$  との速度差  $V$  を算出する (ステップ A15)。また、走行速度データ 350 を参照し、式 (5) に従って、現在の加速度を算出する (ステップ A17)。

【0060】

続いて、定速走行制御部 100 は、稼働増減台数テーブル 340 を参照し、算出した速度差  $V$  及び加速度  $a$  を基に、稼働対象とする主変換装置 20 の増減台数  $n$  を決定する (ステップ A19)。次いで、稼働状況データ 370 を参照して判断した現時点での稼働台数  $N_i$  に、決定した増減台数  $n$  を加算して、次の稼働台数  $N_{i+1}$  を決定する (ステップ A21)。そして、優先車両データ 320 を参照し、次に稼働する  $N_{i+1}$  台の主変換装置 20 を決定する (ステップ A23)。

20

【0061】

その後、定速走行制御部 100 は、自主変換装置 20 が稼働対象であるか否かを判定する。稼働対象ならば (ステップ A25: YES)、自主変換装置 20 を稼働させ (ステップ A27)、稼働対象でないならば (ステップ A25: NO)、自主変換装置 20 を停止させる (ステップ A29)。

【0062】

続いて、定速走行制御を終了するか否かを判断する。定速走行を終了するか否かは、定速走行終了指示部 60 から定速走行の終了指示が入力されたか否かにより判断する。定速走行を終了しないならば (ステップ A31: NO)、ステップ A13 に戻り、定速走行を終了するならば (ステップ A31: YES)、定速走行制御処理を終了する。

30

【0063】

[作用・効果]

このように、本実施形態によれば、定速走行時、各車両 1 に備えられた制御装置 30 は、現在の走行速度  $V_i$  と目標速度  $V^*$  との速度差  $V$  及び加速度  $a$  に基づいて稼働する主変換装置 20 の稼働台数  $N_i$  を決定し、決定した稼働台数  $N_i$  を基に、制御対象である自主変換装置 20 が稼働対象であるか否かを判断する。そして、自主変換装置 20 が稼働対象ならば、自主変換装置 20 を稼働し、稼働対象でないならば停止させる。つまり、編成の全ての主変換装置 20 のうち、一部の主変換装置 20 が稼働され、他の主変換装置 20 は停止される。即ち、全ての主電動機 10 のうち、稼働される主変換装置 20 で駆動される一部の主電動機 10 のみが駆動され、他の主変換装置 20 で駆動される主電動機 10 は駆動されない。またこのとき、主変換装置 20 は、主電動機 10 及び主変換装置 20 の総合効率が最も高い状態で稼働制御される。このため、全ての主変換装置 20 を稼働させる従来と比較して、編成全体としての効率が向上し、消費電力の低減が実現される。

40

【0064】

また、各車両 1 に備えられた制御装置 30 それぞれが独立して定速走行制御を行う。このため、各主変換装置 20 を統括して定速走行制御指令を行うための運転支援装置や、この運転支援装置と各車両 1 の主変換装置 20 とを繋ぐ伝送線が不要となり、コストやスペ

50

ースの削減、車両の軽量化が実現される。

【0065】

[変形例]

尚、本発明の適用可能な実施形態は、上述の実施形態に限定されることなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能なのは勿論である。

【0066】

(A) 優先順位の変更

例えば、稼働させる主変換装置20の優先順位を変更することにしても良い。具体的には、変更タイミングとしては、例えば、定速走行中の所定時間毎や、定速走行制御が行われる毎(例えば、定速ノッチ操作毎)に変更する。また、優先順位の変更としては、例えば、優先車両データ320に格納される車両番号を、1車両分だけ後続の車両1の車両番号に変更する。

【0067】

このように、稼働させる主変換装置20の優先順位を変更することで、稼働する主変換装置20の台数が同じであっても、その時々で実際に稼働する主変換装置20が異なる。これにより、各主変換装置20及び主電動機10がほぼ均等に稼働される。その結果、稼働による発熱時間がほぼ均等になるため、一部の機器の寿命が極端に短くなることなく、各機器の全体的な寿命低下が防止される。

【0068】

(B) 主変換装置20の稼働の判断

また、制御装置30による制御対象の主変換装置20を稼働するか否かの判断を、算出した速度差 $V$ 及び加速度 $a$ が所定の稼働条件を満たすか否かに応じて判断することにしても良い。この場合、主変換装置20毎に、異なる速度差 $V$ 及び加速度 $a$ の稼働条件を適用する。

【0069】

図13に、各主変換装置20に適用する速度差 $V$ 及び加速度 $a$ の稼働条件の一例を示す。同図では、主変換装置20を稼働させる速度差 $V$ 及び加速度 $a$ の値の範囲(稼働範囲)を示しており、同図(a)~(c)それぞれにおいて、その稼働範囲が異なる。そして、例えば一編成に3台の主変換装置20が備えられている場合、1両目の車両1には同図(a)に示す稼働範囲(1)を適用し、2両目の車両1には同図(b)に示す稼働範囲(2)を適用し、3両目の車両1には同図(c)に示す稼働範囲(3)を適用する。これにより、速度差 $V$ 及び加速度 $a$ の値によって、編成全体で稼働される主変換装置20の台数が異なることになる。

【0070】

更にこの場合、各主変換装置20に適用する稼働範囲を、適当なタイミングで(例えば、所定時間毎)切り替えることにしても良い。

【図面の簡単な説明】

【0071】

【図1】列車編成の一例。

【図2】主電動機の機器特性の一例。

【図3】本実施形態の定速走行制御の原理の説明図。

【図4】制御装置の内部構成。

【図5】走行速度 $V$ と電動機の最大出力 $T_E$ 及び走行抵抗 $R_r$ との関係の一例。

【図6】優先車両データのデータ構成の一例。

【図7】自車両データのデータ構成の一例。

【図8】稼働状況データのデータ構成の一例。

【図9】目標速度データのデータ構成の一例。

【図10】走行速度データのデータ構成例。

【図11】稼働増減台数テーブルのデータ構成例。

【図12】定速走行制御処理の流れ図。

10

20

30

40

50

【図13】主変換装置に適用する稼働範囲の一例。

【符号の説明】

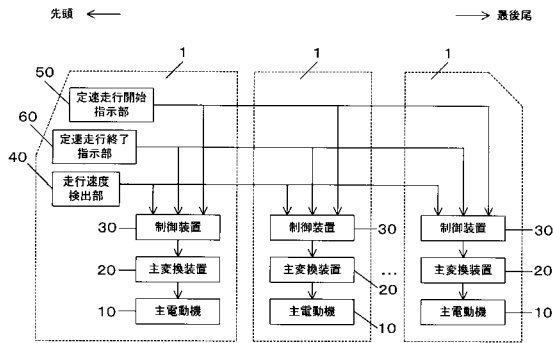
【0072】

- 1 車両
  - 10 主電動機
  - 20 主変換装置
  - 30 制御装置
    - 100 定速走行制御部
    - 200 定速走行制御プログラム
    - 300 データ群
      - 310 自車両データ
      - 320 優先車両データ
      - 330 初期稼働台数算出データ
      - 340 稼働増減台数テーブル
      - 350 走行速度データ
      - 360 目標速度データ
      - 370 稼働状況データ
  - 40 走行速度検出部
  - 50 定速走行開始指示部
  - 60 定速走行終了指示部

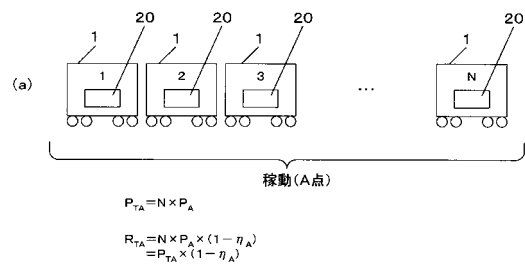
10

20

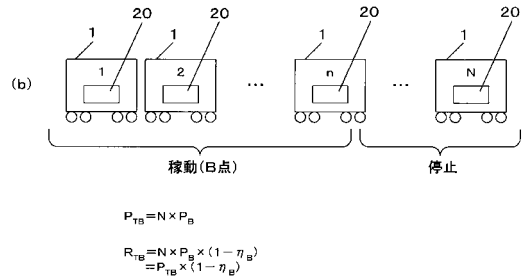
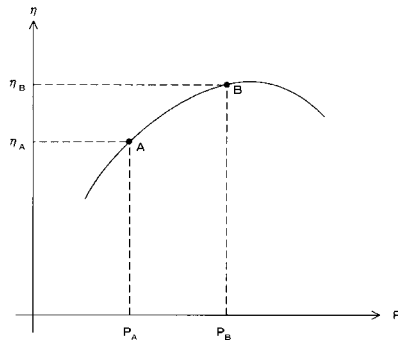
【図1】



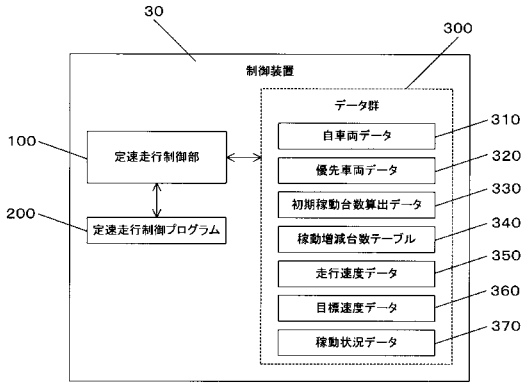
【図3】



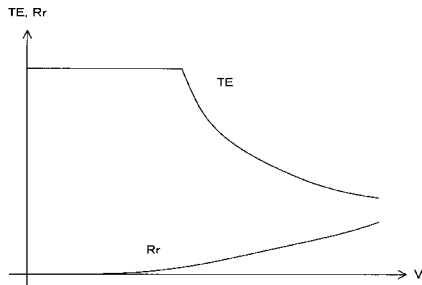
【図2】



【図4】



【図5】



【図6】

【優先車両データ】

優先車両番号	T02
--------	-----

【図11】

【稼動増減台数テーブル】

加速度 $\alpha$	~ -0.15	-0.10 ~ -0.15	-0.10 ~ -0.10	-0.05 ~ -0.10	0.00 ~ 0.05	0.05 ~ 0.10	0.15 ~ 0.20	0.20 ~
速度差 $\Delta V$	~-1.5	-1.5 ~ -1.0	-1.0 ~ -0.5	-0.5 ~ 0.0	0.0 ~ 0.5	0.5 ~ 1.0	1.0 ~ 1.5	1.5 ~
	-2	-1	0	0	0	4	5	6
	-3	-2	0	0	0	3	4	5
	-4	-3	-2	0	0	2	3	4
	-5	-4	-3	0	0	1	2	3
	-3	-2	-1	0	0	3	4	5
	-4	-3	-2	0	0	2	3	4
	-5	-4	-3	0	0	1	2	3
	-6	-5	-4	0	0	0	1	2
	-5	-4	-3	0	0	2	3	4
	-4	-3	-2	0	0	1	2	3
	-3	-2	-1	0	0	0	1	2
	-2	-1	0	0	0	3	4	5
	-1	0	0	0	0	2	3	4
	0	0	0	0	0	1	2	3
	0	0	0	0	0	0	1	2
	4	3	2	0	0	2	3	4
	5	4	3	0	0	1	2	3
	6	5	4	0	0	0	1	2

【図7】

【自転車データ】

自転車番号	T05
-------	-----

【図8】

【稼動状況データ】

主変換装置	稼働状況
C11	停止中
C12	稼働中
C13	稼働中
⋮	⋮

【図9】

【目標速度データ】

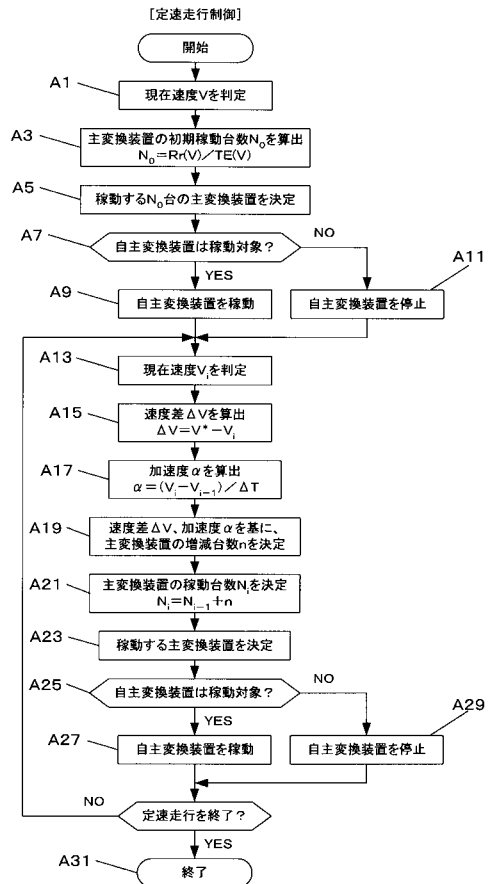
目標速度	$V^*$
------	-------

【図10】

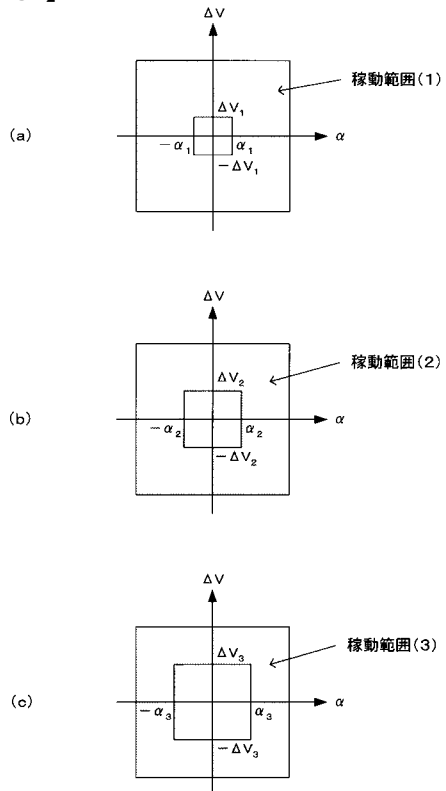
【走行速度データ】

現在速度	$V_i$
前回速度	$V_{i-1}$

【図12】



【 図 1 3 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5H115 PA11 PC02 PG01 PU01 PU09 PV10 RB02 TB03 TB06