(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101295939 B
(45)授权公告日 2012.12.26

(21)申请号 200810095704.6

(22)申请日 2008.04.24

(30)优先权数据
2007-118390 2007.04.27 JP

(73)专利权人 株式会社日立制作所
地址 日本东京都

(72)发明人 照沼睦弘 丰田瑛一 岛田基巳
长洲正浩

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021
代理人 汪惠民

(51)Int.Cl.
H02M 7/72(2006.01)
H02P 3/18(2006.01)
B60L 7/12(2006.01)

审查员 宋雪梅

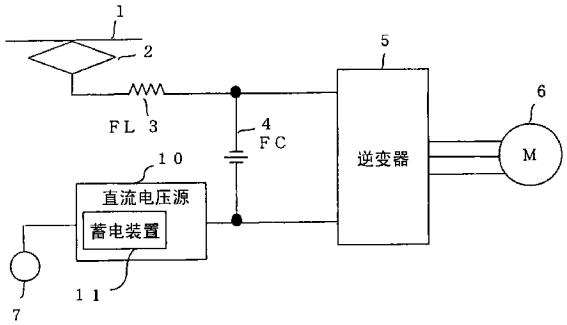
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 11 页

(54)发明名称

功率变换器的控制装置

(57)摘要

本发明提供一种功率变换器的控制装置，在逆变器的输入的接地侧串联地插入具有能处理在逆变器中流入或流出的电流的容量的蓄电装置的直流电压源，从而从零开始连续地控制该输出电压并与架线电压相加后施加到逆变器。从而能够提供一种在由电压可变、频率可变逆变器来驱动感应电动机的功率变换器中，使逆变器所产生的交流电压上升来扩大感应电动机的高速侧的特性，实现动力运行以及再生制动的性能提高的驱动控制装置。



CN 101295939 B

1. 一种功率变换器，从架线供给直流电力，通过具有主电路元件的电压可变、频率可变逆变器来驱动感应电动机，所述功率变换器的特征在于，

具有直流电压源，该直流电压源具有插入到所述逆变器的输入侧的接地侧的可充电·放电的电力蓄电装置，该电力蓄电装置的电压施加方向与所述架线的电压施加方向相同，

该直流电压源具有：

在该电力蓄电装置的正极和负极间串联连接的开关元件；

与该开关元件的每一个并联连接的续流二极管；和

在该开关元件及该续流二极管的中点连接的电抗器，

该电力蓄电装置的正极与所述架线的接地侧连接，所述电抗器与所述逆变器的输入侧的接地侧连接，

按照流入到该逆变器或者从该逆变器流出的电流的方向，在使该开关元件的一方断开的状态下，通过对另一方的开关元件的接通断开的导通率进行控制，从而从零开始连续地控制该直流电压源的输出电压，控制流入到该逆变器或者从该逆变器流出的方向的电流，

将该直流电压源的输出电压与该架线电压相加，作为该逆变器的输入电压进行施加。

2. 根据权利要求 1 所述的功率变换器，其特征在于，

在设需要该直流电压源的输出电压的该感应电动机的特性的转速为 vh，不需要该直流电压源的输出电压的该感应电动机的转速为 vl，铁道车辆的重量为 M，该架线电压为 Es，该电力蓄电装置的输出电压的最大值为 Eb 时，该电力蓄电装置的容量 Bb 为该电力蓄电装置的输出电压的最大值 Eb 相对该架线电压 Es 和该电力蓄电装置的输出电压的最大值 Eb 的相加值的比与该铁道车辆的动能相乘后的由式 (1) 表示的最大能量 Bbmax 的容量，

$$Bbmax \fallingdotseq \frac{1}{2}(vh^2 - vl^2) \times M \times \frac{Eb}{(Es+Eb)} \quad \cdots(1)$$

。

3. 一种功率变换器，从架线供给直流电力，通过具有主电路元件的电压可变、频率可变逆变器来驱动感应电动机，所述功率变换器的特征在于，

具有直流电压源，该直流电压源具有插入到所述逆变器的输入侧的接地侧的可充电·放电的电力蓄电装置，该电力蓄电装置的电压施加方向与所述架线的电压施加方向相同，

该直流电压源具有：

在该电力蓄电装置的正极和负极间串联连接的开关元件；

与该开关元件的每一个并联连接的续流二极管；和

在该开关元件及该续流二极管的中点连接的电抗器，

该电力蓄电装置的正极与所述逆变器的输入侧的接地侧连接，所述电抗器与所述架线的接地侧连接，

按照流入到该逆变器或者从该逆变器流出的电流的方向，在使该开关元件的一方断开的状态下，通过对另一方的开关元件的接通断开的导通率进行控制，从而从零开始连续地控制该直流电压源的输出电压，控制流入到该逆变器或者从该逆变器流出的方向的电流，

将该直流电压源的输出电压与该架线电压相加，作为该逆变器的输入电压进行施加。

4. 根据权利要求 3 所述的功率变换器，其特征在于，

在设需要该直流电压源的输出电压的该感应电动机的特性的转速为 vh，不需要该直流电压源的输出电压的该感应电动机的转速为 vl，铁道车辆的重量为 M，该架线电压为 Es，该电力蓄电装置的输出电压的最大值为 Eb 时，该电力蓄电装置的容量 Bb 为该电力蓄电装置的输出电压的最大值 Eb 相对该架线电压 Es 和该电力蓄电装置的输出电压的最大值 Eb 的相加值的比与该铁道车辆的动能相乘后的由式 (1) 表示的最大能量 Bbmax 的容量，

$$Bbmax \fallingdotseq \frac{1}{2}(vh^2 - vl^2) \times M \times \frac{Eb}{(Es+Eb)} \quad \cdots(1)$$

。

功率变换器的控制装置

技术领域

[0001] 本发明涉及控制由电压可变、频率可变逆变器来驱动感应电动机的功率变换器的装置，尤其涉及在直流电源侧具备具有蓄电装置的直流电压产生机构，利用该直流电压产生机构所产生的功率来驱动的功率变换器的控制装置。

背景技术

[0002] 在通过电压可变、频率可变 (VVVF) 逆变器控制来驱动感应电动机的所谓逆变器铁道车辆中，在停止间隙不使用空气制动器 (air brake) 而采用仅靠电能的制动力来使铁道车辆停止的全电气停止制动器已被实际应用。

[0003] 不依赖于空气制动器而仅通过电能的制动器来得到停止力这一点，随着抑制制动靴 (brake shoe) 的磨耗而对于减少车辆的维修有效果，并且由于没有空气制动器的上升延迟，因此也有助于停止精度的提高。

[0004] 由此，相对于以往使用的空气制动器来说，仅通过电气制动器使铁道车辆停止有很多优点，因此如果能在铁道车辆的所有速度区域中将空气制动器置换为电气制动器，则能对制动靴的磨耗方面具有较大优点。

[0005] 但是，逆变器控制中的感应电动机的交流侧的最大输出电压由直流侧即逆变器的输入电压决定，铁道车辆中的感应电动机，如图 2、图 3 的实线所示，使用在高速的区域交流输出电压为最大的特性，因此仅通过电能的制动会有得不到所需要的制动力的问题。

[0006] 因此，通过在制动时使感应电动机侧的电压上升，从而进行使制动力增加的试验。例如为插入电阻或电容器等的阻抗的装置，但存在不仅浪费制动时的再生能量，而且也不能得到电压的连续性的缺点。在专利文献 1 中所公开的例子中，没有再生能量的浪费，但也没有电压的连续性。

[0007] 专利文献 1 ：日本特开 2002-369304 号公报

发明内容

[0008] 本发明的课题在于，鉴于上述情况，提供一种通过不使再生能量浪费并且也保持电压的连续性而得到必要的电气制动力的铁道车辆的驱动控制装置。

[0009] 上述课题，能够通过将具有能够处理在逆变器中流入或流出的电流的容量的蓄电装置的直流电压源串联地插入到逆变器的输入的接地侧，而实现从零开始连续地控制所产生的输出电压。

[0010] 本发明的功率变换器，从架线供给直流电力，通过具有主电路元件的电压可变、频率可变逆变器来驱动感应电动机，所述功率变换器的特征在于，具有直流电压源，该直流电压源具有插入到所述逆变器的输入侧的接地侧的可充电・放电的电力蓄电装置，该电力蓄电装置的电压施加方向与所述架线的电压施加方向相同，该直流电压源具有 ：在该电力蓄电装置的正极和负极间串联连接的开关元件 ；与该开关元件的每一个并联连接的续流二极管 ；和在该开关元件及该续流二极管的中点连接的电抗器，该电力蓄电装置的正极与所述

架线的接地侧连接，所述电抗器与所述逆变器的输入侧的接地侧连接，按照流入到该逆变器或者从该逆变器流出的电流的方向，在使该开关元件的一方断开的状态下，通过对另一方的开关元件的接通断开的导通率进行控制，从而从零开始连续地控制该直流电压源的输出电压，控制流入到该逆变器或者从该逆变器流出的方向的电流，将该直流电压源的输出电压与该架线电压相加，作为该逆变器的输入电压进行施加。

[0011] 本发明的另一种功率变换器，从架线供给直流电力，通过具有主电路元件的电压可变、频率可变逆变器来驱动感应电动机，所述功率变换器的特征在于，具有直流电压源，该直流电压源具有插入到所述逆变器的输入侧的接地侧的可充电·放电的电力蓄电装置，该电力蓄电装置的电压施加方向与所述架线的电压施加方向相同，该直流电压源具有：在该电力蓄电装置的正极和负极间串联连接的开关元件；与该开关元件的每一个并联连接的续流二极管；和在该开关元件及该续流二极管的中点连接的电抗器，该电力蓄电装置的正极与所述逆变器的输入侧的接地侧连接，所述电抗器与所述架线的接地侧连接，按照流入到该逆变器或者从该逆变器流出的电流的方向，在使该开关元件的一方断开的状态下，通过对另一方的开关元件的接通断开的导通率进行控制，从而从零开始连续地控制该直流电压源的输出电压，控制流入到该逆变器或者从该逆变器流出的方向的电流，将该直流电压源的输出电压与该架线电压相加，作为该逆变器的输入电压进行施加。

[0012] 通过本发明，由于能够在高速侧扩大感应电动机的特性，因此实现电气制动范围扩大，制动靴的磨耗降低。此外制动力的增大也会产生再生能量的增大，电能的再生率提高，结果可实现节省能量。进而动力运行侧的特性也在高速侧扩大，从而能够期待控制性能的提高。在逆变器的接地侧插入直流电压源，具有也可不使用与架线电压对应的高压部件作为使用于电压源的部件的效果。

[0013] 附图说明

[0014] 图 1 为本发明的实施例 1 的功率变换器的控制装置的说明图。

[0015] 图 2 为表示功率变换器的动力运行（力行）时的感应电动机的特性的说明图。

[0016] 图 3 为表示功率变换器的制动时的感应电动机的特性的说明图。

[0017] 图 4 为表示功率变换器的架线电压和逆变器输入电压之间的关系的说明图。

[0018] 图 5 为表示本发明的实施例 1 的功率变换器的架线电压和直流电压源电压和逆变器输入电压之间的关系的说明图。

[0019] 图 6 为插入本发明的实施例 1 的直流产生电源装置后的功率变换器的说明图。

[0020] 图 7 为图 6 的本发明的实施例 1 的功率变换器的动力运行时的工作说明图。

[0021] 图 8 为图 7 的功率变换器的各产生电压的说明图。

[0022] 图 9 为图 6 的本发明的实施例 1 的功率变换器的再生制动时的工作说明图。

[0023] 图 10 为图 9 的功率变换器的各产生电压的说明图。

[0024] 图 11 为将本发明的实施例 2 的直流产生电源装置插入后的功率变换器的说明图。

[0025] 图 12 为图 11 的本发明的实施例 2 的功率变换器的动力运行时的工作说明图。

[0026] 图 13 为图 12 的功率变换器的各产生电压的说明图。

[0027] 图 14 为图 11 的本发明的实施例 2 的功率变换器的再生制动时的工作说明图。

[0028] 图 15 为图 14 的功率变换器的各产生电压的说明图。

[0029] 图 16 为表示本发明的实施例 2 的蓄电装置的容量的选定的说明图。

[0030] 符号的说明

[0031] 1 架线

[0032] 2 导电弓架 (pantagraph)

[0033] 3 滤波电抗器

[0034] 4 滤波电容器

[0035] 5 逆变器

[0036] 6 感应电动机

[0037] 7 车轮

[0038] 8 其他列车、变电站等

[0039] 10 直流电压源装置

[0040] 11 蓄电装置

[0041] 21 开关元件

[0042] 22 开关元件

[0043] 31 续流二极管 (flywheel diode)

[0044] 32 续流二极管

[0045] 41 电抗器

[0046] 具体实施方式

[0047] 以下参照附图对本发明的实施方式进行说明。

[0048] 【实施例 1】

[0049] 图 1 表示本发明的实施例 1 的功率变换器的控制装置。图 1 中从导电弓架 2 对架线 1 的直流电进行集电，经由滤波电抗器 FL3 及滤波电容器 FC4 而供给到逆变器 5。由逆变器 5 变换为交流电来驱动感应电动机 6。在逆变器 5 的接地侧插入具有蓄电装置 11 的直流电压源 10，而产生直流电压。电流经由车轮 7 返回到线路。以上的工作为铁道车辆的动力运行的情况，在制动的情况下，感应电动机 6 作为发电机工作，在架线 1 侧再生电能。因此，直流电压源 10 流入在逆变器 5 中流动的电流，来控制逆变器的流入、流出两个方向的电流。

[0050] 图 2、图 3 中表示铁道车辆中的感应电动机的一般的特性。图 2 为动力运行的情况，图 3 为制动的情况。图 3 为用于与动力运行对比的逆向的特性图。如图 4 所示，在没有插入直流电压源 10 的通常的功率变换器中，架线电压 Es ≒逆变器输入电压 Ei，成为由图 2、图 3 的实线所示的特性。

[0051] 在此，如本发明的实施例 1 所示，在逆变器的输入侧插入直流电压源 10，如图 5 所示，如果按照将直流电压源 10 的输出电压 Ed 与架线电压 Es 相加的方式进行控制，则逆变器输入电压 Ei ＝ Es+Ed，图 2、图 3 的特性如虚线所示，通过对逆变器的输入电压的上升而感应电动机 6 所产生的交流电压扩大 ΔEm 量，结果电流 •转矩的特性在高速侧扩大。因此，如果使直流电压上升，则逆变器所处理的电能也扩大，在制动时得到比通常大的再生能量。

[0052] 在铁道车辆中，直流电压源 10 的输出电压能够从零开始连续地控制是较好的。图 6 表示采用输出这种直流电压的电压源的具体的例子。

[0053] 在图 6 中，对与图 1 相同的地方省略说明。在图 1 中虽然未图示，但在架线 1 和车轮 7 之间，吸收再生能量的其他铁道车辆或变电站存在，其标号为 8。

[0054] 蓄电装置 11 为可充放电的蓄能量装置，在其正极侧连接开关元件 21，在负极侧连接开关元件 22，开关元件 21 和 22 串联连接。此外开关元件 21、22 分别并联连接续流二极管 31、32。开关元件 21 和 22 之间的中点与续流二极管 31 和 32 之间的中点被连接，经由电抗器 41 与逆变器 5 的接地侧连接。蓄电装置 11 的正极侧与车轮 7 连接。

[0055] 在此，通过使开关元件的一方始终断开，另一方开关元件进行接通 / 断开的斩波工作，从而在开关元件和二极管之间的中点产生斩波电压。如果平滑该斩波电压，则能得到直流电压，该直流电压与架线电压相加后，施加到逆变器 5。通过控制开关元件的斩波周期（通流率）而直流电压能从零开始连续地可变。

[0056] 以下详细说明图 6 的工作。图 7 表示动力运行时的工作状态。在图 7 中，使开关元件 21 始终断开，使开关元件 22 接通时，如实线所示电流在经由电抗器 41、开关元件 22、蓄电装置 11 的路径中流动，在 (A) 点如图 8 所示的实线那样，输出蓄电装置 11 的电压 (-) Eb。

[0057] 如果开关元件 21 仍为断开且断开开关元件 22，则如虚线所示那样电流经由电抗器 41、续流二极管 31 而流动，(A) 点的电位如图 8 的虚线那样为零。如上所述，通过开关元件 22 的接通断开，而产生蓄电装置 11 的电压 Eb 大小的斩波电压。通过电抗器 41、滤波电容器 4 平滑该斩波电压后的电压 Ed 与架线电压 Es 相加而成为逆变器 5 的输入电压 Ei。该产生电压 Ed 能够通过开关元件 22 的斩波的通流率控制而连续地改变其大小。因此，能够在任意的定时进行产生电压的大小或电压的插入 / 除去。

[0058] 图 9 表示制动时的工作状态。制动时开关元件 22 始终断开。在此，如果开关元件 21 断开，则电流从蓄电装置 11 经由续流二极管 32、电抗器 41 以实线所示的路径流动，(A) 点中如图 10 的实线所示出现电压 (-)Eb。

[0059] 接下来，使开关元件 21 接通时，电流经由开关元件 21、电抗器 41 如虚线所示那样流动，(A) 点的电位如图 10 的虚线所示为零。由此在制动的情况下，通过开关元件 21 的接通断开而能够如图 10 所示那样产生斩波电压。

[0060] 与动力运行同样该电压也由电抗器 41、滤波电容器 4 被平滑而成为电压 Ed，被施加到逆变器 5 的产生电压，对架线侧的再生能量比通常增大，得到更大的电气制动力。另外，电抗器 41 不论在逆变器 5 侧还是车轮 7 侧连接都得到相同的效果。

[0061] 在此，尝试求出直流电压源所产生的电压 Ed 和对逆变器 5 的流入 •流出电流的关系。设蓄电装置 11 的输出电压为 Eb，蓄电装置 11 的电流 为 Ib，逆变器 5 的直流电流为 Ii，开关元件 21 及 22 的斩波通流率为 γ 时，具有：

[0062] （式 2）

[0063] $Ed = \gamma \times Eb$ .....(2)

[0064] （式 3）

[0065] $Ib = \gamma \times Ii$ .....(3)

[0066] 的关系，根据 (2)、(3) 得到

[0067] （式 4）

[0068] $Ed \times Ii = Ib \times Eb$ .....(4)

[0069] 因此通过斩波通流率 γ 的控制来选择对逆变器相加的电压 Ed 和蓄电装置的电流 Ib。

[0070] 此外，一般由于通流率 γ ≤ 1，因此相加的电压 Ed 为蓄电装置 11 的电压 Eb 以下，由下式限制。

[0071] （式 5）

[0072] $Ed \times Ii \leqslant \{Ib \times Eb(\text{最大允许值})\}$ .....(5)

[0073] 关于蓄电装置 11 的容量，也可为相对于扩大特性的速度范围的能量，由蓄电装置所负担的比率以下的容量。

[0074] 如图 16 所示，设扩大的速度为 vh，不需要蓄电装置的电压的相加的速度为 vl。如果设 Vh 和 vl 间的能量为 Bv，铁道车辆的重量为 M，则有

[0075] （式 6）

[0076] $$Bv = \frac{1}{2}(vh^2 - vl^2) \times M \quad \cdots\cdots(6)$$

[0077] 考虑通流率≒ 1 的情况时，由蓄电装置所负担的电压的最大值也可为电池电压 Eb，因此蓄电装置的容量的最大值 Bbmax 大致可以由下式表示。

[0078] （式 7）

[0079]

$$Bbmax \fallingdotseq \frac{1}{2}(vh^2 - vl^2) \times M \times \frac{Eb}{(Es + Eb)} \quad \cdots(7)$$

[0080] 因此，也可为 Bbmax 以下的容量的蓄电装置。

[0081] 作为本实施例的其他特征，开关元件 21、22 的两端和续流二极管 31、32 的两端与蓄电装置 11 连接，因此它们的耐压性能不是对逆变器的施加电压，也可为与蓄电装置 11 对应的耐压性能。在逆变器的正极侧插入直流电压源的情况下，使用于直流电压源的元件需要具有与逆变器相同的耐压性能。但是，在本实施例中，也可为与相加电压对应的元件的耐压性能，也具有实现标准化和小型化的效果。

[0082] 【实施例 2】

[0083] 对本发明的另一实施例进行说明。图 11 为采用能输出直流电压的其他电压源的例子。图 11 的直流电压源的结构与图 6 大致相同，但在蓄电装置 11 的正极侧与逆变器 5 的接地侧连接，来自开关元件 21、22 和续流二极管 31、32 的中点的电抗器 41 的出力端向车轮 7 连接方面不同。

[0084] 以下详细说明图 11 的工作。图 12 表示动力运行时的工作状态。在图 12 中，开关元件 22 始终断开，而接通开关元件 21 时，如实线所示，电流在经由开关元件 21、电抗器 41 的路径中流动，如果断开开关元件 21，则如虚线所示电流经由蓄电装置 11、续流二极管 32、电抗器 41 而流动。在本实施例的情况下，也能够通过开关元件 21 的接通断开工作在 (A) 点得到如图 13 所示那样的斩波电压。

[0085] 图 14 表示制动时的工作状态。在此始终断开开关元件 21。如果断开开关元件 22，则电流经由电抗器 41、续流二极管 31 在用实线表示的路径 中流动，在使开关元件 22 接通时，电流经由电抗器 41、开关元件 22、蓄电装置 11 如虚线所示那样流动。因此在这种情况下通过斩波元件 22 的接通断开也能在 (A) 点得到图 15 所示那样的斩波电压。因此在图 11 的实施例中也能得到与图 6 的实施例相同的效果。

[0086] 如以上所说明那样，在本实施例中能够实现车辆性能的提高。

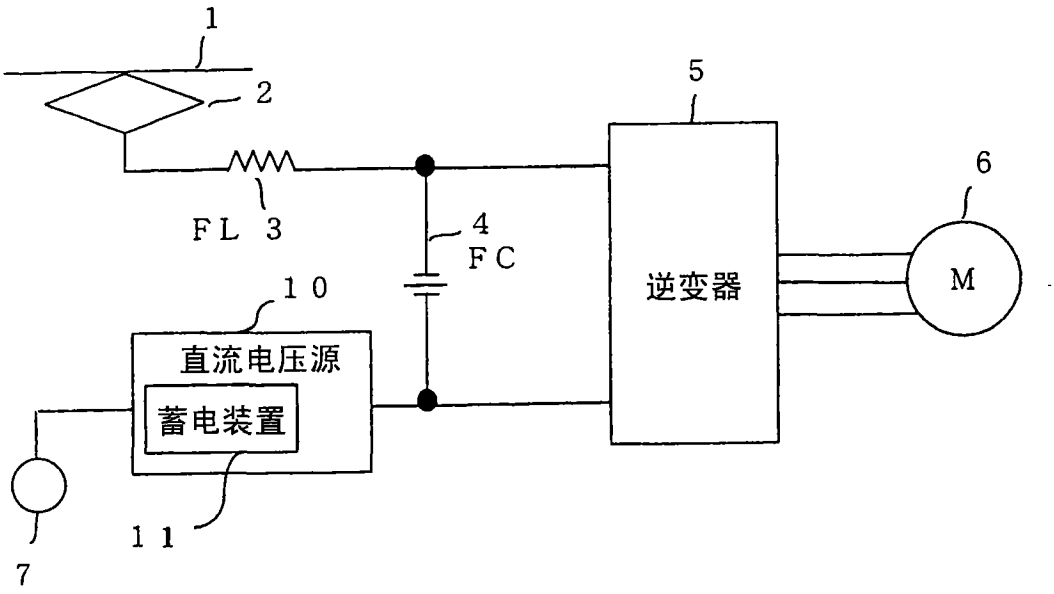

1
2
FL 3
4
FC
5
逆变器
6
M
10
直流电压源
蓄电装置
11
7

图 1

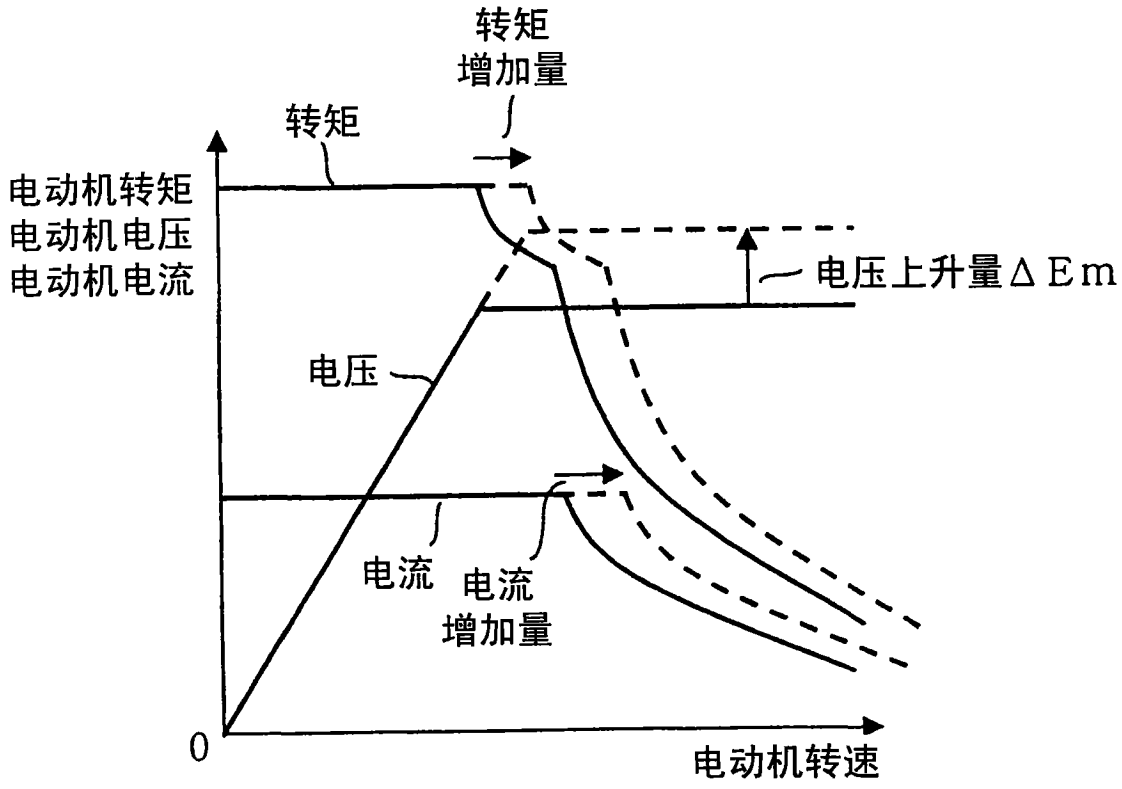

转矩
增加量
转矩
电动机转矩
电动机电压
电动机电流
电压上升量ΔEm
电压
电流
电流
增加量
0
电动机转速

图 2

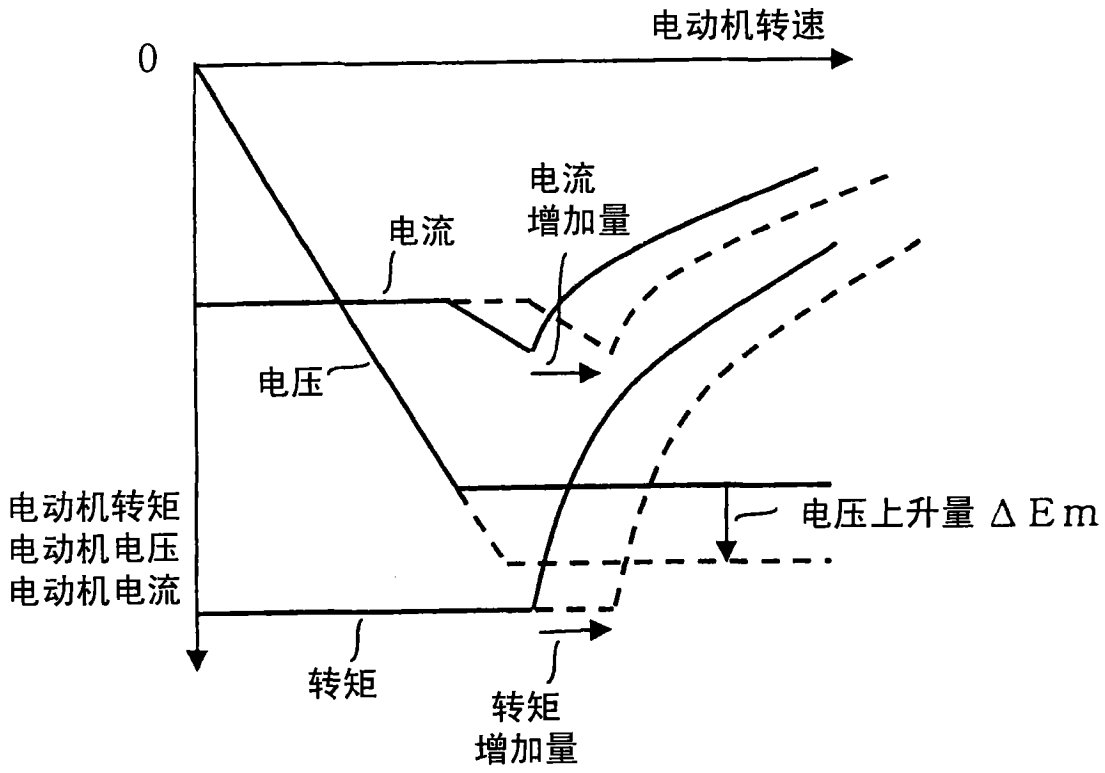

电动机转速
0
电流
增加量
电流
电压
电动机转矩
电动机电压
电动机电流
电压上升量 ΔEm
转矩
转矩
增加量

图 3

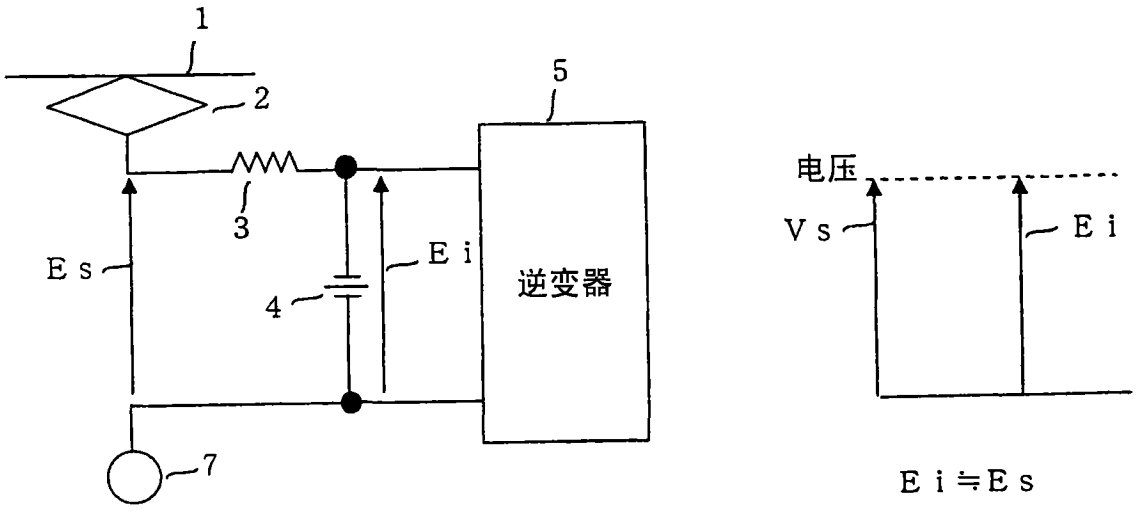

1
2
3
4
5
Es
Ei
逆变器
7
电压
Vs
Ei
Ei≒Es

图 4

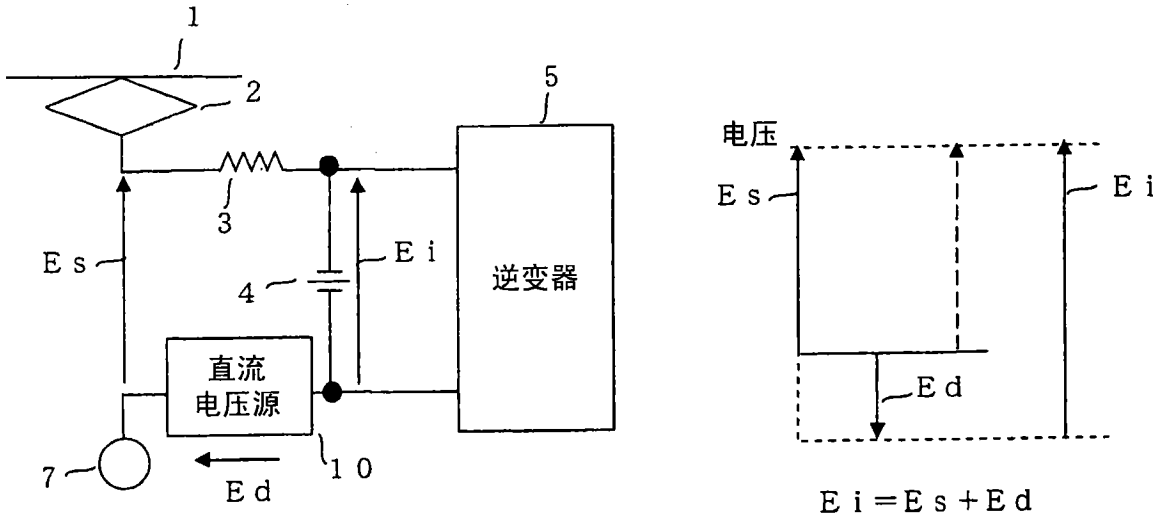

1
2
3
4
5
Es
Ei
逆变器
直流
电压源
7
10
Ed
电压
Es
Ei
Ed
Ei＝Es＋Ed

图 5

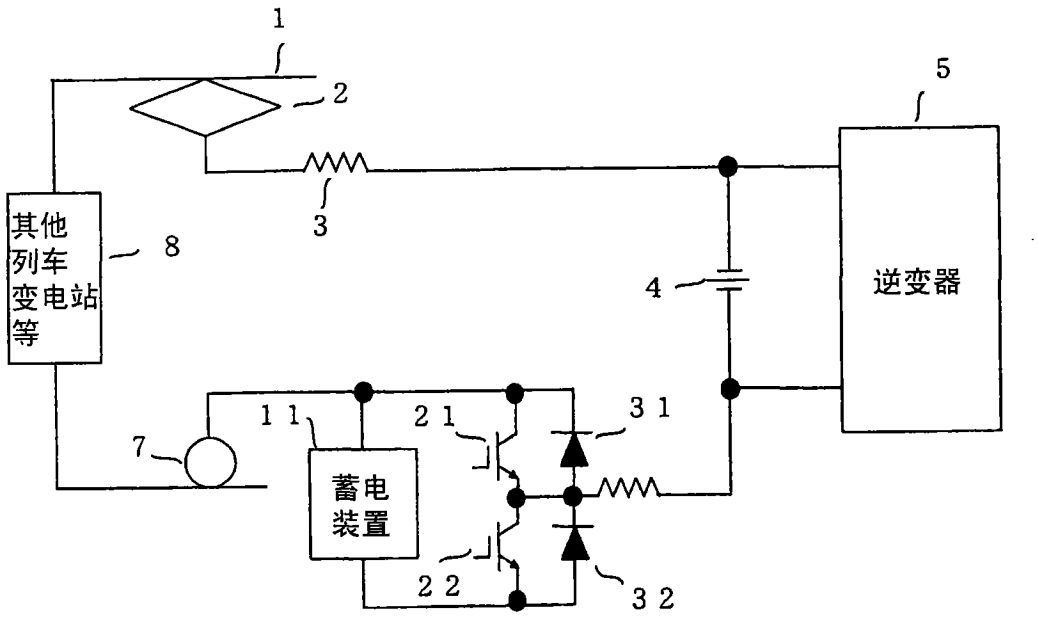

1
2
3
4
5
其他
列车
变电站
等
8
逆变器
7
11
21
31
蓄电
装置
22
32

图 6

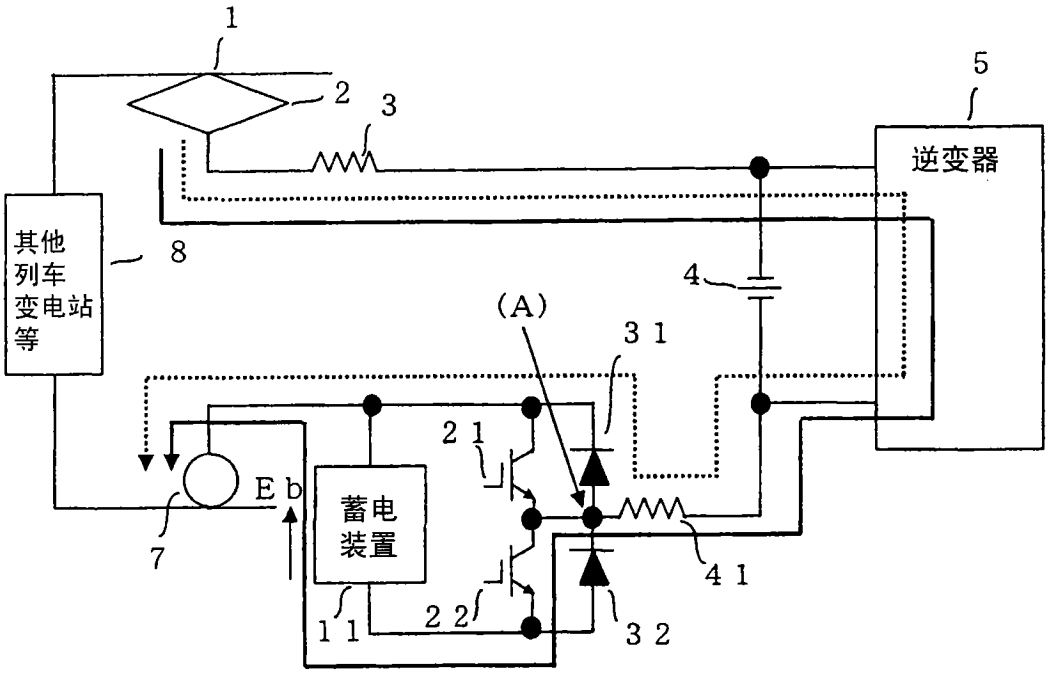


图 7

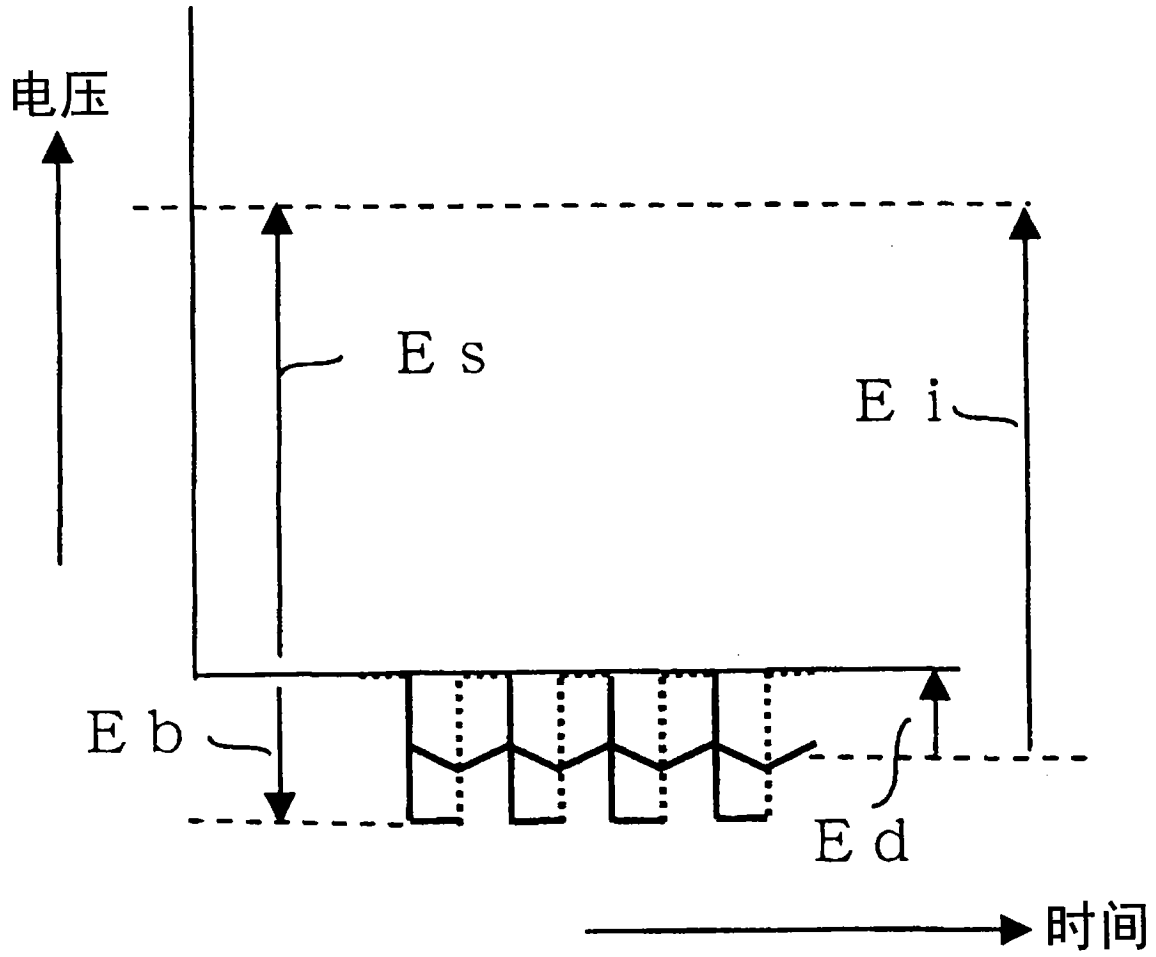


图 8

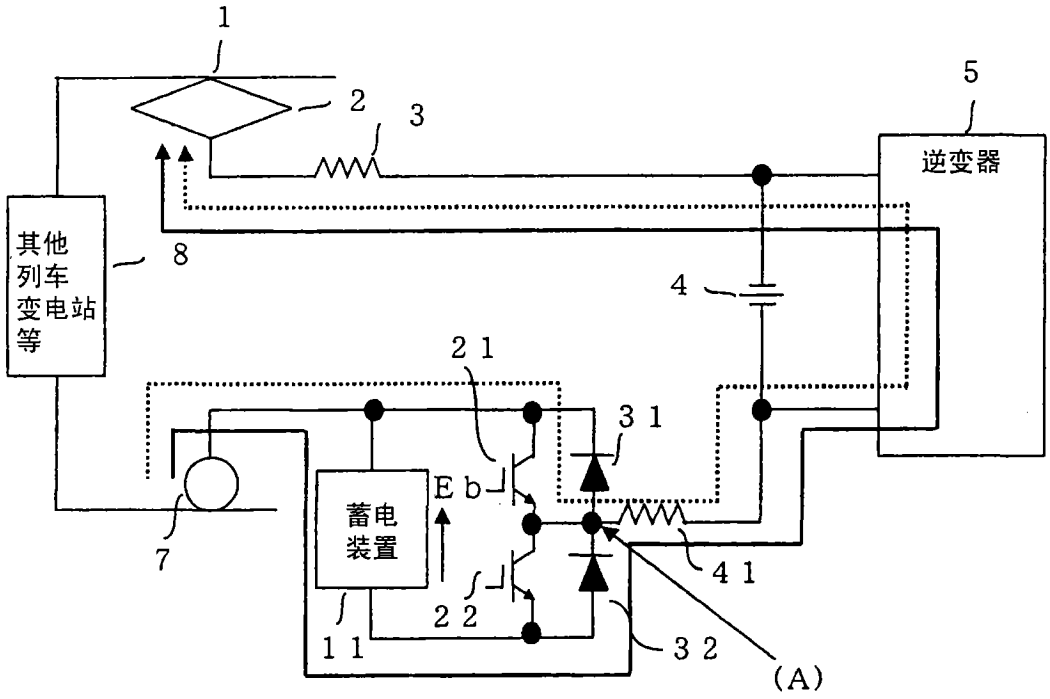


图 9

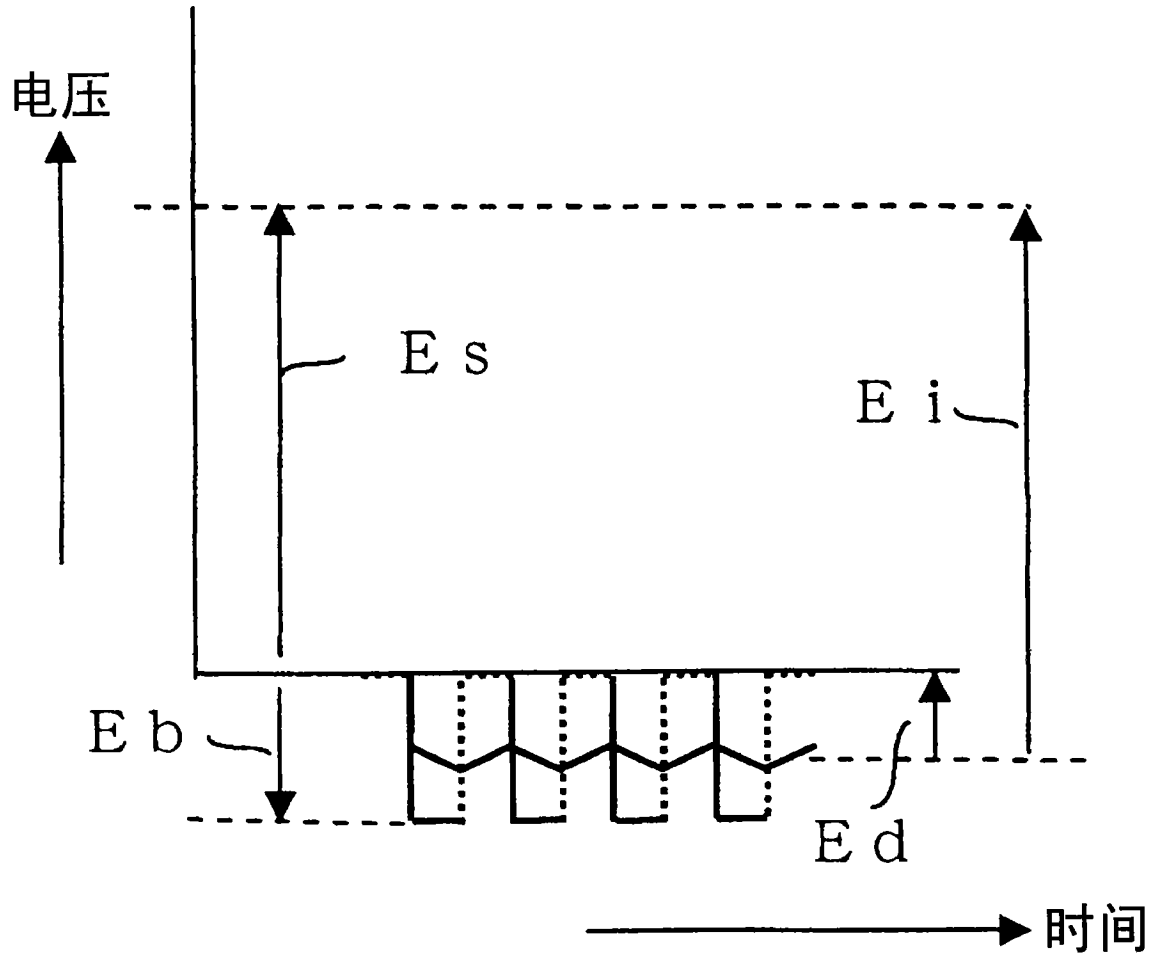


图 10

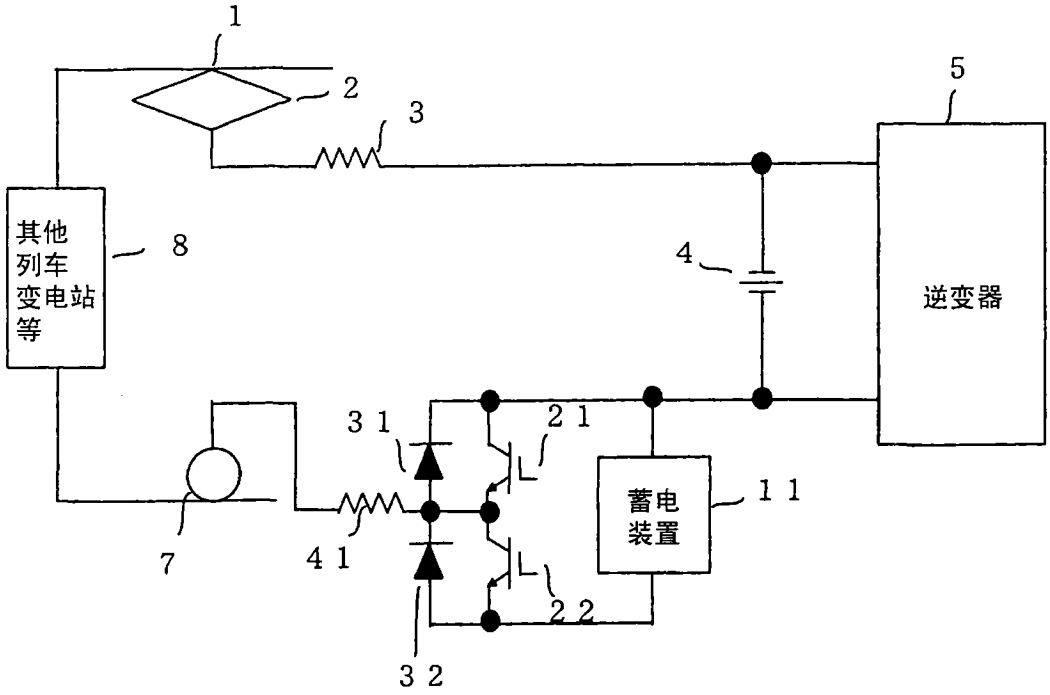

1
2
3
5
其他
列车
变电站
等
8
4
逆变器
3 1
2 1
蓄电
装置
1 1
7
4 1
2 2
3 2

图 11

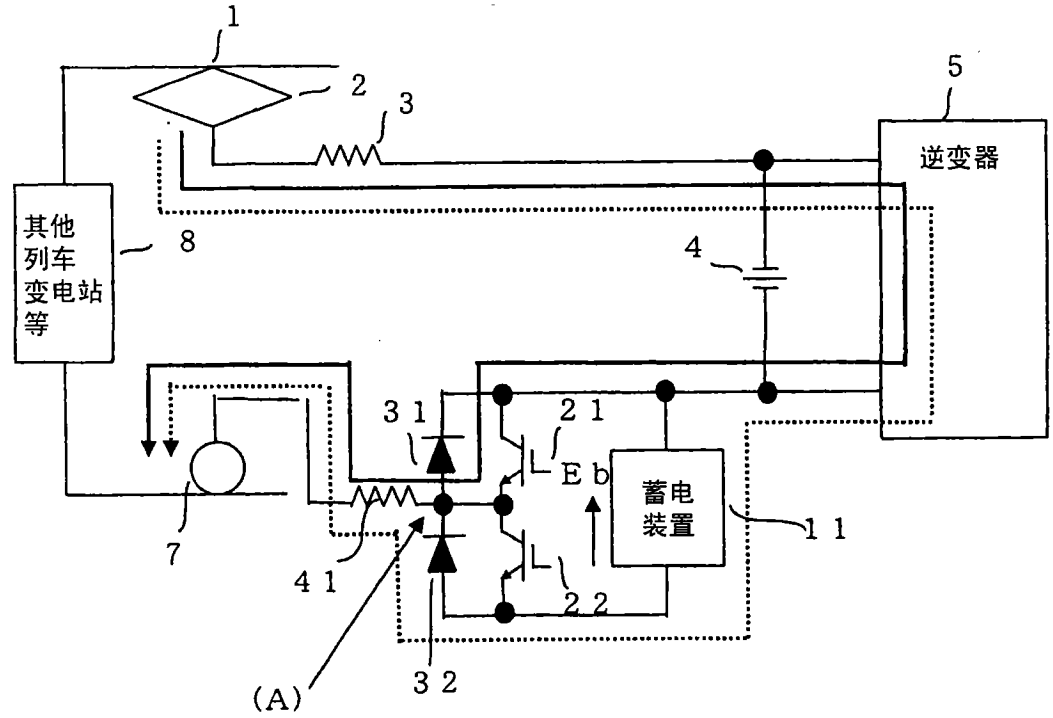

1
2
3
5
逆变器
其他
列车
变电站
等
8
4
3 1
2 1
E b
蓄电
装置
1 1
7
4 1
2 2
(A)
3 2

图 12

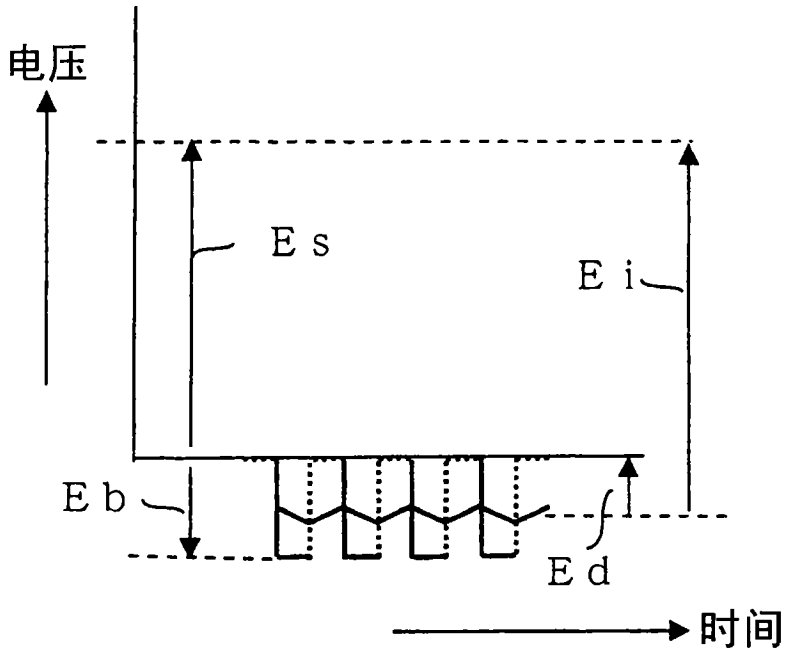


图 13

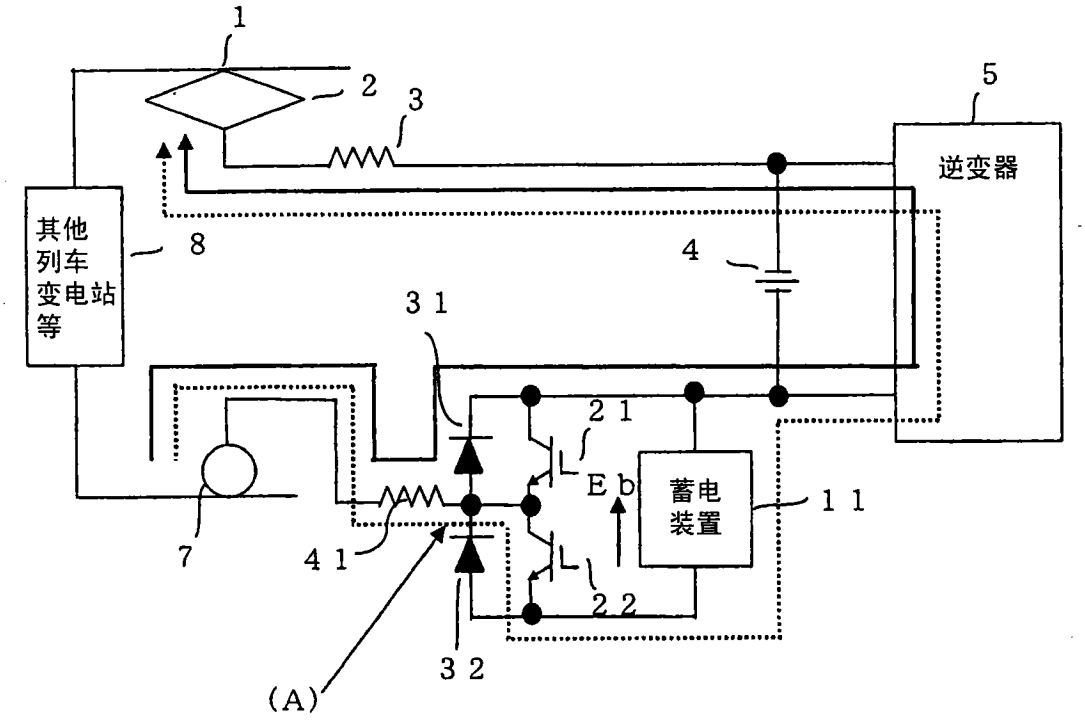


图 14

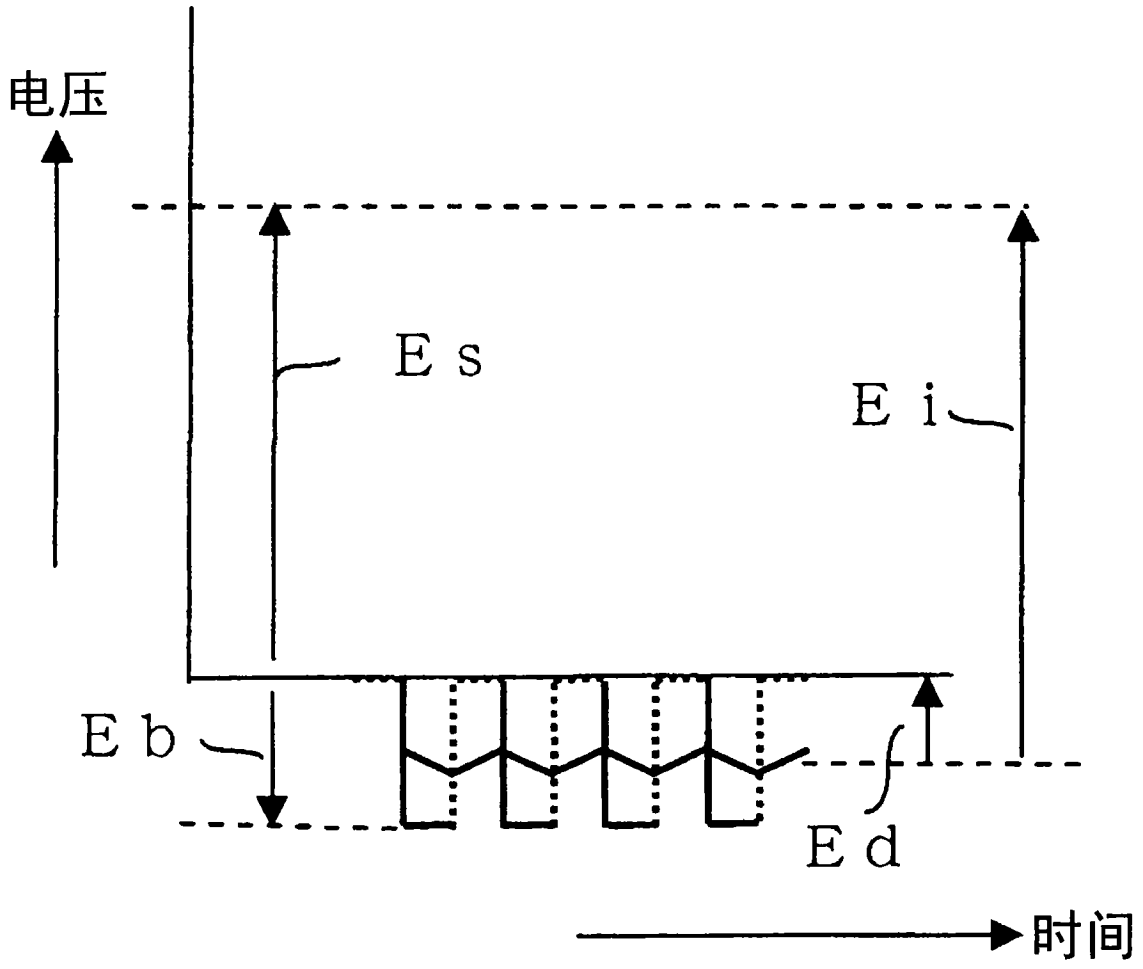


图 15

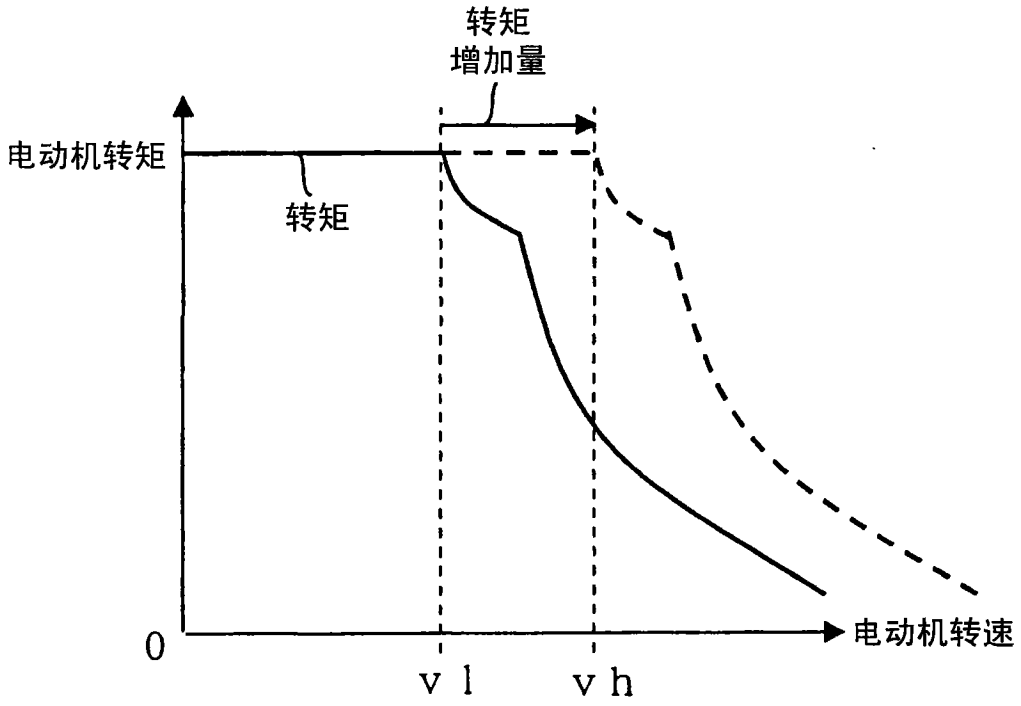


图 16