



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106042957 A

(43)申请公布日 2016.10.26

(21)申请号 201610380231.9

(22)申请日 2016.06.01

(71)申请人 北京交通大学

地址 100044 北京市海淀区上园村3号

申请人 北京千驹驭电气有限公司

(72)发明人 刁利军 张馨予 刘志刚 张钢

王磊 陈杰 吕海臣

(74)专利代理机构 北京卫平智业专利代理事务

所(普通合伙) 11392

代理人 董琪

(51)Int.Cl.

B60L 11/18(2006.01)

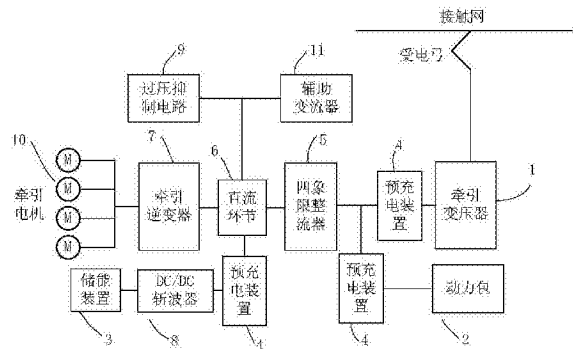
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

一种混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略

(57)摘要

本发明涉及一种混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略,在过分相前后采用接触网供电模式,四象限整流器4QC的直流输出电压大小由牵引逆变器给定,牵引逆变器根据不同的工况发给4QC不同的直流电压指令值;DC/DC电池系统根据不同的工况以及自身的电量状况工作在充电或者放电状态;根据机车过分相时所处的不同工况以及DC/DC电池系统的状态分为六种模式。本发明,在实现动车组正常通过分相区的同时,利用混合动力动车组的DC/DC电池系统(动力电池系统)在分相区提供牵引能量或回收制动能量,以达到不丢失牵引力过分相及节能环保的目的。



1. 一种混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略,其特征在于:在过分相前后采用接触网供电模式,四象限整流器4QC的直流输出电压大小由牵引逆变器给定,牵引逆变器根据不同的工况发给4QC不同的直流电压指令值;

DC/DC电池系统根据不同的工况以及自身的电量状况工作在充电或者放电状态;

根据机车过分相时所处的不同工况以及DC/DC电池系统的状态分为以下几种模式:

模式一,DC/DC电池系统正常状态下,采用牵引-过分相-牵引模式;

模式二,DC/DC电池系统故障状态下,采用牵引-过分相-牵引模式;

模式三,DC/DC电池系统正常状态下,采用制动-过分相-制动模式;

模式四,DC/DC电池系统故障状态下,采用制动-过分相-制动模式;

模式五,DC/DC电池系统正常状态下,采用惰行-过分相-惰行模式;

模式六,DC/DC电池系统故障状态下,采用惰行-过分相-惰行模式。

2. 如权利要求1所述的混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略,其特征在于:4QC具有封锁整流或封锁逆变的功能;DC/DC电池系统具有封锁放电或封锁充电的功能。

3. 如权利要求1所述的混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略,其特征在于:模式一时:

过分相之前,机车处于牵引工况,由4QC供电,DC/DC电池系统处于充电状态;

进入分相区后,4QC停止工作,由DC/DC电池系统接过负载,给中间直流环节放电,以保证牵引逆变器继续给牵引电机供电,维持牵引力;

过分相结束后,恢复到过分相之前的状态。

4. 如权利要求1所述的混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略,其特征在于:模式二时:

过分相之前,由4QC供电,DC/DC电池系统故障不工作;

进入分相区后,4QC停止工作,机车实施微制动,将制动的能量回馈到直流侧以保障辅助变流器正常工作;

过分相结束后,机车退出微制动模式,4QC重新进入供电模式。

5. 如权利要求1所述的混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略,其特征在于:模式三时:

过分相之前,由于机车处于制动工况,4QC将制动回馈的能量再回馈到电网;

进入分相区后,4QC停止工作,DC/DC电池系统根据制动能量的大小不同工作在充电或放电的双向工作状态;

过分相结束后,恢复到过分相之前的状态。

6. 如权利要求1所述的混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略,其特征在于:模式四时:

过分相之前,由于机车处于制动工况,4QC将制动回馈的能量再回馈到电网;

进入分相区后,4QC停止工作,由于DC/DC电池系统故障不工作,机车实施微制动,由制动能量给辅助变流器供电;

过分相结束后,机车退出微制动模式,恢复到过分相之前的状态。

7. 如权利要求1所述的混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略,其特征在于:模式五时:

过分相之前,机车处于惰行工况,由4QC供电给辅助变流器;  
进入分相区后,4QC停止工作,DC/DC电池系统工作于放电状态,以保障辅助变流器工作;

过分相结束后,系统恢复到过分相之前的状态。

8.如权利要求1所述的混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略,其特征在于:模式六时:

过分相之前,机车处于惰行工况,由4QC供电给辅助变流器;

进入分相区后,4QC停止工作,由于DC/DC电池系统故障不工作,机车实施微制动,由制动能量给辅助变流器供电;

过分相结束后,机车退出微制动模式,系统恢复到过分相之前的状态。

9.如权利要求1所述的混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略,其特征在于:所述牵引变流器包括:

牵引变压器(1),通过受电弓从接触网取电,经过预充电装置(4)、四象限整流器(5)后,给直流环节(6)供电;

动力包(2),经过另一预充电装置(4)、四象限整流器(5)后,给直流环节(6)供电;

储能装置(3),即DC/DC电池系统,经DC/DC斩波器(8)、又一预充电装置(4)后,给直流环节(6)供电;

牵引逆变器(7)从直流环节(6)取电后经过逆变,驱动牵引电机(10);

过压抑制电路(9)用于防止直流过压,保护牵引变流器;

此外,直流环节(6)还连接辅助变流器(11),为辅助系统供电。

## 一种混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略

### 技术领域

[0001] 本发明涉及混合动力动车组技术领域,具体说是一种混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略。

### 背景技术

[0002] 铁路采用的供电方式是单相供电。为了平衡三相电力系统,铁路接触网采用分段换相的供电模式。为了防止相间短路及机车设备因两个供电段的电压相位不同而造成损坏,需要在各独立供电段之间设立分相区。

[0003] 在普通的电力机车通过分相区时,通常需要断开主断路器,靠机车惯性不降受电弓通过分相区。同时为了确保在通过分相区时机车仍能保持足够的动力,必须维持中间直流电压不能跌落太多,因此机车可能还需进行轻微制动,通过牵引逆变器向中间直流环节供电。这些操作既增加了司机的压力,也对机车的安全运行造成了隐患。

[0004] 对于混合动力动车组来说,通过分相区时动车组上的电池系统则可以克服以上缺点,发挥很好的作用。这其中便涉及到四象限整流器(简称4QC)与DC/DC电池系统的过分相动作配合。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术中存在的缺陷,本发明的目的在于提供一种混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略,过分相过程涉及4QC、DC/DC电池系统以及牵引逆变器之间的配合。

[0006] 为达到以上目的,本发明采取的技术方案是:

[0007] 一种混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略,其特征在于:在过分相前后采用接触网供电模式,四象限整流器4QC的直流输出电压大小由牵引逆变器给定,牵引逆变器根据不同的工况发给4QC不同的直流电压指令值;

[0008] DC/DC电池系统根据不同的工况以及自身的电量状况工作在充电或者放电状态;

[0009] 根据机车过分相时所处的不同工况以及DC/DC电池系统的状态分为以下几种模式:

[0010] 模式一,DC/DC电池系统正常状态下,采用牵引-过分相-牵引模式;

[0011] 模式二,DC/DC电池系统故障状态下,采用牵引-过分相-牵引模式;

[0012] 模式三,DC/DC电池系统正常状态下,采用制动-过分相-制动模式;

[0013] 模式四,DC/DC电池系统故障状态下,采用制动-过分相-制动模式;

[0014] 模式五,DC/DC电池系统正常状态下,采用惰行-过分相-惰行模式;

[0015] 模式六,DC/DC电池系统故障状态下,采用惰行-过分相-惰行模式。

[0016] 在上述技术方案的基础上,4QC具有封锁整流或封锁逆变的功能;DC/DC电池系统具有封锁放电或封锁充电的功能。

[0017] 在上述技术方案的基础上,模式一时:

[0018] 过分相之前,机车处于牵引工况,由4QC供电,DC/DC电池系统处于充电状态;

- [0019] 进入分相区后,4QC停止工作,由DC/DC电池系统接过负载,给中间直流环节放电,以保证牵引逆变器继续给牵引电机供电,维持牵引力;
- [0020] 过分相结束后,恢复到过分相之前的状态。
- [0021] 在上述技术方案的基础上,模式二时:
- [0022] 过分相之前,由4QC供电,DC/DC电池系统故障不工作;
- [0023] 进入分相区后,4QC停止工作,机车实施微制动,将制动的能量回馈到直流侧以保障辅助变流器正常工作;
- [0024] 过分相结束后,机车退出微制动模式,4QC重新进入供电模式。
- [0025] 在上述技术方案的基础上,模式三时:
- [0026] 过分相之前,由于机车处于制动工况,4QC将制动回馈的能量再回馈到电网;
- [0027] 进入分相区后,4QC停止工作,DC/DC电池系统根据制动能量的大小不同工作在充电或放电的双向工作状态;
- [0028] 过分相结束后,恢复到过分相之前的状态。
- [0029] 在上述技术方案的基础上,模式四时:
- [0030] 过分相之前,由于机车处于制动工况,4QC将制动回馈的能量再回馈到电网;
- [0031] 进入分相区后,4QC停止工作,由于DC/DC电池系统故障不工作,机车实施微制动,由制动能量给辅助变流器供电;
- [0032] 过分相结束后,机车退出微制动模式,恢复到过分相之前的状态。
- [0033] 在上述技术方案的基础上,模式五时:
- [0034] 过分相之前,机车处于惰行工况,由4QC供电给辅助变流器;
- [0035] 进入分相区后,4QC停止工作,DC/DC电池系统工作于放电状态,以保障辅助变流器工作;
- [0036] 过分相结束后,系统恢复到过分相之前的状态。
- [0037] 在上述技术方案的基础上,模式六时:
- [0038] 过分相之前,机车处于惰行工况,由4QC供电给辅助变流器;
- [0039] 进入分相区后,4QC停止工作,由于DC/DC电池系统故障不工作,机车实施微制动,由制动能量给辅助变流器供电;
- [0040] 过分相结束后,机车退出微制动模式,系统恢复到过分相之前的状态。
- [0041] 在上述技术方案的基础上,所述牵引变流器包括:
- [0042] 牵引变压器1,通过受电弓从接触网取电,经过预充电装置4、四象限整流器5后,给直流环节6供电;
- [0043] 动力包2,经过另一预充电装置4、四象限整流器5后,给直流环节6供电;
- [0044] 储能装置3,即DC/DC电池系统,经DC/DC斩波器8、又一预充电装置4后,给直流环节6供电;
- [0045] 牵引逆变器7从直流环节6取电后经过逆变,驱动牵引电机10;
- [0046] 过抑制制电路9用于防止直流过压,保护牵引变流器;
- [0047] 此外,直流环节6还连接辅助变流器11,为辅助系统供电。
- [0048] 本发明所述的混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略,在实现动车组正常通过分相区的同时,利用混合动力动车组的DC/DC电池系统(动力电池系统)在分相区提供牵

引能量或回收制动能量,以达到不丢失牵引力过分相及节能环保的目的。

[0049] 本发明所述的混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略,在分相区可以由DC/DC电池系统供电,即需要在分相区前做好接触网供电模式与电池供电模式的配合。

[0050] 本发明所述的混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略,过分相过程涉及4QC、DC/DC电池系统以及牵引逆变器之间的配合,根据列车所处的不同工况及DC/DC电池系统状态,可以实现牵引过分相且DC/DC电池系统正常、牵引过分相且DC/DC电池系统故障、制动过分相且DC/DC电池系统正常、制动过分相且DC/DC电池系统故障、惰行过分相且DC/DC电池系统正常、惰行过分相且DC/DC电池系统故障等六种模式的过分相。本过分相控制策略充分利用混合动力动车组的DC/DC电池系统,具有不断电过分相、过分相不丢失牵引力、不损失列车速度、过分相无需断开主断路器等特点,可以达到提高平均行车速度、降低运营维修成本、回收制动能量节能环保、提升乘车舒适性等目的。

### 附图说明

[0051] 本发明有如下附图:

[0052] 图1牵引过分相且DC/DC电池系统正常模式下的过分相时序图;

[0053] 图2牵引过分相且DC/DC电池系统故障模式下的过分相时序图;

[0054] 图3制动过分相且DC/DC电池系统正常模式下的过分相时序图;

[0055] 图4制动过分相且DC/DC电池系统故障模式下的过分相时序图;

[0056] 图5惰行过分相且DC/DC电池系统正常模式下的过分相时序图;

[0057] 图6惰行过分相且DC/DC电池系统故障模式下的过分相时序图;

[0058] 图7混合动力动车组牵引变流器结构原理图。

### 具体实施方式

[0059] 以下结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0060] 本发明所述的混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略,在过分相前后采用接触网供电模式,4QC(四象限整流器)的直流输出电压大小由牵引逆变器给定,牵引逆变器根据不同的工况发给4QC不同的直流电压指令值;

[0061] DC/DC电池系统根据不同的工况以及自身的电量状况工作在充电或者放电状态;

[0062] 根据机车过分相时所处的不同工况以及DC/DC电池系统的状态分为以下几种模式:

[0063] 模式一,DC/DC电池系统正常状态下,采用牵引-过分相-牵引模式;

[0064] 模式二,DC/DC电池系统故障状态下,采用牵引-过分相-牵引模式;

[0065] 模式三,DC/DC电池系统正常状态下,采用制动-过分相-制动模式;

[0066] 模式四,DC/DC电池系统故障状态下,采用制动-过分相-制动模式;

[0067] 模式五,DC/DC电池系统正常状态下,采用惰行-过分相-惰行模式;

[0068] 模式六,DC/DC电池系统故障状态下,采用惰行-过分相-惰行模式。

[0069] 在上述技术方案的基础上,4QC具有封锁整流或封锁逆变的功能;DC/DC电池系统具有封锁放电或封锁充电的功能。

[0070] 在上述技术方案的基础上,模式一时:

- [0071] 过分相之前,机车处于牵引工况,由4QC供电,DC/DC电池系统处于充电状态;
- [0072] 进入分相区后,4QC停止工作,由DC/DC电池系统接过负载,给中间直流环节放电,以保证牵引逆变器继续给牵引电机供电,维持牵引力;
- [0073] 过分相结束后,恢复到过分相之前的状态。
- [0074] 在上述技术方案的基础上,模式二时:
- [0075] 过分相之前,由4QC供电,DC/DC电池系统故障不工作;
- [0076] 进入分相区后,4QC停止工作,机车实施微制动,将制动的能量回馈到直流侧以保障辅助变流器正常工作;
- [0077] 过分相结束后,机车退出微制动模式,4QC重新进入供电模式。
- [0078] 在上述技术方案的基础上,模式三时:
- [0079] 过分相之前,由于机车处于制动工况,4QC将制动回馈的能量再回馈到电网;
- [0080] 进入分相区后,4QC停止工作,DC/DC电池系统根据制动能量的大小不同工作在充电或放电的双向工作状态;
- [0081] 过分相结束后,恢复到过分相之前的状态。
- [0082] 在上述技术方案的基础上,模式四时:
- [0083] 过分相之前,由于机车处于制动工况,4QC将制动回馈的能量再回馈到电网;
- [0084] 进入分相区后,4QC停止工作,由于DC/DC电池系统故障不工作,机车实施微制动,由制动能量给辅助变流器供电;
- [0085] 过分相结束后,机车退出微制动模式,恢复到过分相之前的状态。
- [0086] 在上述技术方案的基础上,模式五时:
- [0087] 过分相之前,机车处于惰行工况,由4QC供电给辅助变流器;
- [0088] 进入分相区后,4QC停止工作,DC/DC电池系统工作于放电状态,以保障辅助变流器工作;
- [0089] 过分相结束后,系统恢复到过分相之前的状态。
- [0090] 在上述技术方案的基础上,模式六时:
- [0091] 过分相之前,机车处于惰行工况,由4QC供电给辅助变流器;
- [0092] 进入分相区后,4QC停止工作,由于DC/DC电池系统故障不工作,机车实施微制动,由制动能量给辅助变流器供电;
- [0093] 过分相结束后,机车退出微制动模式,系统恢复到过分相之前的状态。
- [0094] 本发明与现有技术相比所具有的有益效果:
- [0095] 1)能够实现不同模式下的过分相效果,可适应不同工况及DC/DC电池系统不同状态的过分相需求。
- [0096] 2)在牵引工况过分相时,能够实现不断电过分相,不丢失牵引力,不降低动车组速度,提升了平均行车速度,缩短行车时间。
- [0097] 3)在制动工况过分相时,DC/DC电池系统能够吸收多余的制动能量,实现了循环利用,体现绿色节能理念。
- [0098] 4)过分相过程无需断开或闭合主断路器,延长了主断路器的使用时间,降低了动车组运营维修成本。
- [0099] 5)无论在何种过分相模式下,都能保障辅助变流器正常工作,保障了乘客用电稳

定性及辅助供电设备的安全性。

[0100] 6)在进入过分相区和退出过分相区时,过渡平稳,保证乘车舒适性。

[0101] 图1为本发明提供了一种混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略中牵引过分相且DC/DC电池系统正常模式下的过分相时序图。

[0102] 进入过分相之前,采用25kV接触网供电,机车处于牵引工况。4QC输出1500V的直流电压。当接收到预过分相信号时,DC/DC电池系统较当前直流电压抬高30V(1530V)启动输出,同时4QC封锁逆变功能,延时1.3s后停机,直到过分相完成之前都由DC/DC电池系统供电;当接收到过分相完成信号时,DC/DC电池系统降低其输出电压至1470V,并维持10s后退出工作,4QC在接收到过分相完成信号后立即进入预充电流程,5s预充电结束后,4QC将直流电压稳定在1500V,继续采用25kV接触网供电。

[0103] 图2为本发明提供了一种混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略中牵引过分相且DC/DC电池系统故障模式下的过分相时序图。

[0104] 过分相之前,由25kV接触网供电,直流电压稳定在1500V(此电压值由牵引指令决定),当接收到预过分相信号时,机车由牵引状态转换成微制动状态,4QC在接收到预过分相信号1.3s后停机,此时牵引逆变器利用机车微制动能量将直流电压维持在1500V,并给辅助变流器供电;当接收到过分相完成信号时,4QC立即进入预充电流程,5s预充电完成并稳定运行后,4QC会将传给牵引的QC\_fault标志位清零,牵引在接收到QC\_fault标志位为0后立即退出微制动模式,并继续由4QC供电,4QC将直流电压稳定在1500V(此电压值由牵引指令决定)。

[0105] 图3为本发明提供了一种混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略中制动过分相且DC/DC电池系统正常模式下的过分相时序图。

[0106] 进入过分相之前,采用25kV接触网供电,机车处于制动工况,此时4QC会将直流电压稳定在1850V。当接收到预过分相信号时,DC/DC电池系统以低于当前直流电压50V(1800V)启动并处于双向工作状态(具体状态由制动能量大小决定),同时4QC立即封锁整流功能,并在1.3s后停机。从停机到过分相完成期间,由DC/DC电池系统和牵引配合将直流电压稳定在1800V;当接收到过分相完成信号时,DC/DC电池系统立即封锁放电功能,并将直流电压降到1730V并维持10s退出工作,4QC接收到过分相完成信号时立即进入预充电流程,5s预充电结束后,将直流电压稳定在1700V,并在11s后重新接收牵引的直流电压指令值,将直流电压稳定在1850V,回到过分相前状态。

[0107] 图4为本发明提供了一种混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略中制动过分相且DC/DC电池系统故障模式下的过分相时序图。

[0108] 在DC/DC电池系统故障的情况下,进入过分相之前,机车处于制动状态,4QC将直流电压稳定在1850V。当接收到预过分相信号时,机车由制动状态转换成微制动状态,4QC延时1.3s后停机,此时牵引逆变器利用机车制动能量将直流电压维持在1500V,并给辅助变流器供电;当接收到过分相完成信号时,4QC立即进入预充电流程,5s预充电完成并稳定运行后,4QC会将传给牵引的QC\_fault标志位清零,牵引在接收到QC\_fault标志位为0后立即退出微制动模式,并继续由4QC供电,4QC在接收到过分相完成信号11s后重新接收牵引的直流电压指令值,将直流电压稳定在1850V。

[0109] 图5为本发明提供了一种混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略中惰行过分



相且DC/DC电池系统正常模式下的过分相时序图。

[0110] 进入过分相之前,采用25kV接触网供电,机车处于惰行工况。4QC输出1500V的直流电压。当接收到预过分相信号时,DC/DC电池系统较当前直流电压抬高30V(1530V)启动输出,同时4QC封逆变功能,延时1.3s后停机,直到过分相完成之前都由电池供电;当接收到过分相完成信号时,DC/DC电池系统降低其输出电压至1470V,并维持10s后退出工作,4QC在接收到过分相完成信号后立即进入预充电流程,5s预充电结束后,4QC将直流电压稳定在1500V,继续采用25kV接触网供电。

[0111] 图6为本发明提供的一种混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略中惰行过分相且DC/DC电池系统故障模式下的过分相时序图。

[0112] 在DC/DC电池系统故障的情况下,进入过分相之前,由25kV接触网供电,直流电压稳定在1500V(此电压值由牵引指令决定),当接收到预过分相信号时,机车由惰行状态转换成微制动状态,4QC延时1.3s后停机,此时牵引逆变器利用机车制动能量将直流电压维持在1500V,并给辅助变流器供电;当接收到过分相完成指令时,4QC立即进入预充电流程,5s预充电完成并稳定运行后,4QC会将传给牵引的QC\_fault标志位清零,牵引在接收到QC\_fault标志位为0后立即退出微制动模式,并继续由4QC供电,4QC将直流电压稳定在1500V(此电压值由牵引指令决定)。

[0113] 图7为本发明所依托的混合动力动车组牵引变流器结构原理图,其中:

[0114] 牵引变压器1,通过受电弓从接触网取电,经过预充电装置4、四象限整流器5后,给直流环节6供电;

[0115] 动力包2,经过另一预充电装置4、四象限整流器5后,给直流环节6供电;

[0116] 储能装置3(即DC/DC电池系统),经DC/DC斩波器8、又一预充电装置4后,给直流环节6供电;

[0117] 牵引逆变器7从直流环节6取电后经过逆变,驱动牵引电机10;

[0118] 过压抑制电路9用于防止直流过压,保护牵引变流器;

[0119] 此外,直流环节6还连接辅助变流器11,为辅助系统供电。

[0120] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

[0121] 本发明所述的混合动力动车组牵引变流器过分相控制策略,在分相区可由DC/DC电池系统提供能量为整个动车组系统供电。在分相区,由DC/DC电池系统为整个动车组系统提供能量,所以无需降低牵引力即可顺利通过分相区,有利于提高动车组速度。若DC/DC电池系统故障,则列车实施微制动,为辅助系统提供能量。

[0122] 本说明书中未作详细描述的内容属于本领域专业技术人员公知的现有技术。

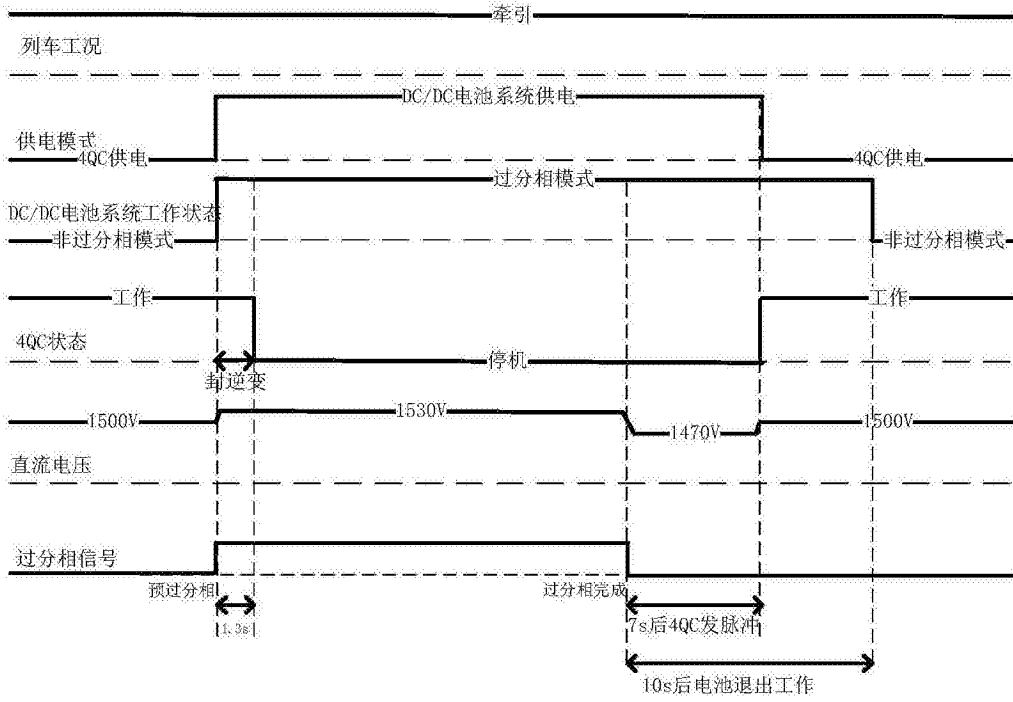


图1

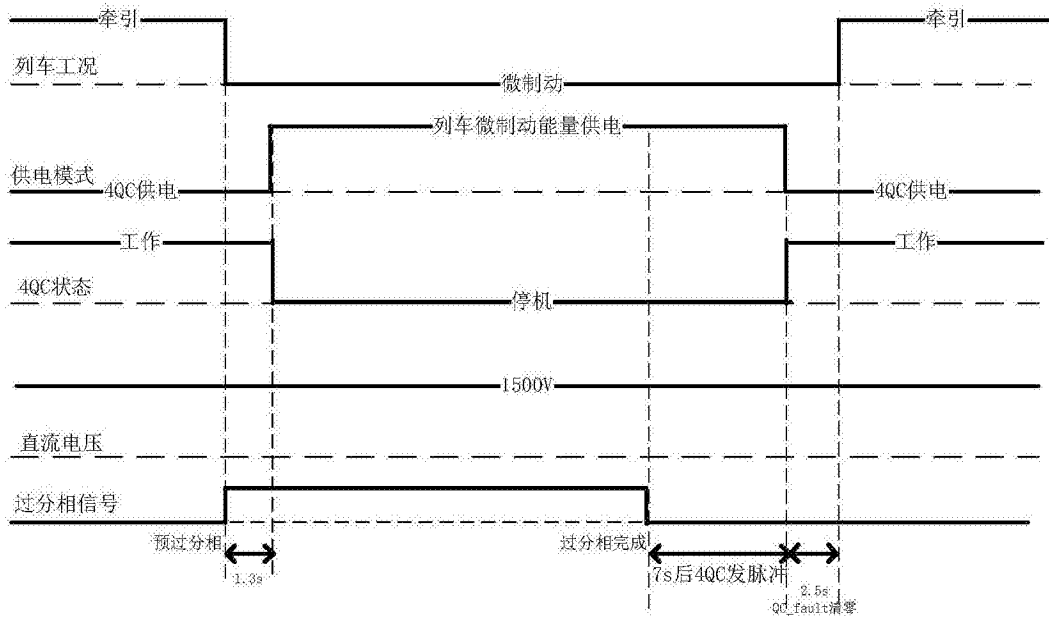


图2

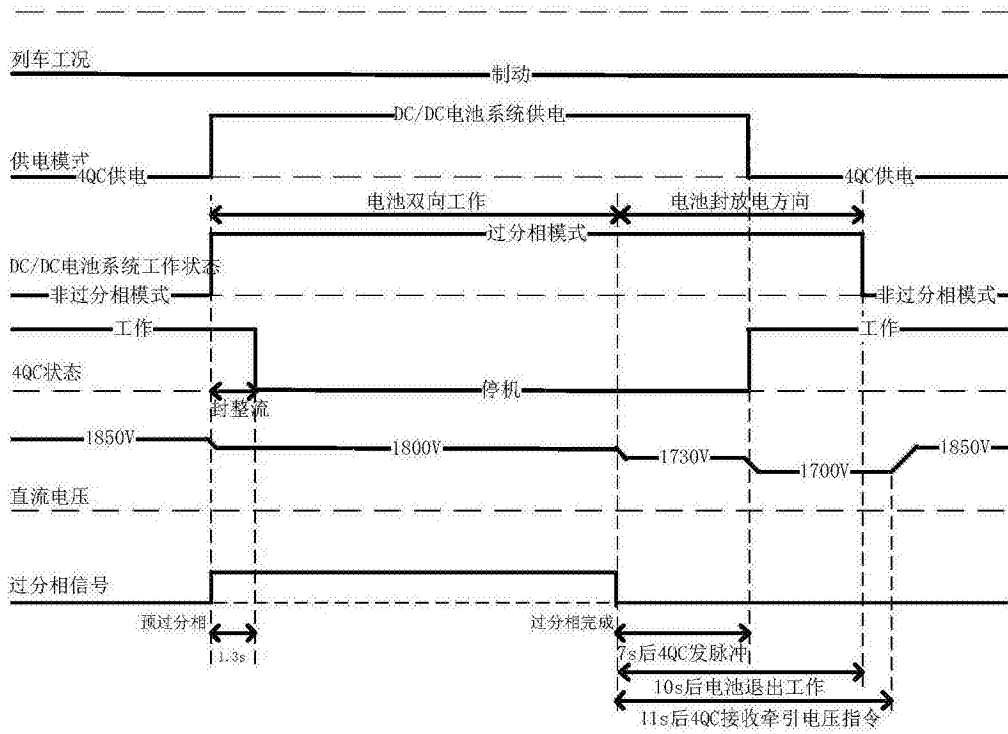


图3

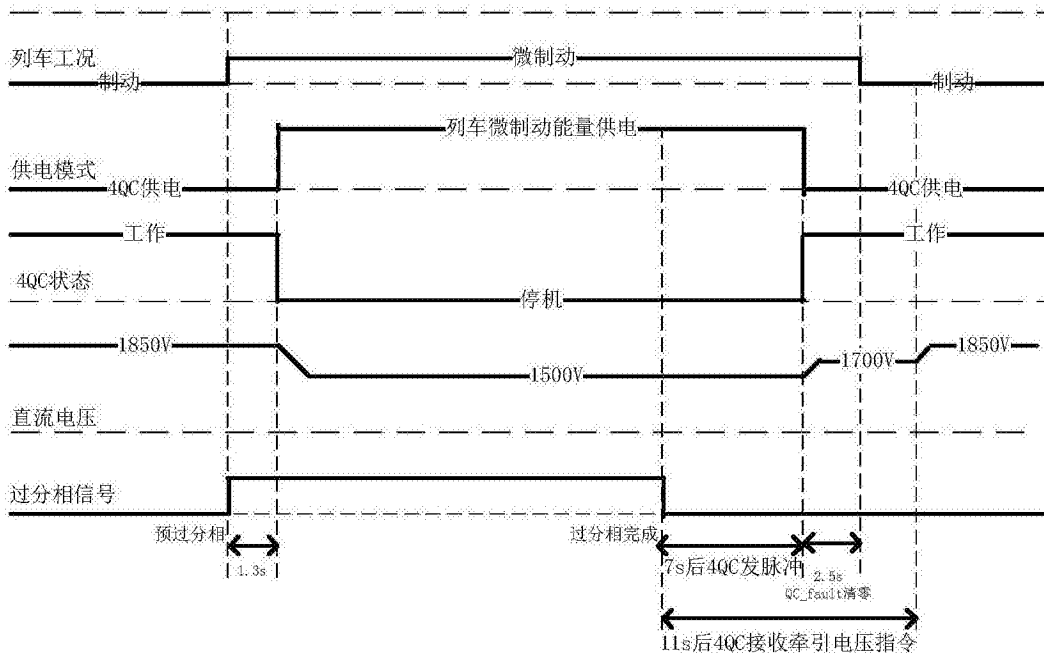


图4

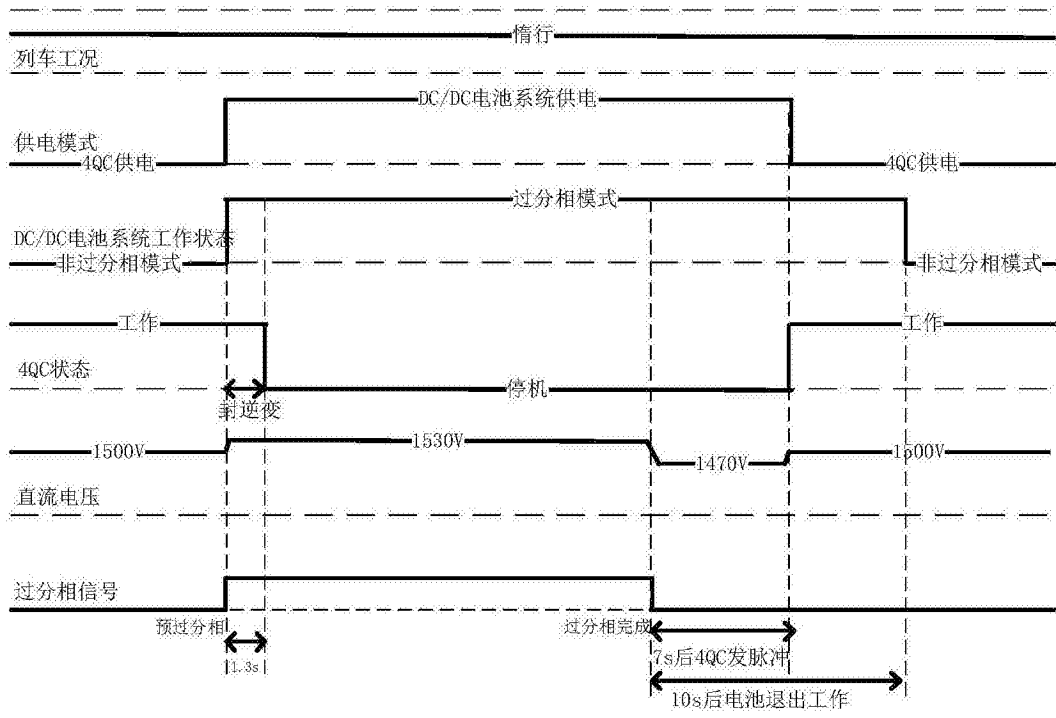


图5

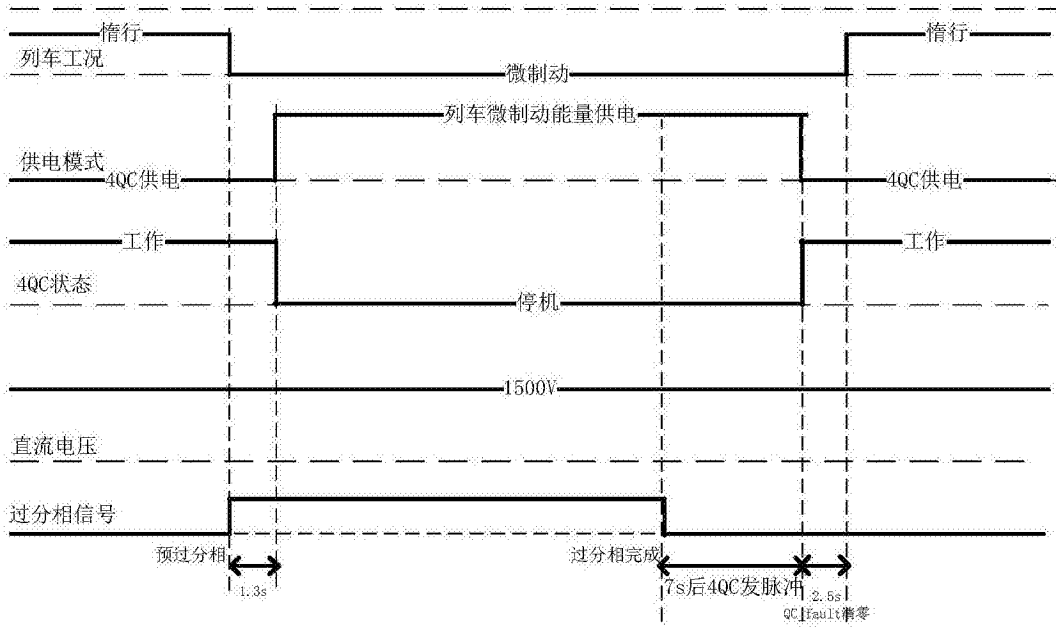


图6

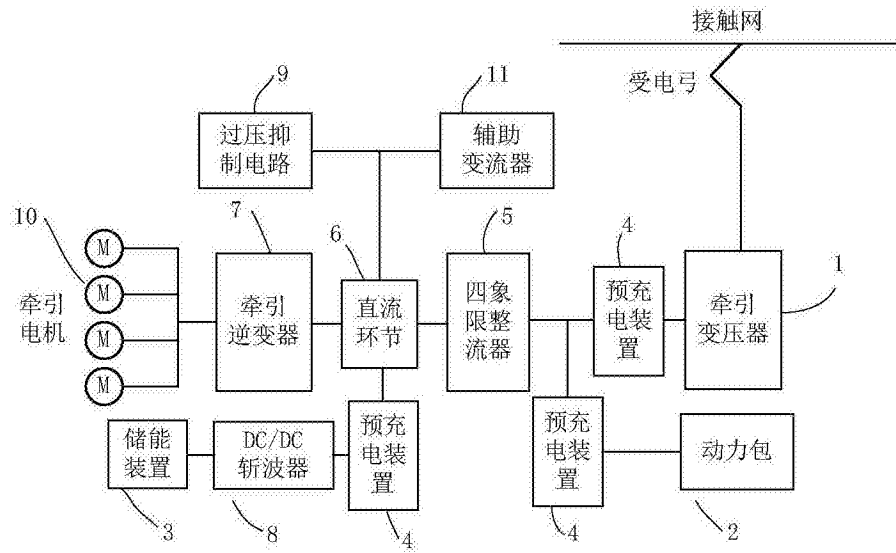


图7