

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101376344 B

(45) 授权公告日 2010.08.11

(21) 申请号 200810156541.8

(22) 申请日 2008.09.28

(73) 专利权人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市四牌楼2号

(72) 发明人 赵剑锋 倪喜军 闫安心 黄华

曹武 刘正祎

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司

32200

代理人 叶连生

(51) Int. Cl.

B60L 7/10(2006.01)

B60M 3/00(2006.01)

审查员 张玉兵

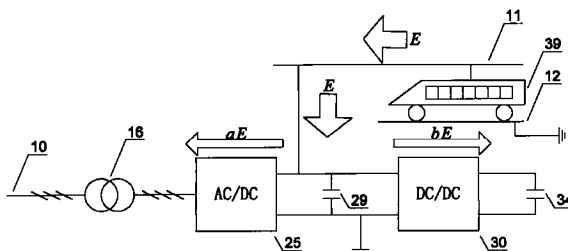
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

地铁供电系统的多目标综合控制节能方法

(57) 摘要

地铁供电系统的多目标综合控制节能方法充分回收及利用制动能量,并通过部分吸收能量部分、回馈能量来克服所有能量瞬时回馈电网对电网的冲击。当供电区间内有列车启动或加速需要能量时,综合控制两部分电路,在维持独立电容器组存储基本电能的目标下,将多余电能释放。在机车运行过程中,利用先进的算法下合理分配能量,达到系统整体性能最优的目标,提高再生能量的利用率,提升节能效果。控制系统还检测牵引变电站其它非牵引负荷的谐波和无功分量,触发 AC/DC 变流模块对这部分谐波和无功进行补偿,避免对电网的污染,以进一步减少谐波带来的损耗,实现多目标综合节能的控制。



1. 一种地铁供电系统的多目标综合控制节能方法,其特征在于:通过对地铁供电系统的多目标综合控制节能装置中的能量流动进行控制以及对地铁变电站除牵引负荷外的其它负荷分支的谐波、无功进行补偿来达到节能的目的;对地铁供电系统的多目标综合控制节能装置中的能量流动采用如下的控制方式:

1) 当机车(39)进站时:机车(39)减速,制动能量回馈到正直流母线(11)、负直流母线(12)间,设该能量回馈到交流母线(10)、存储到独立电容器组(34)的比例即能量分配系数分别为 a 、 b , a 和 b 的关系满足 $a+b=1$; a 、 b 的值可通过对电压、电流的检测由核心控制器实时检测得到;极限情况 $a=0$ 、 $b=1$ 表示通过DC/DC模块(30)向独立电容器组(34)充电储能,此时AC/DC模块(25)有功能量流动的功能是闭锁的;当独立电容器组(34)达到电压上限值后,电能通过AC/DC模块(25)回馈到交流母线(10)中,此时DC/DC模块(30)有功能量流动的功能是闭锁的; a 、 b 为其它数值时则表示制动能量从产生时刻起即同时回馈到交流母线(10)和存储到独立电容器组(34);

2) 当机车(39)出站时:机车(39)启动、加速,设交流母线(10)、独立电容器组(34)输送到正直流母线(12)、负直流母线(13)间的电能的比例即能量分配系数分别为 α 、 β , α 和 β 的关系满足 $\alpha+\beta=1$; α 、 β 的值可通过对电压、电流的检测由核心控制器实时检测得到;极限情况 $\alpha=0$ 、 $\beta=1$ 表示独立电容器组(34)的储能通过DC/DC模块(30)回馈到正直流母线(11)、负直流母线(12)间,在此阶段AC/DC模块(25)有功能量流动的功能是闭锁的;当独立电容器组(34)的电压低于下限值后,DC/DC模块(30)有功能量流动的功能闭锁,交流母线(10)中的电能通过AC/DC模块(25)输送到正直流母线(11)、负直流母线(12)间; α 、 β 为其它数值时则表示机车从启动时刻起所需的能量同时从交流母线(10)和独立电容器组(34)获得;

3) 机车(39)中途运行状态时:交流母线(10)中的电能通过AC/DC模块(25)输送到正直流母线(11)、负直流母线(12)间,以保持公用电容器组(29)电压稳定;独立电容器组(34)中的储能通过DC/DC模块(30)与公用电容器组(29)进行能量交换来达到动态平衡,以使独立电容器组(34)电压维持在定值。

地铁供电系统的多目标综合控制节能方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种多目标综合控制节能方法,是一种运用到地铁供电系统的节能方法。属于电力电子与电力传动技术领域。

背景技术

[0002] 作为用电大户的城市轨道交通网络,可采用的有直流/直流斩波、直流/交流变压变频传动方式,这两种方式都可把制动能量反馈到直流电网。若此时直流电网供电区间有列车启动或加速需要能量时,这部分反馈能量就能够被利用。但是当制动能量不能或不能完全被其他列车吸收时,则会造成直流母线电压升高超过容限值,影响系统的正常运行。

[0003] 所以现有地铁列车的普遍采用的制动方式为电制动(再生制动)+空气制动,运行中以电制动为主,空气制动为辅。列车在运行过程中,由于站间距较短,列车启动、制动频繁,制动能量相当可观。再生制动产生的能量除了一定比例(一般为20%~80%)被其他相邻列车吸收利用外,剩余部分将主要被列车的吸收电阻以发热的方式消耗掉或被线路上的吸收装置吸收。这不仅白白浪费能量,而且也会造成地铁环境温度升高,并使城轨建设费用和运行费用增加。

[0004] 采用储能技术可将列车的再生制动能量吸收存储起来,当供电区间内列车需要能量时,再将所存储的电能释放再利用,这样就可最大程度避免能量的浪费。目前已有的飞轮储能型或电容储能型制动技术具有一定的实用价值,但飞轮储能型制动技术的储能元件为飞轮电机,由于飞轮长时间处于高速旋转状态,且飞轮质量很大,故摩擦耗能问题严重,飞轮工作寿命短。而现有电容储能型制动技术的吸收设备每次存储满电能后都要将电容上的电能释放消耗掉,否则下次工作电容无法吸收制动能量。这些缺陷在一定程度上限制了节能效果的进一步改善。

发明内容

[0005] 技术问题:本发明的目的是克服现有地铁列车节能技术方案的不足,提出一种地铁供电系统的多目标综合控制节能方法,通过对节能系统装置的控制使得再生制动能量在系统中优化分配并能够对牵引变电站的谐波、无功进行补偿,从而在降低地铁供电系统能耗的同时保证系统的稳定性和改善电能质量。

[0006] 技术方案:通过对地铁供电系统的多目标综合控制节能装置中的能量流动进行控制以及对地铁变电站除牵引负荷外的其它负荷分支的谐波、无功进行补偿来达到节能的目的;对地铁供电系统的多目标综合控制节能装置中的能量流动采用如下的控制方式:

[0007] 1) 当机车进站时:机车减速,制动能量回馈到正直流母线、负直流母线间,设该能量回馈到交流母线、存储到独立电容器组的比例即能量分配系数分别为 a 、 b , a 和 b 的关系满足 $a+b=1$; a 、 b 的值可通过对电压、电流的检测由核心控制器实时计算得到;极限情况 $a=0$ 、 $b=1$ 表示通过DC/DC模块向独立电容器组充电储能,此时AC/DC模块有功能量流动的功能是闭锁的;当独立电容器组达到电压上限值后,电能通过AC/DC模块回馈到交流母

线中,此时 DC/DC 模块有功能量流动的功能是闭锁的;a、b 为其它数值时则表示制动能量从产生时刻起即同时回馈到交流母线和存储到独立电容器组;

[0008] 2) 当机车出站时:机车启动、加速,设交流母线、独立电容器组输送到正直流母线、负直流母线间的电能的比例即能量分配系数分别为 α 、 β , α 和 β 的关系满足 $\alpha + \beta = 1$; α 、 β 的值可通过对电压、电流的检测由核心控制器实时计算得到;极限情况 $\alpha = 0$ 、 $\beta = 1$ 表示独立电容器组的储能通过 DC/DC 模块回馈到正直流母线、负直流母线间,在此阶段 AC/DC 模块有功能量流动的功能是闭锁的;当独立电容器组的电压低于下限值后,DC/DC 模块有功能量流动的功能闭锁,交流母线中的电能通过 AC/DC 模块输送到正直流母线、负直流母线间; α 、 β 为其它数值时则表示机车从启动时刻起所需的能量同时从交流母线和独立电容器组获得;

[0009] 3) 机车中途运行状态时:交流母线中的电能通过 AC/DC 模块输送到正直流母线、负直流母线间,以保持公用电容器组电压稳定;独立电容器组中的储能通过 DC/DC 模块与公用电容器组进行能量交换来达到动态平衡,以使独立电容器组电压维持在定值。

[0010] 对地铁变电站除牵引负荷外的其它负荷分支的谐波、无功按照下述方式进行补偿:

[0011] 由传感器对地铁变电站除机车牵引外的其它负荷分支的电流、电压进行采样,再由控制电路根据采集的电流、电压信息计算出除牵引负荷外的其它负荷分支的谐波、无功,最后控制 AC/DC 模块进行电能治理,补偿变电站内的谐波、无功,即该方法在一定的有功功率条件下,通过提高牵引变电站交流母线的输入功率因数来减少线路损耗,起间接节能效果。

[0012] 有益效果:

[0013] (1) 实现了能量的再生制动,将地铁再生制动能量回馈电网或用电容存储,可大幅减少制动能量消耗;

[0014] (2) 通过部分吸收能量、部分回馈能量来克服所有再生制动能量瞬时回馈电网对电网的冲击;

[0015] (3) 实现了对牵引变电站谐波及无功的补偿,可以改善地铁变电站的电能质量,间接起到节能功效;

[0016] (4) 通过自身的高功率因数整流减少了节能装置对交流电网的谐波污染;

[0017] (5) 解决了现有电容储能型制动技术中对储满电能后必须释放消耗的限制提升了节能效果;

[0018] (6) 采用适合于地铁多目标综合节能的控制方案,可优化再生制动能量在系统中的分配,保证系统的稳定性。

附图说明

[0019] 图 1 地铁供电系统的多目标综合控制节能装置的安装示意图,

[0020] 图 2 地铁供电系统的多目标综合控制节能装置的控制电路示意图,

[0021] 图 3 机车进站能量流动示意图,

[0022] 图 4 机车出站能量流动示意图,

[0023] 图 5 机车中途运行状态能量流动示意图,

[0024] 图中 :进线 1、联络线 2、开关 3 ~ 9、交流母线 10、正直流母线 11、负直流母线 12、变压器 13 ~ 17、传感器 18 ~ 20、电抗器 21 ~ 24、AC/DC 模块 25 ~ 28、公用电容器组 29、DC/DC 模块 30 ~ 33、独立电容器组 34 ~ 37、控制电路 38、机车 39。

具体实施方式

[0025] 对本发明的所采用的多目标综合控制节能装置介绍如下：

[0026] 如图 1 所示,地铁供电系统的多目标综合控制节能装置包括电抗器 21 ~ 24、交流 / 直流变流模块 (AC/DC 模块) 25 ~ 28、公用电容器组 29、直流 / 直流变流模块 (DC/DC 模块) 30 ~ 33、独立电容器组 34 ~ 37、传感器 18 ~ 20,以及控制电路 38。AC/DC 模块 25 ~ 28 的交流侧连接到电抗器 21 ~ 24 上,直流侧与公用电容器组 29 相连。电抗器 21 ~ 24 的另一端接在变压器 16 ~ 17 的二次侧上。DC/DC 模块 30 ~ 33 的一次侧连接到公用电容器组 29 上,二次侧分别对应与各自的独立电容器组 34 ~ 37 相连。并联的 AC/DC 模块、DC/DC 模块数目为一个或一个以上,由实际的功率决定。

[0027] 电网中的交流电经变压器 16 ~ 17 降压后,通过电抗器 21 ~ 24 引入到节能装置。AC/DC 模块 25 ~ 28 将交流电变为直流电后从正直流母线 11、负直流母线 12 引出,作为机车 39 的驱动用电。机车 39 制动时产生的电能可通过 AC/DC 模块 25 ~ 28 回馈到电网,也可通过 DC/DC 模块 30 ~ 33 升压后将电能存储到独立电容器组 34 ~ 37 中,这就避免了将所有再生制动能量瞬时回馈电网对电网的冲击。

[0028] 当供电区间内有机车 39 启动或加速需要能量时,综合控制 AC/DC 模块 25 ~ 28、DC/DC 模块 30 ~ 33 两部分电路,在维持独立电容器组 34 ~ 37 存储基本电能的目标下,将多余电能释放。

[0029] 为了改善电能质量,在每个非牵引的负荷分支上安装传感器 18 ~ 20,以对地铁变电站除机车 39 牵引外的其它负荷的电流、电压进行采样。AC/DC 模块 25 ~ 28 在能力允许的情况下即根据电流、电压信息进行逆变,对变电站内的谐波、无功给予补偿,以降低谐波、无功造成的线路损耗。传感器的数目取决于非牵引负荷的分支数。同时 AC/DC 模块 25 ~ 28 采用高功率因数整流技术,可有效抑制节能装置在整流时注入谐波到电网。

[0030] 整个地铁供电系统的多目标综合控制节能装置的控制电路示意图如图 2 所示。鉴于控制的模块众多,控制对象的复杂,系统的控制分为 3 层,最顶层为核心控制层,负责协调能量吸收和能量回馈两部分模块的能量分配;中间层分别为能量吸收和能量回馈的集中控制,负责电力电子器件的脉冲分配和功率模块的故障处理;最底层为功率模块的本地控制器,负责接收上层的下发命令、数据采样,控制本系统的功率器件及上传必要控制检测信号。

[0031] 下述是本发明地铁供电系统的多目标综合控制节能方法的具体实施方案：

[0032] (1) 如图 3 所示,当机车 39 进站时 :机车 39 减速,制动能量回馈到正直流母线 11、负直流母线 12 间,公用电容器组 29 电压上升。设该能量回馈到交流母线 10、存储到独立电容器组 34 的比例即能量分配系数分别为 a 、 b , a 和 b 的关系满足 $a+b=1$; a 、 b 的值可通过对电压、电流的检测由核心控制器实时计算得到;极限情况 $a=0$ 、 $b=1$ 表示通过 DC/DC 模块 30 向独立电容器组 34 充电储能,此时 AC/DC 模块 25 有功能量流动的功能是闭锁的;当独立电容器组 34 达到电压上限值后,电能通过 AC/DC 模块 25 回馈到交流母线 10 中,此时

DC/DC 模块 30 有功能量流动的功能是闭锁的 ;a、b 为其它数值时则表示制动能量从产生时刻起即同时回馈到交流母线 10 和存储到独立电容器组 34。

[0033] (2) 如图 4 所示,当机车 39 出站时 :机车 39 启动、加速,设交流母线 10、独立电容器组 34 输送到正直流母线 12、负直流母线 13 间的电能的比例即能量分配系数分别为 α 、 β , α 和 β 的关系满足 $\alpha + \beta = 1$; α 、 β 的值可通过对电压、电流的检测由核心控制器实时计算得到 ;极限情况 $\alpha = 0$ 、 $\beta = 1$ 表示独立电容器组 34 的储能通过 DC/DC 模块 30 回馈到正直流母线 11、负直流母线 12 间,在此阶段 AC/DC 模块 25 有功能量流动的功能是闭锁的 ;当独立电容器组 34 的电压低于下限值后, DC/DC 模块 30 有功能量流动的功能闭锁,交流母线 10 中的电能通过 AC/DC 模块 25 输送到正直流母线 11、负直流母线 12 间 ; α 、 β 为其它数值时则表示机车从启动时刻起所需的能量同时从交流母线 10 和独立电容器组 34 获得。

[0034] (3) 如图 5 所示,机车 39 中途运行状态时 :交流母线 10 中的电能通过 AC/DC 模块 25 输送到正直流母线 11、负直流母线 12 间,以保持公用电容器组 29 电压稳定 ;独立电容器组 34 中的储能通过 DC/DC 模块 30 与公用电容器组 29 进行能量交换来达到动态平衡,以使独立电容器组 34 电压维持在定值。

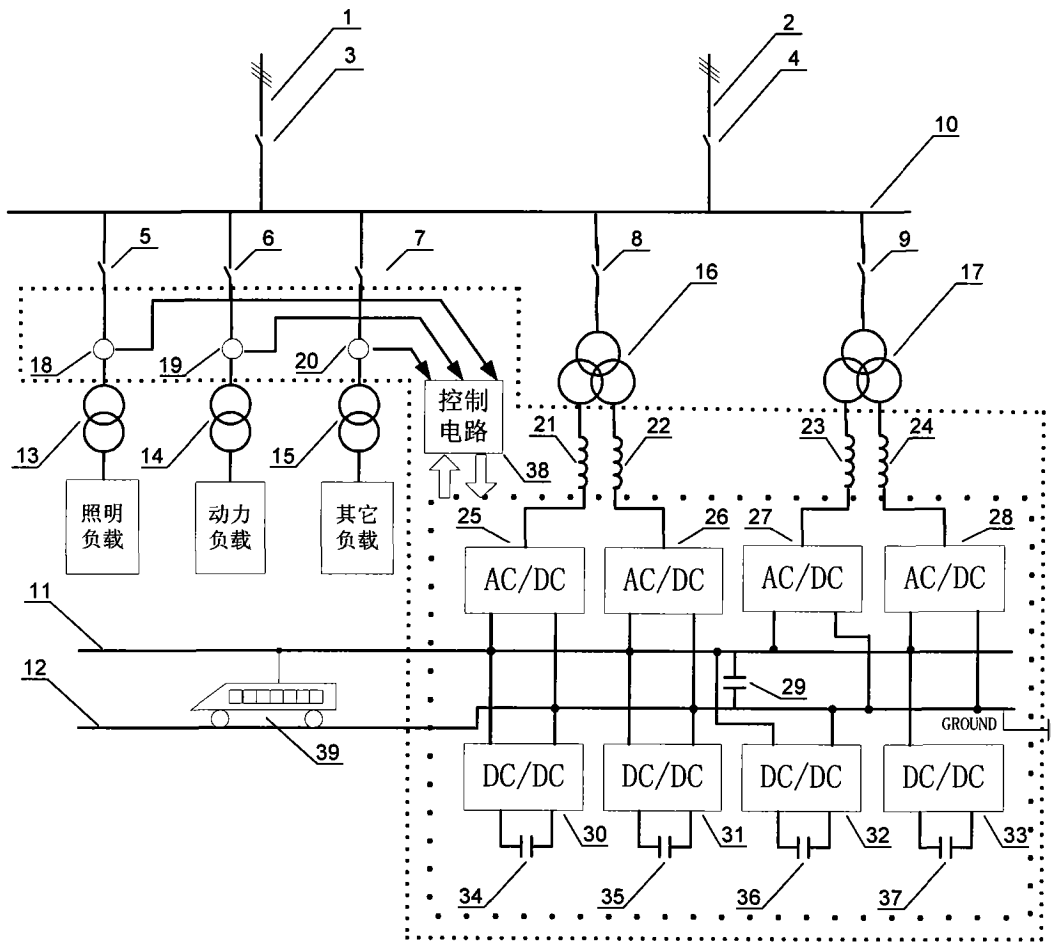


图 1

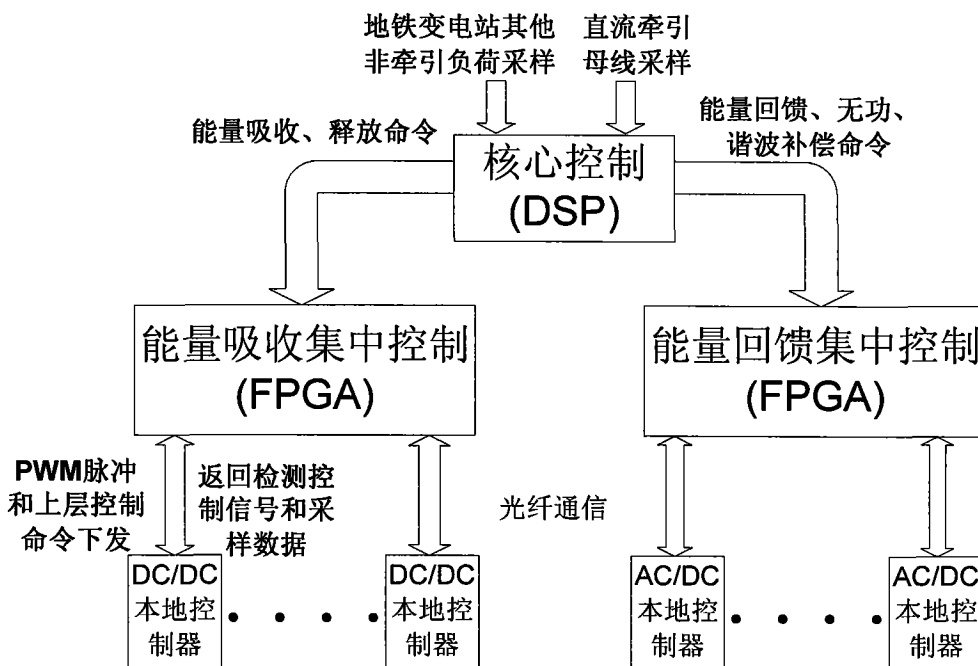


图 2

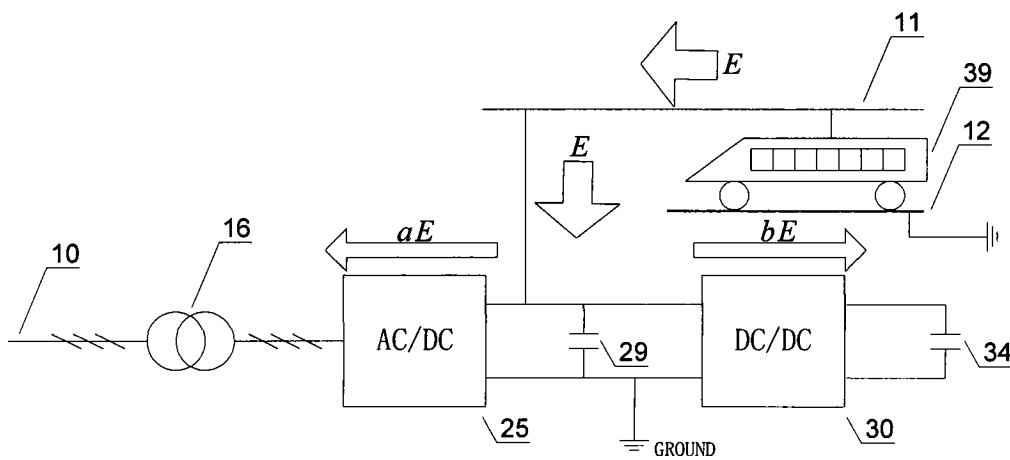


图 3

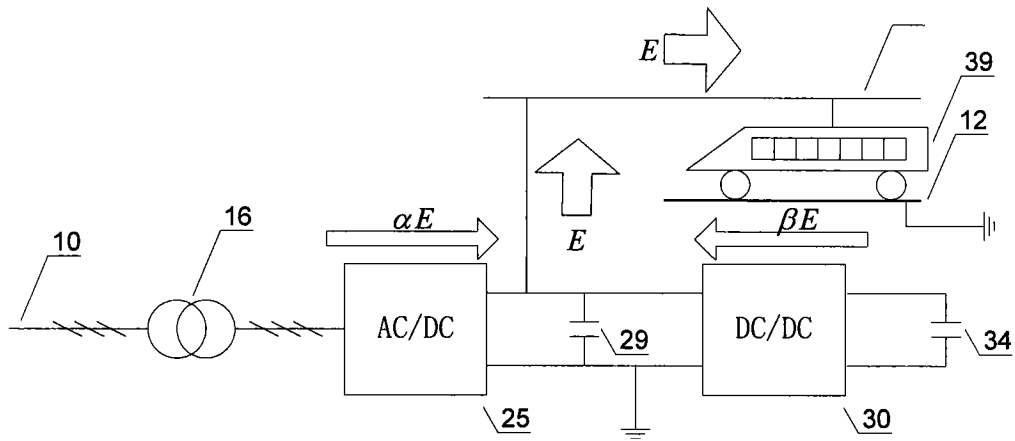


图 4

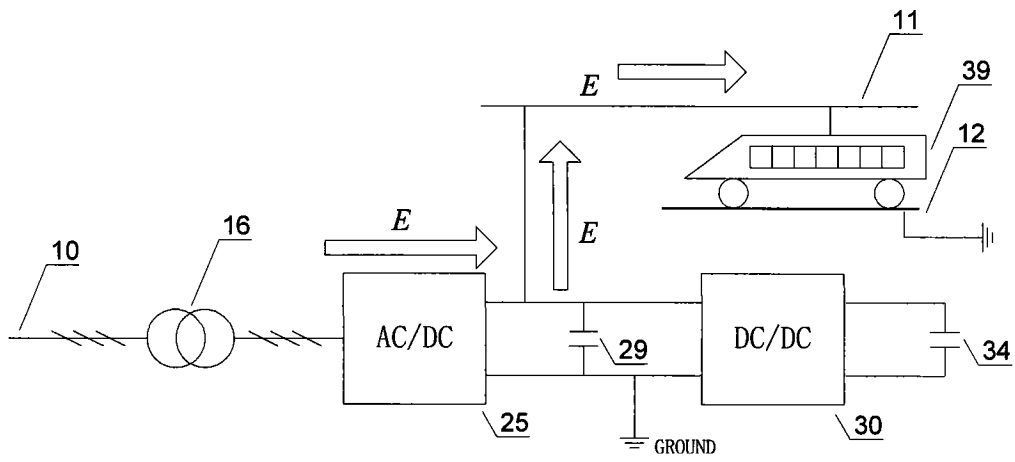


图 5