(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2015 年 2 月 5 日 (05.02.2015)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2015/014249 A1

(51) 国际专利分类号:
B60M 3/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2014/083092

(22) 国际申请日: 2014 年 7 月 26 日 (26.07.2014)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201310325905.1 2013 年 7 月 29 日 (29.07.2013) CN

(71) 申请人: **华北电力大学（保定）** **(NORTH CHINA ELECTRIC POWER UNIVERSITY (BAODING))** [CN/CN]; 中国河北省保定市永华北大街 619 号, Hebei 071003 (CN)。 **国家电网公司 (STATE GRID CORPORATION OF CHINA)** [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街 86 号, Beijing 100031 (CN)。 **国网辽宁省电力有限公司经济技术研究院 (STATE GRID LIAONING ELECTRIC POWER COMPANY LIMITED ECONOMIC RESEARCH INSTITUTE)** [CN/CN]; 中国辽宁省沈阳市沈河区文萃路 183-1 号, Liaoning 110015 (CN)。

(72) 发明人: **孟明 (MENG, Ming)**; 中国河北省保定市永华北大街 619 号, Hebei 071003 (CN)。 **刘剑 (LIU, Jian)**; 中国辽宁省沈阳市沈河区文萃路 183-1 号, Liaoning 110015 (CN)。 **王喜平 (WANG, Xiping)**; 中国河北省保定市永华北大街 619 号, Hebei 071003 (CN)。 **胡大龙 (HU, Dalong)**; 中国辽宁省沈阳市沈河区文萃路 183-1 号, Liaoning 110015 (CN)。 **蒋理 (JIANG, Li)**; 中国辽宁省沈阳市沈河区文萃路 183-1 号, Liaoning 110015 (CN)。 **宋颖巍 (SONG, Ying-wei)**; 中国辽宁省沈阳市沈河区文萃路 183-1 号, Liaoning 110015 (CN)。 **刘岩 (LIU, Yan)**; 中国辽宁省沈阳市沈河区文萃路 183-1 号, Liaoning 110015 (CN)。 **宁辽逸 (NING, Liaoyi)**; 中国辽宁省沈阳市沈河区文萃路 183-1 号, Liaoning 110015 (CN)。

(74) 代理人: **天津市北洋有限责任专利代理事务所 (BEI & OCEAN)**; 中国天津市南开区鞍山西道时代公寓 A 座 603, Tianjin 300193 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS,

[见续页]

(54) **Title**: NEW ENERGY-BASED HYBRID BIDIRECTIONAL INTERACTIVE DC TRACTION POWER SUPPLY SYSTEM

(54) **发明名称** : 一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统

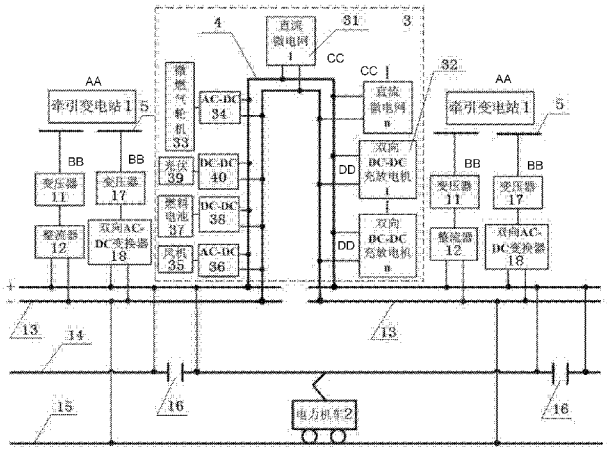

图 2 / FIG.2

2 ELECTRIC VEHICLE
12 RECTIFIER
18 BIDIRECTIONAL AC-DC CONVERTER
33 MICRO-GAS TURBINE
35 FAN
37 FUEL BATTERY
39 PHOTOVOLTAIC
AA TRACTION SUBSTATION
BB TRANSFORMER
CC DC MICRO-GRID
DD BIDIRECTIONAL DC-DC CHARGER-DISCHARGER

(57) **Abstract**: A new energy-based hybrid bidirectional interactive DC traction power supply system, which is provided with two traction substations (1), wherein each traction substation (1) comprises transformers (11, 17), a rectifier (12), a bidirectional AC-DC convertor (18), a DC bus (13), an overhead contact system (14), a steel rail (15) and a section post (16). A DC new energy system (3) which is composed of an electric vehicle charging and discharging system, a distributed power supply and more than one low-voltage DC micro-grid (31) is arranged on the DC bus (13) between the two adjacent traction substations (1); and the DC new energy system (3) is connected to the DC buses (13) of the two adjacent traction substations (1) through a high-voltage DC bus (4), so that a DC loop micro-grid (31) is formed in a power supply zone, wherein the electric vehicle charging and discharging system is composed of more than one bidirectional DC-DC charger-discharger (32) which is used for connecting the power battery of an electric vehicle.

(57) **摘要**: 一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统，有两个牵引变电站（1），每个牵引变电站（1）又包括变压器（11，17）、整流器（12）、双向交流-直流（AC-DC）变换器（18）、直流母线（13）、接触网（14）、钢轨（15）和分区所（16）。在相邻的两个牵引变电站（1）之间的直流母线（13）上设置有由电动汽车充放电系统、分布式电源和 1 个以上的低压直流微电网（31）构成的直流新能源系统（3），直流新能源系统（3）通过高压直流母线（4）与相邻的两个牵引变电站（1）的直流母线（13）相连，从而在一个供电分区内形成直流环形微电网（31），其中电动汽车充放电系统是由 1 个以上的用于连接电动汽车动力电池的双向直流-直流充放电机（32）构成。

WO 2015/014249 A1

JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) **指定国** (除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统

技术领域

本发明涉及一种直流牵引供电系统。特别是涉及一种分布式电源、换电为主的电动汽车充放电系统与直流牵引供电系统相结合的基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统。

背景技术

随着经济和城市化进程的快速发展，能源危机、环境污染和交通拥堵已成为当今世界所面临的严重问题。城市电气化交通车辆（地铁、有轨电车和无轨电车）和电动汽车可以缓解城市日益严重的交通拥堵，降低有限的化石燃料的消耗，减少空气污染，实现节能减排和城市的可持续发展，是未来城市大力发展的主要交通工具。

电动汽车的发展需要相对应的充电系统，常用的充电模式有常规充电、快速充电和动力电池组快速更换系统（简称换电）三种。对于城市公共交通电动车辆，换电是一种很好的充电模式。电动汽车充电系统不仅需要巨大的建设成本，而且会对电力系统产生许多不良影响。同时，电动汽车动力电池也是一个容量巨大的储能设备。

传统的直流牵引供电系统通常采用二极管整流器供电，牵引变电站向接触网供电的方式有单边供电和双边供电。我国国标规定的直流供电的电压等级有 750V 和 1500V 两种。电力机车的制动能量通常消耗在制动电阻上，这不仅造成了能量的浪费，而且还会导致隧道温度的升高，增加温控系统的负担，进一步导致能源的浪费。电力机车制动能量的回收利用是牵引供电系统未来发展的方向。

如图 1 所示，现有的直流牵引供电系统包括有：一个或两个以上的用于向电力机车 2 提供直流电能的牵引变电站 1，该牵引变电站 1 是采用传统的二极管整流直流牵引供电系统。每一个牵引变电站 1 都是由变压器 11、整流器 12、直流母线 13、接触网 14、钢轨 15 和分区所 16 构成。其中，变压器 11 可以是双绕组变压器、三绕组变压器或原边采用延边三角形连接的移相±7.5°的三绕组变压器。整流器 12 可以是六脉波整流器、12 脉波整流器或 24 脉波整流器。

传统的直流牵引供电系统在电力机车运行低谷和停运期间，交流侧主变电站的功率因数很低，需要采取无功补偿措施。

经济的迅猛发展促进了电力需求的快速增长，传统的集中式大电网成本高、运行难度大，难以满足用户越来越高的安全性和可靠性的要求。分布式发电与集中式发电相比，具有污染少、能源利用率高、安装地点灵活等优点，节省了输配电资源和运行费用，减少了集中输电的线路损耗，减少了电网总容量，改善了电网峰谷性能，提高了可靠性，是大电网的有力补充和有效支撑，是电力系统的发展趋势之一。

分布式电源包括太阳能光伏电池、风力发电机、微型燃气轮机、燃料电池和生物质能发电等。

分布式电源单机接入成本高、控制困难。它相对于大电网来说是一个不可控源，因此大电网往往采取限制、隔离的方式来处置分布式电源，以期减小其对大电网的冲击，这就大大

限制了分布式电源的利用。

充分利用城市电气化公交线路的空间可以发展利用诸如太阳能光伏电池、微型燃气轮机和燃料电池等分布式电源。

微电网是一种由负荷、微电源（即微电网中的分布式电源，如光伏发电、风力发电等）、储能装置和电力电子功率变换装置共同组成的有机系统；微电网内部的电源主要由电力电子器件负责能量的转换，并提供必需的控制；微电网可以有效解决上述分布式电源接入大电网的问题，协调大电网和分布式电源之间的矛盾。

微电网可分为交流微电网、直流微电网、高频微电网和交直流混合微电网。因为分布式电源中的太阳能光伏电池和燃料电池本身为直流，而风力发电机、微型燃气轮机和生物质能发电等虽然为频率不同的交流，但可以经过一次整流变换为直流。直流微电网具有无集肤效应、损耗小、效率高、无需无功补偿、不存在交流供电系统固有的稳定问题、输送距离和功率也不受电力系统同步运行稳定性的限制以及易于控制等优点，在电力系统中具有广阔的发展和应用前景。

发明内容

本发明所要解决的技术问题是，提供一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统，从而实现了分布式电源的有效利用以及电力机车制动能量的回收，减小现有直流牵引供电系统直流电压的波动范围，提高直流牵引供电系统交流侧主变电站的功率因数，减少谐波，提高直流牵引供电系统的可靠性，减少电动汽车充电系统的建设成本。

本发明所采用的技术方案是：一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统，包括有两个以上的用于向电力机车提供直流电能的牵引变电站，每一个牵引变电站都有一个以上的连接在交流母线上的第一变压器和一个以上的连接在交流母线上的第二变压器，每一个第一变压器的另一侧对应连接一个整流器，每一个第二变压器的另一侧对应连接一个双向交流-直流变换器，所有整流器和所有双向交流-直流变换器的另一侧均连接在所位于的牵引变电站的直流母线上，所述的直流母线的正负极分别对应连接接触网和钢轨，所述的电力机车的正负极分别对应连接接触网和钢轨，每一个牵引变电站的接触网上都接有一个分区所，所述分区所的两端还分别连接所对应的直流母线的正极，在相邻的两个牵引变电站之间的直流母线上设置有由电动汽车充放电系统、分布式电源和 1 个以上的低压直流微电网构成的直流新能源系统，所述的直流新能源系统通过高压直流母线与相邻的两个牵引变电站的直流母线相连，从而在一个供电分区内形成直流环形微电网，其中所述的电动汽车充放电系统是由 1 个以上的用于连接电动汽车动力电池的双向直流-直流充放电机构成。

所述的每个双向直流-直流充放电机的连接电动汽车动力电池的输出端还并联超级电容器。

所述的分布式电源包括有一个以上的微型燃气轮机、一个以上的风力发电机、一个以上的燃料电池和一个以上的太阳能光伏电池，其中，每一个微型燃气轮机和每一个风力发电机都各自通过一个单向交流-直流变换器连接高压直流母线，每一个燃料电池和每一个太阳能光伏电池都各自通过一个单向直流-直流变换器连接高压直流母线。

所述的低压直流微电网包括有通过一个双向直流-直流变换器连接在高压直流母线上的环形低压直流母线、一个以上的储能装置、一个以上的微型燃气轮机、一个以上的太阳能光伏电池、一个以上的燃料电池、一个以上的风力发电机、一个以上的单向直流-交流变换器、一个以上的双向直流-直流充放电机和一个以上的单向直流-直流变换器，其中，每一个太阳能光伏电池和每一个燃料电池分别各通过一个单向直流-直流变换器连接环形低压直流母线，每一个微型燃气轮机和每一个风力发电机分别各通过一个单向交流-直流变换器连接环形低压直流母线，每一个储能装置各通过一个双向直流-直流变换器连接环形低压直流母线，每一个单向直流-交流变换器的输出连接交流负载，每一个双向直流-直流充放电机的另一侧连接电动汽车的动力电池，每一个单向直流-直流变换器的输出连接直流负载。

所述的低压直流微电网包括有通过一个双向直流-直流变换器连接在高压直流母线上的放射形低压直流母线、一个以上的储能装置、一个以上的微型燃气轮机、一个以上的太阳能光伏电池、一个以上的燃料电池、一个以上的风力发电机、一个以上的单向直流-交流变换器、一个以上的双向直流-直流充放电机和一个以上的单向直流-直流变换器，其中，每一个太阳能光伏电池和每一个燃料电池分别各通过一个单向直流-直流变换器连接放射形低压直流母线，每一个微型燃气轮机和每一个风力发电机分别各通过一个单向交流-直流变换器连接放射形低压直流母线，每一个储能装置各通过一个双向直流-直流变换器连接放射形低压直流母线，每一个单向直流-交流变换器的输出连接交流负载，每一个双向直流-直流充放电机的另一侧连接电动汽车的动力电池，每一个单向直流-直流变换器的输出连接直流负载。

一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统，包括有一个用于向电力机车提供直流电能的牵引变电站，所述的牵引变电站设置有一个以上的连接在交流母线上的第一变压器和一个以上的连接在交流母线上的第二变压器，每一个第一变压器的另一侧对应连接一个整流器，每一个第二变压器的另一侧对应连接一个双向交流-直流变换器，所有整流器和所有双向交流-直流变换器的另一侧均连接在牵引变电站的直流母线上，所述的直流母线的正负极分别对应连接接触网和钢轨，所述的电力机车的正负极分别对应连接接触网和钢轨，在直流母线上设置有由电动汽车充放电系统、分布式电源和 1 个以上的低压直流微电网构成的直流新能源系统，所述的直流新能源系统通过高压直流母线与牵引变电站的直流母线相连，从而在一个供电分区内形成直流环形微电网，其中所述的电动汽车充放电系统是由 1 个以上的用于连接电动汽车动力电池的双向直流-直流充放电机构成。

所述的每个双向直流-直流充放电机的连接电动汽车动力电池的输出端还并联超级电容器。

所述的分布式电源包括有一个以上的微型燃气轮机、一个以上的风力发电机、一个以上的燃料电池和一个以上的太阳能光伏电池，其中，每一个微型燃气轮机和每一个风力发电机都各自通过一个单向交流-直流变换器连接高压直流母线，每一个燃料电池和每一个太阳能光伏电池都各自通过一个单向直流-直流变换器连接高压直流母线。

所述的低压直流微电网包括有通过一个双向直流-直流变换器连接在高压直流母线上的环形低压直流母线、一个以上的储能装置、一个以上的微型燃气轮机、一个以上的太阳能光伏电池、一个以上的燃料电池、一个以上的风力发电机、一个以上的单向直流-交流变换器、

一个以上的双向直流-直流充放电机和一个以上的单向直流-直流变换器，其中，每一个太阳能光伏电池和每一个燃料电池分别各通过一个单向直流-直流变换器连接环形低压直流母线，每一个微型燃气轮机和每一个风力发电机分别各通过一个单向交流-直流变换器连接环形低压直流母线，每一个储能装置各通过一个双向直流-直流变换器连接环形低压直流母线，每一个单向直流-交流变换器的输出连接交流负载，每一个双向直流-直流充放电机的另一侧连接电动汽车的动力电池，每一个单向直流-直流变换器的输出连接直流负载。

所述的低压直流微电网包括有通过一个双向直流-直流变换器连接在高压直流母线上的放射形低压直流母线、一个以上的储能装置、一个以上的微型燃气轮机、一个以上的太阳能光伏电池、一个以上的燃料电池、一个以上的风力发电机、一个以上的单向直流-交流变换器、一个以上的双向直流-直流充放电机和一个以上的单向直流-直流变换器，其中，每一个太阳能光伏电池和每一个燃料电池分别各通过一个单向直流-直流变换器连接放射形低压直流母线，每一个微型燃气轮机和每一个风力发电机分别各通过一个单向交流-直流变换器连接放射形低压直流母线，每一个储能装置各通过一个双向直流-直流变换器连接放射形低压直流母线，每一个单向直流-交流变换器的输出连接交流负载，每一个双向直流-直流充放电机的另一侧连接电动汽车的动力电池，每一个单向直流-直流变换器的输出连接直流负载。

本发明的一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统，基于分布式电源、换电为主的电动汽车充放电系统和双向交流-直流（AC-DC）并网变换器所形成的直流微电网，实现了分布式新能源的有效利用和电力机车制动能量的回收；减小了直流母线电压的波动；利用脉宽调制（PWM）控制提高了交流侧主变电站的功率因数，减少了谐波；如果分布式电源和换电为主的电动汽车充放电系统容量足够大，系统可以孤岛运行，从而提高了直流牵引供电系统的供电可靠性；充分利用直流牵引供电系统实现了电动汽车的充电，进而减少了电动汽车充电系统的建设成本；通过双向交流-直流（AC-DC）并网变换器实现了电能的双向互动，具有“削峰填谷”的作用，提高了整个系统的经济性。

附图说明

图 1 是现有的直流牵引供电系统的结构示意图；

图 2 是双边供电的基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统的结构示意图；

图 3 是单边供电的基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统结构示意图；

图 4 是环形低压直流微电网结构示意图；

图 5 是放射形低压直流微电网结构示意图。

图中

1：牵引变电站　　2：电力机车

3：直流新能源系统　　4：高压直流母线

5：交流母线　　11：第一变压器

12：整流器　　13：直流母线

14：接触网　　15：钢轨

16：分区所　　17：第二变压器

18：双向交流-直流变换器
31：低压直流微电网
32：双向直流-直流充放电机
33：微型燃气轮机
34：单向交流-直流变换器
35：风力发电机
36：单向交流-直流变换器
37：燃料电池
38：单向直流-直流变换器
39：太阳能光伏电池
40：单向直流-直流变换器

具体实施方式

下面结合实施例和附图对本发明的一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统做出详细说明。

本发明的一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统，是基于分布式电源、换电为主的电动汽车充放电系统和直流牵引供电系统所形成的直流微电网，提出了一种双向互动式直流牵引供电系统。

对于双边供电的一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统，即基于整流器和双向交流-直流（AC-DC）变换器并联并网的双向互动式直流牵引供电系统。如图 2 所示，本发明的一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统，包括有两个以上的用于向电力机车 2 提供直流电能的牵引变电站 1，每一个牵引变电站 1 都有一个以上的连接在交流母线 5 上的第一变压器 11 和一个以上的连接在交流母线 5 上的第二变压器 17，每一个第一变压器 11 的另一侧对应连接一个整流器 12，每一个第二变压器 17 的另一侧对应连接一个双向交流-直流变换器 18，所有整流器 12 和所有双向交流-直流变换器 18 的另一侧均连接在所位于的牵引变电站 1 的直流母线 13 上，所述的直流母线 13 的正负极分别对应连接接触网 14 和钢轨 15，所述的电力机车 2 的正负极分别对应连接接触网 14 和钢轨 15，每一个牵引变电站 1 的接触网 14 上都接有一个分区所 16，所述分区所 16 的两端还分别连接所对应的直流母线 13 的正极，其中，变压器可以是双绕组变压器、三绕组变压器或原边采用延边三角形连接的移相±7.5°的三绕组变压器。整流器既可以是二极管组成的不控整流器，也可以是脉宽调制（PWM）可控整流器。二极管整流器可以是六脉波整流器、12 脉波整流器或 24 脉波整流器。双向交流-直流（AC-DC）变换器既可以是电压源变换器，也可以是电流源变换器；其调制方式可以是脉宽调制（PWM）；在图 2 中每个牵引变电站虽然给出了两个变压器、一个整流器和一个双向交流-直流（AC-DC）变换器，但其数目不只限于这些。

在相邻的两个牵引变电站 1 之间的直流母线 13 上设置有由电动汽车充放电系统、分布式电源和 1 个以上的低压直流微电网 31 构成的直流新能源系统 3，所述的直流新能源系统 3 通过高压直流母线 4 与相邻的两个牵引变电站 1 的直流母线 13 相连，从而在一个供电分区内形成直流环形微电网，其中所述的电动汽车充放电系统是由 1 个以上的用于连接电动汽车动力电池的双向直流-直流充放电机 32 构成。为改善系统的动态性能，所述的每个双向直流-直流充放电机 32 的连接电动汽车动力电池的输出端还并联超级电容器（图中未画出）。

所述的分布式电源包括有一个以上的微型燃气轮机 33、一个以上的风力发电机 35、一个以上的燃料电池 37 和一个以上的太阳能光伏电池 39，其中，每一个微型燃气轮机 33 和每一

个风力发电机 35 都各自通过一个单向交流-直流变换器 34/36 连接高压直流母线 4，每一个燃料电池 37 和每一个太阳能光伏电池 39 都各自通过一个单向直流-直流变换器 38/40 连接高压直流母线 4。

太阳能光伏电池 39 和风力发电机 35 根据不同情况可以采用最大功率跟踪控制，也可以采用最大电流控制；单向交流-直流变换器 34/36 和单向直流-直流变换器 38/40 控制可以采用主从控制、对等控制或下垂控制，也可以采用分层控制。由于图空间所限，图中针对四种分布式电源只画出了一个作为代表；实际上，分布式电源的种类和数量没有限制。低压直流微电网 31 通过双向直流-直流（DC-DC）变换器和高压直流母线 4 与接触网相连的直流母线相连，它既可以运行在并网状态，也可以运行在离网（或孤岛）状态，其结构形式既可以是环式（如图 4），也可以是放射式（如图 5）或其他形式。整流器、双向直流-直流（DC-DC）变换器与直流母线 13 直接相连，分布式电源、电动汽车充放电系统、低压直流微电网通过高压直流母线 4 与两个牵引变电站的直流母线相连，从而在一个供电分区内形成直流环形微电网。

对于单边供电的基于整流器和双向交流-直流（AC-DC）变换器并联并网的双向互动式直流牵引供电系统，如图 3 所示，本发明的一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统，包括有一个用于向电力机车 2 提供直流电能的牵引变电站 1，所述的牵引变电站 1 设置有一个以上的连接在交流母线 5 上的第一变压器 11 和一个以上的连接在交流母线 5 上的第二变压器 17，每一个第一变压器 11 的另一侧对应连接一个整流器 12，每一个第二变压器 17 的另一侧对应连接一个双向交流-直流变换器 18，所有整流器 12 和所有双向交流-直流变换器 18 的另一侧均连接在牵引变电站 1 的直流母线 13 上，所述的直流母线 13 的正负极分别对应连接接触网 14 和钢轨 15，所述的电力机车 2 的正负极分别对应连接接触网 14 和钢轨 15，电力机车为牵引变电站的负载。其中，变压器可以是双绕组变压器、三绕组变压器或原边采用延边三角形连接的移相±7.5°的三绕组变压器。整流器既可以是二极管组成的不控整流器，也可以是脉宽调制（PWM）可控整流器。二极管整流器可以是六脉波整流器、12 脉波整流器或 24 脉波整流器。双向交流-直流（AC-DC）变换器既可以是电压源变换器，也可以是电流源变换器；其调制方式可以是脉宽调制（PWM）；图中牵引变电站虽然给出了两个变压器、一个整流器和一个双向交流-直流（AC-DC）变换器，但其数目不只限于这些。在直流母线 13 上设置有由电动汽车充放电系统、分布式电源和 1 个以上的低压直流微电网 31 构成的直流新能源系统 3，所述的直流新能源系统 3 通过高压直流母线 4 与牵引变电站 1 的直流母线 13 相连，从而在一个供电分区内形成直流环形微电网，其中所述的电动汽车充放电系统是由 1 个以上的用于连接电动汽车动力电池的双向直流-直流充放电机 32 构成。n 个双向直流-直流（图中为 DC-DC）充放电机构成换电为主的电动汽车充放电系统，为改善系统的动态性能，所述的每个双向直流-直流（DC-DC）充放电机 32 的连接电动汽车动力电池的输出端还并联超级电容器（图中未画出）。

所述的分布式电源包括有一个以上的微型燃气轮机 33、一个以上的风力发电机 35、一个以上的燃料电池 37 和一个以上的太阳能光伏电池 39，其中，每一个微型燃气轮机 33 和每一个风力发电机 35 都各自通过一个单向交流-直流变换器 34/36 连接高压直流母线 4，每一个燃料电池 37 和每一个太阳能光伏电池 39 都各自通过一个单向直流-直流变换器 38/40 连接高压

直流母线 4。

太阳能光伏电池 39 和风力发电机 35 根据不同情况可以采用最大功率跟踪控制，也可以采用最大电流控制；单向交流-直流变换器 34/36 和单向直流-直流变换器 38/40 控制可以采用主从控制、对等控制或下垂控制，也可以采用分层控制。由于图空间所限，图中针对四种分布式电源只画出了一个作为代表；实际上，分布式电源的种类和数量没有限制。低压直流微电网 31 通过双向直流-直流（DC-DC）变换器和高压直流母线 4 与接触网相连的直流母线相连，它既可以运行在并网状态，也可以运行在离网（或孤岛）状态，其结构形式既可以是环式（如图 4），也可以是放射式（如图 5）或其他形式。整流器、双向直流-直流（DC-DC）变换器与直流母线 13 直接相连，分布式电源、电动汽车充放电系统、低压直流微电网通过高压直流母线 4 与两个牵引变电站的直流母线相连，从而在一个供电分区内形成直流环形微电网。

如图 4 所示，本发明图 2、图 3 所示的低压直流微电网 31，包括有通过一个双向直流-直流变换器 312 连接在高压直流母线 4 上的环形低压直流母线 311a、一个以上的储能装置 3110、一个以上的微型燃气轮机 316、一个以上的太阳能光伏电池 317、一个以上的燃料电池 318、一个以上的风力发电机 319、一个以上的单向直流-交流（DC-AC）变换器 3111、一个以上的双向直流-直流（DC-DC）充放电机 3112 和一个以上的单向直流-直流（DC-DC）变换器 3113，其中，每一个太阳能光伏电池 317 和每一个燃料电池 318 分别各通过一个单向直流-直流（DC-DC）变换器 3117/3116 连接环形低压直流母线 311a，每一个微型燃气轮机 316 和每一个风力发电机 319 分别各通过一个单向交流-直流（AC-DC）变换器 3114/3115 连接环形低压直流母线 311a，每一个储能装置 3110 各通过一个双向直流-直流（DC-DC）变换器 3118 连接环形低压直流母线 311a，每一个单向直流-交流（DC-AC）变换器 3111 的输出连接交流负载 313，每一个双向直流-直流（DC-DC）充放电机 3112 的另一侧连接电动汽车 314 的动力电池，每一个单向直流-直流（DC-DC）变换器 3113 的输出连接直流负载 315。储能装置 3110 依次通过环形低压直流母线 311a、双向直流-直流变换器 312 和直流母线上 4 连接在与接触网相连的直流母线 13 上。

本发明中，所述的储能装置既可以是蓄电池储能，也可以是超级电容器储能或其他储能设备；所述的直流负载既可以是 LED 照明设备，也可以是消费类电子设备或其他直流负载。所述的交流负载既可以是空调，所述的也可以是洗衣机或其他交流负载。双向直流-直流（DC-DC）电动汽车充放电机既可以为纯电动汽车充放电，也可以为插电式混合动力汽车或动力电池充放电。

如图 5 所示，本发明图 2、图 3 所示的低压直流微电网 31，还可以是包括有通过一个双向直流-直流变换器 312 连接在高压直流母线 4 上的放射形低压直流母线 311b、一个以上的储能装置 3110、一个以上的微型燃气轮机 316、一个以上的太阳能光伏电池 317、一个以上的燃料电池 318、一个以上的风力发电机 319、一个以上的单向直流-交流（DC-AC）变换器 3111、一个以上的双向直流-直流（DC-DC）充放电机 3112 和一个以上的单向直流-直流（DC-DC）变换器 3113，其中，每一个太阳能光伏电池 317 和每一个燃料电池 318 分别各通过一个单向直流-直流 DC-DC 变换器 3117/3116 连接放射形低压直流母线 311b，每一个微型燃气轮机 316 和每一个风力发电机 319 分别各通过一个单向交流-直流（AC-DC）变换器 3114/3115 连接放

射形低压直流母线 311b，每一个储能装置 3110 各通过一个双向直流-直流 DC-DC 变换器 3118 连接放射形低压直流母线 311b，每一个单向直流-交流（DC-AC）变换器 3111 的输出连接交流负载 313，每一个双向直流-直流（DC-DC）充放电机 3112 的另一侧连接电动汽车 314 的动力电池，每一个单向直流-直流（DC-DC）变换器 3113 的输出连接直流负载 315。

低压直流微电网通过双向直流-直流（DC-DC）变换器以及高压直流母线 4 连接在与接触网相连的直流母线上。储能装置既可以是蓄电池储能，也可以是超级电容器储能或其他储能设备；直流负载既可以是 LED 照明设备，也可以是消费类电子设备或其他直流负载。交流负载既可以是空调，也可以是洗衣机或其他交流负载。双向直流-直流（DC-DC）电动汽车充放电机既可以为纯电动汽车充放电，也可以为插电式混合动力汽车或动力电池充放电。

图 4 和图 5 既适用于图 3 所示的单边供电的双向互动式直流牵引供电系统，也适用于图 2 所示的双边供电的双向互动式直流牵引供电系统。

图 2 和图 3 中所示的接触网与直流牵引变电站的直流输出正极相连，采用架空接触网对电力机车供电，钢轨与直流牵引变电站的直流输出负极相连，用于实现钢轨回流。除了采用接触网供电外，也可以采用第三轨供电。钢轨采用悬浮安装，以减少对地下管线的电流腐蚀。

本发明的一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统，通过双向交流-直流（AC-DC）变换器、分布式电源变换器以及换电为主的电动汽车充放电系统的协调控制来充分利用分布式电源和电力机车的制动能量，维持直流母线电压稳定在要求的范围内。当直流牵引供电系统电能过剩时，直流母线电压升高而达到所限定的电压阈值，电动汽车充放电系统利用多余的电能通过充放电机向电动汽车动力电池充电，除此以外的多余电能通过双向交流-直流（AC-DC）变换器（此时为逆变器）回馈到交流电网，以避免直流母线电压超过限定值；当直流牵引供电系统电能不足时，直流母线电压降低到所限定的电压阈值，双向交流-直流（AC-DC）变换器（此时为整流器）将交流电能变为直流电能向直流母线供电，电动汽车动力电池通过充放电机向直流母线供电，以避免直流母线电压低于限定值，维持系统的功率平衡。通过合理设计和协调控制，所提出的双向互动式直流牵引供电系统不仅可以实现电力机车的高质量高可靠供电、电力机车制动能量的回收利用以及直流母线电压波动的平抑，而且可以实现电动汽车动力电池的充电和分布式新能源的有效利用。

如果分布式电源和换电为主的电动汽车充放电系统容量足够大，则直流环形微电网不仅可以运行在并网状态，而且可以运行在离网（或孤岛）状态。在交流供电系统故障时，可以运行在离网（或孤岛）状态，由分布式电源和换电为主的电动汽车充放电系统为电力机车供电，从而提高直流牵引供电系统的可靠性。

系统中变换器的控制既可以采用主从控制，也可以采用对等控制或下垂控制，又可以采用分层控制。系统中控制指令可以由控制中心通过通讯系统给定，也可以根据系统的电压和电流给定。

本发明的一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统中各变换器的控制和结构可以有许多种，具体由实际系统决定。

权利要求

1．一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统，包括有两个以上的用于向电力机车（2）提供直流电能的牵引变电站（1），其特征在于，每一个牵引变电站（1）都有一个以上的连接在交流母线（5）上的第一变压器（11）和一个以上的连接在交流母线（5）上的第二变压器（17），每一个第一变压器（11）的另一侧对应连接一个整流器（12），每一个第二变压器（17）的另一侧对应连接一个双向交流-直流变换器（18），所有整流器（12）和所有双向交流-直流变换器（18）的另一侧均连接在所位于的牵引变电站（1）的直流母线（13）上，所述的直流母线（13）的正负极分别对应连接接触网（14）和钢轨（15），所述的电力机车（2）的正负极分别对应连接接触网（14）和钢轨（15），每一个牵引变电站（1）的接触网（14）上都接有一个分区所（16），所述分区所（16）的两端还分别连接所对应的直流母线（13）的正极，在相邻的两个牵引变电站（1）之间的直流母线（13）上设置有由电动汽车充放电系统、分布式电源和 1 个以上的低压直流微电网（31）构成的直流新能源系统（3），所述的直流新能源系统（3）通过高压直流母线（4）与相邻的两个牵引变电站（1）的直流母线（13）相连，从而在一个供电分区内形成直流环形微电网，其中所述的电动汽车充放电系统是由 1 个以上的用于连接电动汽车动力电池的双向直流-直流充放电机（32）构成。

2．根据权利要求 1 所述的一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统，其特征在于，所述的每个双向直流-直流充放电机（32）的连接电动汽车动力电池的输出端还并联超级电容器。

3．根据权利要求 1 所述的一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统，其特征在于，所述的分布式电源包括有一个以上的微型燃气轮机（33）、一个以上的风力发电机（35）、一个以上的燃料电池（37）和一个以上的太阳能光伏电池（39），其中，每一个微型燃气轮机（33）和每一个风力发电机（35）都各自通过一个单向交流-直流变换器（34/36）连接高压直流母线（4），每一个燃料电池（37）和每一个太阳能光伏电池（39）都各自通过一个单向直流-直流变换器（38/40）连接高压直流母线（4）。

4．根据权利要求 1 所述的一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统，其特征在于，所述的低压直流微电网（31）包括有通过一个双向直流-直流变换器（312）连接在高压直流母线（4）上的环形低压直流母线（311a）、一个以上的储能装置（3110）、一个以上的微型燃气轮机（316）、一个以上的太阳能光伏电池（317）、一个以上的燃料电池（318）、一个以上的风力发电机（319）、一个以上的单向直流-交流变换器（3111）、一个以上的双向直流-直流充放电机（3112）和一个以上的单向直流-直流变换器（3113），其中，每一个太阳能光伏电池（317）和每一个燃料电池（318）分别各通过一个单向直流-直流（DC-DC）变换器（3117/3116）连接环形低压直流母线（311a），每一个微型燃气轮机（316）和每一个风力发电机（319）分别各通过一个单向交流-直流（AC-DC）变换器（3114/3115）连接环形低压直流母线（311a），每一个储能装置（3110）各通过一个双向直流-直流变换器（3118）连接环形低压直流母线（311a），每一个单向直流-交流变换器（3111）的输出连接交流负载

（313），每一个双向直流-直流充放电机（3112）的另一侧连接电动汽车（314）的动力电池，每一个单向直流-直流变换器（3113）的输出连接直流负载（315）。

5．根据权利要求 1 所述的一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统，其特征在于，所述的低压直流微电网（31）包括有通过一个双向直流-直流变换器（312）连接在高压直流母线（4）上的放射形低压直流母线（311b）、一个以上的储能装置（3110）、一个以上的微型燃气轮机（316）、一个以上的太阳能光伏电池（317）、一个以上的燃料电池（318）、一个以上的风力发电机（319）、一个以上的单向直流-交流变换器（3111）、一个以上的双向直流-直流充放电机（3112）和一个以上的单向直流-直流变换器（3113），其中，每一个太阳能光伏电池（317）和每一个燃料电池（318）分别各通过一个单向直流-直流（DC-DC）变换器（3117/3116）连接放射形低压直流母线（311b），每一个微型燃气轮机（316）和每一个风力发电机（319）分别各通过一个单向交流-直流变换器（3114/3115）连接放射形低压直流母线（311b），每一个储能装置（3110）各通过一个双向直流-直流变换器（3118）连接放射形低压直流母线（311b），每一个单向直流-交流变换器（3111）的输出连接交流负载（313），每一个双向直流-直流充放电机（3112）的另一侧连接电动汽车（314）的动力电池，每一个单向直流-直流变换器（3113）的输出连接直流负载（315）。

6．一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统，包括有一个用于向电力机车（2）提供直流电能的牵引变电站（1），其特征在于，所述的牵引变电站（1）设置有一个以上的连接在交流母线（5）上的第一变压器（11）和一个以上的连接在交流母线（5）上的第二变压器（17），每一个第一变压器（11）的另一侧对应连接一个整流器（12），每一个第二变压器（17）的另一侧对应连接一个双向交流-直流变换器（18），所有整流器（12）和所有双向交流-直流变换器（18）的另一侧均连接在牵引变电站（1）的直流母线（13）上，所述的直流母线（13）的正负极分别对应连接接触网（14）和钢轨（15），所述的电力机车（2）的正负极分别对应连接接触网（14）和钢轨（15），在直流母线（13）上设置有由电动汽车充放电系统、分布式电源和 1 个以上的低压直流微电网（31）构成的直流新能源系统（3），所述的直流新能源系统（3）通过高压直流母线（4）与牵引变电站（1）的直流母线（13）相连，从而在一个供电分区内形成直流环形微电网，其中所述的电动汽车充放电系统是由 1 个以上的用于连接电动汽车动力电池的双向直流-直流充放电机（32）构成。

7．根据权利要求 6 所述的一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统，其特征在于，所述的每个双向直流-直流充放电机（32）的连接电动汽车动力电池的输出端还并联超级电容器。

8．根据权利要求 6 所述的一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统，其特征在于，所述的分布式电源包括有一个以上的微型燃气轮机（33）、一个以上的风力发电机（35）、一个以上的燃料电池（37）和一个以上的太阳能光伏电池（39），其中，每一个微型燃气轮机（33）和每一个风力发电机（35）都各自通过一个单向交流-直流变换器（34/36）连接高压直流母线（4），每一个燃料电池（37）和每一个太阳能光伏电池（39）都各自通过一个单向直流-直流变换器（38/40）连接高压直流母线（4）。

9．根据权利要求 6 所述的一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统，其特

征在于，所述的低压直流微电网（31）包括有通过一个双向直流-直流变换器（312）连接在高压直流母线（4）上的环形低压直流母线（311a）、一个以上的储能装置（3110）、一个以上的微型燃气轮机（316）、一个以上的太阳能光伏电池（317）、一个以上的燃料电池（318）、一个以上的风力发电机（319）、一个以上的单向直流-交流变换器（3111）、一个以上的双向直流-直流充放电机（3112）和一个以上的单向直流-直流变换器（3113），其中，每一个太阳能光伏电池（317）和每一个燃料电池（318）分别各通过一个单向直流-直流变换器（3117/3116）连接环形低压直流母线（311a），每一个微型燃气轮机（316）和每一个风力发电机（319）分别各通过一个单向交流-直流变换器（3114/3115）连接环形低压直流母线（311a），每一个储能装置（3110）各通过一个双向直流-直流变换器（3118）连接环形低压直流母线（311a），每一个单向直流-交流变换器（3111）的输出连接交流负载（313），每一个双向直流-直流充放电机（3112）的另一侧连接电动汽车（314）的动力电池，每一个单向直流-直流变换器（3113）的输出连接直流负载（315）。

10．根据权利要求 6 所述的一种基于新能源的混合双向互动式直流牵引供电系统，其特征在于，所述的低压直流微电网（31）包括有通过一个双向直流-直流变换器（312）连接在高压直流母线（4）上的放射形低压直流母线（311b）、一个以上的储能装置（3110）、一个以上的微型燃气轮机（316）、一个以上的太阳能光伏电池（317）、一个以上的燃料电池（318）、一个以上的风力发电机（319）、一个以上的单向直流-交流变换器（3111）、一个以上的双向直流-直流充放电机（3112）和一个以上的单向直流-直流变换器（3113），其中，每一个太阳能光伏电池（317）和每一个燃料电池（318）分别各通过一个单向直流-直流变换器（3117/3116）连接放射形低压直流母线（311b），每一个微型燃气轮机（316）和每一个风力发电机（319）分别各通过一个单向交流-直流变换器（3114/3115）连接放射形低压直流母线（311b），每一个储能装置（3110）各通过一个双向直流-直流变换器（3118）连接放射形低压直流母线（311b），每一个单向直流-交流变换器（3111）的输出连接交流负载（313），每一个双向直流-直流充放电机（3112）的另一侧连接电动汽车（314）的动力电池，每一个单向直流-直流变换器（3113）的输出连接直流负载（315）。

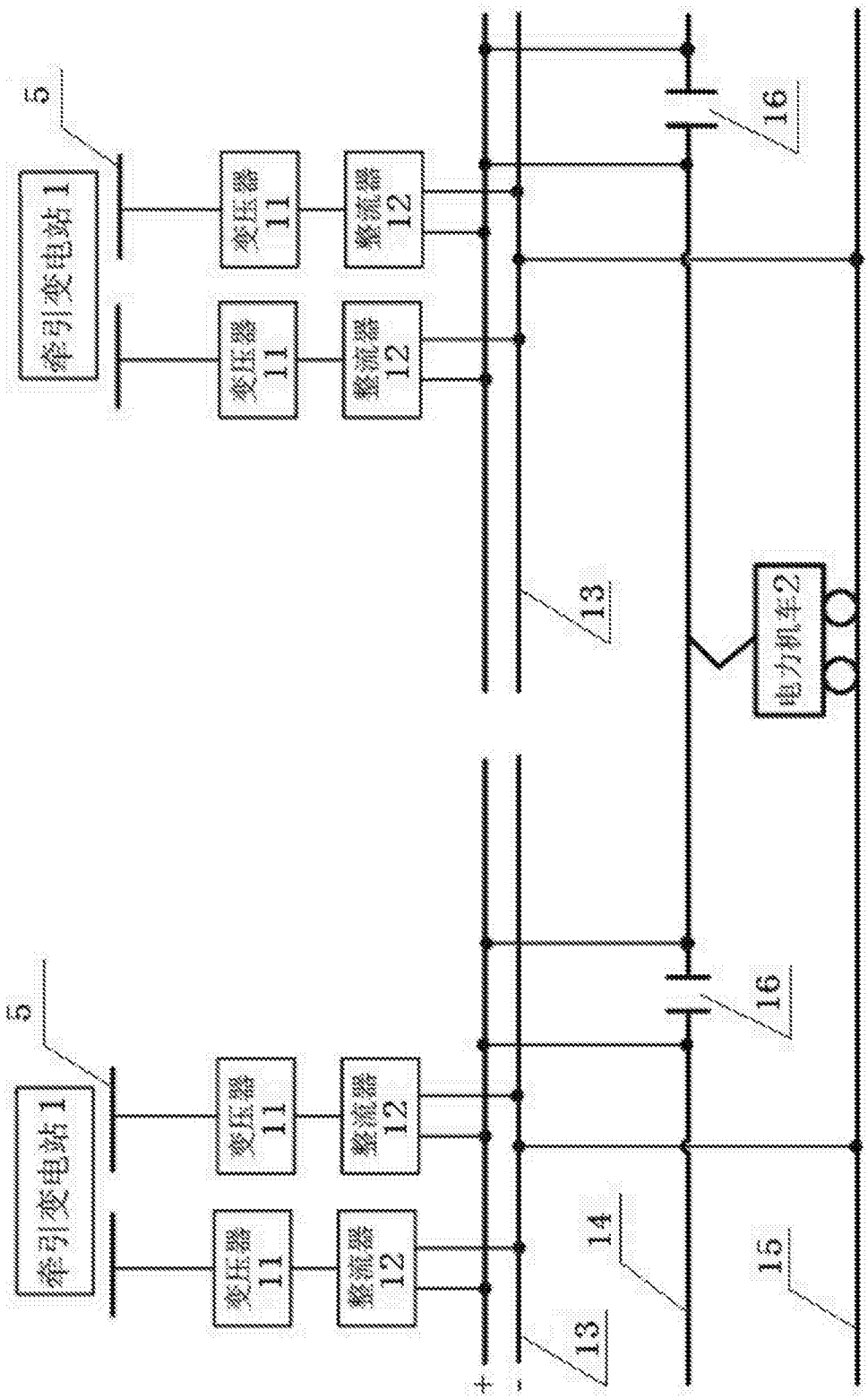

图 1

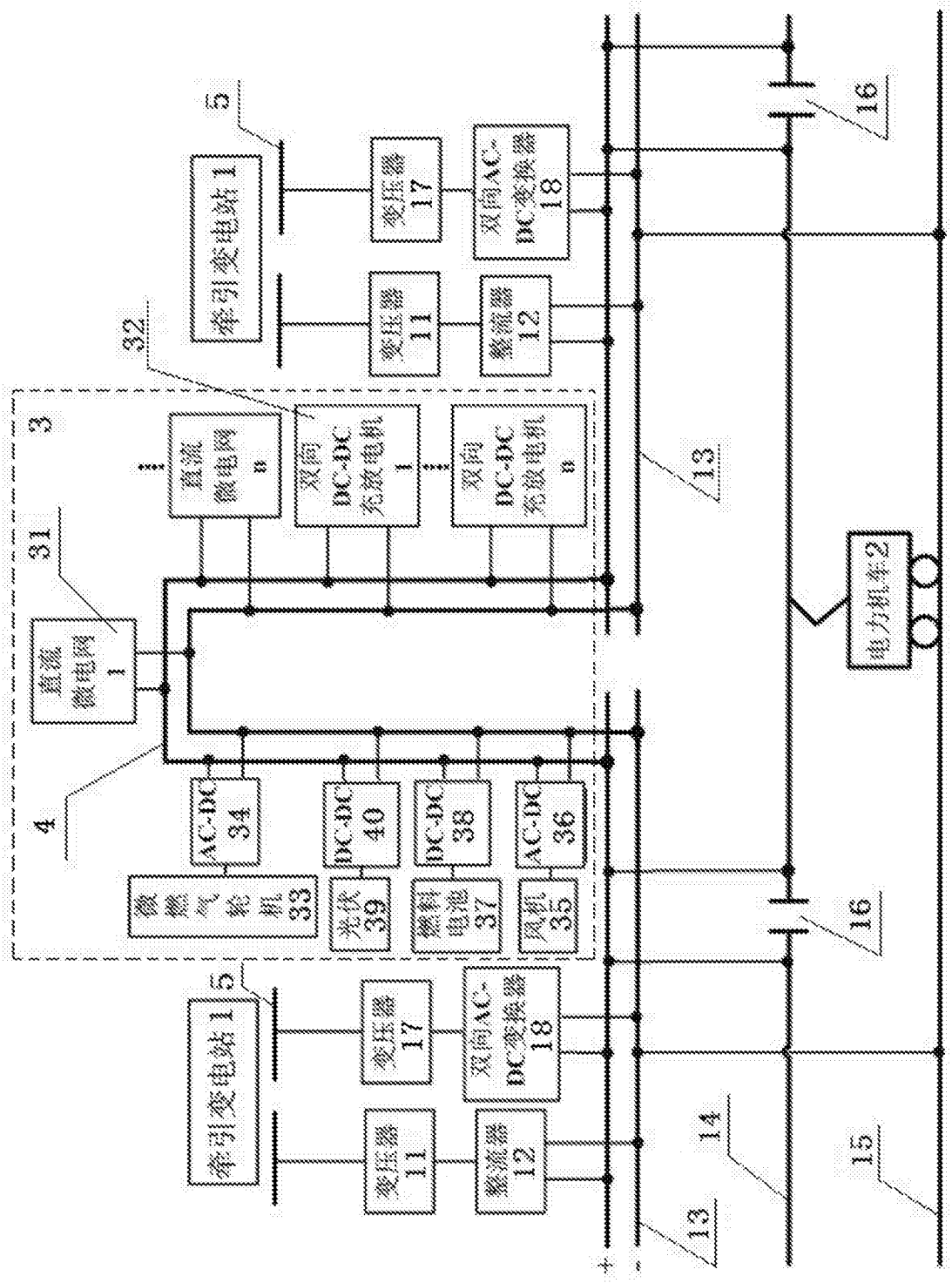
牵引变电站1
变压器 11
整流器 12
变压器 17
双向AC-DC变换器 18
直流微电网 1
直流微电网 n
双向DC-DC充放电机 1
双向DC-DC充放电机 n
微燃气轮机 33
AC-DC 34
光伏 39
DC-DC 40
燃料电池 37
DC-DC 38
风机 35
AC-DC 36
电力机车2
3
4
5
13
14
15
16
31
32
+
-

图 2

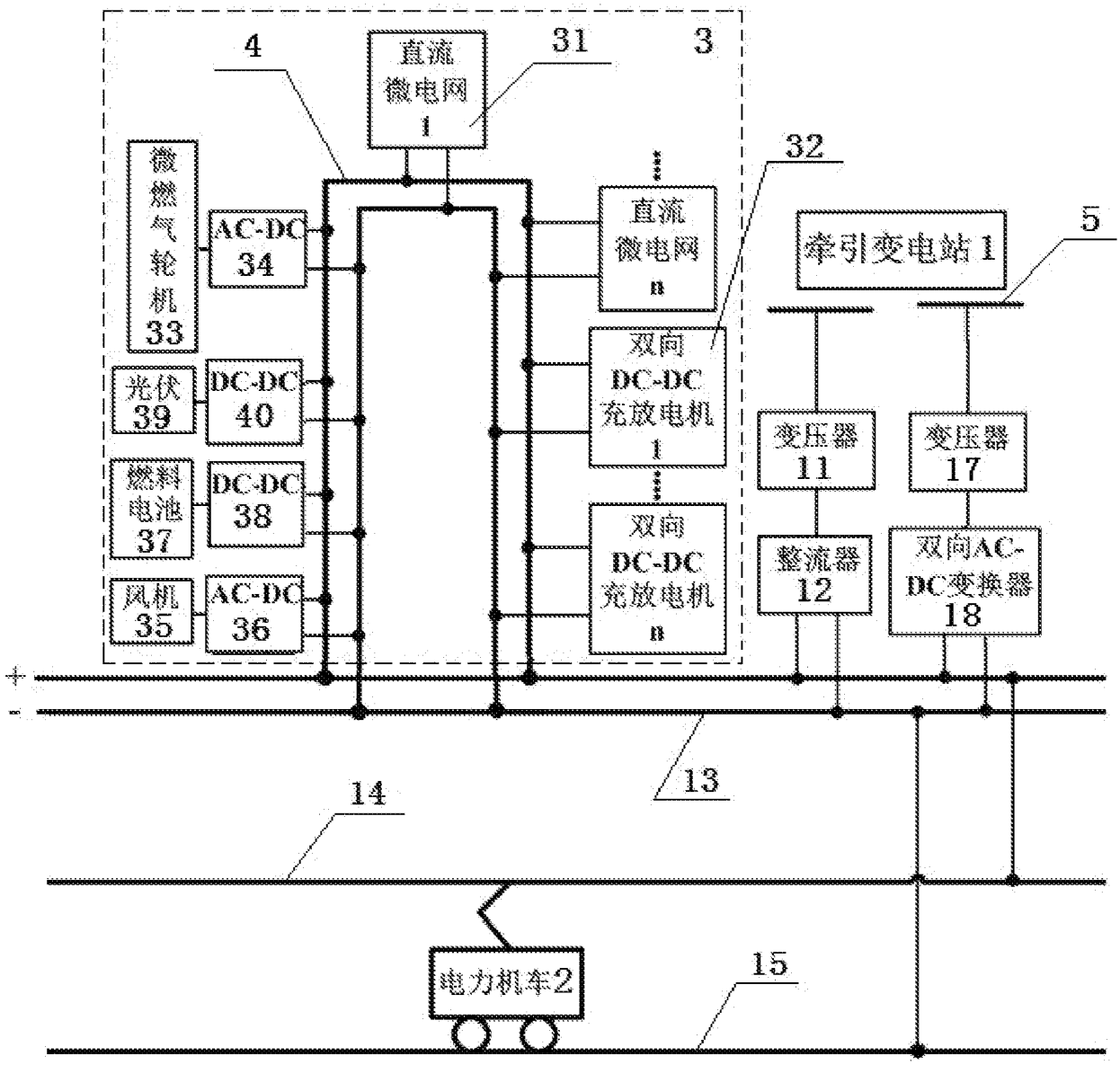
4
直流
微电网
1
31
3
32
5
微燃气轮机
33
AC-DC
34
光伏
39
DC-DC
40
燃料电池
37
DC-DC
38
风机
35
AC-DC
36
直流
微电网
n
双向
DC-DC
充放电机
1
双向
DC-DC
充放电机
n
牵引变电站 1
变压器
11
变压器
17
整流器
12
双向AC-DC变换器
18
+
-
13
14
电力机车2
15

图 3

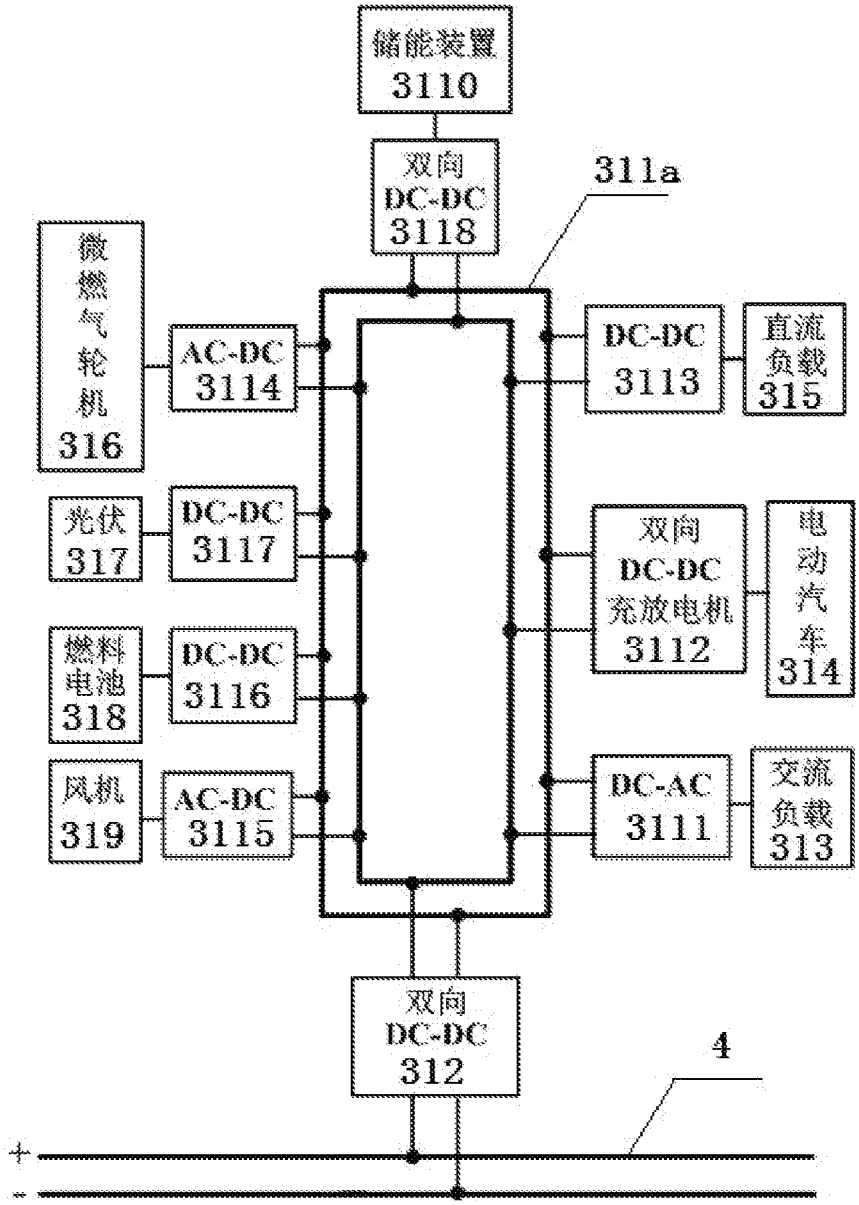
储能装置
3110
双向
DC-DC
3118
311a
微燃气轮机
316
AC-DC
3114
DC-DC
3113
直流负载
315
光伏
317
DC-DC
3117
双向
DC-DC
充放电机
3112
电动汽车
314
燃料电池
318
DC-DC
3116
风机
319
AC-DC
3115
DC-AC
3111
交流负载
313
双向
DC-DC
312
4
+
-

图 4

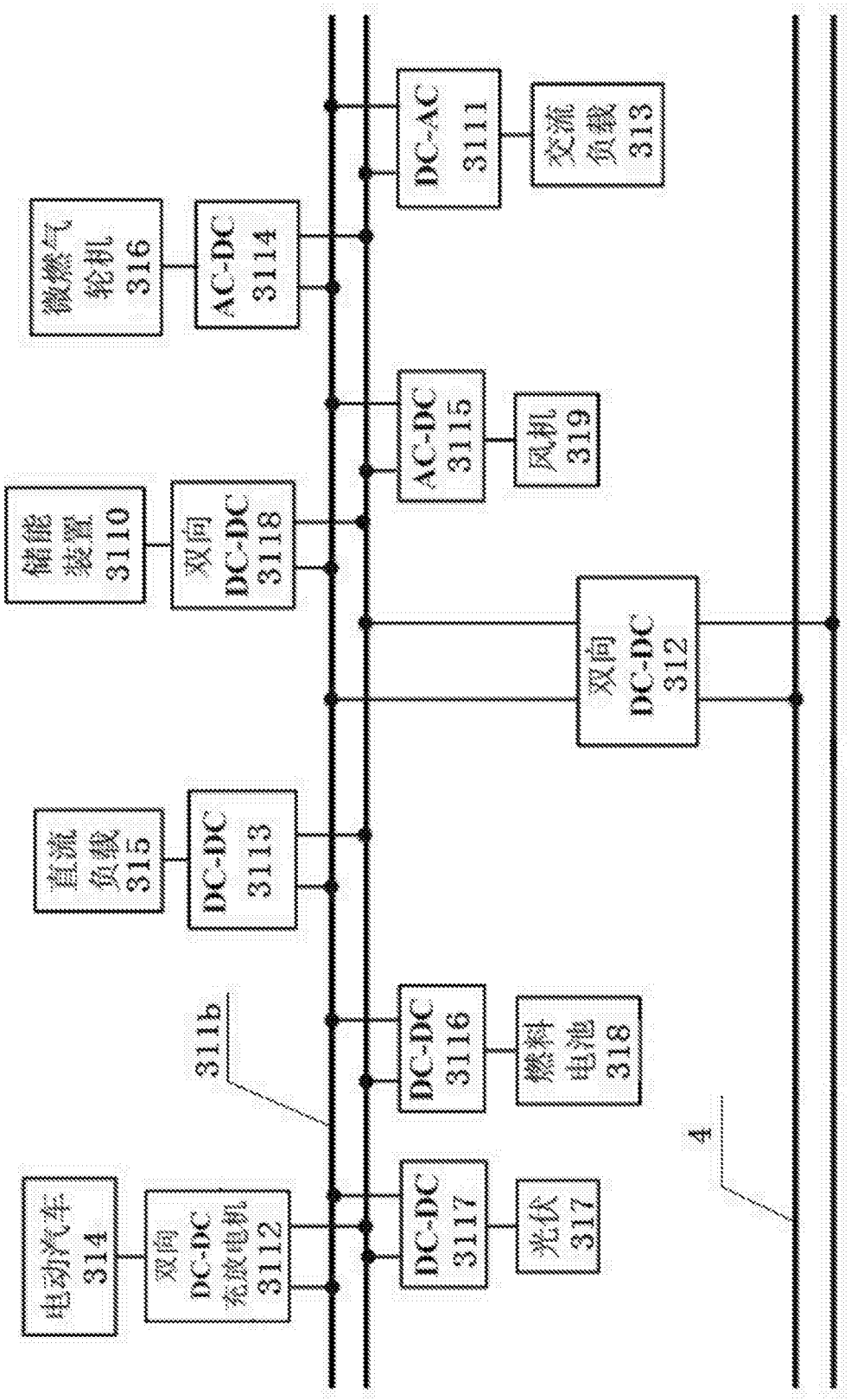
微燃气轮机 316
AC-DC 3114
DC-AC 3111
交流负载 313
AC-DC 3115
风机 319
储能装置 3110
双向 DC-DC 3118
双向 DC-DC 312
直流负载 315
DC-DC 3113
311b
DC-DC 3116
燃料电池 318
电动汽车 314
双向 DC-DC 充放电机 3112
DC-DC 3117
光伏 317
4

图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2014/083092

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B60M 3/00 (2008.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B60M; H02J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, VEN, CNKI: DC, (direct 3w current), traction, transformer?, (new 1w energy), wind, solar, PV, rail?, track?, (micro w grid), substation

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 103434421 A (UNIV NORTH CHINA POWER BAODING et al.) 11 December 2013(11.12.2013) claims 1-10 and figures 1-5	1-10
PX	CN 103448573 A (UNIV NORTH CHINA POWER BAODING et al.) 18 December 2013(18.12.2013) claims 1-10 and figures 1-7	1-10
PX	CN 203358380 U (UNIV NORTH CHINA POWER BAODING et al.) 25 December 2013(25.12.2013) claims 1-10 and figures 1-5	1-10
PX	CN 203358382 U (UNIV NORTH CHINA POWER BAODING et al.) 25 December 2013(25.12.2013) claims 1-10, figures 1-6	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
14 October 2014	24 October 2014
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer ZHANG, Bingyang Telephone No. (86-10) 62085437

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2014/083092

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102290841 A (LUO, Junya et al.) 21 December 2011(21.12.2011) the whole document	1-10
A	CN 102306931 A (BEIJING SIFANG AUTOMATION CO LTD) 04 January 2012(04.01.2012) the whole document	1-10
A	CN 102267405 A (ZHUZHOU NAT ENGINEERING RES CT OF CONVERTERS CO LTD) 07 December 2011(07.12.2011) the whole document	1-10
A	JP 2011126370 A (KAWASAKI HEAVY IND LTD) 30 June 2011(30.06.2011) the whole document	1-10
A	RU 94918 U1 (UNIV ST PETERSBURG RAILWAY TRANSPORT) 10 June 2010(10.06.2010) the whole document	1-10
A	CN 202353235 U (LI, Ming) 25 July 2012(25.07.2012) the whole document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2014/083092

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103434421 A	11 December 2013	None	
CN 103448573 A	18 December 2013	None	
CN 203358380 U	25 December 2013	None	
CN 203358382 U	25 December 2013	None	
CN 102290841 A	21 December 2011	None	
CN 102306931 A	04 January 2012	CN 102306931 B	25 December 2013
CN 102267405 A	07 December 2011	CN 102267405 B	06 November 2013
JP 2011126370 A	30 June 2011	None	
RU 94918 U1	10 June 2010	None	
CN 202353235 U	25 July 2012	None	

国际检索报告

国际申请号 PCT/CN2014/083092

A. 主题的分类

B60M 3/00 (2008.01) i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

B60M; H02J

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNABS, VEN, CNKI:直流，直流牵引，供电，新能源，风力，燃气，燃料电池，光伏，太阳能，微电网，分布式，互动式，变电站，变电所，轨道，铁轨，钢轨，DC, (direct 3w current), traction, transformer?, (new 1w energy), wind, solar, PV, rail?, track?, (micro w grid), substation

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 103434421 A (华北电力大学保定等) 2013年 12月 11日 (2013-12-11) 权利要求1-10，附图1-5	1-10
PX	CN 103448573 A (华北电力大学保定等) 2013年 12月 18日 (2013-12-18) 权利要求1-10，附图1-7	1-10
PX	CN 203358380 U (华北电力大学保定等) 2013年 12月 25日 (2013-12-25) 权利要求1-10，附图1-5	1-10
PX	CN 203358382 U (华北电力大学保定等) 2013年 12月 25日 (2013-12-25) 权利要求1-10，附图1-6	1-10
A	CN 102290841 A (罗俊亚等) 2011年 12月 21日 (2011-12-21) 全文	1-10
A	CN 102306931 A (北京四方继保自动化股份有限公司) 2012年 1月 04日 (2012-01-04) 全文	1-10

☑ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

"X" 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

"Y" 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2014年 10月 14日	2014年 10月 24日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国	张秉阳
传真号 (86-10)62019451	电话号码 (86-10)62085437

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 102267405 A（株洲变流技术国家工程研究中心有限公司）2011年 12月 07日（2011-12-07） 全文	1-10
A	JP 2011126370 A (KAWASAKI HEAVY IND LTD) 2011年 6月 30日 (2011-06-30) 全文	1-10
A	RU 94918 U1 (UNIV ST PETERSBURG RAILWAY TRANSPORT) 2010年 6月 10日 (2010-06-10) 全文	1-10
A	CN 202353235 U（李明）2012年 7月 25日 (2012-07-25) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2014/083092

检索报告引用的专利文件	公布日（年/月/日）	同族专利	公布日（年/月/日）
CN 103434421 A	2013年 12月 11日	无	
CN 103448573 A	2013年 12月 18日	无	
CN 203358380 U	2013年 12月 25日	无	
CN 203358382 U	2013年 12月 25日	无	
CN 102290841 A	2011年 12月 21日	无	
CN 102306931 A	2012年 1月 04日	CN 102306931 B	2013年 12月 25日
CN 102267405 A	2011年 12月 07日	CN 102267405 B	2013年 11月 06日
JP 2011126370 A	2011年 6月 30日	无	
RU 94918 U1	2010年 6月 10日	无	
CN 202353235 U	2012年 7月 25日	无	