

(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 6 月 18 日 (18.06.2015)



(10) 国际公布号
WO 2015/085587 A1

(51) 国际专利分类号:
H02J 3/46 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2013/089409

(22) 国际申请日: 2013 年 12 月 13 日 (13.12.2013)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 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)。 国网新源控股有限公司 (STATE GRID XINYUAN COMPANY LTD.) [CN/CN]; 中国北京市西城区白广路二条 1 号, Beijing 100761 (CN)。 国网新源控股有限公司电力检修分公司 (STATE GRID XINYUAN POWER MAINTENANCE BRANCH) [CN/CN]; 中国北京市丰台区南三环西路 16 号搜宝商务中心 3 号楼 25 层, Beijing 100068 (CN)。

(72) 发明人: 李红伟 (LI, Hongwei); 中国北京市丰台区南三环西路 16 号搜宝商务中心 3 号楼 25 层, Beijing 100068 (CN)。 董阳伟 (DONG, Yangwei); 中国北京市丰台区南三环西路 16 号搜宝商务中心 3 号楼 25 层, Beijing 100068 (CN)。 姜海山 (JIANG, Haishan); 中国北京市丰台区南三环西路 16 号搜宝商务中心

3 号楼 25 层, Beijing 100068 (CN)。 沈华春 (SHEN, Huachun); 中国北京市丰台区南三环西路 16 号搜宝商务中心 3 号楼 25 层, Beijing 100068 (CN)。 刘哲 (LIU, Zhe); 中国北京市丰台区南三环西路 16 号搜宝商务中心 3 号楼 25 层, Beijing 100068 (CN)。

(74) 代理人: 北京三友知识产权代理有限公司 (BEIJING SANYOU INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY LTD.); 中国北京市金融街 35 号国际企业大厦 A 座 16 层, Beijing 100033 (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, 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,

[见续页]

(54) Title: PUMPED POWER REGULATION SYSTEM BASED ON INSULATED GATE BIPOLAR TRANSISTOR (IGBT CONTROL) AND METHOD THEREOF

(54) 发明名称: 一种基于 IGBT 控制的抽水功率调节系统及方法

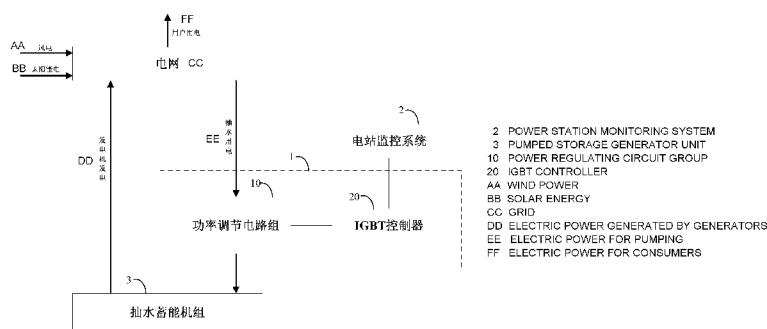


图1 / FIG. 1

(57) Abstract: A pumped power regulation system based on Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) control and a method thereof. The system is connected to a power station monitoring system (2) and a pumped storage generator unit (3), and includes an IGBT controller (20) and a power regulating circuit group (10). The power regulating circuit group includes multiple sets of power regulating circuits (11). In the method, the IGBT controller receives a pumped storage instruction outputted from the power station monitoring system (S401); the pumped storage instruction is parsed and a required pumping power is obtained (S402); N sets of the power regulating circuits in the power regulating circuit group are started according to the pumping power, N-1 sets of the power regulating circuits are performed in the full-power output state, and the left one set is performed in a power regulation output state, so that the output power of the N sets of the power regulating circuits is arrived at the pumping power (S403); and the pumped storage generator unit (3) is operated in a pumping operation state according to the pumping power (S404).

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2015/085587 A1



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 IGBT 控制的抽水功率调节系统及方法，该系统连接于电站监控系统（2）及抽水蓄能机组（3），包括 IGBT 控制器（20）和功率调节电路组（10）；功率调节电路组包括多组功率调节电路（11）。该方法中，通过 IGBT 控制器接收电站监控系统输出的抽水蓄能指令（S401）；解析抽水蓄能指令，获得所需的抽水功率（S402）；根据抽水功率启动功率调节电路组中的 N 组功率调节电路，其中，N-1 组功率调节电路进行满功率输出，剩余 1 组功率调节电路进行功率调节输出，使 N 组功率调节电路的输出功率达到抽水功率（S403）；抽水蓄能机组根据抽水功率进行抽水工况运行（S404）。

一种基于 IGBT 控制的抽水功率调节系统及方法

技术领域

本发明涉及电网电力领域中抽水蓄能电站机组的运行工况研究，尤指一种基于 IGBT 控制的抽水功率调节系统及方法。

5 背景技术

抽水蓄能机组在电网中承担着削峰填谷和调峰调频和事故备用的重要任务，目前抽水蓄能机组在发电工况具备变功率调峰调频的能力，而在抽水工况只能通过恒功率方式承担电网填谷的作用，不具备大范围变功率调节的功能。

特高压交流和特高压直流技术的发展，为各大电网区域形成互连提供了可能，目前我国正在建设以多条特高压线路互连为特征的智能电网，用以提高大电网对风电太阳能等新能源消纳能力，而太阳能、风能发电的功率大多不稳定，随机性强，功率预测难度高，因此大电网对抽水蓄能机组提出了抽水工况变功率调节功能需求，也就是要求抽水蓄能机组在抽水工况时也要能够实现连续抽水功率调整，以适应太阳能、风能发电功率变化。

15 为了实现上述功能，世界各国先后采用以下技术来实现变功率的目标：变极变速技术、双馈交流励磁变功率变转速技术等。

其中，通过改变发电机的磁极对数，即变极变转速技术。例如：潘家口蓄能电厂、响洪甸蓄能电厂。响洪甸蓄能电厂具体情况是：抽水最大扬程：64 米，抽水最小扬程：32 米，由于响洪甸抽水蓄能电站的水头变化较大，为提高不同水头下抽水效率，需要改变 20 抽水工况下额定转速，而变速的方式通过由 18 对磁极增加到 21 对磁极的变极操作实现的，对应的两种情况的转速为两档：166.7/142.86R/min。潘家口蓄能电厂的情况和响洪甸蓄能电厂相似。潘家口水电站由于水头变幅比很大，水头在 36m~85.7m 的范围变化，水泵水轮机必需采用多速分段或变速运行才能平稳、高效，转速分为两档：125/142.86 R/min。

25 由于通过 24 对磁极减少到 21 对磁极的方式，来实现改变机组的转速，只是一定程度上提高了机组的抽水效率，但是上述两电站在抽水工况仍然是恒定功率运行方式，难以实现机组抽水工况大范围变功率调节。

双馈感应交流励磁电机变功率技术：通过在励磁绕组中通入交流电流，由于存在着

(定子磁场转速) $N_1 = N_m$ (转子机械转速) + N_2 (转子磁场转速) 的数学关系, 当转子机械转速发生变化时, 由转子磁场转速相应跟踪调整, 补偿转子机械转速变化, 使得电动机输出频率仍然为额定频率, 此时电动机功率实际输出功率 $P = P_1$ (电动机功率) $\pm P_2$ (交流励磁的功率)。这样一来, 可以实现变速变功率的功能。

- 5 由于转子绕组采用了交流励磁, 其所能实现的抽水功率调节范围较小, 功率调节范围很少超过 30%额定功率的调节范围。具体数值为: 一般机组额定功率大约在 85MVA 至 475MVA 不等, 转子交流绕组功率在 $\pm 25\text{MVA}$ 至 $\pm 72\text{MVA}$ 之间。

发明内容

- 上述的两种抽水工况的调节技术, 通过改变磁极对数方式难以实现变功率调节, 通过交流励磁调节功率范围较小; 当风和太阳能功率变大的时候, 抽水蓄能机组也要增加机组抽水功率, 当风和太阳能功率变小的时候, 抽水蓄能机组也要减少机组抽水功率, 使用两者达到充抵平衡, 减少功率对电网电压和功率潮流的冲击, 使得无论风大或小、太阳能光照强弱, 电网频率都能自动保持稳定。但是, 风电、太阳能电大多不稳定, 当电网中的风电、太阳能电发生变化时, 现有的抽水工况调节技术不能很好地使电网功率与抽水蓄能机组的抽水功率充抵平衡, 可能造成电网遭受到风电、太阳能电力变化的冲击。

- 本发明采用目前的高压、大容量、高功率密度、高性能的电力电子装置, 运用先进的控制策略, 设计一种抽水蓄能机组抽水工况变功率调节技术方案, 满足电网对抽水蓄能机组抽水工况变功率调节功能的迫切需求, 更好地发挥抽水蓄能机组在电网中调峰调频和削峰填谷的作用, 从而提高大电网对风电太阳能等新能源消纳能力。

- 为达到上述目的, 本发明提出了一种基于 IGBT 控制的抽水功率调节系统, 所述系统连接于电站监控系统及抽水蓄能机组, 包括: IGBT 控制器、功率调节电路组; 所述功率调节电路组包括多组功率调节电路; 其中, 所述 IGBT 控制器用于接收所述电站监控系统输出的抽水蓄能指令, 并解析所述抽水蓄能指令, 获得所需的抽水功率; 根据所述抽水功率启动所述功率调节电路组中的 N 组功率调节电路, 其中, $N-1$ 组功率调节电路进行满功率输出, 剩余 1 组功率调节电路进行功率调节输出, 使所述 N 组功率调节电路的输出功率达到所述抽水功率; 所述功率调节电路组用于输出所述抽水功率至所述抽水蓄能机组, 所述抽水蓄能机组根据所述抽水功率进行抽水工况运行。

- 为达到上述目的, 本发明提出了一种基于 IGBT 控制的抽水功率调节方法, 获取抽水蓄能指令; 解析所述抽水蓄能指令, 获得所需的抽水功率; 根据所述抽水功率启动功

率调节电路组中的 N 组功率调节电路，其中，N-1 组功率调节电路进行满功率输出，剩余 1 组功率调节电路进行功率调节输出，使所述 N 组功率调节电路的输出功率达到所述抽水功率；抽水蓄能机组根据所述抽水功率进行抽水工况运行。

通过本发明实施例的一种基于 IGBT 控制的抽水功率调节系统及方法，实现了发电和抽水双工况变功率调节，在抽水功率调节时达到与电网功率充抵平衡，减少电网遭受风、太阳能等不稳定电力的冲击，使得无论风大或小、太阳能光强或弱，电网频率都能保持稳定。

附图说明

此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解，构成本申请的一部分，并不构成对本发明的限定。在附图中：

图 1 为本发明实施例的基于 IGBT 控制的抽水功率调节系统的结构示意图。

图 2A 为本发明一实施例的功率调节电路组中一对一变压器的结构示意图。

图 2B 为本发明另一实施例的功率调节电路组中一对多变压器的结构示意图。

图 3 为本发明另一实施例的抽水蓄能系统的整体结构示意图。

图 4 为本发明实施例的基于 IGBT 控制的抽水功率调节方法流程图。

图 5 为本发明一具体实施例的抽水蓄能系统的整体电路图。

图 6 为本发明一具体实施例的抽水蓄能系统的局部电路图。

具体实施方式

以下配合图式及本发明的较佳实施例，进一步阐述本发明为达成预定发明目的所采取的技术手段。

在本发明实施例中，利用的 IGBT 的控制方式为：复合全控型电压驱动触发功率控制，其工作原理是利用脉宽调制（PWM）基本原理，通过电压信号高速触发或者数说是通过控制电压的有无控制其导通或关断，通过按统一比例系数控制各脉冲触发电压的宽度不同，来控制其输出正弦交流波形和输出电压大小和输出频率，从而实现输出功率和转速的调整。

图 1 为本发明实施例的基于 IGBT 控制的抽水功率调节系统的结构示意图。如图 1 所示，抽水功率调节系统 1 连接于电站监控系统 2 及抽水蓄能机组 3，包括：功率调节电路组 10、IGBT 控制器 20；功率调节电路组 10 包括多组功率调节电路；其中，

IGBT 控制器 20 用于接收电站监控系统 2 输出的抽水蓄能指令，并解析抽水蓄能指

令，获得所需的抽水功率；根据抽水功率启动功率调节电路组 10 中的 N 组功率调节电路，其中，N-1 组功率调节电路进行满功率输出，剩余 1 组功率调节电路进行功率调节输出，使所述 N 组功率调节电路的输出功率达到抽水功率；

功率调节电路组 10 用于输出抽水功率至抽水蓄能机组 3，抽水蓄能机组 3 根据抽水功率进行抽水蓄能。

在本实施例中，根据抽水功率启动功率调节电路组 10 中的 N 组功率调节电路的计算方法如下：

$$\left\lceil \frac{P}{P_M} \right\rceil = N;$$

其中，P 为所需的抽水功率，MW；

10 P_M 为一组功率调节电路满功率输出的功率，MW；

N 为向上取整的功率调节电路的组数；其中，N-1 组功率调节电路进行满功率输出，剩余 1 组进行功率调节输出。在启动 N 组功率调节电路时，并不是固定的从第 1 组按顺序启动前 N 组，也不是固定的某几组一直保持工作；某一组在待命或者工作一段时间后可以进行轮换工作状态，这样可以保证各个功率调节电路可以进行轮换工作。

15 上述这种控制方式，可以称之为：N-1+1 方式，即为：N-1 组满功率工作，最后 1 组承担调节功率任务；通过这样的控制策略，一部分功率调节电路工作，另一部分功率调节电路待命，并且工作的电路与备用的电路可以进行定期轮换，并不是固定的前几组或者某几组工作，这样让所有功率调节电路的设备交替工作，相比较所有设备平均分配都进行工作，这种控制策略延长了各设备的工作寿命。

20 图 2A 为本发明一实施例的功率调节电路组中一对一变压器的结构示意图。图 2B 为本发明另一实施例的功率调节电路组中一对多变压器的结构示意图。结合图 2A 及图 2B 所示，每一组功率调节电路 11 包括：一 IGBT 整流器 31、一平流电抗器 41、一 IGBT 逆变器 51；IGBT 整流器 31 连接平流电抗器 41 及 IGBT 控制器 20；IGBT 逆变器 51 连接平流电抗器 41 及 IGBT 控制器 20；其中，

25 IGBT 整流器 31，用于将交流电整流为直流电；

平流电抗器 41，用于将直流电进行平滑，降低直流纹波系数；

IGBT 逆变器 51，用于将直流电逆变为功率及频率可变的交流电；

IGBT 控制器 20，用于控制 IGBT 整流器 31 及 IGBT 逆变器 51 的工作状态，采用 PWM 脉宽调制方式，调节 IGBT 逆变器 51 的输出功率。

在本发明实施例中，采用的 PWM 脉宽调制方式的基本原理是：对逆变器 51 的通断进行控制，使输出端得到一系列幅值相等的脉冲，用这些脉冲来代替正弦波或所需要的波形。也就是在输出波形的半个周期中产生多个脉冲，使各脉冲的等值功率为正弦波形，所获得的输出平滑且低次谐波少。按一定的规则对各脉冲的宽度进行调制，即可改变

5 变逆变电路输出电压的大小，也可改变输出功率及频率。PWM 脉宽调制方式在现有技术中已经是成熟的技术，在此不再赘述。

在一具体实施例中，功率调节电路组 10 包括 15 组功率调节电路 11。每一所述 IGBT 整流器 31 的额定输出功率为 20MW；所述 IGBT 逆变器 51 的额定输出功率为 20MW。

10 如图 2A 所示，功率调节电路组 10 还包括：多个换流变压器 21 及多个升压变压器 61；其中，换流变压器 21 可为三绕组变压器，升压变压器 61 可为双绕组变压器；

每一换流变压器 21 分别连接一 IGBT 整流器 31，用于将电压降压至对应的 IGBT 整流器 31 的所需电压；

每一升压变压器 61 分别连接一 IGBT 逆变器 51 及抽水蓄能机组 3，用于将对应的

15 IGBT 逆变器 51 的输出电压升压至抽水蓄能机组 3 的额定电压。

如图 2B 所示，另一实施例中，功率调节电路组 10 中还可以设置一多绕组换流变压器 21' 及一多绕组升压变压器 61'；原理同图 2A 相同，只是通过改变变压器绕组，通过多绕组变压器替代了前述的三绕组变压器和双绕组变压器，减少了变压器的配置数量。

图 3 为本发明另一实施例的抽水蓄能系统的整体结构示意图。如图 3 所示，抽水蓄能系统设置有主变压器 30 及发电机同期断路器 40（GCB）；发电机同期断路器 40 连接

20 功率调节电路组 10 中的换流变压器 21 及主变压器 30，主变压器 30 连接电网 6。

在本实施例中，抽水功率调节系统 1 还包括一励磁控制器 50，励磁控制器 50 连接 IGBT 控制器 20 及抽水蓄能机组 3；

当 IGBT 控制器 20 根据调节功率调节电路组 10 的输出功率时，励磁控制器用于相应的调节抽水蓄能机组 3 的励磁电流及励磁电压，使抽水蓄能机组 3 工作稳定。

25

在本实施例中，电站监控系统 2 连接于 RTU 系统 4，RTU 系统 4 与一电力调度系统 5 进行通信；其中，

电力调度系统 5 根据电网 6 的电网电力数据生成的自动控制指令；

RTU 系统 4 用于接收自动控制指令，并生成抽水蓄能指令发送至电站监控系统 2。

30 另外，工作人员还可人工输入人工控制指令至 RTU 系统 4，RTU 系统 4 通过人工控

制指令生成抽水蓄能指令发送至电站监控系统 2。

图 4 为本发明实施例的基于 IGBT 控制的抽水功率调节方法流程图。如图 4 所示，所述方法包括：

步骤 S401，获取抽水蓄能指令；

5 步骤 S402，解析抽水蓄能指令，获得所需的抽水功率；

步骤 S403，根据抽水功率启动功率调节电路组中的 N 组功率调节电路，其中，N-1 组功率调节电路进行满功率输出，剩余 1 组功率调节电路进行功率调节输出，使 N 组功率调节电路的输出功率达到抽水功率；

步骤 S404，抽水蓄能机组根据抽水功率进行抽水蓄能。

10 在步骤 S403 中，根据抽水功率启动功率调节电路组中的 N 组功率调节电路的计算方法如下：

$$\left\lceil \frac{P}{P_M} \right\rceil = N;$$

其中，P 为所需的抽水功率，MW；

P_M 为一组功率调节电路满功率输出的功率，MW；

15 N 为向上取整的功率调节电路的组数；其中，N-1 组功率调节电路进行满功率输出，剩余 1 组进行功率调节输出。其中，调节功率调节电路的输出功率是采用 PWM 脉宽调制方式。

在本实施例中，方法还包括：步骤 S4011，根据电网电力数据生成自动控制指令；

步骤 S4012，根据自动控制指令，生成抽水蓄能指令。

20 另外，工作人员可以通过人工输入人工控制指令，并根据人工控制指令生成抽水蓄能指令；

在本实施例的在步骤 S403 及步骤 S404 中，当调节电路的输出功率时，相应的调节抽水蓄能机组的励磁电流及励磁电压，使抽水蓄能机组工作稳定。

25 图 5 为本发明一具体实施例的抽水蓄能系统的整体电路图。如图 5 所示，发电的工作流程为：水流冲动抽水蓄能机组，发电机在发电方向发出电力，经过 1G 隔离刀闸、发电机同期断路器，将所发电力送入电网。

图 6 为本发明一具体实施例的抽水蓄能系统的整体的局部电路图。结合 5 及图 6 所示，抽水的工作流程为：

电力调度系统（未绘示）根据电网电力下达自动控制指令给 RTU 系统 4；RTU 系统

4 根据自动控制指令生成抽水蓄能指令并发送至电站监控系统 2；电站监控系统 2 将抽水蓄能指令下达给 IGBT 控制器 20；

IGBT 控制器 20 解析后，根据所需的抽水功率启动相应的功率调节电路；同时，下达启动命令给励磁控制器 50，通过励磁控制器 50 调节抽水蓄能机组的励磁电流和励磁电压；其中，功率调节电路的 IGBT 整流器 31 收到指令后开始整流工作，IGBT 逆变器也同步工作，采用 PWM 脉宽调制方式进行逆变调整，使输出频率和输出功率逐步增加到所需数值，达到机组转速和输出功率与电网电力平衡。

当每一 IGBT 整流器及 IGBT 逆变器的额定输出功率为 20MW 时，以下以一具体实施例来说明调节功率调节电路组的方法：

10 当所需抽水功率为 90MW 时，通过计算可得需要 5 组功率调节电路，则其中 4 组满功率工作，剩余 1 组输出为 10MW 即可满足。

若所需抽水功率变为 95MW 时，则只需要将前述剩余 1 组的输出调节为 15MW，其他 4 组功率不变，继续保持满功率工作。

15 若所需抽水功率变为 110MW 时，则需要再投入 1 组功率调节电路，则其中 5 组满功率工作，第 6 组即剩余 1 组输出为 10MW 即可。

当所需抽水功率逐步减少时，则与上述调节方式相同，先减少其中 1 组的功率，如果不能满足减功率的要求，则可以逐组降低，其余组仍保持满功率工作。

上述这种控制方式，可以称之为：N-1+1 方式，即为：N-1 组满功率工作，最后 1 组承担调节功率；通过这样的控制策略，一部分功率调节电路工作，另一部分功率调节电路待命，并且工作的电路可以进行定期轮换，并不是固定的前几组或者某几组工作，这样让所有功率调节电路的设备交替工作，相比较所有设备平均分配都进行工作，这种控制方法延长了设备的工作寿命。

25 在本发明的实施例中，依靠 IGBT 控制器调节 IGBT 逆变器就可以改变其输出相序，因此不再需要在抽水蓄能系统一次回路设置五极换相刀闸来改变输出相序。在本发明实施例中，因为 IGBT 本身具备变频启动的功能，所以不再需要额外配置 SFC 变频抽水启动回路。在实际应用中，当 IGBT 制造技术提高后，其电力换流容量和工作电压也会相应提高，所述配置的功率调节电路组可以相对减少。

30 通过本发明实施例的一种基于 IGBT 控制的抽水功率调节系统及方法，实现了抽水工况变功率调节，在抽水功率调节时达到与电网功率充抵平衡，减少电网遭受风、太阳能等不稳定电力的冲击，使得无论风大或小、太阳能光强或弱，电网频率都能保持稳

定。

以上所述的具体实施例，对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明，所应理解的是，以上所述仅为本发明的具体实施例而已，并不用于限定本发明的保护范围，凡在本发明的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应

5 包含在本发明的保护范围之内。

权利要求书

1、一种基于 IGBT 控制的抽水功率调节系统，其特征在于，所述系统连接于电站监控系统及抽水蓄能机组，包括：IGBT 控制器、功率调节电路组；所述功率调节电路组包括多组功率调节电路；其中，

5 所述 IGBT 控制器用于接收所述电站监控系统输出的抽水蓄能指令，并解析所述抽水蓄能指令，获得所需的抽水功率；根据所述抽水功率启动所述功率调节电路组中的 N 组功率调节电路，其中，N-1 组功率调节电路进行满功率输出，剩余 1 组功率调节电路进行功率调节输出，使所述 N 组功率调节电路的输出功率达到所述抽水功率；

10 所述功率调节电路组用于输出所述抽水功率至所述抽水蓄能机组，所述抽水蓄能机组根据所述抽水功率进行抽水工况运行。

2、根据权利要求 1 所述的系统，其特征在于，根据所述抽水功率启动所述功率调节电路组中的 N 组功率调节电路的计算方法如下：

$$\left\lceil \frac{P}{P_M} \right\rceil = N;$$

其中，P 为所需的抽水功率，MW；

15 P_M 为一组功率调节电路满功率输出的功率，MW；

N 为向上取整的功率调节电路的组数；其中，N-1 组功率调节电路进行满功率输出，剩余 1 组进行功率调节输出。

3、根据权利要求 1 所述的系统，其特征在于，每一组所述功率调节电路包括：一 IGBT 整流器、一平流电抗器、一 IGBT 逆变器；所述 IGBT 整流器连接平流电抗器及
20 IGBT 控制器；所述 IGBT 逆变器连接平流电抗器及 IGBT 控制器；其中，

所述 IGBT 整流器，用于将交流电整流为直流电；

所述平流电抗器，用于将所述直流电进行平滑，降低直流纹波系数；

所述 IGBT 逆变器，用于将所述直流电逆变为功率及频率可变的交流电；

25 所述 IGBT 控制器，用于控制所述 IGBT 整流器及所述 IGBT 逆变器的工作状态，采用 PWM 脉宽调制方式，调节所述 IGBT 逆变器的输出功率。

4、根据权利要求 3 所述的系统，其特征在于，所述功率调节电路组包括 15 组功率调节电路。

5、根据权利要求 4 所述的系统，其特征在于，每一所述 IGBT 整流器的额定输出功

率为 20MW；每一所述 IGBT 逆变器的额定输出功率为 20MW。

6、根据权利要求 3 所述的系统，其特征在于，所述功率调节电路组还包括：一换流变压器及一升压变压器；

所述换流变压器连接 IGBT 整流器，用于将电压降压至 IGBT 整流器的所需工作电压；

所述升压变压器连接 IGBT 逆变器及抽水蓄能机组，用于将 IGBT 逆变器的输出电压升压至抽水蓄能机组的额定电压。

7、根据权利要求 3 所述的系统，其特征在于，所述功率调节电路组还包括：多个换流变压器及多个升压变压器；其中，

每一所述换流变压器分别连接一所述 IGBT 整流器，用于将电压降压至对应的所述 IGBT 整流器的所需工作电压；

每一所述升压变压器分别连接一所述 IGBT 逆变器及所述抽水蓄能机组，用于将对应的所述 IGBT 逆变器的输出电压升压至抽水蓄能机组的额定电压。

8、根据权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述电站监控系统连接于一 RTU 系统，所述 RTU 系统与一电力调度系统进行通信；其中，

所述电力调度系统根据电网电力数据生成的自动控制指令；

所述 RTU 系统用于接收自动控制指令，并生成所述抽水蓄能指令发送至所述电站监控系统。

9、根据权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述 RTU 系统用于接收工作人员人工输入的人工控制指令，并生成所述抽水蓄能指令发送至所述电站监控系统。

10、根据权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述系统还包括一励磁控制器，所述励磁控制器连接 IGBT 控制器及抽水蓄能机组；

当所述 IGBT 控制器调节所述功率调节电路组的输出功率时，所述励磁控制器用于相应的调节所述抽水蓄能机组的励磁电流及励磁电压，使所述抽水蓄能机组工作稳定。

11、一种基于 IGBT 控制的抽水功率调节方法，其特征在于，

获取抽水蓄能指令；

解析所述抽水蓄能指令，获得所需的抽水功率；

根据所述抽水功率启动功率调节电路组中的 N 组功率调节电路，其中，N-1 组功率调节电路进行满功率输出，剩余 1 组功率调节电路进行功率调节输出，使所述 N 组功率调节电路的输出功率达到所述抽水功率；

抽水蓄能机组根据所述抽水功率进行抽水工况运行。

12、根据权利要求 11 所述的方法，其特征在于，根据设置的抽水功率启动所述功率调节电路组中的 N 组功率调节电路的计算方法如下：

$$\left\lceil \frac{P}{P_M} \right\rceil = N;$$

5 其中，P 为所需的抽水功率，MW；

P_M 为一组功率调节电路满功率输出的功率，MW；

N 为向上取整的功率调节电路的组数；其中，N-1 组功率调节电路进行满功率输出，剩余 1 组进行功率调节输出。

13、根据权利要求 12 所述的方法，其特征在于，根据所述抽水功率启动功率调节电路组中的 N 组功率调节电路，其中，N-1 组功率调节电路进行满功率输出，剩余 1 组功率调节电路进行功率调节输出，使所述 N 组功率调节电路的输出功率达到所述抽水功率包括：

采用 PWM 脉宽调制方式，调节所述功率调节电路的输出功率。

14、根据权利要求 11 所述的方法，其特征在于，所述获取抽水蓄能指令包括：根据
15 电网电力数据生成自动控制指令，根据所述自动控制指令，生成所述抽水蓄能指令。

15、根据权利要求 11 所述的方法，其特征在于，所述获取抽水蓄能指令包括：工作人员人工输入人工控制指令，并根据人工控制指令生成所述抽水蓄能指令。

16、根据权利要求 11 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：当调节所述功率调节电路组的输出功率时，相应的调节所述抽水蓄能机组的励磁电流及励磁电压，使所
20 述抽水蓄能机组工作稳定。

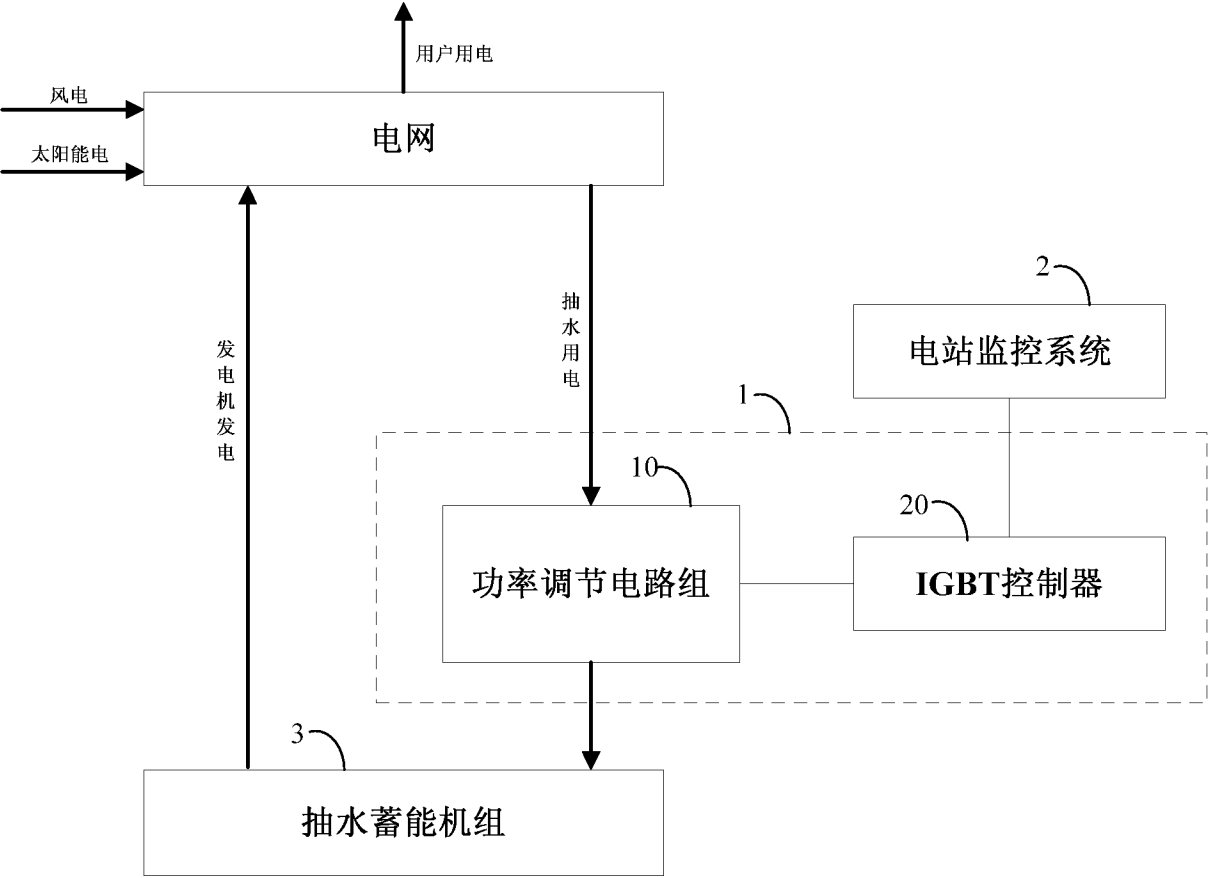


图1

1

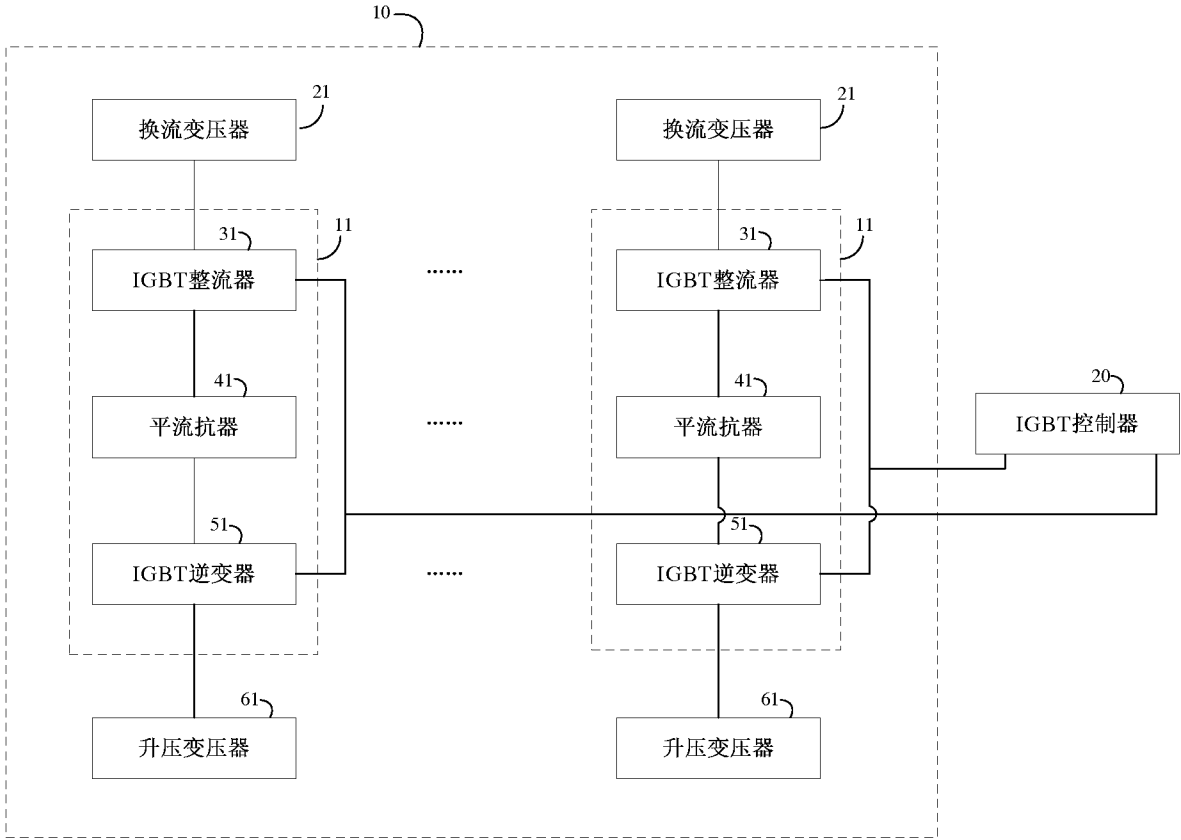


图2A

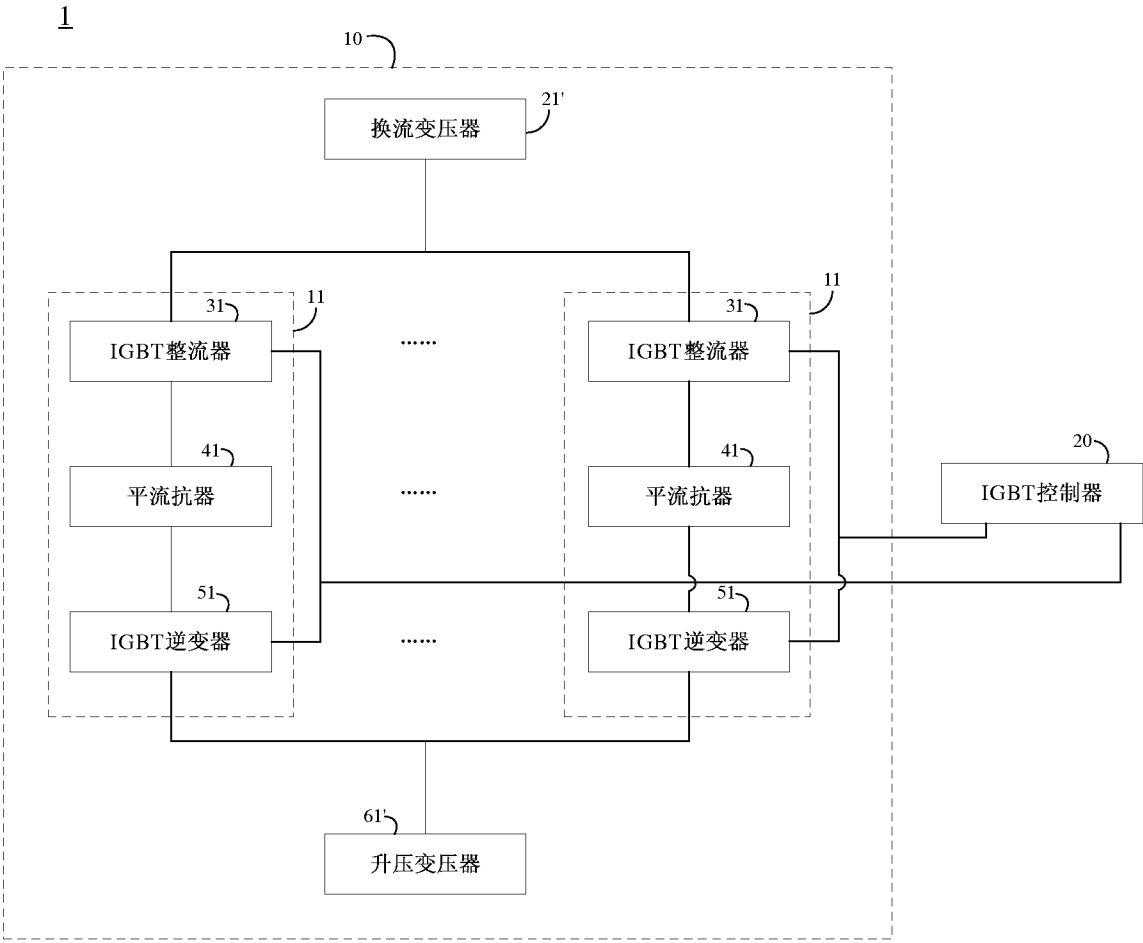


图2B

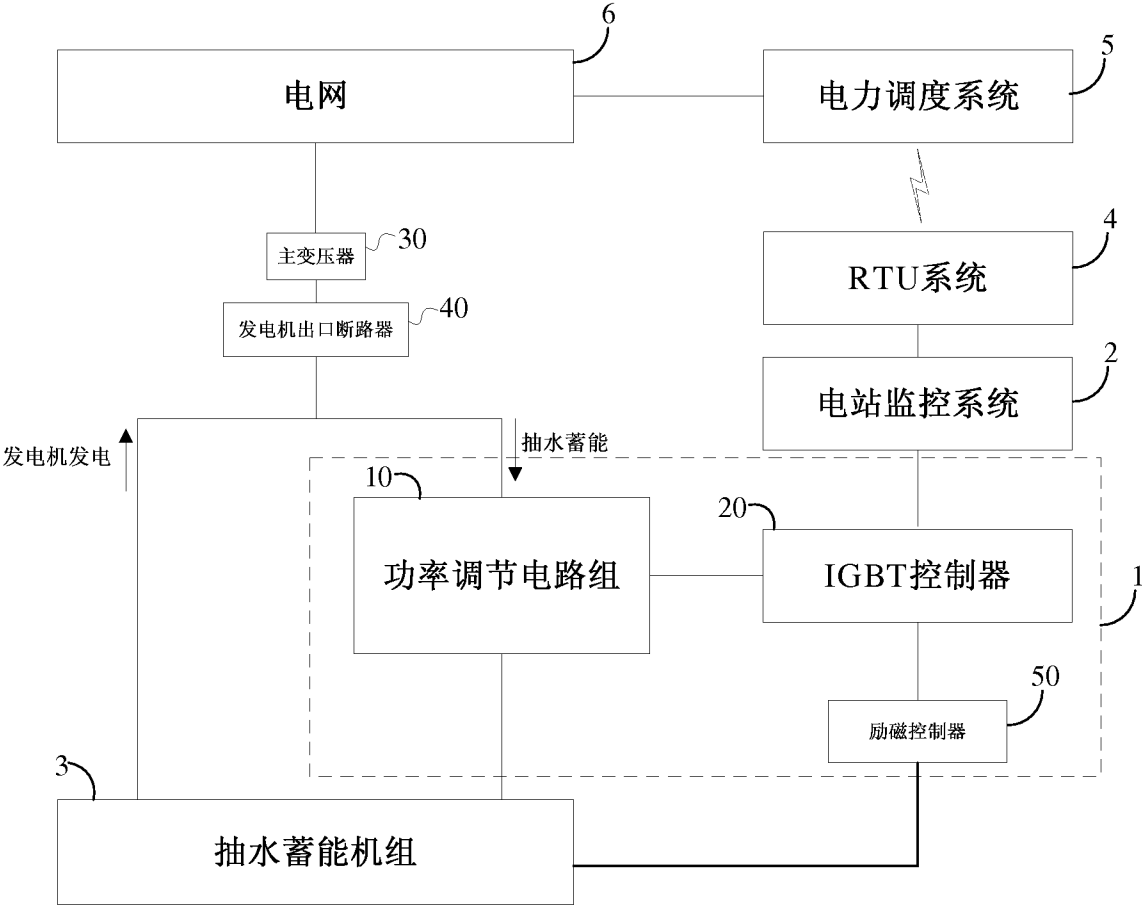


图3

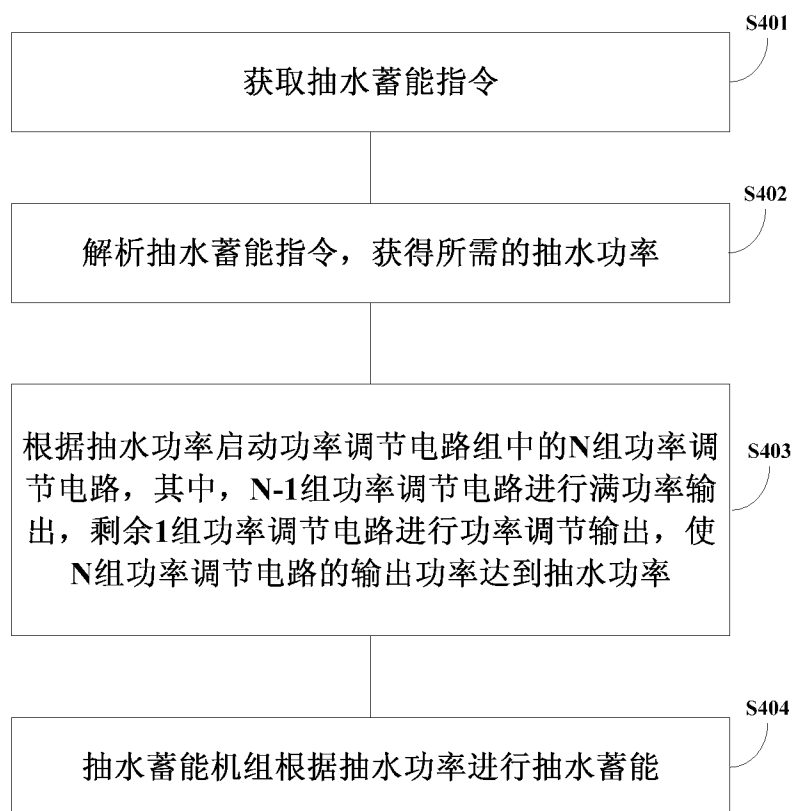


图4

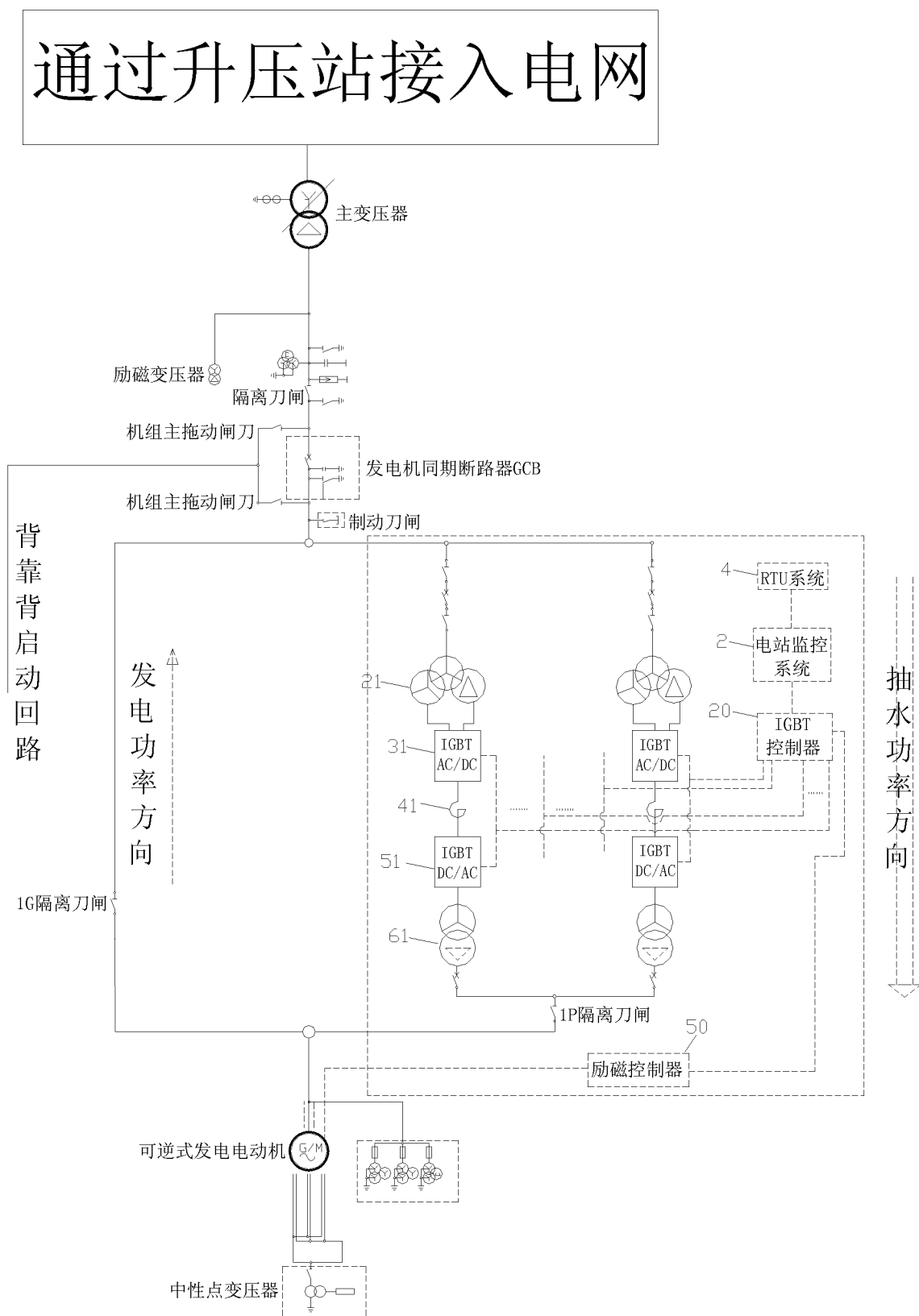


图5

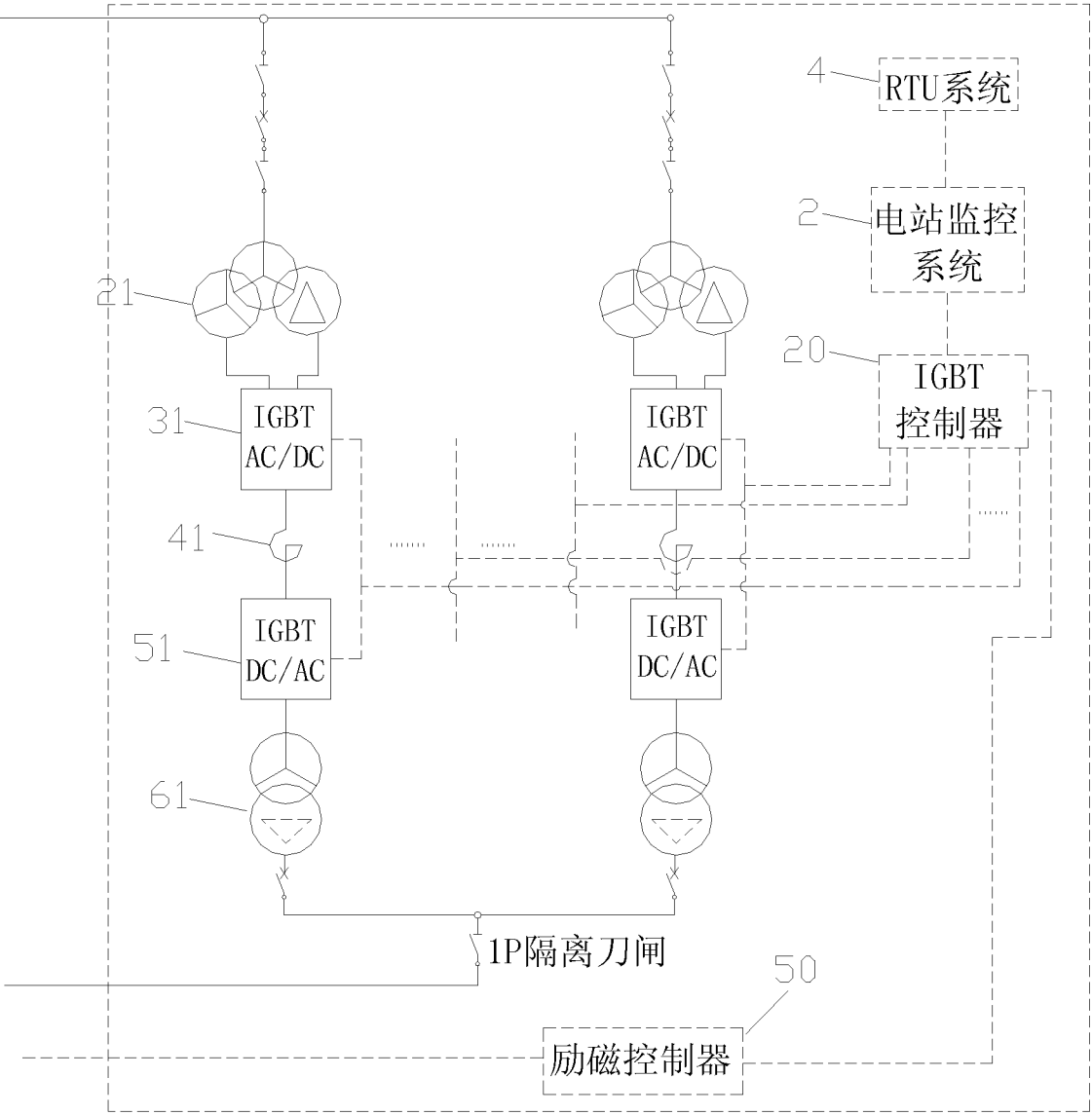


图6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/089409

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 3/46 (2006.01) 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)

H02J; H02P

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)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: power regulation, set, water pumping, grid connection, power grid, full w power, pump+ w storage, igt, peak, valley; speed d regulat+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 101924513 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY), 22 December 2010 (22.12.2010), see description, paragraphs 21-27, and figures 1-3	1-16
Y	CN 1290417 A (ROBERT BOSCH GMBH), 04 April 2001 (04.04.2001), see description, page 2, line 15 to page 3, line 14, claims 1-6, and figures 1-2	1-16
Y	CN 102315810 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY), 11 January 2012 (11.01.2012), see description, paragraphs 26-47, and figure 1	1-16

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 17 June 2014 (17.06.2014)	Date of mailing of the international search report 29 August 2014 (29.08.2014)
Name and mailing address of the ISA/CN: 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, Haichun Telephone No.: (86-10) 62411781

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2013/089409

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101924513 A	22 December 2010	CN 101924513 B	27 February 2013
CN 1290417 A	04 April 2001	WO 9941816 A1	19 August 1999
		US 6314009 B1	06 November 2001
		DE 19805926 A1	19 August 1999
		JP 4235361 B2	11 March 2009
		ES 2278438 T3	01 August 2007
		JP 2002503936 A	05 February 2002
		PL 342234 A1	04 June 2001
		CN 100470994 C	18 March 2009
		EP 1055275 A1	29 November 2000
		HU 228290 B1	28 February 2013
		RU 2222084 C2	20 January 2004
		CZ 299230 B6	21 May 2008
		SK 11592000 A3	08 October 2001
		HU 0102045 A3	28 November 2001
		BR 9907889 A	17 October 2000
		CZ 20002776 A3	31 January 2007
		DE 59914036 D1	18 January 2007
		HU 0102045 A2	28 September 2001
		SK 286479 B6	06 November 2008
		EP 1055275 B1	06 December 2006
CN 102315810 A	11 January 2012	CN 102315810 B	15 January 2014

A. 主题的分类		
H02J 3/46 (2006.01) 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)		
H02J; H02P		
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))		
CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 功率调节, 全功率, 满功率, 机组, igt, 抽水, 峰, 谷, 机组, 并网, 调速, 电网; full w power, pump+ w storage, igt, peak, valley; speed d regulat+		
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
Y	CN 101924513 A (上海交通大学) 2010年 12月 22日 (2010 - 12 - 22) 见说明书第21-27段, 附图1-3	1-16
Y	CN 1290417 A (罗伯特O博施有限公司) 2001年 4月 04日 (2001 - 04 - 04) 见说明书第2页第15行-第3页第14行, 权利要求1-6, 附图1-2	1-16
Y	CN 102315810 A (上海交通大学) 2012年 1月 11日 (2012 - 01 - 11) 见说明书第26-47段, 附图1	1-16
☐ 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 6月 17日		2014年 8月 29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		张海春
传真号 (86-10)62019451		电话号码 (86-10)62411781

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2013/089409

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	101924513	A	2010年 12月 22日	CN	101924513	B	2013年 2月 27日
CN	1290417	A	2001年 4月 04日	WO	9941816	A1	1999年 8月 19日
				US	6314009	B1	2001年 11月 06日
				DE	19805926	A1	1999年 8月 19日
				JP	4235361	B2	2009年 3月 11日
				ES	2278438	T3	2007年 8月 01日
				JP	2002503936	A	2002年 2月 05日
				PL	342234	A1	2001年 6月 04日
				CN	100470994	C	2009年 3月 18日
				EP	1055275	A1	2000年 11月 29日
				HU	228290	B1	2013年 2月 28日
				RU	2222084	C2	2004年 1月 20日
				CZ	299230	B6	2008年 5月 21日
				SK	11592000	A3	2001年 10月 08日
				HU	0102045	A3	2001年 11月 28日
				BR	9907889	A	2000年 10月 17日
				CZ	20002776	A3	2007年 1月 31日
				DE	59914036	D1	2007年 1月 18日
				HU	0102045	A2	2001年 9月 28日
				SK	286479	B6	2008年 11月 06日
				EP	1055275	B1	2006年 12月 06日
CN	102315810	A	2012年 1月 11日	CN	102315810	B	2014年 1月 15日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)