

说明书

风电变流器的 IGBT 组合方案的评估方法及装置

5 技术领域

本发明总体涉及风电设备领域，更具体地将，涉及一种从风电变流器的多个 IGBT 组合方案中选择最优方案的方法和装置。

背景技术

10 随着当前市场对风力发电机组的发电量要求越来越高，通过风力发电机组的精细化设计、定制化设计，最大限度的挖掘风力发电机组的发电能力已经成为行业发展的趋势。风电变流器作为风力发电机组传动链上的重要环节，当前粗放式的风电变流器的 IGBT (insulated gate bipolar transistor) 组合以及选型设计无法最大限度发挥风力发电机组的发电能力。

15 IGBT 是绝缘栅双极型晶体管，IGBT 是风电变流器中实现能量变换的核心器件，通过导通与关断实现交流电与直流电的电能转换。IGBT 厂家可提供满足风力发电机组的设计容量的多种 IGBT 组合方案，并提供各 IGBT 组合方案随风力发电机的输出功率变化的关系。不同的 IGBT 组合方案在晶体管的数量上具有区别，不同的 IGBT 组合方案具有不同的转换效率，因此，需要
20 选择转换效率最优的 IGBT 组合方案。

当前风力发电机组进行风电变流器 IGBT 组合并进行选型的方法为：在风力发电机组达到额定功率的前提下，从风电变流器的 IGBT 组合方案中选择转换效率满足整机设计规定的要求值的 IGBT 组合方案。例如，容量为 W 的风力发电机组，由 A、B、C 三种风电变流器 IGBT 组合方案，根据设计要
25 求，如果方案 A 和方案 B 的转换效率在机组示出功率 P_w 下可达到要求值 K，则方案 A 和方案 B 满足设计要求。接下来进行方案的可行性及经济性评估，如果方案 A 的综合评估结果优于方案 B，则会按照方案 A 对风电变流器 IGBT 进行组合和选型。

然而，上述方法是在输出额定功率时选择发电效率最高、发电量最优的
30 方案，但风力发电机组在实际运行时并非随时处于额定功率状态，只选择在输出额定功率时转换效率最高的变流器的 IGBT 组合可能造成风力发电机组

在全功率段的综合发电效率、总发电量无法达到最优，导致风力发电机组无法实现最大的发电能力，影响经济效益。例如，在上述示例中在额定状态下方案 A 的转换效率大于方案 B，但在非额定功率段范围内，方案 B 的转换效率高于方案 A，从风力发电机组在全功率段的发电量和发电效率来考虑，方案 B 的发电效率和发电量极有可能优于方案 A。因此，根据上述方法选择的 IGBT 组合方案仅在额定功率下转换效率最优，但不一定在全功率段下的转换效率最优，因此，在实际操作过程中，根据上述方法不一定能选择最优的风电变流器的 IGBT 组合方案。

因此，需要一种能够选择出风力发电机组在全功率段实现综合发电效率、总发电量最优的风电变流器的 IGBT 组合。

发明内容

本发明的实施例在于提供一种风电变流器的 IGBT 组合方案的评估方法及装置，根据本发明的实施例的方法和装置可以解决现有技术中的选择在输出额定功率时转换效率最高的 IGBT 组合可能造成风力发电机组在全功率段的综合发电效率、总发电量无法达到最优的缺陷。

根据本发明的实施例的一方面，提供了一种风电变流器的 IGBT 组合方案的评估方法，所述方法包括：针对多个 IGBT 组合方案，基于风力发电机的与风速相应的输出功率、用于指示预定时间段内各风速存在的时长的风频时间、和每个 IGBT 组合方案的与风速相应的转换效率，计算每个 IGBT 组合方案在所述预定时间段内的总发电量；将每个 IGBT 组合方案在所述预定时间段的总发电量进行比较；基于比较结果，将所述多个 IGBT 组合方案之中的在所述预定时间段内总发电量最高的 IGBT 组合方案确定为最优 IGBT 组合方案。

根据本发明的实施例的另一方面，提供了一种风电变流器的 IGBT 组合方案的评估装置，所述装置包括：计算模块，被配置为针对多个 IGBT 组合方案，基于风力发电机的与风速相应的输出功率、用于指示预定时间段内各风速存在的时长的风频时间、和每个 IGBT 组合方案的与风速相应的转换效率，计算每个 IGBT 组合方案在所述预定时间段内的总发电量；比较模块，被配置为将每个 IGBT 组合方案在所述预定时间段内的总发电量进行比较；确定模块，被配置为基于比较结果，将所述多个 IGBT 组合方案之中的在所

述预定时间段内总发电量最高的 IGBT 组合方案确定为最优 IGBT 组合方案。

根据本发明的另一方面，提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有程序，其特征在于，所述程序包括执行风电变流器的 IGBT 组合方案的评估方法的代码。

5 根据本发明的另一方面，提供了一种计算机，所述计算机包括存储有计算机程序的介质，其特征在于，所述计算机程序包括执行风电变流器的 IGBT 组合方案的评估方法的代码。

10 根据本发明的实施例的风电变流器的 IGBT 组合方案的评估方法及装置，可以从风电变流器的多个 IGBT 组合方案中将风力发电机组在全功率段总发电效率、总发电量达到最优的 IGBT 组合方案选为最优的 IGBT 组合方案。

将在接下来的描述中部分阐述本发明总体构思另外的方面和/或优点，还有一部分通过描述将是清楚的，或者可以经过本发明总体构思的实施而得知。

附图说明

15 通过下面结合示例性地示出实施例的附图进行的描述，本发明示例性实施例的上述和其他目的和特点将会变得更加清楚，其中：

图 1 示出风力发电机组的传动链示意图；

图 2 示出根据本公开的实施例的风电变流器的 IGBT 组合方案的评估方法的流程图；

20 图 3 示出风力发电机的输出功率曲线；

图 4 示出预定时间段内风力发电机组所在风场的风频曲线；

图 5 示出不同 IGBT 组合方案的转换效率曲线；

图 6 示出根据本公开的实施例的风电变流器的 IGBT 组合方案的评估装置的框图。

25

具体实施方式

现将详细参照本发明的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中，相同的标号始终指示相同的部件。以下将通过参照附图来说明所述实施例，以便解释本发明。

30 在实际的风力发电过程中，风力发电机组中的风力发电机利用风能产生交流电，由于风力发电机直接输出的交流电往往不符合电网的要求，需要使

用风电变流器将风力发电机输出的交流电整流为直流电，再将直流电逆变为符合电网要求的交流电。

图 1 示出了风力发电机组的传动链示意图，如图 1 所示，在外界风速为 V 的作用下，风力发电机向风电变流器输出功率为 P_m 的交流电，风电变流器通过 IGBT 组合将输入的交流电进行交流-直流-交流的转换，其中，IGBT 组合的转换效率为 η ，最后风电变流器输出的馈入电网的交流电的功率为 P_o ，即风力发电机组的输出功率为 P_o 。

其中，风力发电机组的输出功率与风力发电机的输出功率的关系如下：

[等式 1]

$$P_o = P_m \times \eta$$

如果风力发电机组在外界风速为 V 时发电时间为 h ，在 h 时间段内，机组发出的发电量为：

[等式 2]

$$Q = P_o \times h = P_m \times \eta \times h$$

由于风力发电机组在实际运行时并非随时处于额定功率状态，也就是说，风力发电机的输出功率 P_m 并非总是额定功率，因此，以风力发电机组处于额定功率状态为条件确定的 IGBT 组合方案在风力发电机的输出功率 P_m 达不到额定功率时的发电量不一定能够达到最优。因此，本发明提出一种考虑风力发电机组在预定时间段内在全功率段的总发电量来评估最优 IGBT 组合方案。

下面将参照图 2 至图 6 详细描述根据本发明的实施例的风电变流器的 IGBT 组合方案的评估方法和装置。

图 2 示出根据本发明的实施例的风力发电机组的 IGBT 组合方案的评估方法的流程图。

在步骤 210，针对多个 IGBT 组合方案，基于发电机的与风速相应的输出功率、用于指示预定时间段内各风速存在的时长的风频时间、和每个 IGBT 组合方案的与风速相应的转换效率，计算每个 IGBT 组合方案在预定时间段内的总发电量。

在风力发电机组实际运行中，风力发电机的输出功率是随风速变化而变化的，如图 3 所示，图 3 示出了风力发电机的输出功率曲线，输出功率曲线是指风力发电机的输出功率大小随风速变化的曲线，随着风速从小到大，风力发电机的输出功率随之增加，在风速达到一定程度时，风力发电机的输出

功率达到额定功率，此后，如果风速继续增加，风力发电机的输出功率不再明显增加。例如，当风速达到 V_n 时，风力发电机的输出功率可为 P_n 。

在设计风力发电机组时，需要根据风力发电机组所在风场的风况获得如图 3 所示的风力发电机组的输出功率曲线。因此，可通过监测风力发电机组所在风场的风况来统计出该风力发电机组所在风场的风频曲线。如图 4 所示，图 4 示出了在预定时间段内风力发电机组所在风场的风频曲线，风频曲线是指在某一段时间中各风速存在的时长随风速变化的曲线，其中，风频时间 H_n 表示风速 V_n 在预定时间段内出现的时长。例如，在一年内，如果某风场中 5m/s 的风一共出现并存在 1000 小时，则 5m/s 的风的风频时间为 1000 小时，如果某风场中 6m/s 的风一共出现并存在 800 小时，则 6m/s 的风的风频时间为 800 小时。

风力发电机随着外界风速的变化输出不同的功率，在风力发电机向风电变流器输出不同的功率时，风力发电机组的不同的 IGBT 组合方案具有不同的转换效率，因此，可得到 IGBT 组合方案的转换效率随风速变化的关系。如图 5 所示，图 5 示出了 IGBT 方案 A 和 IGBT 方案 B 随风速变化的转换效率曲线，转换效率曲线是指某种 IGBT 组合方案的转换效率随风速变化的曲线。当风力发电机运行在风速 V_n 时，风力发电机的输出功率为 P_n ，方案 A 的转换效率为 η_{nA} ，方案 B 的转换效率为 η_{nB} 。

因此，方案 A 和方案 B 在风速为 V_n 时产生的发电量分别为：

[等式 3]

$$Q_{nA} = P_n \times \eta_{nA} \times H_n$$

$$Q_{nB} = P_n \times \eta_{nB} \times H_n$$

如果在预定时间段内风速最小值为 v_{\min} ，风速最大值为 v_{\max} ，则可通过在预定时间段内的风速范围 $[v_{\min}, v_{\max}]$ 内对等式 3 中计算出的发电量进行积分来分别计算出方案 A 和方案 B 在预定时间内的总发电量为：

[等式 4]

$$Q_{nA} = \int_{v_{\min}}^{v_{\max}} P_n \times \eta_{nA} \times H_n dv$$

$$Q_{nB} = \int_{v_{\min}}^{v_{\max}} P_n \times \eta_{nB} \times H_n dv$$

其中， v_{\min} 为预定时间段内风速的最小值， v_{\max} 为预定时间段内风速的最大值。

根据本公开的实施例，风力发电机在运行时的电压始终保持不变，风力发电机的电流随风速增加而增加，即，风力发电机的输出功率随电流增加而增加。在风力发电机在不同的风速下具有不同的电流时，风力发电机组的不同的 IGBT 组合方案具有不同的转换效率。因此，方案 A 和方案 B 在预定时间内的总发电量分别为：

[等式 5]

$$Q_{nA} = \int_{I_{\min}}^{I_{\max}} P_n \times \eta_{nA} \times H_n dI$$

$$Q_{nB} = \int_{I_{\min}}^{I_{\max}} P_n \times \eta_{nB} \times H_n dI$$

其中， I_{\min} 为与预定时间段内风速最小值相应的电流最小值， I_{\max} 为与预定时间段内风速最大值相应的电流最大值。

上述针对两个 IGBT 组合方案计算预定时间段内的总发电量仅是示例，在实际过程中，风电变流器可选用可实现风电发电机组的设计输出容量的所有的 IGBT 组合方案，并针对所有可选的 IGBT 组合方案计算每个 IGBT 组合方案在预定时间段内的总发电量。

根据本公开的实施例，在根据风电发电机组的设计输出容量确定所有可选的 IGBT 组合方案之后，用户可从所有可选的 IGBT 组合方案中选择出在风力发电机组达到设计输出容量时转换效率大于或等于预设阈值的多个 IGBT 组合方案，或从所有可选的 IGBT 组合方案中选择出在风力发电机向风电变流器输出功率为特定值时转换效率大于或等于预设阈值的多个 IGBT 组合方案。例如，可从所有可选的 IGBT 组合方案中选择出在风力发电机的输出功率为 200kW 时，转换效率大于或等于 98% 的方案。以上示例仅是示例性的，本公开不限于此。

在从所有的可选的 IGBT 组合方案中选出用户期望的 IGBT 组合之后，在针对选出的多个 IGBT 组合方案计算每个 IGBT 组合方案在预定时间段内的总发电量。

在步骤 220，将计算出的多个 IGBT 组合方案在预定时间段内的总发电量进行比较。

在步骤 230，根据比较结果将在预定时间段内的总发电量最高的 IGBT 组合方案确定为最优方案。例如，如果计算出的 IGBT 组合方案 A 在预定时间段内的总发电量大于 IGBT 组合方案 B 在同一预定时间段内的总发电量，

则可将 IGBT 组合方案 A 确定为最优方案。

通过上述方法，不再以风力发电机组在输出额定功率选择风电变流器的多个 IGBT 组合方案中转换效率最高的 IGBT 组合方案，而是以全功率段的总发电量作为参考，将总发电量最高的 IGBT 组合方案选为最优 IGBT 组合方案，
5 避免以额定功率下转换效率最高为条件选择出的 IGBT 组合方案在全功率段总发电量无法达到最优的问题，更高效地利用风能。

图 6 示出根据本公开的实施例的风电变流器的 IGBT 组合方案的评估装置的框图。

根据本发明的实施例的风电变流器的 IGBT 组合方案的评估装置 600 包
10 括计算模块 610、比较模块 620 和确定模块 630。

计算模块 610 可针对多个 IGBT 组合方案，基于风力发电机的与风速相应的输出功率、用于指示预定时间段内各风速存在的时长的风频时间、和每个 IGBT 组合方案的与风速相应的转换效率，计算每个 IGBT 组合方案在预定时间段内的总发电量。

15 根据本公开的实施例，计算模块 610 可通过在预定时间段内风速最小值到风速最大值的范围 $[v_{\min}, v_{\max}]$ 内对风力发电机的与风速相应的输出功率、指示预定时间段内各风速存在的时长的风频时间、和每个 IGBT 组合方案的与输出功率相应的转换效率三者的乘积进行积分来分别计算出每个 IGBT 组合方案在预定时间内的总发电量，或者，计算模块 610 可通过在从与预定时间
20 段内的风速最小值相应的电流最小值到与预定时间段内的风速最大值相应的电流最大值的范围内对输出功率、风频时间和转换效率三者的乘积进行积分，来分别计算出每个 IGBT 组合方案在所述预定时间段内的总发电量。

在实际过程中，风电变流器可采用可实现风电发电机组的设计输出容量的所有的 IGBT 组合方案。

25 根据本公开的实施例，在根据风电发电机组的设计输出容量确定所有可选的 IGBT 组合方案之后，用户可从所有可选的 IGBT 组合方案中选择出在风力发电机组达到设计输出容量时转换效率大于或等于预设阈值的多个 IGBT 组合方案，或从所有可选的 IGBT 组合方案中选择出在风力发电机向风电变流器输出功率为特定值时转换效率大于或等于预设阈值的多个 IGBT 组合方案。
30 例如，可从所有可选的 IGBT 组合方案中选择出在风力发电机的输出功率为 200kW 时，转换效率大于或等于 98%的方案。以上示例仅是示例性的，

本公开不限于此。

在从所有的可选的 IGBT 组合方案中选出用户期望的 IGBT 组合之后，计算模块 610 可针对选出的 IGBT 组合方案计算预定时间段内的总发电量。

5 比较模块 620 可基于计算模块 610 的计算结果对每个 IGBT 组合模块在预定时间段内的总发电量进行比较。

确定模块 630 可基于比较结果将多个 IGBT 组合方案中的总发电量最高的 IGBT 组合方案确定为最优的组合方案。

10 通过上述装置，不再以风力发电机组在输出额定功率选择风电变流器的多个 IGBT 组合方案中转换效率最高的 IGBT 组合方案，而是以全功率段的总发电量作为参考，将总发电量最高的 IGBT 组合方案选为最优 IGBT 组合方案，避免以额定功率下转换效率最高为条件选择出的 IGBT 组合方案在全功率段总发电量无法达到最优的问题，更高效地利用风能。

15 根据本公开的实施例还提供一种存储有计算机程序的计算机可读存储介质。该计算机可读存储介质存储有当被处理器执行时使得处理器执行上述风电变流器的 IGBT 组合方案的评估方法的计算机程序。该计算机可读存储介质是可存储由计算机系统读出的数据的任意数据存储装置。计算机可读存储介质的示例包括：只读存储器、随机存取存储器、只读光盘、磁带、软盘、光数据存储装置和载波（诸如经有线或无线传输路径通过互联网的数据传输）。

20 根据本发明的实施例还提供一种计算装置。该计算装置包括处理器和存储器。存储器用于存储计算机程序。所述计算机程序被处理器执行使得处理器执行如上所述的风电变流器的 IGBT 组合方案的评估方法的计算机程序。

25 根据本发明的实施例的风电变流器的 IGBT 组合方案的评估方法和装置，可计算出多个 IGBT 组合方案在预定时间段内在全功率段的总发电量，并将总发电量最高的 IGBT 组合方案确定为最优方案。通过使用根据本发明的实施例的风电变流器的 IGBT 组合方案的评估方法和装置选择的最优 IGBT 组合方案，可使得风力发电机组在全功率段实现综合发电效率、总发电量最优，尤其在风力发电机组在低风速区运行时，由于风力发电机组长期处于低功率段运行，更需要关注在低功率段的效率和损耗，采用上述以风力机组在全功率段的发电量最大、发电效率最佳为衡量标准的风电变流器的 IGBT 组
30 合选型设计方法进行整体的考量，发电能力会更强。

虽然已表示和描述了本发明的一些示例性实施例，但本领域技术人员应该理解，在不脱离由权利要求及其等同物限定其范围的本发明的原理和精神的情况下，可以对这些实施例进行修改。

权 利 要 求 书

- 1、一种风电变流器的 IGBT 组合方案的评估方法，其特征在于，包括：
针对多个 IGBT 组合方案，基于风力发电机的与风速相应的输出功率、
5 用于指示预定时间段内各风速存在的时长的风频时间、和每个 IGBT 组合方案的与风速相应的转换效率，计算每个 IGBT 组合方案在所述预定时间段内的总发电量；
将每个 IGBT 组合方案在所述预定时间段的总发电量进行比较；
基于比较结果，将所述多个 IGBT 组合方案之中的在所述预定时间段内
10 总发电量最高的 IGBT 组合方案确定为最优 IGBT 组合方案。
- 2、如权利要求 1 所述的评估方法，其特征在于，所述多个 IGBT 组合方案的转换效率大于或等于预设阈值。
- 3、如权利要求 1 或 2 所述的评估方法，其特征在于，计算每个 IGBT 组合方案在所述预定时间段内的总发电量的步骤包括：
15 针对每个 IGBT 组合方案，分别在从所述预定时间段内的风速最小值到风速最大值的范围内对所述输出功率、风频时间和转换效率三者的乘积进行积分，以计算每个 IGBT 组合方案在所述预定时间段内的总发电量，或者，
针对每个 IGBT 组合方案，分别在从与所述风速最小值相应的电流最小值到与所述风速最大值相应的电流最大值的范围内对所述输出功率、风频时
20 间和转换效率三者的乘积进行积分，以计算每个 IGBT 组合方案在所述预定时间段内的总发电量。
- 4、一种风电变流器的 IGBT 组合方案的评估装置，其特征在于，包括：
计算模块，被配置为针对多个 IGBT 组合方案，基于风力发电机的与风速相应的输出功率、用于指示预定时间段内各风速存在的时长的风频时间、
25 和每个 IGBT 组合方案的与风速相应的转换效率，计算每个 IGBT 组合方案在所述预定时间段内的总发电量；
比较模块，被配置为将每个 IGBT 组合方案在所述预定时间段内的总发电量进行比较；
确定模块，被配置为基于比较结果，将所述多个 IGBT 组合方案之中的
30 在所述预定时间段内总发电量最高的 IGBT 组合方案确定为最优 IGBT 组合方案。

5、如权利要求 4 所述的评估装置，其特征在于，所述多个 IGBT 组合方案的转换效率大于或等于预设阈值。

6、如权利要求 4 或 5 所述的评估装置，其特征在于，所述计算模块具体用于针对每个 IGBT 组合方案，分别在从所述预定时间段内的风速最小值到风速最大值的范围内对所述输出功率、风频时间和转换效率三者的乘积进行积分，以计算每个 IGBT 组合方案在所述预定时间段内的总发电量，或者，

10 针对每个 IGBT 组合方案，分别在从与所述风速最小值相应的电流最小值到与所述风速最大值相应的电流最大值的范围内对所述输出功率、风频时间和转换效率三者的乘积进行积分，以计算每个 IGBT 组合方案在所述预定时间段内的总发电量。

7、一种计算机可读存储介质，存储有程序，其特征在于，所述程序包括执行如权利要求 1-3 中任意一项所述的方法的代码。

8、一种计算机，包括存储有计算机程序的可读介质，其特征在于，所述计算机程序包括执行如权利要求 1-3 中任意一项所述的方法的代码。

说明书摘要

本发明提供了一种风电变流器的 IGBT 组合方案的评估方法及装置。所述方法包括：基于风力发电机的输出功率、指示预定时间段内的风频时间、
5 和每个 IGBT 组合方案的转换效率,分别计算多个 IGBT 组合方案在预定时间段内的总发电量；将每个 IGBT 组合方案在所述预定时间段的总发电量进行比较；将总发电量最高的 IGBT 组合方案确定为最优 IGBT 组合方案。

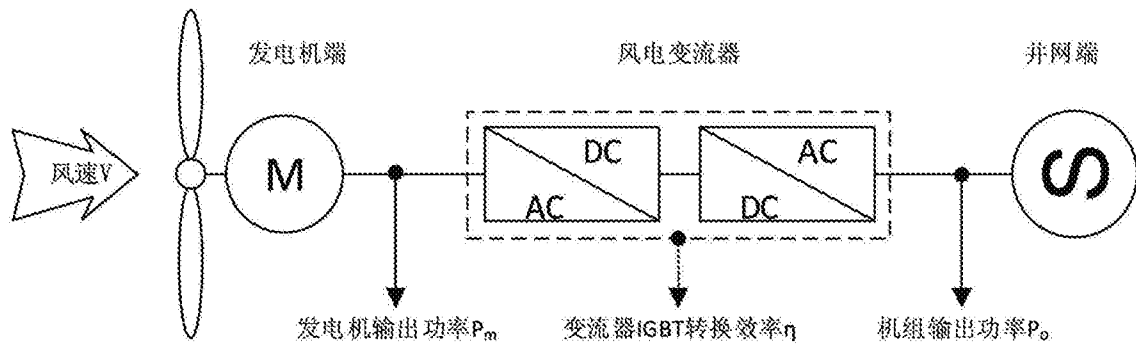


图 1



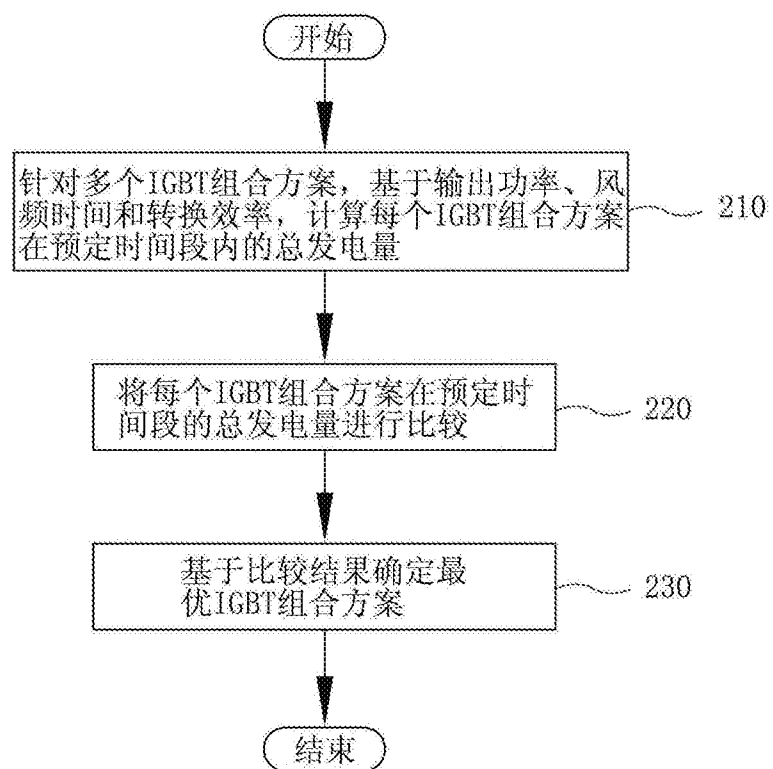


图 2

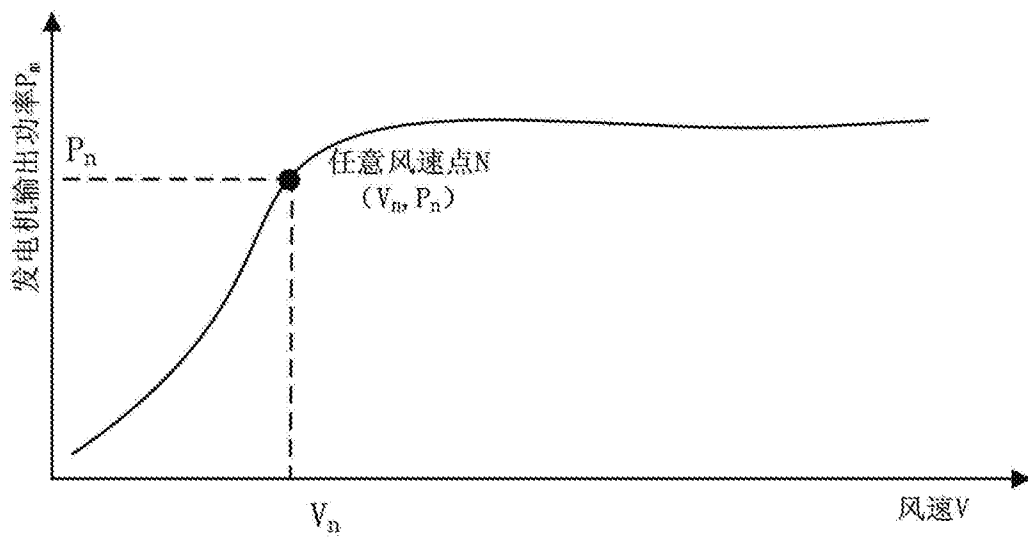


图 3

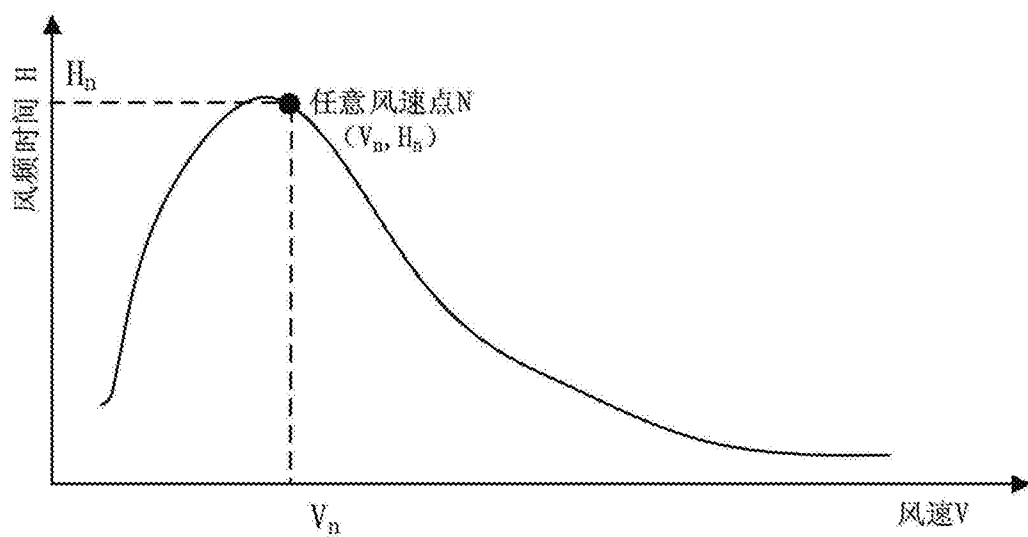


图 4

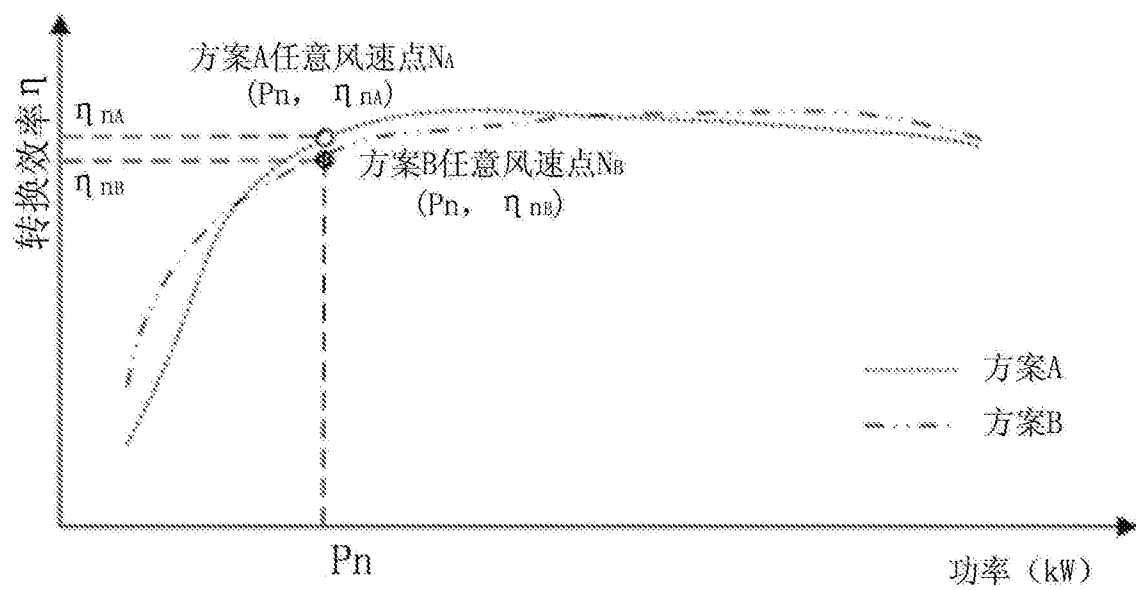


图 5

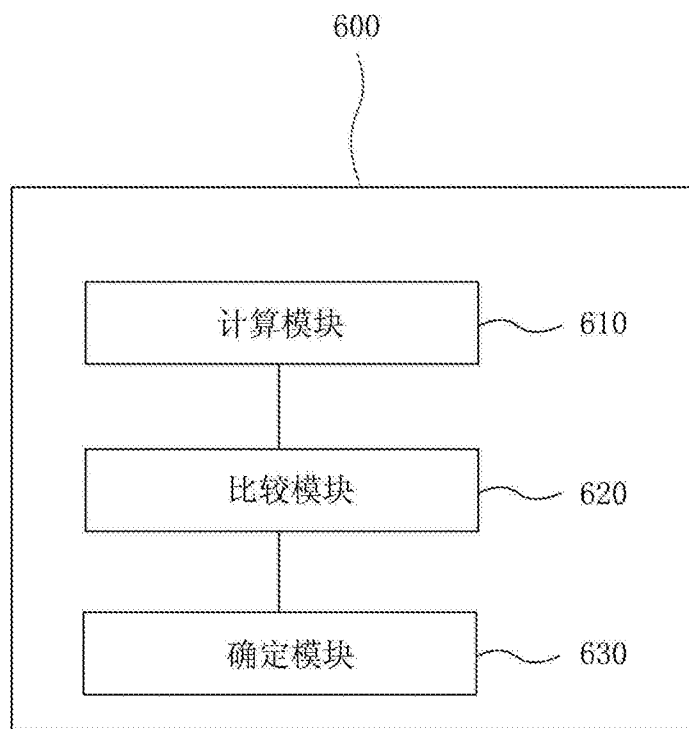


图 6