



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103138289 B

(45) 授权公告日 2015. 05. 13

(21) 申请号 201210444401. 7

(22) 申请日 2012. 11. 08

(73) 专利权人 中国电力科学研究院

地址 100192 北京市海淀区清河小营东路 15 号

专利权人 西北电网有限公司
国家电网公司

(72) 发明人 杨国生 董明会 赵可 周泽昕
周春霞 杜丁香 李仲青 詹智华
项灿芳 魏磊 姜宁 高媛媛

(74) 专利代理机构 北京安博达知识产权代理有限公司 11271

代理人 徐国文

(51) Int. Cl.

H02J 3/38(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102121966 A, 2011. 07. 13, 说明书第 2 段, 第 52-53 段, 图 3.

CN 102024079 A, 2011. 04. 20, 图 1、图 2.

CN 102055208 A, 2011. 05. 11, 全文.

CN 101753086 A, 2010. 06. 23, 说明书第 5、8 段, 图 1.

CN 101764413 A, 2010. 06. 30, 全文.

蔺红等. 电网故障下直驱式风电机组建模与控制仿真研究. 《电力系统保护与控制》. 2010, 第 38 卷 (第 21 期), 189-195.

王金行等. PSCAD/EMTDC 环境下双馈风力发电机组的建模与仿真. 《可再生能源》. 2012, 第 30 卷 (第 3 期), 22-26.

刘其辉. 不对称电网故障时风电网侧变流器控制的数 / 模仿真. 《电力系统自动化》. 2012, 第 36 卷 (第 10 期), 33-38.

金一等. 直驱永磁同步风电机组的建模与仿真分析. 《水电自动化与大坝监测》. 2008, 第 32 卷 (第 5 期), 47-51.

审查员 王笑寒

权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 2 页

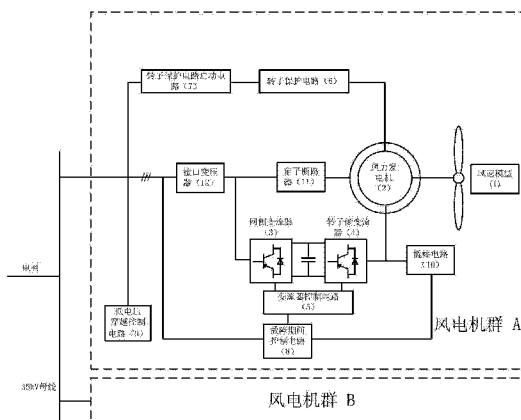
(54) 发明名称

一种高渗透率风电场的实时数字仿真建模的方法

(57) 摘要

本发明提供一种高渗透率风电场的实时数字仿真建模的方法, 风电场包括至少两个风电机组群, 每个风电机组群包括风速模型 1、风力发电机 2、网侧变流器 3、转子侧变流器 4、变流器控制电路 5、转子保护电路 6、转子电路启动电路 7、故障期间控制电路 8、撬棒电路 10、定子断路器 11 和接口变压器 12; 故障期间控制电路 8 一端与馈线电压连接, 另一端连接变流器控制电路 5 和撬棒电路 10, 监测风电机组群内的馈线电压, 控制风电机组群故障期间的运行。本发明提供一种高渗透率风电场的实时数字仿真建模的方法, 能够研究稳态时风电场对系统电网稳定性影响、不同机群之间的相互影响和故障时对系统保护的影响等问题。

CN 103138289 B



1. 一种高渗透率风电场的实时数字仿真建模的方法,其特征在于,所述风电场包括至少两个风电机群,每个所述风电机群包括风速模型(1)、风力发电机(2)、网侧变流器(3)、转子侧变流器(4)、变流器控制电路(5)、转子保护电路(6)、转子保护电路启动电路(7)、故障期间控制电路(8)、撬棒电路(10)、定子断路器(11)和接口变压器(12);

所述风速模型(1)靠近风力发电机(2),模拟不同的风况;

所述故障期间控制电路(8)一端与馈线电压连接,另一端连接所述变流器控制电路(5)和所述撬棒电路(10),监测所述风电机群内的所述馈线电压,控制所述风电机群故障期间的运行;

所述转子保护电路(6)一端与所述风力发电机(2)相连,另一端通过所述转子保护电路启动电路(7)与所述馈线电压连接;

所述变流器控制电路(5)控制连接所述网侧变流器(3)和所述转子侧变流器(4);

所述转子侧变流器(4)和所述撬棒电路(10)与所述风力发电机(2)的转子连接;

所述定子断路器(11)与所述风力发电机(2)的定子连接;

所述接口变压器(12)与定子断路器(11)和电网连接;

所述转子保护电路启动电路(7)和所述故障期间控制电路(8)的一端均与所述馈线电压连接,以所述馈线电压作为启动信号,故障期间控制电路(8)持续监控所述馈线电压,所述馈线电压为35KV 馈线电压,

故障期间的控制过程包括:

所述故障期间控制电路(8)实时监测馈线电压跌幅;

所述跌幅超过门槛值一时,关闭所述转子侧变流器(4),提高所述网侧变流器(3)发出的无功功率;

所述跌幅超过门槛值二时,关闭所述转子侧变流器(4),提高所述网侧变流器(3)发出的无功功率,所述转子保护电路启动电路(7)启动所述转子保护电路(6),分担转子侧的有功过剩,防止所述风力发电机(2)转速过高;

所述跌幅超过门槛值三时,关闭所述转子侧变流器(4),提高所述网侧变流器(3)发出的无功功率,所述转子保护电路启动电路(7)启动所述转子保护电路(6),所述故障期间控制电路(8)发出控制信号控制所述定子断路器(11)断开,将所述风力发电机(2)的定子与电网通过电阻元件保持连接,使得故障期间的定子电流迅速衰减。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述风力发电机(2)的类型包括双馈型、鼠笼型和直驱型。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述风速模型(1)模拟的风况包括:基本风、阵风、渐变风和随机风。

4. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述转子保护电路(6)包括不可控桥式整流电路、可关断晶闸管和电阻。

5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,通过编程实现倍乘接口变压器(12)的电网侧电流,从而改变风电机群送出功率的大小。

6. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述故障期间控制电路(8)实时监测馈线电压跌幅,所述跌幅不超过门槛值一时,检测所述故障期间控制电路(8)是否恢复,是,无操作,否,恢复所述故障期间控制电路(8)。

7. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于,所述恢复所述故障期间控制电路(8)的过程包括:切除所述转子保护电路(6),发出控制信号闭合所述定子断路器(11),恢复正常状态。

8. 如权利要求 7 所述的方法,其特征在于,所述风电机群还包括与直流母线相连的直流母线制动电路,所述跌幅超过所述门槛值二或所述门槛值三时,操作可以替换为:投入所述直流母线制动电路限制所述直流母线电压升高。

9. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述风电机群还包括监测风电机群并网点电压的低电压穿越控制电路(9),所述低电压穿越控制电路(9)包括控制风电机群并网或者脱网的并网/脱网开关,判断风电场故障时并网或脱网的过程包括:

故障开始时启动计时器开始计时,将所述计时器计得的时间量输入到低压穿越曲线拟合函数中,得到参考电压值,将所述风电机群并网点电压与所述参考电压值进行实时比较,如果所述风电机群并网点电压高于所述参考电压值,所述并网/脱网开关打开,所述风电机群脱网;如果所述风电机群并网点电压低于此参考电压值,所述并网/脱网开关保持闭合,所述风电机群保持并网。

10. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,所述低压穿越曲线拟合函数按照风电场接入电网技术规定拟合,将所述时间量输入到所述低压穿越曲线拟合函数中得到的为所述风电场接入电网技术规定的低电压穿越曲线上对应的电压参考值。

一种高渗透率风电场的实时数字仿真建模的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及风力发电技术领域,具体涉及一种高渗透率风电场的实时数字仿真建模的方法。

背景技术

[0002] 近年来风力发电快速发展,随着风力发电装机容量的不断扩大,风力发电系统对电网的影响也越来越大,所以研究风力发电这种新型能源对电力系统的影响就显得十分必要。在仿真软件上进行风力发电的仿真研究是一种低成本并且十分有效的手段。如何在仿真工具上更好地模拟大规模风电场的真实情况,比如机群之间相互影响、风速和低电压穿越特性等,成为了大家十分关注的问题。

[0003] 机群之间的相互影响成为现在风电场遇到的一个大问题。当部分风电机群因为故障脱网运行时,剩余风电机群可能会因为并网点电压波动脱网。除此之外,低电压穿越问题也是风力发电领域的研究热点。当电网发生电压跌落时,如果风机的低电压穿越能力不达标,就会发生大量风机切机事故,会导致系统潮流的大幅变化,甚至会引起大面积停电。所以研究具有低电压穿越能力的风电场不同机群之间的相互影响等重要问题就需要一种有效的基于大规模风电场的建模方法。

发明内容

[0004] 本发明一种高渗透率风电场的实时数字仿真建模的方法,所述风电场包括至少两个风电机群,每个所述风电机群包括风速模型 1、风力发电机 2、网侧变流器 3、转子侧变流器 4、变流器控制电路 5、转子保护电路 6、转子电路启动电路 7、故障期间控制电路 8、撬棒电路 10、定子断路器 11 和接口变压器 12 ;

[0005] 所述风速模型 1 靠近风力发电机 2,模拟不同的风况 ;

[0006] 所述故障期间控制电路 8 一端与馈线电压连接,另一端连接所述交流器控制电路 5 和所述撬棒电路 10,监测所述风电机群内的所述馈线电压,控制所述风电机群故障期间的运行 ;

[0007] 所述转子保护电路 6 一端与所述风力发电机 2 相连,另一端通过所述转子保护电路启动电路 7 与所述馈线电压连接 ;

[0008] 所述交流器控制电路 5 控制连接所述网侧变流器 3 和所述转子侧变流器 4 ;

[0009] 所述转子侧变流器 4 和所述撬棒电路 10 与所述风力发电机 2 的转子连接 ;

[0010] 所述定子断路器 11 与所述风力发电机 2 的定子连接 ;

[0011] 所述接口变压器 12 与定子断路器 11 和电网连接。

[0012] 本发明提供的第一优选实施例中 :所述风力发电机 2 的类型包括双馈型、鼠笼型和直驱型。

[0013] 本发明提供的第二优选实施例中 :所述风速模型 1 模拟的风况包括 :基本风、阵风、渐变风和随机风。

[0014] 本发明提供的第三优选实施例中：所述转子保护电路启动电路 7 和所述故障期间控制电路 8 的一端均与所述馈线电压连接，以所述馈线电压作为启动信号，故障期间控制电路 8 持续监控所述馈线电压，所述馈线电压为 35KV 馈线电压，

[0015] 故障期间的控制过程包括：

[0016] 所述故障期间控制电路 8 实时监测馈线电压跌幅：

[0017] 所述跌幅超过门槛值一时，关闭所述转子侧变流器 4，提高所述网侧变流器 3 发出的无功功率；

[0018] 所述跌幅超过门槛值二时，关闭所述转子侧变流器 4，提高所述网侧变流器 3 发出的无功功率，所述转子保护电路启动电路 7 启动所述转子保护电路 6，分担转子侧的有功过剩，防止所述风力发电机 2 转速过高；

[0019] 所述跌幅超过门槛值三时，关闭所述转子侧变流器 4，提高所述网侧变流器 3 发出的无功功率，所述转子保护电路启动电路 7 启动所述转子保护电路 6，所述故障期间控制电路 8 发出控制信号控制所述定子断路器 11 断开，将所述风力发电机 2 的定子与电网通过电阻元件保持连接，使得故障期间的定子电流迅速衰减。

[0020] 本发明提供的第四优选实施例中：所述转子保护电路 6 包括不可控桥式整流电路、可关断晶闸管和电阻。

[0021] 本发明提供的第五优选实施例中：通过编程实现倍乘接口变压器 12 的电网侧电流，从而改变风电机群送出功率的大小。

[0022] 本发明提供的第六优选实施例中：所述故障期间控制电路 8 实时监测馈线电压跌幅，所述跌幅不超过门槛值一时，检测所述故障期间控制电路 8 是否恢复，是，无操作，否，恢复所述故障期间控制电路 8。

[0023] 本发明提供的第七优选实施例中：所述恢复所述故障期间控制电路 8 的过程包括：切除所述转子保护电路 6，发出控制信号闭合所述定子断路器 11，恢复正常状态。

[0024] 本发明提供的第八优选实施例中：所述风电机群还包括与直流母线相连的直流母线制动电路，所述跌幅超过所述门槛值二或所述门槛值三时，操作可以替换为：投入所述直流母线制动电路限制所述直流母线电压升高。

[0025] 本发明提供的第九优选实施例中：所述风电集群还包括监测风电机群并网点电压的低电压穿越控制电路 9，所述低电压穿越控制电路 9 包括控制风电机群并网或者脱网的并网 / 脱网开关，判断风电场故障时并网或脱网的过程包括：

[0026] 故障开始时启动计时器开始计时，将所述计时器计得的时间量输入到低压穿越曲线拟合函数中，得到参考电压值，将所述风电机群并网点电压与所述参考电压值进行实时比较，如果所述风电机群并网点电压高于所述参考电压值，所述并网 / 脱网开关打开，所述风电机群脱网；如果所述风电机群并网点电压低于此参考电压值，所述并网 / 脱网开关保持闭合，所述风电机群保持并网。

[0027] 本发明提供的第十优选实施例中：所述低压穿越曲线拟合函数按照风电场接入电网技术规定拟合，将所述时间量输入到所述低压穿越曲线拟合函数中得到的为所述风电场接入电网技术规定的低电压穿越曲线上对应的电压参考值。

[0028] 本发明提供的一种高渗透率风电场的实时数字仿真建模的方法的有益效果包括：

[0029] 1、能够模拟大规模风电场的真实工况,不同机群能够输出可控的功率,故障期间具有低电压穿越功能,能够研究稳态时风电场对系统电网稳定性影响、不同机群之间的相互影响和故障时对系统保护的影响等问题;

[0030] 2、实现了国家标准要求的低电压穿越曲线,并根据电网电压不同跌落情况制定了低电压穿越控制方法,方法具有很好的移植性和替换性,对于研究故障期间的风电机组控制的研究人员提供一个平台。

附图说明

[0031] 如图 1 所示为本发明提供的一种高渗透率风电场的实时数字仿真建模的实施例的结构示意图;

[0032] 如图 2 所示为本发明提供的一种高渗透率风电场的实时数字仿真建模故障期间的控制流程图;

[0033] 如图 3 所示为本发明提供的判断风电场故障时并网或脱网的流程图;

[0034] 如图 4 所示为风电机组接入电网的技术规定示意图。

[0035] 图中:1 为风速模型;2 为风力发电机;3 为网侧变流器;4 为转子侧变流器;5 为变流器控制电路;6 为转子保护电路;7 为转子电路启动电路;8 为故障期间控制电路;9 为低电压穿越控制电路;10 为撬棒电路;11 为定子断路器;12 为接口变压器。

具体实施方式

[0036] 本发明提供一种高渗透率风电场的实时数字仿真建模的方法,该风电场包括至少两个风电机组,能够模拟大规模风电场的稳态和暂态的运行情况,用来研究风速变化等不正常运行状态和故障期间风电场短路特性及其电网和风电机组相互影响,其中,每个风电机组包括风速模型 1、风力发电机 2、网侧变流器 3、转子侧变流器 4、变流器控制电路 5、转子保护电路 6、转子电路启动电路 7、故障期间控制电路 8、撬棒电路 10、定子断路器 11 和接口变压器 12。

[0037] 风速模型 1 靠近风力发电机 2,模拟不同的风况。

[0038] 故障期间控制电路 8 一端与馈线电压连接,另一端连接变流器控制电路 5 和撬棒电路 10,监测风电机组内的馈线电压,控制风电机组故障期间的运行。

[0039] 转子保护电路 6 一端与风力发电机 2 相连,另一端通过转子保护电路启动电路 7 与馈线电压连接。

[0040] 变流器控制电路 5 控制连接网侧变流器 3 和转子侧变流器 4。

[0041] 转子侧变流器 4 和撬棒电路 10 与风力发电机 2 的转子连接。

[0042] 定子断路器 11 与风力发电机 2 的定子连接。

[0043] 接口变压器 12 与定子断路器 11 和电网连接。

[0044] 实施例一:

[0045] 如图 1 所示为该风电场的实施例的结构示意图,风力发电机 2 的类型包括双馈型、鼠笼型和直驱型,本实施例中以双馈型风力发电机(DFIG, double fed induction generator)为例,由图 1 可知,该实施例中风电场包含两个风电机组:风电机组 A 和风电机组 B。

[0046] 具体的,风速模型 1 模拟的风况包括:基本风、阵风、渐变风和随机风。

[0047] 转子保护电路启动电路 7 和故障期间控制电路 8 的一端均与馈线电压连接,以该馈线电压作为启动信号,故障期间控制电路 8 持续监控该馈线电压,该馈线电压如图 1 所示为 35KV 馈线电压。

[0048] 故障期间的控制过程如图 2 所示,包括:

[0049] 故障期间控制电路 8 实时监测馈线电压跌幅:

[0050] 该跌幅超过门槛值一时,关闭转子侧变流器 4,提高网侧变流器 3 发出的无功功率,应对电网电压跌落。

[0051] 该跌幅超过门槛值二时,关闭转子侧变流器 4,提高网侧变流器 3 发出的无功功率,转子保护电路启动电路 7 启动转子保护电路 6。转子保护电路 6 分担转子侧的有功过剩,有效防止风力发电机 2 转速过高。

[0052] 该跌幅超过门槛值三时,关闭转子侧变流器 4,提高网侧变流器 3 发出的无功功率,转子保护电路启动电路 7 启动转子保护电路 6,故障期间控制电路 8 发出控制信号控制定子断路器 11 断开,将风力发电机 2 的定子与电网通过电阻元件保持连接,使得故障期间的定子电流迅速衰减。

[0053] 该门槛值一、门槛值二和门槛值三为达到标准要求并实现设备保护而自行设置的三个门槛值。

[0054] 转子保护电路 6 由不可控桥式整流电路、可关断晶闸管 GTO 和电阻组成。通过编程实现倍乘接口变压器 12 的电网侧电流,从而改变风电机群送出功率的大小。

[0055] 进一步的,故障期间控制电路 8 实时监测馈线电压跌幅,该跌幅不超过门槛值一时,即 35KV 馈线电压回复到正常值附近时,检测故障期间控制电路 8 是否恢复,是,无操作,否,恢复故障期间控制电路 8,恢复故障期间控制电路 8 的过程包括:切除转子保护电路 6,发出控制信号闭合定子断路器 11,恢复正常状态。

[0056] 优选的,该风电机群还可以包括与直流母线相连的直流母线制动电路,跌幅超过门槛值二或门槛值三时,操作可以替换为:投入直流母线制动电路限制直流母线电压升高。

[0057] 风电集群还包括监测风电机群并网点电压的低电压穿越控制电路 9,该低电压穿越控制电路 9 包括与并网点相连接控制风电机群并网或者脱网的并网/脱网开关,如图 3 所示为本发明提供的判断风电机群故障时并网或脱网的流程图,由图 3 可知,判断风电场故障时并网或脱网的过程包括:

[0058] 故障开始时启动计时器开始计时,将计时器计得的时间量输入到该低压穿越曲线拟合函数中,得到参考电压值,将风电机群并网点电压与该参考电压值进行实时比较,如果风电机群并网点电压高于此参考电压值,并网/脱网开关打开,该风电机群脱网;如果风电机群并网点电压低于此参考电压值,并网/脱网开关保持闭合,该风电机群保持并网。

[0059] 其中,风电场接入电网技术规定的低电压穿越曲线的示意图如图 4 所示,低压穿越曲线拟合函数按照风电场接入电网技术规定拟合,将时间量输入到该低压穿越曲线拟合函数中得到的为低电压穿越曲线上对应的电压参考值。

[0060] 以上虽然根据附图对本发明的实施例进行了详细说明,但不仅限于此具体实施方式,本领域的技术人员根据此具体技术方案进行的各种等同、变形处理,也在本发明的保护范围之内。

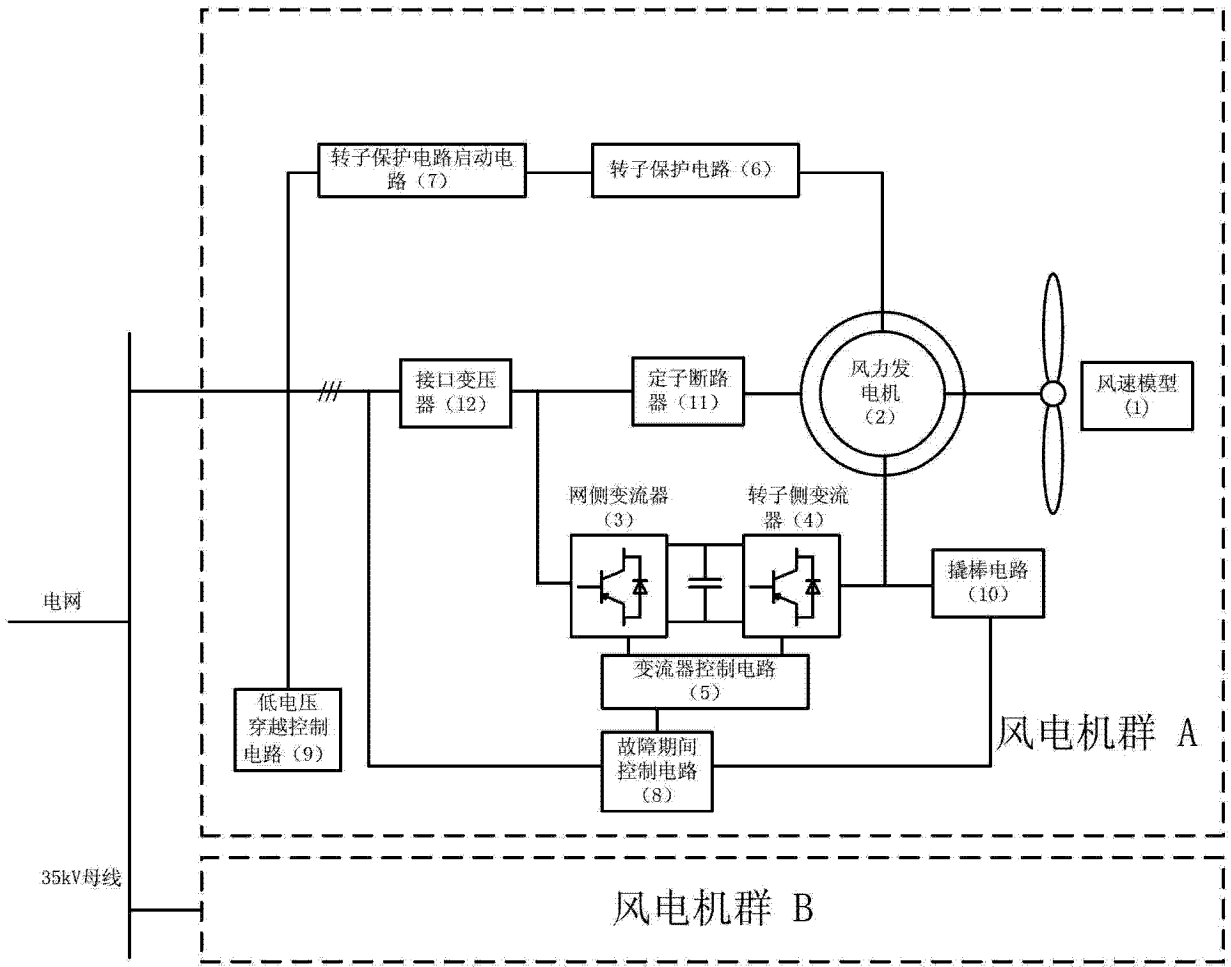


图 1

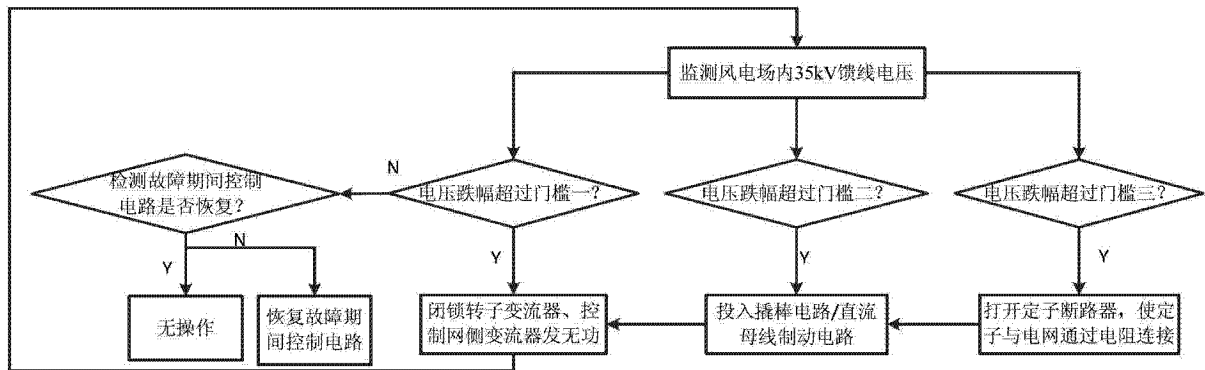


图 2

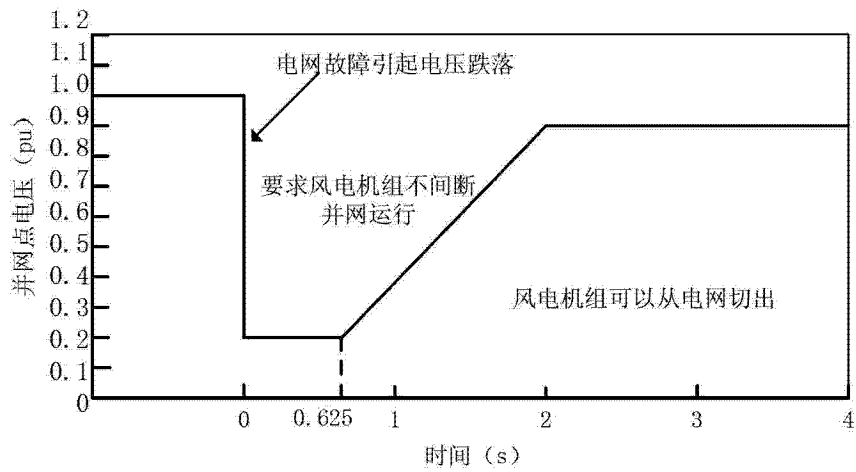


图 3

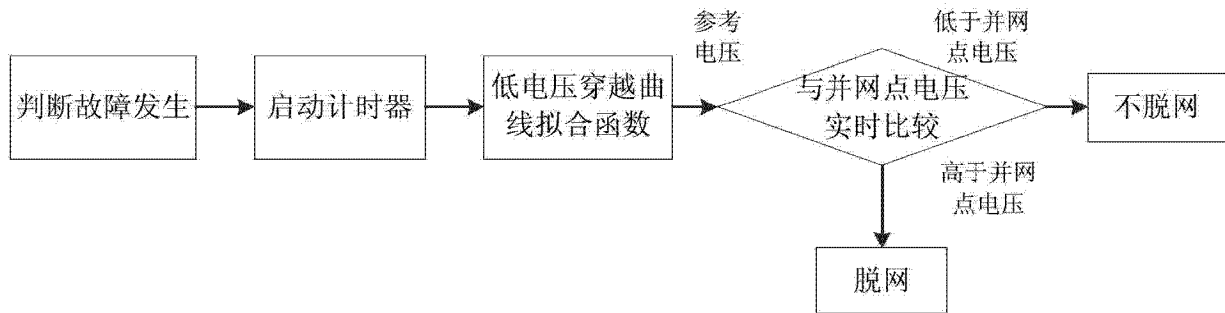


图 4