



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 106856331 A

(43) 申请公布日 2017. 06. 16

(21) 申请号 201510907106. 4

(22) 申请日 2015. 12. 09

(71) 申请人 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

申请人 国家电网公司

中电赛普检验认证(北京)有限公司  
中电普瑞张北风电研究检测有限公  
司

(72) 发明人 杜慧成 王瑞明 陈晨 李少林

孙勇 张金平 谢健 张宗岩  
高永恒 于雪松

(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)

G01R 31/00(2006. 01)

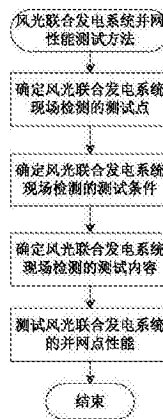
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种风光联合发电系统并网性能测试方法

(57) 摘要

本发明涉及一种风光联合发电系统并网性能测试方法,包括下述步骤:步骤1:确定风光联合发电系统现场检测的测试点;步骤2:确定风光联合发电系统现场检测的测试条件;步骤3:确定风光联合发电系统现场检测的测试内容;步骤4:测试风光联合发电系统的并网点性能。本发明提供的技术方案解决了该发电系统并网性能现场检测的问题,对提高风电联合发电系统现场测试的规范性和准确性具有十分重要的意义。



1. 一种风光联合发电系统并网性能测试方法,其特征在于,所述测试方法包括下述步骤:

- 步骤 1:确定风光联合发电系统现场检测的测试点;
- 步骤 2:确定风光联合发电系统现场检测的测试条件;
- 步骤 3:确定风光联合发电系统现场检测的测试内容;
- 步骤 4:测试风光联合发电系统的并网点性能。

2. 如权利要求 1 所述的并网性能测试方法,其特征在于,所述步骤 1 中,根据风光联合发电系统的接线方式确定测试点;包括 220kV 或 110kV 等级、35kV 等级的并网测试点;所述风光联合发电系统的电气采集点包括:主变压器高压侧 220kV 三相电压、主变压器高压侧 220kV 三相电流、主变压器低压侧 35kV 三相电压、主变压器低压侧 35kV 三相电流、风电支路并网点 35kV 三相电压、风电支路并网点 35kV 三相电流、光伏支路并网点 35kV 三相电压和光伏支路并网点 35kV 三相电流。

3. 如权利要求 1 所述的并网性能测试方法,其特征在于,所述步骤 2 中,风光联合发电系统现场检测的测试条件为:具备稳定并网运行能力,并且具备风电单独发电运行、光伏单独发电运行和风光联合发电运行;测试期间,要求风速具备 3-15m/s 工况,以保证风机输出功率在 0 至 95%  $P_n$  区间;要求光照辐射量满足 0-7500MJ/m<sup>2</sup>,以确保光伏电站的输出功率在 0 至额定功率区间。

4. 如权利要求 1 所述的并网性能测试方法,其特征在于,所述步骤 3 中,风光联合发电系统现场检测的测试内容包括:根据风光联合发电系统的运行特点,在不影响发电的情况下,对以下三种运行模式下进行测试,通过采集到的数据,计算分析得出闪变、谐波和功率变化率电能质量参数:

- (1) 风电正常运行,光伏无出力,即在夜晚无光、有风的时间段内测试;
- (2) 光伏正常运行,风电无出力,即在白天有光、无风的时间段内测试;
- (3) 风电和光伏正常运行,即在白天风光同时具备的条件下测试。

5. 如权利要求 1 所述的并网性能测试方法,其特征在于,所述步骤 4 包括:

①风光联合发电系统内的风电及光伏发电单元正常运行,并分别进行采集,采样频率不低于 4kHz;

②风电正常运行,光伏无出力:风电输出功率从 0 至额定功率的 95%,以 10%的额定功率为区间,每个功率区间、每相至少收集风电场并网点 5 个 10min 时间序列瞬时电压和瞬时电流值的测量值;

③光伏正常运行,风电无出力:从光伏电站持续正常运行的最小功率开始,以 10%的光伏电站所配逆变器总额定功率为一个区间,每个区间内分别测量 2 次 10min 数据;

④风电、光伏正常运行:风光输出功率从 0 至额定功率的 95%,以 10%的额定功率为区间,每个功率区间、每相至少收集风电场并网点 5 个 10min 时间序列瞬时电压和瞬时电流值的测量值。

6. 如权利要求 1 所述的并网性能测试方法,其特征在于,所述步骤 4 包括:依据国标《GB/T12326-2008 电能质量、电压波动和闪变》,通过对采集到的数据进行计算分析,得出闪变、谐波和功率变化率电能质量参数,从而判断被测风光联合发电系统的并网点性能。

## 一种风光联合发电系统并网性能测试方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种新能源接入与控制的测试方法,具体涉及一种风光联合发电系统并网性能测试方法。

### 背景技术

[0002] 风光联合发电系统是综合利用风能、光能的风光互补电源系统,是一种合理的电源系统。不仅为解决当前的能源危机和环境污染问题开辟了一条新路,而且有效提高了风电和光伏发电单独输出电力时对系统稳定性和可靠性。

[0003] 单独的太阳能或风能系统,由于受时间和地域的约束,很难全天候利用太阳能和风能资源。而太阳能与风能在时间上和地域上都有很强的互补性,白天光照强时风小,夜间光照弱时,风能由于地表温差变化大而增强,太阳能和风能在时间上的互补性是风光互补发电系统在资源利用上的最佳匹配。

[0004] 风光联合发电系统主要由风力发电单元、光伏发电单元等构成。风力发电单元利用风力发电机组,将风能转换为电力输出。光伏发电单元采用所需规模的光电板,将太阳能转换为电力输出。风电和光伏两个发电方式在能源的采集上互相补充,同时又各具特色:光伏发电供电可靠、运行维护成本低、但造价高;风力发电发电量高、造价和运行维护成本低、但可靠性低。

[0005] 风光联合发电系统利用风能和太阳能的天然互补性,如白天太阳能充足,晚上风能充足;夏天太阳能充足冬天风能充足,可提高系统的经济性和运行的可靠性。在我国西北、华北等地区,风能及太阳能资源具有互补性,冬春两季风力大,夏秋两季太阳光辐射强,因此,采用风能/太阳能互补发电系统可以很好地克服风能及太阳能提供能量的随机性、间歇性的缺点,实现不间断供电。

[0006] 风光联合发电系统的接入对电网调峰、稳定运行以及电能质量都有一定影响,且风、光的波动性使风光联合发电系统的输出功率具有波动性,难以像常规电源一样对风光联合发电系统制定和实施准确的发电计划。功率波动可能引起电网的电压波动、频率波动和输电线路传输功率的波动等问题,较大的功率冲击还可能引起电网中同步发电机组之间的功率振荡,严重时破坏电网的稳定运行,对电网安全造成直接影响。随着风光联合发电系统的发展,亟需进行风光联合发电系统并网性能试验检测技术的研究,以保障风光联合发电系统并网运行后,电力系统的安全稳定运行。

### 发明内容

[0007] 为解决上述现有技术中的不足,本发明的目的是提供一种风光联合发电系统并网性能测试方法,对提高风电联合发电系统现场测试的规范性和准确性具有十分重要的意义。

[0008] 本发明的目的是采用下述技术方案实现的:

[0009] 本发明提供一种风光联合发电系统并网性能测试方法,其改进之处在于,所述测

试方法包括下述步骤：

[0010] 步骤 1 :确定风光联合发电系统现场检测的测试点；

[0011] 步骤 2 :确定风光联合发电系统现场检测的测试条件；

[0012] 步骤 3 :确定风光联合发电系统现场检测的测试内容；

[0013] 步骤 4 :测试风光联合发电系统的并网点性能。

[0014] 进一步地,所述步骤 1 中,根据风光联合发电系统的接线方式确定测试点;包括 220kV 或 110kV 等级、35kV 等级的并网测试点;所述风光联合发电系统的电气采集点包括:主变压器高压侧 220kV 三相电压、主变压器高压侧 220kV 三相电流、主变压器低压侧 35kV 三相电压、主变压器低压侧 35kV 三相电流、风电支路并网点 35kV 三相电压、风电支路并网点 35kV 三相电流、光伏支路并网点 35kV 三相电压和光伏支路并网点 35kV 三相电流。

[0015] 进一步地,所述步骤 2 中,风光联合发电系统现场检测的测试条件为:具备稳定并网运行能力,并且具备风电单独发电运行、光伏单独发电运行和风光联合发电运行;测试期间,要求风速具备 3-15m/s 工况,以保证风机输出功率在 0 至 95%  $P_n$  区间;要求光照辐射量满足 0-7500MJ/m<sup>2</sup>,以确保光伏电站的输出功率在 0 至额定功率区间。

[0016] 进一步地,所述步骤 3 中,风光联合发电系统现场检测的测试内容包括:根据风光联合发电系统的运行特点,在不影响发电的情况下,对以下三种运行模式下进行测试,通过采集到的数据,计算分析得出闪变、谐波和功率变化率电能质量参数(计算是按照国标 GB/T 12326-2008 中的公式得出的):

[0017] (1) 风电正常运行,光伏无出力,即在夜晚无光、有风的时间段内测试;

[0018] (2) 光伏正常运行,风电无出力,即在白天有光、无风的时间段内测试;

[0019] (3) 风电和光伏正常运行,即在白天风光同时具备的条件下测试。

[0020] 进一步地,所述步骤 4 包括:

[0021] ①风光联合发电系统内的风电及光伏发电单元正常运行,并分别进行采集,采样频率不低于 4kHz;

[0022] ②风电正常运行,光伏无出力:风电输出功率从 0 至额定功率的 95%,以 10%的额定功率为区间,每个功率区间、每相至少收集风电场并网点 5 个 10min 时间序列瞬时电压和瞬时电流值的测量值;

[0023] ③光伏正常运行,风电无出力:从光伏电站持续正常运行的最小功率开始,以 10%的光伏电站所配逆变器总额定功率为一个区间,每个区间内分别测量 2 次 10min 数据;

[0024] ④风电、光伏正常运行:风光输出功率从 0 至额定功率的 95%,以 10%的额定功率为区间,每个功率区间、每相至少收集风电场并网点 5 个 10min 时间序列瞬时电压和瞬时电流值的测量值。

[0025] 进一步地,所述步骤 4 包括:依据国标《GB/T 12326-2008 电能质量、电压波动和闪变》,通过对采集到的数据进行计算分析,得出闪变、谐波和功率变化率电能质量参数,从而判断被测风光联合发电系统的并网点性能。

[0026] 与最接近的现有技术相比,本发明提供的技术方案具有的优异效果是:

[0027] (1) 测试方案设计合理:本项测试考虑了风电单独运行模式、光伏单独运行模式、风电、光伏联合发电运行模式,这三种运行模式的划分有利于分析出不同模式下的并网性

能指标。

[0028] (2) 现场运行模式考虑全面：因实际现场中，风电联合发电系统的运行模式不同，风力发电、光伏发电之间的相互影响也不同，需要尽可能地考虑不同的运行模式。

[0029] (3) 现场测试点选取合理：测试点选在不同电压等级的并网点，这样更能真实的反映出不同发电单元的并网性能指标。

### 附图说明

[0030] 图 1 是本发明提供的简单接线方式采集点示意图；

[0031] 图 2 是本发明提供的多条光伏支路采集点示意图；

[0032] 图 3 是本发明提供的复杂接线方式采集点示意图；

[0033] 图 4 是本发明提供的风光联合发电系统并网性能测试方法的流程图。

### 具体实施方式

[0034] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步的详细说明。

[0035] 以下描述和附图充分地示出本发明的具体实施方案，以使本领域的技术人员能够实践它们。其他实施方案可以包括结构的、逻辑的、电气的、过程的以及其他的改变。实施例仅代表可能的变化。除非明确要求，否则单独的组件和功能是可选的，并且操作的顺序可以变化。一些实施方案的部分和特征可以被包括在或替换其他实施方案的部分和特征。本发明的实施方案的范围包括权利要求书的整个范围，以及权利要求书的所有可获得的等同物。在本文中，本发明的这些实施方案可以被单独地或总地用术语“发明”来表示，这仅仅是为了方便，并且如果事实上公开了超过一个的发明，不是要自动地限制该应用的范围为任何单个发明或发明构思。

[0036] 本发明基于风光联合发电系统的运行特点，提供了一种专门针对该发电系统并网性能测试方法，包括风光联合发电系统现场检测的测试点、测试条件、测试内容及测试方法，解决了该发电系统并网性能现场检测的问题。本发明提供的风光联合发电系统并网性能测试方法的流程图如图 4 所示：

[0037] 步骤 1：确定风光联合发电系统现场检测的测试点：

[0038] 根据风光联合发电系统的接线方式，测试选点也有所不同。

[0039] (1) 如图 1 所示，该示意图是一种较为简单的接线方式。图中标出了 220kV 或 110kV 等级、35kV 等级的并网测试点，下表列出了需要采集的具体电气量。

[0040] 表 1 图 1 的风光联合发电系统电气采集点

[0041]

序号	采集点
1	主变高压侧 220kV 三相电压
2	主变高压侧 220kV 三相电流
3	主变低压侧 35kV 三相电压

4	主变低压侧 35kV 三相电流
5	风电支路并网点 35kV 三相电压
6	风电支路并网点 35kV 三相电流
7	光伏支路并网点 35kV 三相电压
8	光伏支路并网点 35kV 三相电流

[0042] (2) 如图 2 所示, 该示意图表示一种具有多条光伏发电支路的接线方式。因多个光伏单元对整个并网点的性能指标存在差异, 所以需要将该种接线方式的测试点进行单独分析。

[0043] 表 2 图 2 的风光联合发电系统电气采集点

[0044]

序号	采集点
1	主变高压侧 220kV 三相电压
2	主变高压侧 220kV 三相电流
3	主变低压侧 35kV 三相电压

[0045]

4	主变低压侧 35kV 三相电流
5	风电支路并网点 35kV 三相电压
6	风电支路并网点 35kV 三相电流
	第一条光伏支路并网点 35kV 三相电压
	第一条光伏支路并网点 35kV 三相电流
7	第二条光伏支路并网点 35kV 三相电压
8	第二条光伏支路并网点 35kV 三相电流

[0046] (3) 如图 3 所示, 该示意图表示一种较为复杂的接线方式。

[0047] 表 3 图 3 的风光联合发电系统电气采集点

[0048]

序号	采集点
1	第一台主变高压侧 220kV 三相电压
2	第一台主变高压侧 220kV 三相电流
3	第一台主变低压侧 35kV 三相电压
4	第一台主变低压侧 35kV 三相电流

5	第一条风电支路并网点 35kV 三相电压
6	第一条风电支路并网点 35kV 三相电流
7	第一条光伏支路并网点 35kV 三相电压
8	第一条光伏支路并网点 35kV 三相电流
9	第二台主变高压侧 220kV 三相电压
10	第二台主变高压侧 220kV 三相电流
11	第二台主变低压侧 35kV 三相电压
12	第二台主变低压侧 35kV 三相电流
13	第二条风电支路并网点 35kV 三相电压
14	第二条风电支路并网点 35kV 三相电流
15	第二条光伏支路并网点 35kV 三相电压
16	第二条光伏支路并网点 35kV 三相电流

[0049] 步骤 2:确定风光联合发电系统现场检测的测试条件:

[0050] 被测风光联合发电系统应具备稳定并网运行能力,并且具备风电单独发的运行、光伏单独发电运行、风光联合发电运行。测试要求具有合理的风况和光照条件。

[0051] 步骤 3:确定风光联合发电系统现场检测的测试内容:

[0052] 根据风光联合发电系统的运行特点,可以不影响发电的情况下,对以下三种运行模式下进行测试,通过采集到的数据,计算分析得出闪变,谐波,功率变化率等电能质量参数:

[0053] (1) 风电正常运行,光伏无出力(在夜晚无光、有风的时间段内测试)

[0054] (2) 光伏正常运行,风电无出力(在白天有光、无风的时间段内测试)

[0055] (3) 风电、光伏正常运行(在白天风光同时具备的条件下测试)

[0056] 步骤 4:确定风光联合发电系统现场检测的测试方法:依据国标《GB/T 12326-2008 电能质量、电压波动和闪变》,通过对采集到的数据进行计算分析,得出闪变、谐波和功率变化率电能质量参数,从而判断被测风光联合发电系统的并网点性能。

[0057] 风光联合发电系统内的风电及光伏发电单元正常运行,并分别进行采集,采样频率不低于 4kHz。

[0058] 风电正常运行,光伏无出力。风电输出功率从 0 至额定功率的 95%,以 10%的额定功率为区间,每个功率区间、每相至少收集风电场并网点 5 个 10min 时间序列瞬时电压和瞬时电流值的测量值。

[0059] 光伏正常运行,风电无出力。从光伏电站持续正常运行的最小功率开始,以 10%

的光伏发电站所配逆变器总额定功率为一个区间,每个区间内分别测量 2 次 10min 数据。

[0060] 风电、光伏正常运行。风光输出功率从 0 至额定功率的 95%,以 10%的额定功率为区间,每个功率区间、每相至少收集风电场并网点 5 个 10min 时间序列瞬时电压和瞬时电流值的测量值。

[0061] 本发明给出了风光联合发电系统的现场测试内容及方法,主要包括闪变、谐波及高频分量,功率控制能力。本发明对提高风电联合发电系统现场测试的规范性和准确性具有十分重要的意义。

[0062] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制,尽管参照上述实施例对本发明进行了详细的说明,所属领域的普通技术人员依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换,这些未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换,均在申请待批的本发明的权利要求保护范围之内。



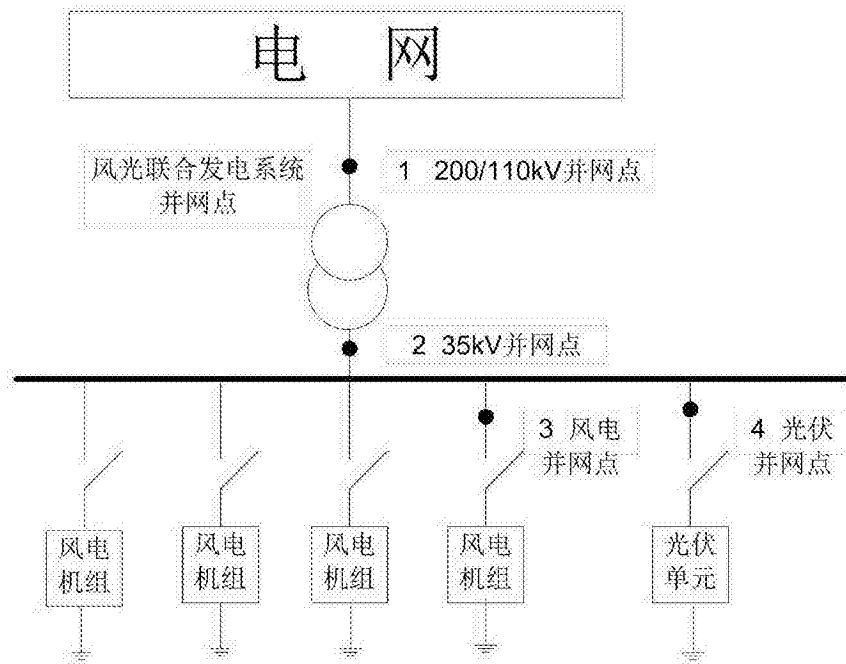


图 1

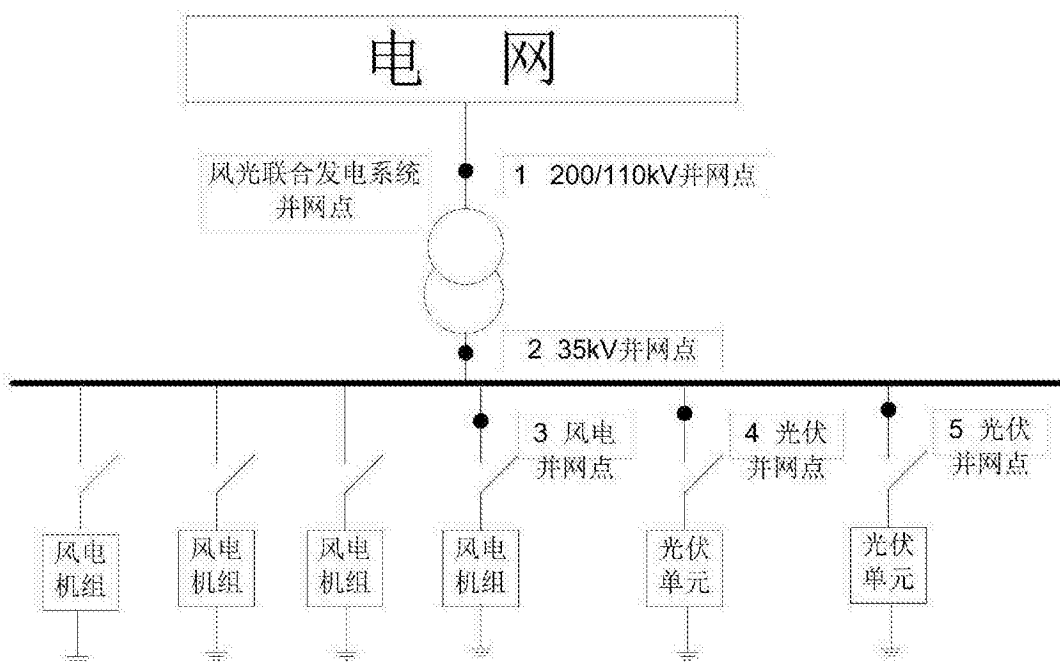


图 2

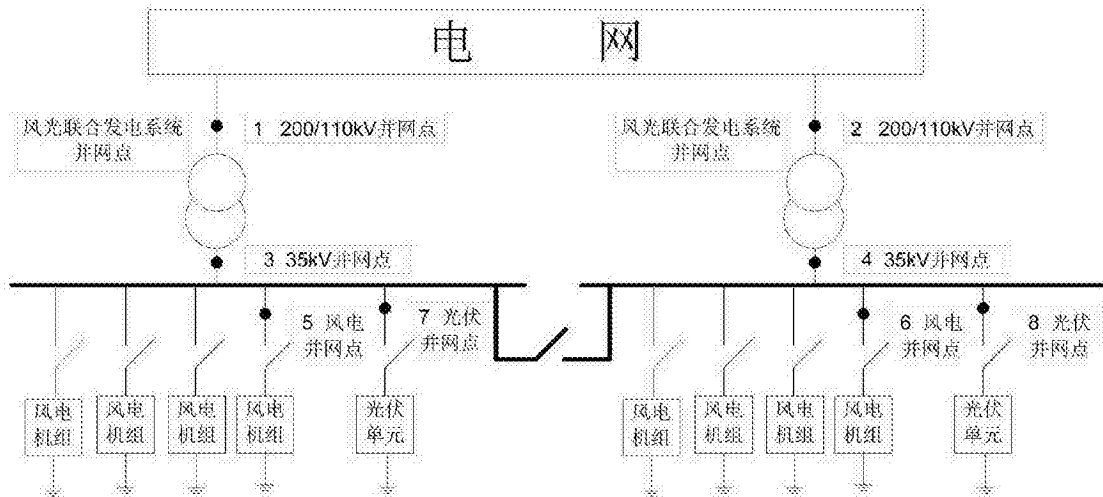


图 3

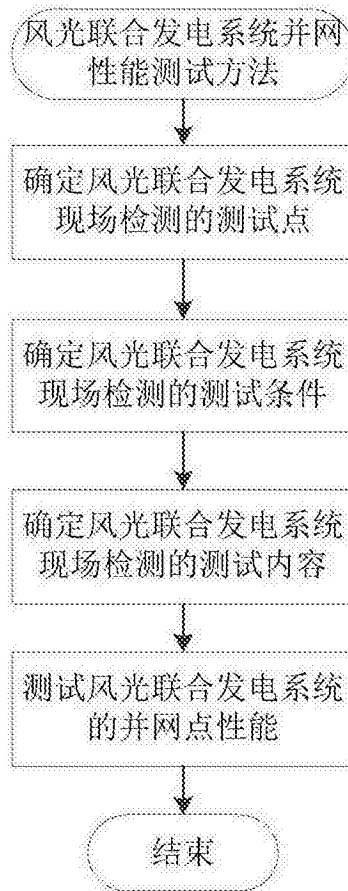


图 4