



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104218604 A

(43) 申请公布日 2014. 12. 17

(21) 申请号 201410407535. 0

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014. 08. 19

H02J 3/38 (2006. 01)

(71) 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

申请人 国网吉林省电力有限公司延边供电公司

国家电网公司

(72) 发明人 王昕 郑益慧 李立学 黄珂

郎永波 邵凤鹏

(74) 专利代理机构 上海汉声知识产权代理有限公司

公司 31236

代理人 胡晶

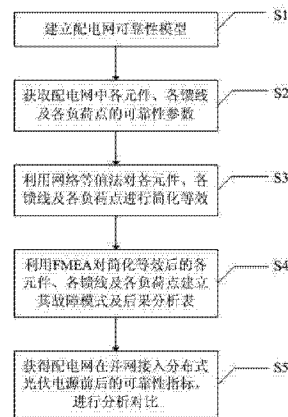
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于网络等值法的配电网可靠性分析方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于网络等值法的配电网可靠性分析方法及系统,该方法包括以下步骤:建立配电网可靠性模型;获取配电网中各元件、各馈线及各负荷点的可靠性参数;利用网络等值法对配电系统中较为复杂的单元进行简化等效;利用 FMEA 对简化等效后的配电系统的各负荷点建立其故障模式及后果分析表;获得负荷点的可靠性参数,再计算、对比分析整个配电网在并网接入分布式光伏电源前后的可靠性指标。该系统包括:可靠性模型建立单元、可靠性参数获取单元、简化等效单元、故障模式及后果分析单元、分析对比单元。本发明提供的基于网络等值法的配电网可靠性分析方法及系统,原理清晰、模型简单、计算量相对较少、适应性强,易于运用到实际工程中。



1. 一种基于网络等值法的配电网可靠性分析方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1:建立配电网可靠性模型;

S2:获取配电网中各元件、各馈线及各负荷点的可靠性参数;

S3:利用网络等值法对所述配电系统中的较为复杂的单元进行简化等效;

S4:利用 FMEA 对简化等效后的配电系统中的各负荷点建立其故障模式及后果分析表;

S5:获得所述负荷点可靠性参数,再计算、对比分析及所述配电网在并网接入分布式光伏电源前后的可靠性指标。

2. 根据权利要求 1 所述的基于网络等值法的配电网可靠性分析方法,其特征在于, S1 具体为:

将所述各元件视为可修复元件,并且将所述各元件视为标准的两态模型,即正常工作状态和故障停运状态,其中:保护元件,均视为 100%可靠工作;

将所述各负荷点视为恒功率模型;

将所述分布式光伏电源,视为一个额定容量的发电机。

3. 根据权利要求 1 所述的基于网络等值法的配电网可靠性分析方法,其特征在于, S2 具体为:

对于元件,获取的可靠性参数有年故障率、平均修复时间以及年平均持续修复时间;对于馈线,获取的可靠性参数为其单位长度的故障率;对于负荷点,获取的可靠性参数为用户数。

4. 根据权利要求 1 所述的基于网络等值法的配电网可靠性分析方法,其特征在于, S3 具体包括以下步骤:

S31:按照配电网系统的馈线数,对配电网进行分层处理,每一条馈线及该馈线所连接各元件为一层;

S32:将配电网的每一层等效为一条相应的等效分支线路。

5. 根据权利要求 1 所述的基于网络等值法的配电网可靠性分析方法,其特征在于, S5 具体包括以下步骤:

S51:获得所述负荷点的可靠性参数:负荷点等效年故障率、负荷点等效年平均停电持续时间以及负荷点等效平均停电持续时间;

S52:获得所述配电网在并网接入分布式光伏电源前后的可靠性指标:每年用户停电次数、用户停电持续时间、系统平均停电频率、系统平均停电持续时间、用户平均停电持续时间以及平均供电可用率;

S53:对并网接入分布式光伏电源前后的配电系统的可靠性指标进行分析对比,得出分布式光伏电源接入后对配电网可靠性的影响。

6. 一种基于网络等值法的配电网可靠性分析系统,其特征在于,包括:

可靠性模型建立单元:用于建立配电网可靠性模型;

可靠性参数获取单元:用于获取配电网中各元件、各馈线及各负荷点的可靠性参数;

简化等效单元:用于利用网络等值法对所述配电系统中的较为复杂的单元进行简化等效;

故障模式及后果分析单元:用于利用 FMEA 对简化等效后的配电网中的各负荷点建立其故障模式及后果分析表;

分析对比单元:用于获得所述负荷点可靠性参数,再计算、对比分析整个配电系统在并网接入分布式光伏电源前后的可靠性指标。

一种基于网络等值法的配电网可靠性分析方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及电力信息技术领域,特别涉及一种基于网络等值法的配电网可靠性分析方法及系统。

背景技术

[0002] 配电网是为用户提供电力的终端,其可靠性性能与供电可靠性密切相关。研究资料表明:配电网引起的停电事故占用户总停电事故的比重很大。配电网的可靠性研究具有重要意义。此外,配电网的发展非常迅速,规模持续增加,随着光伏产业的迅速发展和并网核心技术的提高,光伏电源将会广泛应用于配电网,必将对现有系统的可靠性产生深远的影响。

[0003] 光伏发电并网后,给电网带来了各方面的影响。大型集中式光伏电站并入高压输电网后,需要解决大功率电能的远距离传输问题。而且,由于光伏电站输出具有周期性、间歇性和随机性,容量较大的集中式光伏电站将对电网的频率和稳定性造成严重影响,需要为其增设系统备用发电容量,而这又涉及到电网备用容量的规划问题,而且会增加电网运行成本。所以从减小对大电网影响的角度出发,发展分布式光伏发电将是未来光伏应用的重要形式。分布式光伏接入在配电网,就地供电负荷,有剩余电量还可回馈电网,由于容量较小,几乎不会影响大电网的频率和稳定性。因此,对于含分布式光伏电源的配电网的可靠性分析显得非常的重要。

发明内容

[0004] 本发明针对上述现有技术中存在的问题,提出一种基于网络等值法的配电网可靠性分析方法及系统,对含分布式光伏电源的配电网的可靠性进行了分析,分析方法简单,计算量小,适用性强。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明是通过如下技术方案实现的:

[0006] 本发明提供一种基于网络等值法的配电网可靠性分析方法,包括以下步骤:

[0007] S1:建立配电网可靠性模型;

[0008] S2:获取配电网中各元件、各馈线及各负荷点的可靠性参数;

[0009] S3:利用网络等值法对所述配电网中较为复杂的单元进行简化等效;

[0010] S4:利用 FMEA 对简化等效后的配电系统中的各负荷点建立其故障模式及后果分析表;

[0011] S5:获得所述负荷点的可靠性参数,再计算、对比分析整个配电系统在并网接入分布式光伏电源前后的可靠性指标。

[0012] 进一步地,S1 具体为:

[0013] 将所述各元件视为可修复元件,并且将所述各元件视为标准的两态模型,即正常工作状态和故障停运状态,其中:保护元件,均视为 100%可靠工作;

[0014] 将所述各负荷点视为恒功率模型;

[0015] 将所述分布式光伏电源,视为一个额定容量的发电机,它只能满足孤岛内不超过其额定容量的那部分负荷,因此只对孤岛内的负荷的可靠性指标有影响。

[0016] 进一步地,S2 具体为:对于元件,获取的可靠性参数有年故障率、平均修复时间以及年平均持续修复时间;对于馈线,获取的可靠性参数为其单位长度的故障率;对于负荷点,获取的可靠性参数为用户数。

[0017] 进一步地,S3 具体包括以下步骤:

[0018] S31:按照配电网系统的馈线数,对配电网进行分层处理,每一条馈线及该馈线所连接的各元件为一层;

[0019] S32:将配电网的每一层等效为一条相应的等效分支线路。

[0020] 进一步地,S5 具体包括以下步骤:

[0021] S51:获得所述负荷点的可靠性参数:负荷点等效年故障率、负荷点等效年平均停电持续时间以及负荷点等效平均停电持续时间;

[0022] S52:获得所述配电网在并网接入分布式光伏电源前后的可靠性指标:每年用户停电次数、用户停电持续时间、系统平均停电频率、系统平均停电持续时间、用户平均停电持续时间以及平均供电可用率;

[0023] S53:对并网接入分布式光伏电源前后的配电系统可靠性指标进行分析对比,得出分布式光伏电源接入后对配电网可靠性的影响。

[0024] 本发明还提供一种基于网络等值法的配电网可靠性分析系统,该系统包括:

[0025] 可靠性模型建立单元:用于建立配电网可靠性模型;

[0026] 可靠性参数获取单元:用于获取配电网中各元件、各馈线及各负荷点的可靠性参数;

[0027] 简化等效单元:用于利用网络等值法对所述配电网中的较为复杂的单元进行简化等效;

[0028] 故障模式及后果分析单元:用于利用 FMEA 对简化等效后的配电网中的各负荷点建立其故障模式及后果分析表;

[0029] 分析对比单元:用于获得所述负荷点可靠性参数,再计算、对比分析整个配电系统在并网接入分布式光伏电源前后的可靠性指标。

[0030] 相较于现有技术,本发明具有以下优点:

[0031] (1) 本发明利用一个等效元件来代替一部分配电网,从而将复杂结构的配电网逐步简化成简单辐射状主馈线系统。对辐射状配电网而言,该等效方法具有很好的适应性。

[0032] (2) 本发明原理清晰、简单、模型准确,对所有可能的故障事件或元件失效进行分析,并确定对负荷点的影响,找出系统的故障模式集合,最终在此状态集合的基础上,求得系统的可靠性指标。

[0033] (3) 本发明适应性较强,易于运用到实际工程中。

附图说明

[0034] 下面结合附图对本发明的实施方式作进一步说明:

[0035] 图 1 为本发明的基于网络等值法的配电网可靠性分析方法的操作流程图;

[0036] 图 2 为本发明的基于网络等值法的配电网可靠性分析方法的步骤 S3 的具体操作

流程；

[0037] 图 3 为本发明的基于网络等值法的配电网可靠性分析方法的步骤 S5 的具体操作流程；

[0038] 图 4 为含分布式光伏电源的发电系统的简要结构示意图；

[0039] 图 5a 为本发明的实施例 1 的简化等效原理的等效前的示意图；

[0040] 图 5b 为本发明的实施例 1 的简化等效原理的等效后的示意图；

[0041] 图 6a 为本发明的实施例 1 的步骤 S3 的简化等效前的示意图；

[0042] 图 6b 为本发明的实施例 1 的步骤 S3 的第一次等效后的示意图；

[0043] 图 6c 为本发明的实施例 1 的步骤 S3 的第二次等效后的示意图；

[0044] 图 7 为本发明的基于网络等值法的配电网可靠性分析系统的结构图。

具体实施方式

[0045] 下面对本发明的实施例作详细说明,本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0046] 实施例 1：

[0047] 参阅图 1- 图 6,本发明提供的基于网络等值法的配电网可靠性分析方法,包括以下步骤：

[0048] S1 :建立配电网可靠性模型；

[0049] S2 :获取配电网中各元件、各馈线及各负荷点的可靠性参数；

[0050] S3 :利用网络等值法对所述配电系统中的较为复杂的单元进行简化等效,将较为复杂的的配电网简化成相对简单的辐射状配电网；

[0051] S4 :利用 FMEA 对简化等效后的配电网中的各负荷点建立其故障模式及后果分析表；

[0052] S5 :获得所述负荷点可靠性参数、再计算、对比分析整个配电系统并网接入分布式光伏电源前后的可靠性指标。

[0053] 其中, S1 具体为：

[0054] 将所述各元件视为可修复元件,并且将所述各元件视为标准的两态模型,即正常工作状态和故障停运状态,其中:保护元件,均视为 100%可靠工作,可修复元件主要包括:架空线路、电缆线路、断路器、隔离开关、熔断器、分断开关及配电器等；

[0055] 将所述各负荷点视为恒功率模型；

[0056] 将所述分布式光伏电源,视为一个额定容量的发电机,它只能满足孤岛内不超过其额定容量的那部分负荷,因此只对孤岛内的负荷的可靠性有影响。

[0057] S2 具体为:对于元件,获取的可靠性参数有年故障率 λ (次/年)、平均修复时间 r (小时) 以及年平均持续修复时间 U (小时/年);对于馈线,获取的可靠性参数为其单位长度的故障率 λ_0 [次/(公里·年)];对于负荷点,获取的可靠性参数为用户数。

[0058] 下面以一个配电网为例,该配电网有 9 个负荷点,11 个隔离开关,1 个分段开关,21 个断路器,7 台配电变压器和 5 段母线。设负荷支路首端的熔断器 100%可靠性工作,并网接入的分布式光伏电源额定输出功率为 230Wp,每台逆变器交流侧额定功率为 100kW。该配

电网中各元件、馈线及负荷点的可靠性参数如表 1 所示。

[0059] 表 1

[0060]

元件	λ_0 [次/(公里·年)]	λ (次/年)	r (小时)	负荷点用户数
断路器CB1 ~ CB21	—	0.0066	72	—
变压器T1 ~ T7	—	0.0126	336	—
开关DS1 ~ DS11	—	0.008	15	—
母线BUS1 ~ BUS5	—	0.0113	4	—
线路L1 ~ L15	0.25	—	3	—
PV电源	—	0.4739	188	—
A	—	—	—	17
B	—	—	—	13
C	—	—	—	15
D	—	—	—	40
E	—	—	—	60
F	—	—	—	10
G	—	—	—	5
H	—	—	—	4
I	—	—	—	3

[0061] S3 具体包括以下步骤：

[0062] S31：按照配电网系统的馈线数，对配电网进行分层处理，每一条馈线及该馈线所连接的各元件为一层；

[0063] S32：将配电网的每一层等效为一条相应的等效分支线路。

[0064] 在网络等值法中，对于复杂结构配电网的可靠性评估含向上等效及向下等效两种，在向上等效中，将分支馈线对上级馈线的影响用一个串在上级馈线中的等效节点元件来代表；而向下等效中，将上级馈线对下级馈线的影响用一个串在下级馈线首端的等效节点元件来表示。本实施例采用前者等效，先按配电网的馈线数，对配电网进行分层处理，每一条馈线及该馈线所连接的各元件为一层。配电网的每一层都可以等效为一条相应的等效分支线路，从末层开始逐步向上等效，最后可以将一个带多分支馈线的复杂配电网等效为一个简单辐射状配电网。

[0065] 参阅图 5a 所示的配电网中，虚线框 I 代表一负荷支路，虚线框 II 代表分段开关，N/O 表示联络开关，此外，在靠近电源的地方还有断路器。对该类配电网进行可靠性评估时，可将断路器、各馈线、分断开关等分别看成一个节点，如果把负荷支路也当成串在回路中的一个节点元件，附图 5a 可以完全等效为附图 5b。此时，节点与节点之间的连线只表示一种连接关系，不带任何属性，配电网的故障均由各节点的属性决定。

[0066] 对简单辐射状主馈线系统，如果忽略二重及以上元件同时故障，各负荷节点的可靠性指标计算方法如下。设节点 j 为一负荷支路对应的节点，则该负荷点对应的故障率 λ_j 、

停电持续时间 r_j 及年停电持续时间 U_j 分别为：

$$[0067] \quad \lambda_j = \sum_{k=1, k \neq j}^n \lambda_k' + \lambda_{jl} + \lambda_{jt} \quad (1)$$

$$[0068] \quad r_j = \frac{U_j}{\lambda_j} \quad (2)$$

$$[0069] \quad U_j = \sum_{k=1, k \neq j}^n \lambda_k' r_{jk} + \lambda_{jl} r_{jl} + \lambda_{jt} r_{jt} \quad (3)$$

[0070] 式中, λ_k' 为附图 5b 中第 k 个结点的等效故障率; λ_{jl} 为负荷支路 j 的线路故障率, 它等于线路长度乘以单位长度线路的故障率, λ_{jt} 为负荷支路 j 上变压器的等效故障率, r_{jk} 为求第 j 个节点时第 k 个节点故障导致的第 j 个节点的停电持续时间; r_{jl} 为负荷支路 j 上线路的等效停电持续时间; r_{jt} 为负荷支路 j 上变压器的等效停电持续时间。

[0071] n 个元件串联的可靠性指标计算公式：

$$[0072] \quad \begin{cases} \lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i \\ r = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i r_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \\ U = \sum_{i=1}^n \lambda_i r_i \end{cases} \quad (4)$$

[0073] 两个元件并联的可靠性指标计算公式：

$$[0074] \quad \begin{cases} \lambda = \lambda_1 \lambda_2 (r_1 + r_2) \\ r = \frac{r_1 r_2}{\lambda_1 + \lambda_2} \\ U = \lambda r \end{cases} \quad (5)$$

[0075] 结合上述串联、并联计算公式对附图 6a 中的虚框里的元件进行简化, 得到等效元件 E1 ~ E5, 进而第一次等效参考附图 6b; 然后同理, 再对附图 6b 进行第二次等效, 得到等效元件 E6 ~ E16, 最终等效结果见附图 6c。

[0076] 简化后的孤岛内负荷点的等效故障率计算步骤为: 运用式 (5), 按照分布式光伏电源与主馈线的二重故障进行折算, 不考虑两段主馈线同时故障。由于并网接入的分布式光伏电源可在主馈线故障时断开分断开关, 对孤岛内负荷点进行单独供电, 故只有当分布式光伏电源和主馈线同时故障时, 才会造成负荷点的停运。

[0077] S4 具体为: 利用 FMEA 对简化等效后的配电网中的各负荷点建立其故障模式及后果分析表, 见表 2 和表 3。

[0078] 表 2

[0079]

元 件	D			E			F		
	λ	r	U	λ	r	U	λ	r	U
L8	—	—	—	—	—	—	0.8	3	2.4
PV	—	—	—	—	—	—	0.4739	188	89.3917
E6	0.5981	33.2085	19.8620	0.5981	33.2085	19.8620	0.5981	33.2085	19.8620
E7	—	—	—	—	—	—	0.0114	4.2632	0.0486
[0080]									
E8	0.5372	9.6575	5.1880	0.5372	9.6575	5.1880	—	—	—
E9	2.5132	3.3624	8.4504	—	—	—	—	—	—
E10	—	—	—	3.2232	3.2826	10.5804	—	—	—
E11	—	—	—	—	—	—	1.0066	3.4524	3.4752
E12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E13	—	—	—	—	—	—	0.0316	15.8291	0.5002
E14	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E15	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E16	—	—	—	—	—	—	—	—	—

[0081] 表 3

[0082]

元 件	G			H			I		
	λ	r	U	λ	r	U	λ	r	U
L8	—	—	—	0.8	3	2.4	—	—	—
PV	—	—	—	0.4739	188	89.3917	—	—	—
E6	0.5981	33.2085	19.8620	0.5981	33.2085	19.8620	0.5981	33.2085	19.8620
E7	0.0114	4.2632	0.0486	0.0114	4.2632	0.0486	0.0114	4.2632	0.0486
E8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E11	—	—	—	1.0066	3.4524	3.4752	—	—	—
E12	0.2066	5.2043	1.0752	—	—	—	0.2066	5.2043	1.0752
E13	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E14	0.0316	15.8291	0.5002	—	—	—	—	—	—
E15	—	—	—	2.0166	3.2258	6.5052	—	—	—
E16	—	—	—	—	—	—	1.5166	3.3003	5.0052

[0083] S5 具体包括以下步骤：

[0084] S51：获得所述负荷点可靠性参数：负荷点等效年故障率、负荷点等效年平均停电持续时间以及负荷点等效平均停电持续时间；

[0085] 负荷点的可靠性指标相关定义公式如下：

[0086] (1) 负荷点 i 的年故障率 λ_i (annual failure rate at Load point i , 次/年)，指负荷点 i 在一年中因配电网中元件的故障而造成停电的次数，各负荷点的 λ 大小说明了该负荷点的供电的可靠性程度。

[0087] (2) 负荷点 i 年平均停电持续时间 U_i (annual outage duration at load point i , h/年)：

$$[0088] \quad U_i = \sum_{j \in N_e} \lambda_j r_{ij} \quad (7)$$

[0089] 式中, r_{ij} 为元件 j 的故障造成负荷点 i 的故障时间, N_e 为元件数。

[0090] (3) 负荷点 i 的平均停电持续时间 r_i (average outage duration at load point i , h/次) :

$$[0091] \quad r_i = \frac{U_i}{\lambda_i} \quad (8)$$

[0092] S52 : 获得所述整个配电网在并网接入分布式光伏电源前后的可靠性指标 : 每年用户停电次数、用户停电持续时间、系统平均停电频率、系统平均停电持续时间、用户平均停电持续时间以及平均供电可用率 ;

[0093] 配电网的可靠性指标相关定义公式如下 :

[0094] (1) 系统平均停电频率 SAIFI (system average interruption frequency index) :

[0095]

$$SAIFI = \frac{\text{停电总次数}}{\text{统计的供电点总数}} = \frac{\sum \lambda_i N_i}{\sum N_i} \quad (9)$$

[0096] 式中, N_i 为负荷点 i 的用户数 ;

[0097] (2) 系统平均停电持续时间 SAIDI (system average interruption duration index) :

[0098]

$$SAIDI = \frac{\text{所有停电持续时间总和}}{\text{统计的供电点总数}} = \frac{\sum U_i N_i}{\sum N_i} \quad (10)$$

[0099] (3) 用户平均停电持续时间 CAIDI (customer average interruption duration index) :

[0100]

$$CAIDI = \frac{\text{所有停电持续时间总和}}{\text{停电总次数}} = \frac{\sum U_i N_i}{\sum \lambda_i N_i} \quad (11)$$

[0101] (4) 平均供电可用率 ASAI (average service availability index) :

[0102]

$$ASAI = \frac{\text{用户用电小时数}}{\text{用户需电小时数}} = \frac{\sum N_i \times 8760 - \sum U_i N_i}{\sum N_i \times 8760} \quad (12)$$

[0103] 根据上述公式分别计算在并网接入分布式光伏电源 (PV) 前后负荷点及配电网的可靠性指标, 计算出的结果见表 4 ~ 表 7, 表 4 ~ 表 6 分别为在并网接入分布式光伏电源前后负荷点的年故障率、年平均停电持续时间及平均停电持续时间, 表 7 为在并网接入分布式光伏电源前后配电网的可靠性指标。

[0104] 表 4

[0105]

负荷点	不含 PV	含 PV
D	3.6485	3.6485
E	4.3585	4.3585
F	2.4477	2.8493
G	0.8477	0.8477
H	4.4327	4.8343
I	2.3327	2.3327

[0106] 表 5

[0107]

负荷点	不含 PV	含 PV
D	33.5004	33.5004
E	35.6304	35.6304
F	26.2860	10.5276
G	21.4860	21.4860
H	32.2910	6.8927
I	25.9910	25.9910

[0108] 表 6

[0109]

负荷点	不含 PV	含 PV
D	9.1820	9.1820
E	8.1749	8.1749
F	10.7391	3.6948
G	25.3462	25.3462
H	4.4327	1.4258
I	11.1420	11.1420

[0110] 表 7

[0111]

系统指标	不含 PV	含 PV
每年用户停电次数ACI	461	467

[0112]

用户停电持续时间CID	4055	3796
系统平均停电频率SAIFI	3.7787	3.8279
系统平均停电持续时间 SAIDI	33.2377	31.1148
用户平均停电持续时间 CAIDI	8.7961	8.1285
平均供电可用率ASAI	0.9962	0.9964

[0113] S53 :对并网接入分布式光伏电源前后的可靠性指标进行分析对比,得出分布式光伏电源接入后对配电网可靠性的影响。

[0114] 可靠性指标数据表明并网接入的分布式光伏电源只对孤岛内负荷点的可靠性指标有影响,对孤岛外的负荷点的可靠性指标没有任何影响。分布式光伏电源接入后孤岛内负荷点的等效故障率略有增加,这是因为考虑了分布式光伏电源的故障影响,但是孤岛内负荷点的年停运时间大大减小。

[0115] 实施例 2 :

[0116] 参阅图 7,本发明提供的基于网络等值法的配电网可靠性分析系统,可用于实施实施例 1 所提供的基于网络等值法的配电网可靠性分析方法,该系统包括 :

[0117] 可靠性模型建立单元 1 :用于建立配电网可靠性模型 ;

[0118] 可靠性参数获取单元 2 :用于获取配电网中各元件、各馈线及各负荷点的可靠性参数 ;

[0119] 简化等效单元 3 :用于利用网络等值法对所述配电网中的较为复杂的单元进行简化等效 ;

[0120] 故障模式及后果分析单元 4 :用于利用 FMEA 对简化等效后的配电网中的各负荷点建立其故障模式及后果分析表 ;

[0121] 分析对比单元 5 :用于获得所述负荷点可靠性参数,再计算、对比分析整个配电系统在并网接入分布式光伏电源前后的可靠性指标。

[0122] 此处公开的仅为本发明的优选实施例,本说明书选取并具体描述这些实施例,是为了更好地解释本发明的原理和实际应用,并不是对本发明的限定。任何本领域技术人员在说明书范围内所做的修改和变化,均应落在本发明所保护的范围内。

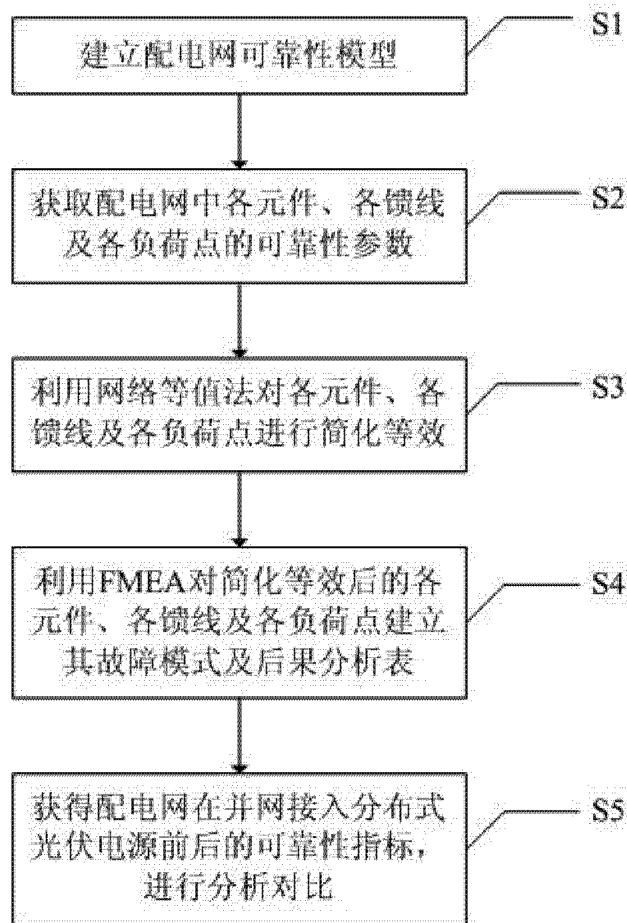


图 1

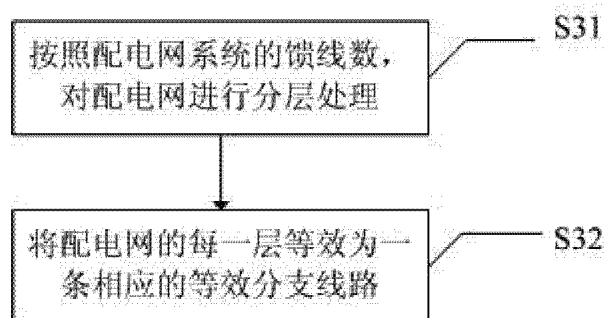


图 2

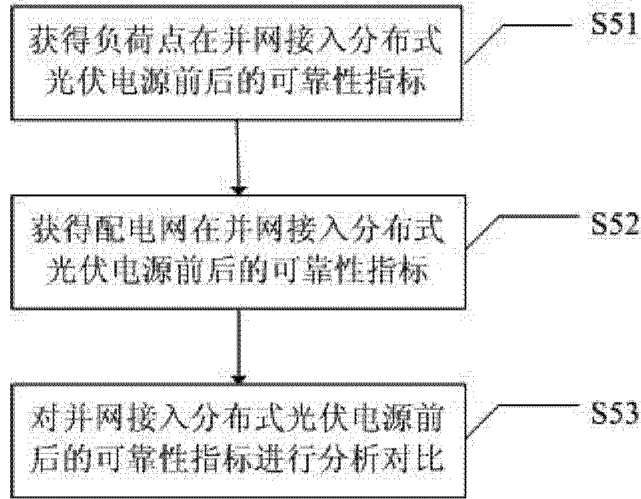


图 3

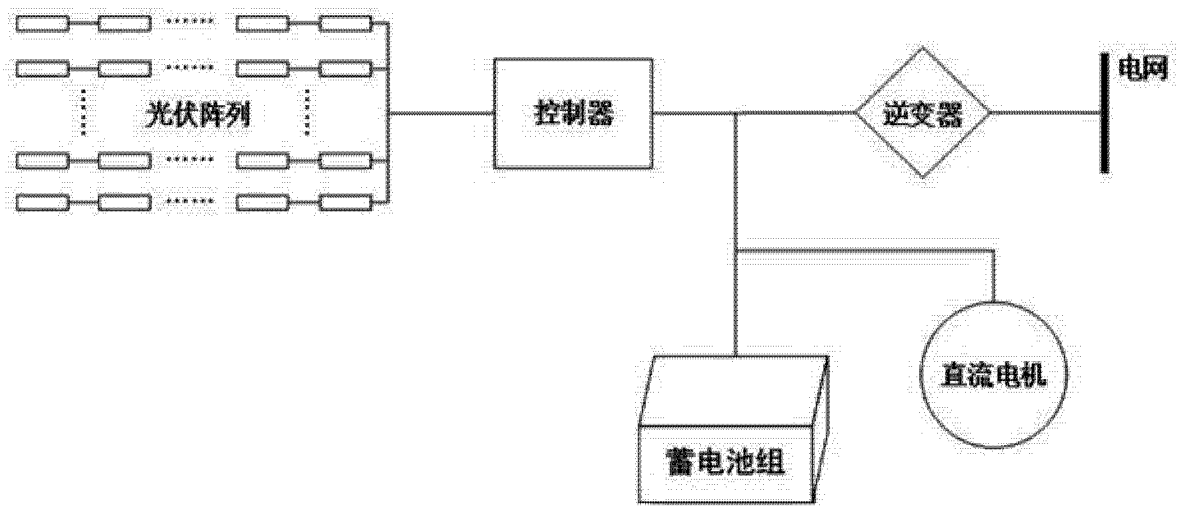


图 4

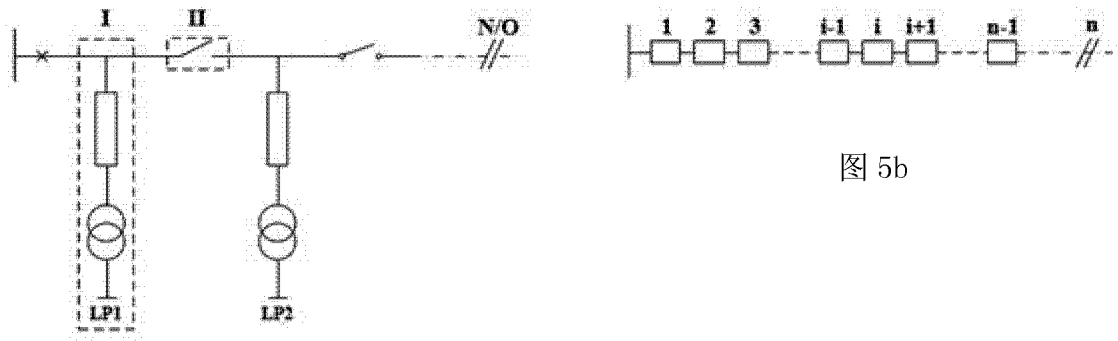


图 5a

图 5b

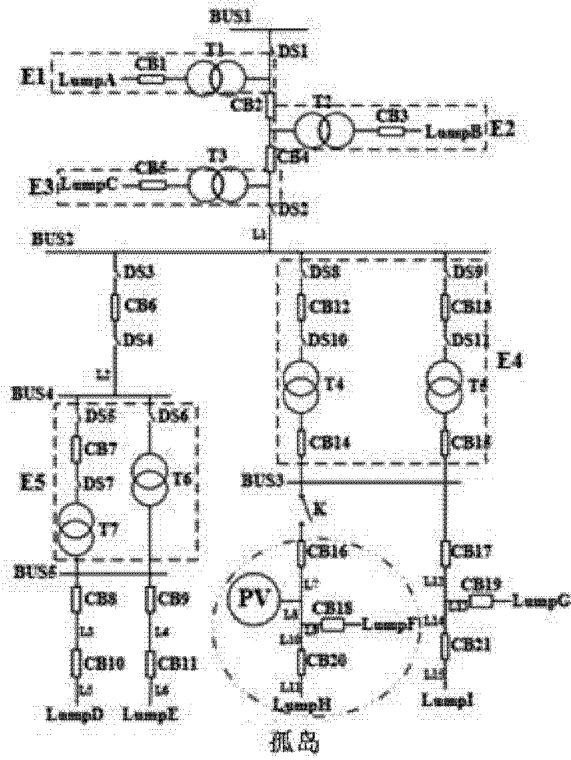


图 6a

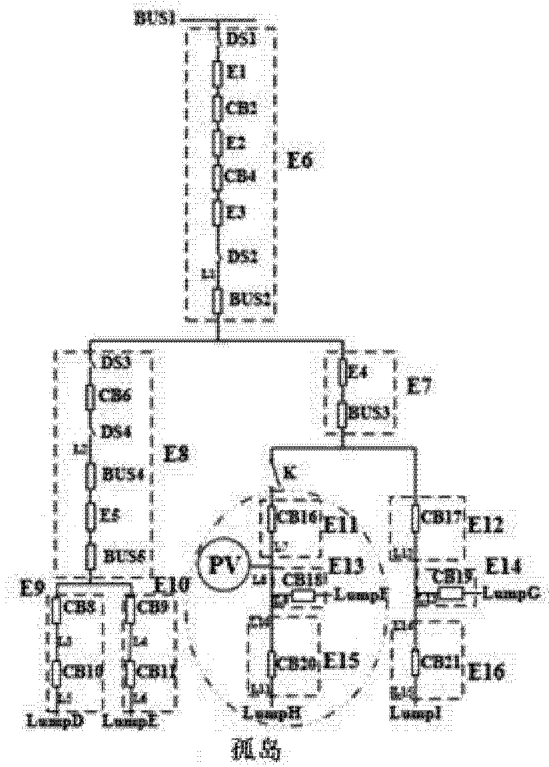


图 6b

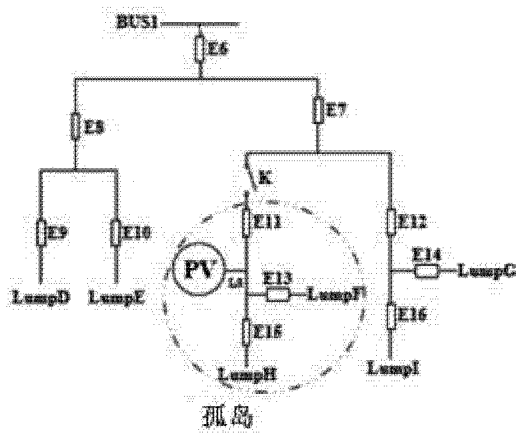


图 6c

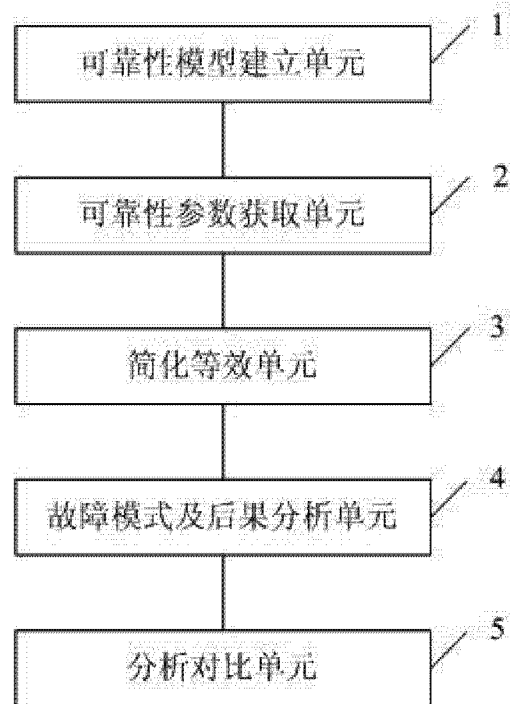


图 7