



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112039098 B

(45) 授权公告日 2022. 08. 30

(21) 申请号 202010878215.9

(22) 申请日 2020.08.27

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112039098 A

(43) 申请公布日 2020.12.04

(73) 专利权人 国网山东省电力公司临沂供电公司

地址 276000 山东省临沂市兰山区金雀山路97号

专利权人 国网山东省电力公司经济技术研究院
国家电网有限公司

(72) 发明人 吴奎华 杨波 蒋德玉 张晓磊
张盛林 林刚 魏飞 袁浩
高学云 郑艳

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

专利代理师 李琳

(51) Int.Cl.
H02J 3/28 (2006.01)
G06Q 10/06 (2012.01)
G06Q 50/06 (2012.01)

审查员 崔思鹏

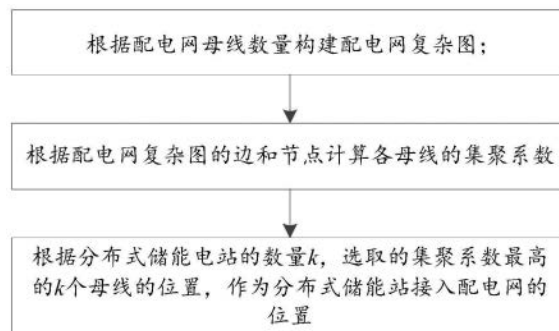
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种分布式储能电站选址、充放电功率控制方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种分布式储能电站选址、充放电功率控制方法及系统,包括:根据配电网母线数量构建配电网复杂图;根据配电网复杂图的边和节点计算各母线的集聚系数;根据分布式储能电站的数量k,选取的集聚系数最高的k个母线的位置,作为分布式储能站接入配电网的位置。基于复杂图对配电网进行建模,基于复杂图中母线集聚系数选择最优分布式储能电站的位置,并且设定含分布式储能电站配电网的运行控制策略,快速有效获取大规模配电网的储能电站的最优配置位置。



1. 一种分布式储能电站选址方法,其特征在于,包括:

根据配电网母线数量构建配电网复杂图;

所述构建配电网复杂图包括:将配电网线路定义为复杂图的边,将配电网母线定义为复杂图的顶点,将配电网归一化阻抗作为复杂图边的权重,构建配电网复杂图;

根据配电网复杂图的边和节点计算各母线的集聚系数;母线和邻居母线之间线路数量的两倍与母线和邻居母线度的乘积的比值为母线的集聚系数;

根据分布式储能电站的数量 k ,选取的集聚系数最高的 k 个母线的位置,作为分布式储能站接入配电网的位置。

2. 如权利要求1所述的一种分布式储能电站选址方法,其特征在于,选取集聚系数最高母线,表示当该母线被切除后,能够提供候选路径为邻居母线提供潮流,保障负荷供应。

3. 一种分布式储能电站选址系统,其特征在于,包括:

建模模块,用于根据配电网母线数量构建配电网复杂图;

所述构建配电网复杂图包括:将配电网线路定义为复杂图的边,将配电网母线定义为复杂图的顶点,将配电网归一化阻抗作为复杂图边的权重,构建配电网复杂图;

计算模块,用于根据配电网复杂图的边和节点计算各母线的集聚系数;母线和邻居母线之间线路数量的两倍与母线和邻居母线度的乘积的比值为母线的集聚系数;

选址模块,用于根据分布式储能电站的数量 k ,选取的集聚系数最高的 k 个母线的位置,作为分布式储能站接入配电网的位置。

4. 一种分布式储能电站充放电功率控制方法,其特征在于,包括:

接收分布式储能电站接入配电网的母线负荷和可用储能充放电容量;确定所述分布式储能电站接入配电网位置的步骤包括:

根据配电网母线数量构建配电网复杂图;

所述构建配电网复杂图包括:将配电网线路定义为复杂图的边,将配电网母线定义为复杂图的顶点,将配电网归一化阻抗作为复杂图边的权重,构建配电网复杂图;

根据配电网复杂图的边和节点计算各母线的集聚系数;母线和邻居母线之间线路数量的两倍与母线和邻居母线度的乘积的比值为母线的集聚系数;

根据分布式储能电站的数量 k ,选取的集聚系数最高的 k 个母线的位置,作为分布式储能站接入配电网的位置;

在配电网电压、线路容量和可用储能充放电容量的约束条件下,以满足母线负荷为目标,得到分布式储能电站的最优充放电策略;

根据最优充放电策略调整分布式储能电站的充放电功率;

在约束条件下,如果未得到分布式储能电站的最优充放电策略,则进入切负荷过程。

5. 如权利要求4所述的一种分布式储能电站充放电功率控制方法,其特征在于,所述切负荷过程为:获取可切除的负荷量范围,结合负荷优先级序列,通过切负荷算法,切除负荷量后,继续判断最优充放电策略。

6. 一种分布式储能电站充放电功率控制系统,其特征在于,包括:本地控制器和配电网调控中心;

所述配电网调控中心接收本地控制器发送的分布式储能电站接入配电网的母线负荷和可用储能充放电容量;

确定所述分布式储能电站接入配电网位置的步骤包括：

根据配电网母线数量构建配电网复杂图；

所述构建配电网复杂图包括：将配电网线路定义为复杂图的边，将配电网母线定义为复杂图的顶点，将配电网归一化阻抗作为复杂图边的权重，构建配电网复杂图；

根据配电网复杂图的边和节点计算各母线的集聚系数；母线和邻居母线之间线路数量的两倍与母线和邻居母线度的乘积的比值为母线的集聚系数；

根据分布式储能电站的数量 k ，选取的集聚系数最高的 k 个母线的位置，作为分布式储能电站接入配电网的位置；

所述配电网调控中心在配电网电压、线路容量和可用储能充放电容量的约束条件下，以满足母线负荷为目标，得到分布式储能电站的最优充放电策略；

所述配电网调控中心根据最优充放电策略发送调控指令至本地控制器，由本地控制器控制调整分布式储能电站的充放电功率；

在约束条件下，如果未得到分布式储能电站的最优充放电策略，则进入切负荷过程。

7. 如权利要求6所述的一种分布式储能电站充放电功率控制系统，其特征在于，在配电网母线上配置本地控制器，将母线负荷需求发送给配电网调控中心，同时接受配电网的调控指令，在额定容量范围内，调整分布式储能电站充放电功率。

一种分布式储能电站选址、充放电功率控制方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及配电网储能系统优化配置技术领域,特别是涉及一种分布式储能电站选址、充放电功率控制方法及系统。

背景技术

[0002] 本部分的陈述仅仅是提供了与本发明相关的背景技术信息,不必然构成在先技术。

[0003] 近年来,各类异常事件造成的配电网大规模停电事故日益频发,给国民经济造成了巨大的经济损失,研究可提升配电网弹性,减少功率损耗和线路负载、更好的电压稳定性的储能电站配置位置,成为当前电网发展建设的迫切需求。储能电站具备能量双向流动及响应速度快等优势,能够提高配电网的冗余性和有源性,具备提升配电网弹性的潜力。

[0004] 然而,发明人发现配电网拓扑结构复杂,点多面广,目前储能电站投资建设成本依然较高,其接入位置的选取合理与否对其作用的发挥具有较大影响;目前研究方法大多基于枚举或者优化算法,结合仿真分析来进行,将面临极大的维数灾,属于NP难问题,如为一个拥有30个母线的配电网配置三座分布式储能电站,则可能的选址方案将会有 3^{30} 种,优化求解异常困难,无法满足大型配电网储能电站优选址规划的需求。

发明内容

[0005] 为了解决上述问题,本发明提出了一种分布式储能电站选址、充放电功率控制方法及系统,基于复杂图对配电网进行建模,基于复杂图中母线集聚系数选择最优分布式储能电站的位置,并且设定含分布式储能电站配电网的运行控制策略,快速有效获取大规模配电网的储能电站的最优配置位置。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0007] 第一方面,本发明提供一种分布式储能电站选址方法,包括:

[0008] 根据配电网母线数量构建配电网复杂图;

[0009] 根据配电网复杂图的边和节点计算各母线的集聚系数;

[0010] 根据分布式储能电站的数量 k ,选取的集聚系数最高的 k 个母线的位置,作为分布式储能站接入配电网的位置。

[0011] 第二方面,本发明提供一种分布式储能电站选址系统,包括:

[0012] 建模模块,用于根据配电网母线数量构建配电网复杂图;

[0013] 计算模块,用于根据配电网复杂图的边和节点计算各母线的集聚系数;

[0014] 选址模块,用于根据分布式储能电站的数量 k ,选取的集聚系数最高的 k 个母线的位置,作为分布式储能站接入配电网的位置。

[0015] 第三方面,本发明提供一种分布式储能电站充放电功率控制方法,包括:

[0016] 接收分布式储能电站接入配电网的母线负荷和可用储能充放电容量;

[0017] 在配电网电压、线路容量和可用储能充放电容量的约束条件下,得到分布式储能

电站的最优充放电策略；

[0018] 根据最优充放电策略调整分布式储能电站的充放电功率。

[0019] 第四方面,本发明提供一种分布式储能电站充放电功率控制系统,包括:本地控制器和配电网调控中心;

[0020] 所述配电网调控中心接收本地控制器发送的分布式储能电站接入配电网的母线负荷和可用储能充放电容量;

[0021] 所述配电网调控中心在配电网电压、线路容量和可用储能充放电容量的约束条件下,得到分布式储能电站的最优充放电策略;

[0022] 所述配电网调控中心根据最优充放电策略发送调控指令至本地控制器,由本地控制器控制调整分布式储能电站的充放电功率。

[0023] 与现有技术相比,本发明的有益效果为:

[0024] 本发明基于复杂图对配电网进行建模,基于复杂图中母线集聚系数选择最优分布式储能电站的位置,提出基于复杂图集聚系数的配电网分布式储能电站选址方法,为大型配电网提供快速、有效的储能电站选址方法,以实现分布式储能电站的优化选址;

[0025] 同时设定含分布式储能电站配电网的运行控制策略,满足提升配电网弹性,减少功率损耗和线路负载、提升系统电压稳定性,以及运行经济性的多重需求,使储能电站的功率调节能力得到充分发挥。

附图说明

[0026] 构成本发明的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。

[0027] 图1为本发明实施例1提供的分布式储能电站选址方法流程图;

[0028] 图2为本发明实施例3提供的分布式储能电站充放电功率控制方法流程图;

[0029] 图3为本发明实施例4提供的配电网分布式储能电站的选址工作案例图;

[0030] 图4为本发明实施例4提供的配电网案例系统对应的复杂图;

[0031] 图5为本发明实施例4提供的配电网复杂图各母线的中介中心度图;

[0032] 图6为本发明实施例4提供的配电网复杂图各母线的邻近中心度图;

[0033] 图7为本发明实施例4提供的配电网复杂图各母线的集聚系数图。

具体实施方式:

[0034] 下面结合附图与实施例对本发明做进一步说明。

[0035] 应该指出,以下详细说明都是例示性的,旨在对本发明提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本发明所属技术领域的普通技术人员通常理解的含义。

[0036] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本发明的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形,意图在于覆盖不排他的包含,例如,包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元,而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过

程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0037] 在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0038] 实施例1

[0039] 如图1所示,本实施例提供一种分布式储能电站选址方法,包括:

[0040] S1:根据配电网母线数量构建配电网复杂图;

[0041] S2:根据配电网复杂图的边和节点计算各母线的集聚系数;

[0042] S3:根据分布式储能电站的数量k,选取的集聚系数最高的k个母线的位置,作为分布式储能站接入配电网的位置。

[0043] 所述步骤S1中,基于复杂图对配电网进行建模包括:

[0044] 将配电网线路定义为复杂图的边(edge),将配电网母线定义为复杂图的顶点(node或vertex),利用归一化的阻抗作为复杂图边的权重,构建配电网复杂图。

[0045] 所述步骤S2中,配电网中各母线的集聚系数为:母线v和邻居母线之间线路数量的两倍与母线v和邻居母线度的乘积的比值为母线v的集聚系数,即:

$$[0046] \quad CC(v) = \frac{2N_v}{K_v(K_v - 1)}$$

[0047] 其中, N_v 是母线v与邻居母线之间实际存在线路的数量; K_v 是母线v的母线的度; $CC(v)$ 是局部(母线)集聚系数;

[0048] 在配电网中,一个母线如果拥有较高的局部集聚系数,则意味着当该母线被系统切除后,可提供候选路径为邻居母线提供潮流,可更有效的保障负荷供应。

[0049] 在本实施例中,引入配电网中介中心度、配电网邻近中心度描述配电网不同节点的中心度,可用于验证采用集聚系数的有效性;

[0050] 配电网中介中心度(Betweenness centrality)为:

$$[0051] \quad c(v) = \sum_{s,t \neq u} \frac{n_{st}(v)}{N_{st}}$$

[0052] 其中, $n_{st}(v)$ 是配电网母线s和t之间,且经过母线v的最短路径数量; N_{st} 是母线s和t之间最短路径的数量,此处最短路径定义为两个节点之间拥有最小归一化导纳,归一化过程中以全部线路阻抗幅值的最大值为基准;

[0053] 配电网邻近中心度(Closeness centrality)为:

$$[0054] \quad c(i) = \left(\frac{v_i}{N-1}\right)^2 \frac{1}{C_i}$$

[0055] 其中, v_i 是母线i邻居母线的数量(不包含母线i);N是配电网构成的复杂图中的总母线数量; C_i 是母线i与邻居母线的归一化的阻抗的和;当母线i与邻居母线之间没有路径相连,则c(i)为0。

[0056] 所述步骤S3中,对各个母线的集聚系数进行排序,根据所配置的分布式储能站数量k,选取在集聚系数排序队列中最高的k个母线,作为分布式储能电站接入母线的位置。

[0057] 实施例2

[0058] 本实施例提供一种分布式储能电站选址系统,包括:

[0059] 建模模块,用于根据配电网母线数量构建配电网复杂图;

[0060] 计算模块,用于根据配电网复杂图的边和节点计算各母线的集聚系数;

[0061] 选址模块,用于根据分布式储能电站的数量 k ,选取的集聚系数最高的 k 个母线的位置,作为分布式储能站接入配电网的位置。

[0062] 实施例3

[0063] 如图2所示,本实施例提供一种分布式储能电站充放电功率控制方法,包括:

[0064] S1:接收分布式储能电站接入配电网的母线负荷和可用储能充放电容量;

[0065] S2:在配电网电压、线路容量和分布式储能电站充放电容量的约束条件下,以满足母线负荷为目标,得到分布式储能电站的最优充放电策略,

[0066] S3:根据最优充放电策略调整分布式储能电站的充放电功率。

[0067] 在本实施例中,对含分布式储能电站配电网的运行控制方法中,配电网可发出调控命令,在额定容量范围内,调整分布式储能电站的充放电功率;

[0068] 在所述步骤S2中,在约束条件内,如果无法得到最优的分布式储能电站的最优充放电策略,则需要进入切负荷过程;

[0069] 所述切负荷为:获取可切除的负荷量范围,结合负荷重要程度序列,重要程度低的负荷优先切除,切除一定负荷量后,继续判断最优充放电策略。

[0070] 实施例4

[0071] 本实施例提供一种分布式储能电站充放电功率控制系统,包括:本地控制器和配电网调控中心;

[0072] 所述配电网调控中心接收本地控制器发送的分布式储能电站接入配电网的母线负荷和可用储能充放电容量;

[0073] 所述配电网调控中心在配电网电压、线路容量和分布式储能电站充放电容量的约束条件下,以满足母线负荷为目标,得到分布式储能电站的最优充放电策略;

[0074] 所述配电网调控中心根据最优充放电策略发送调控指令至本地控制器,由本地控制器控制调整分布式储能电站的充放电功率。

[0075] 在本实施例中,每一个配电网母线均配置有本地控制器,本地控制器可将母线正常负荷需求上报给配电网调控中心(DSO),同时还可实现对本地可控负荷的调整,通过接受配电网的调控命令,在额定容量范围内,调整其充放电功率;

[0076] 在分布式储能电站接入配电网后,根据接入的母线,将母线负荷以及可用的储能充放电容量发送至配电网调控中心;

[0077] 配电网调控中心结合各母线上报的负荷情况以及可用的储能充放电容量,结合系统运行需求,执行能量优化调度算法,在配电网电压、线路容量、储能电站充放电功率的约束条件下,寻求可保障所有负荷需求的分布式储能电站最优充放电方案,并输出执行;

[0078] 若在上述约束范围内,无法获得一个可行的充放电方案,则需要进入切负荷过程;即:每一个本地控制器上报一个可切除的负荷量范围,配电网调控中心结合既定的负荷优先级序列,通过切负荷算法,切除一定负荷量。

[0079] 如图3所示,在配电网分布式储能电站的选址工作中,采用本实施例1和3所述的方法,该系统被分为三个区域1、2、3,并拥有不同的负荷曲线,配电网总负荷为283.4MW,126.2MVar,由于系统运行所需,将配置三座分布式储能电站,额定容量分别为80MW、80MW和50MW;

[0080] 采用复杂图分析建模后得到的复杂图如图4所示,并对每个母线计算各母线中介

中心度、邻近中心度和集聚系数,如图5-7所示,可以看出,母线4、6、10为拥有最高的中心度三个母线,作为第一组分布式储能电站的接入位置,用于进行结果对比;

[0081] 母线27、29、30具有最高的集聚系数,作为分布式储能电站的候选站址;

[0082] 假设,此时母线1与上游电网之间的线路由于故障跳闸,进而分析分布式储能电站不同接入方案下,系统对负荷的保障度:系统对负荷的保障度=(考虑分布式储能电站作用后负荷母线全天实际供应电量/负荷母线全天全部需求电量)*100%;

[0083] 可以看出,当选择4、6、10作为分布式储能电站接入站址时,负荷保障度为67.68%;当选择27、29、30作为分布式储能电站接入站址时,负荷保障度为83.76%;本实施例中所提出基于复杂图集聚系数的选址方法,可在配电网故障发生后,提供更好的负荷保障水平,系统整体弹性明显提升。

[0084] 以上仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

[0085] 上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述,但并非对本发明保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本发明的技术方案的基础上,本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

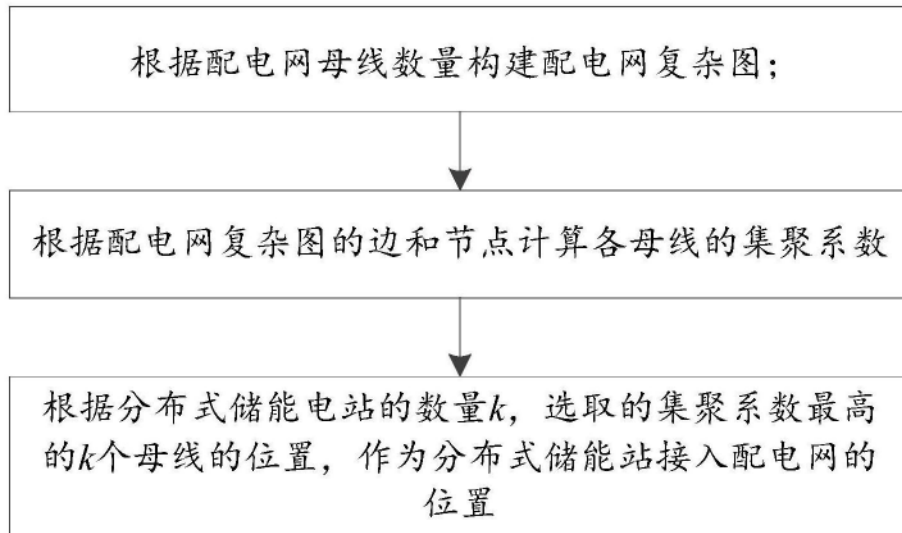


图1

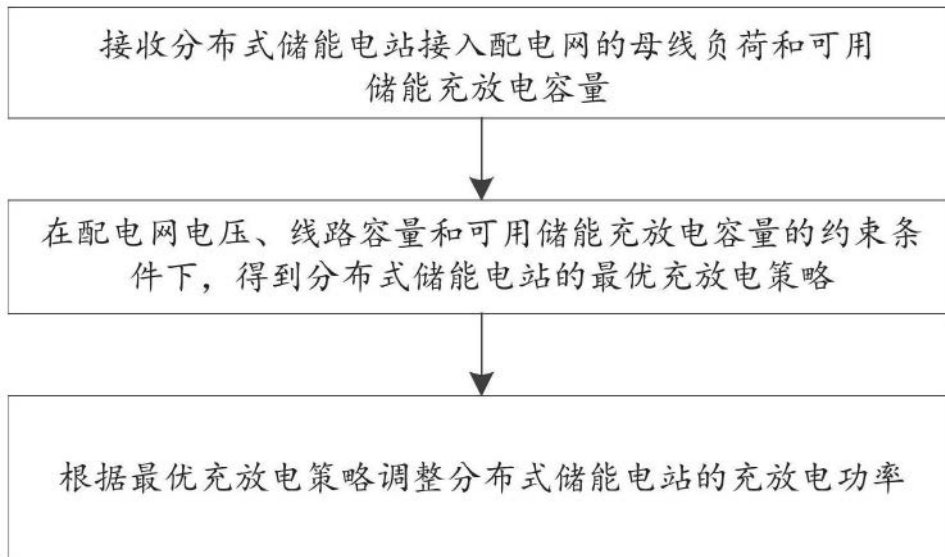


图2

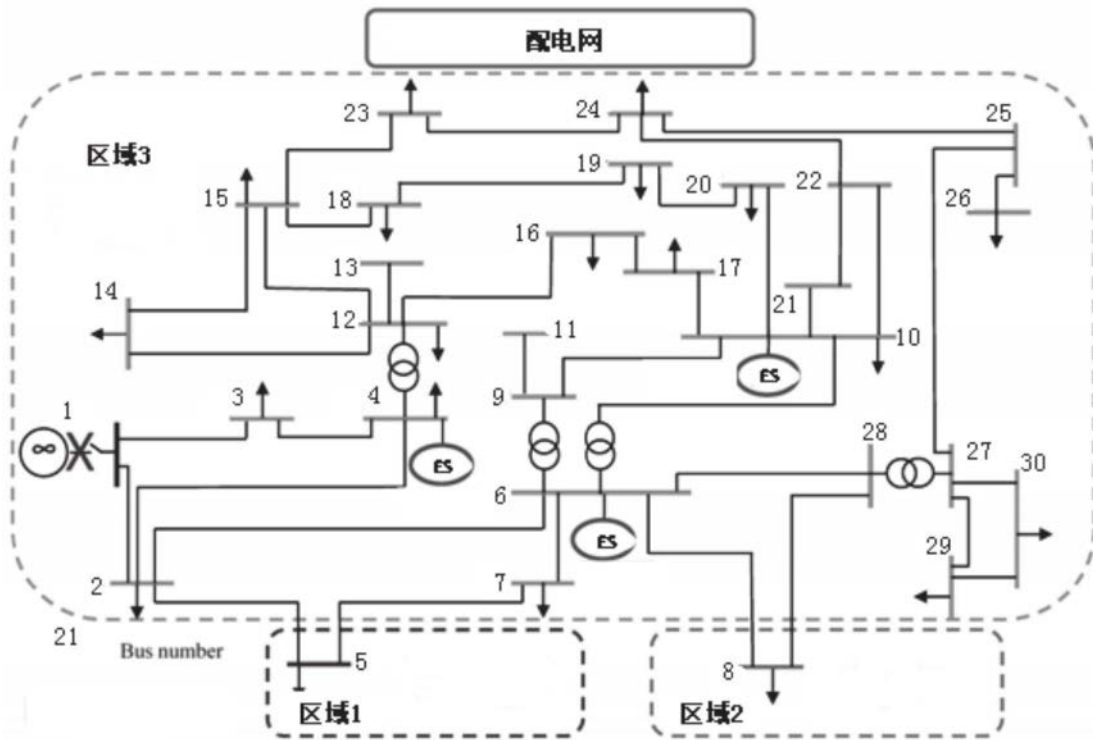


图3

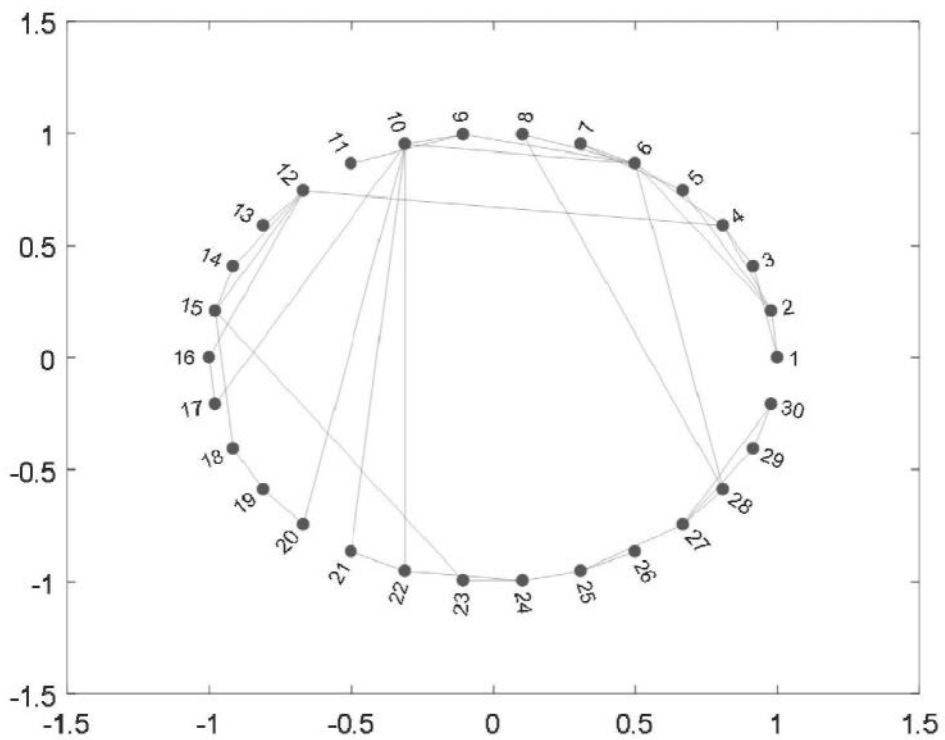


图4

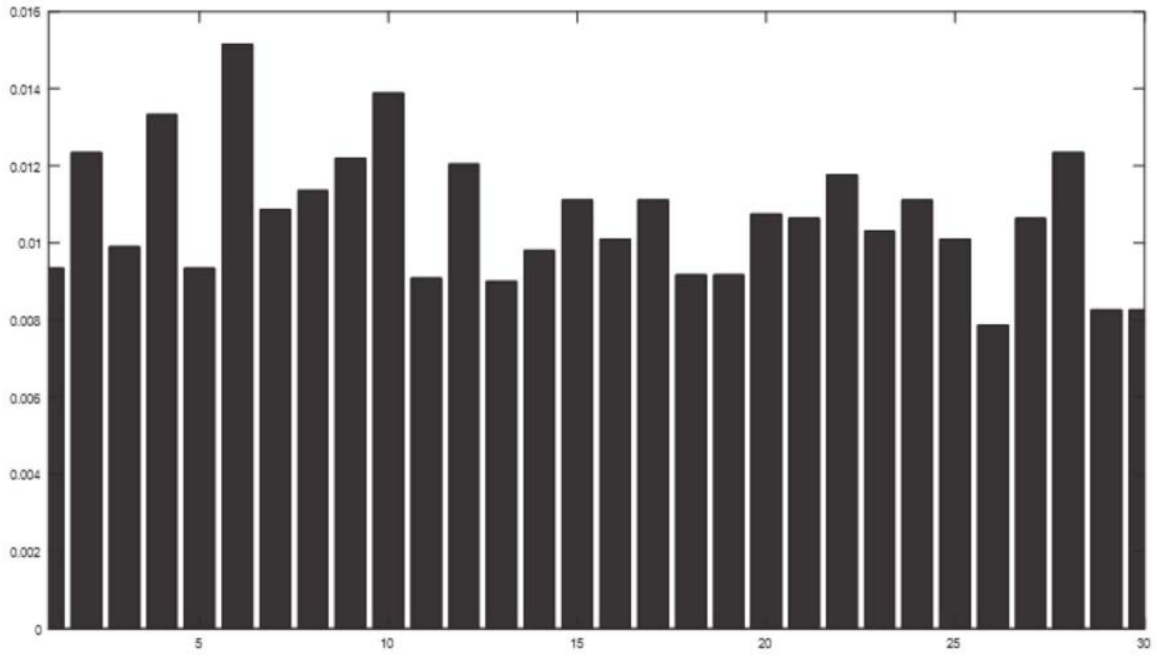


图5

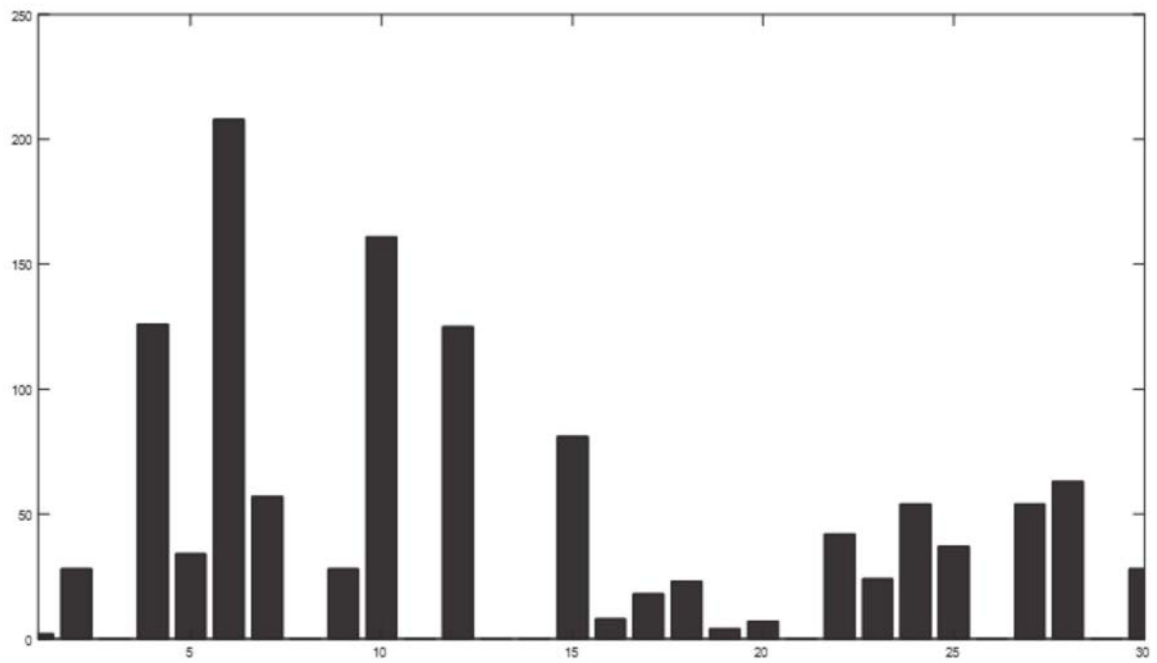


图6

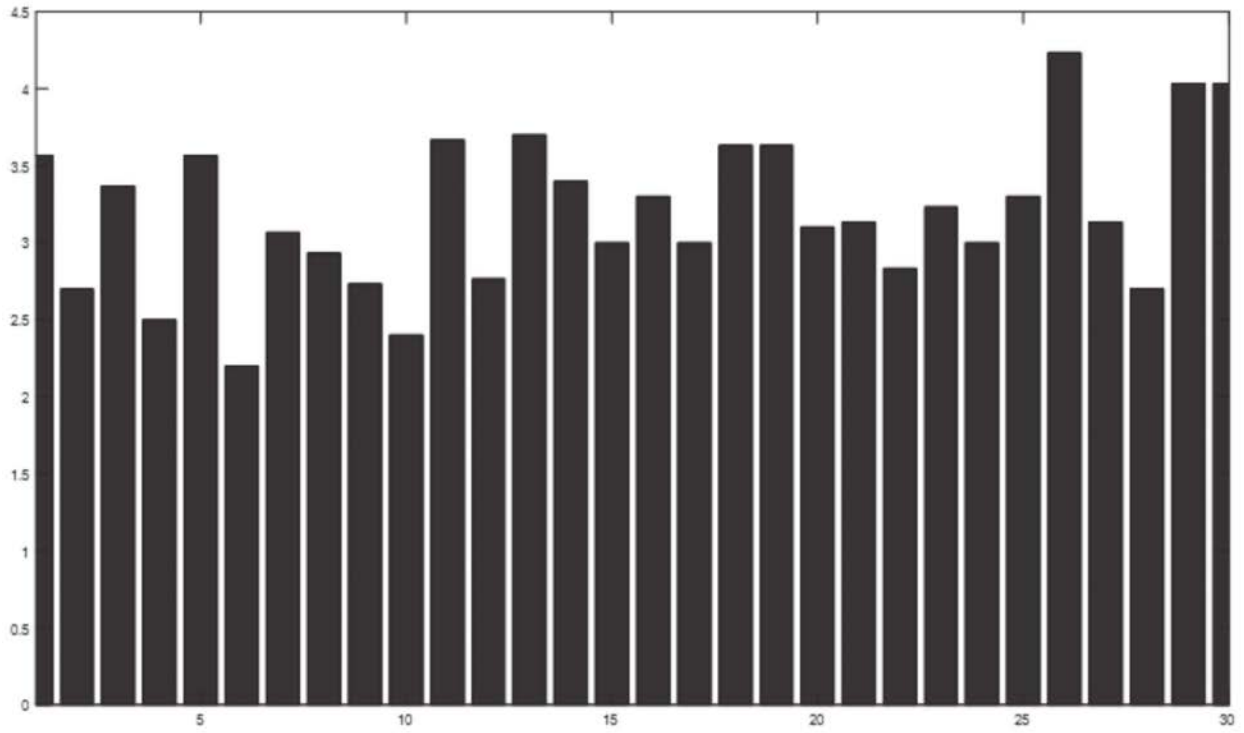


图7