

# 智能配电网分区及孤岛辨识方法

吴菲汝

(泰州兴化市供电公司, 江苏 兴化 225700)

**摘 要:** 智能配电网中的孤岛现象会影响配电网的调度、自动化及继电保护系统, 同时对整个配电系统设备及用户端的设备造成不利的影响, 因此, 通过分析智能配电网的孤岛检测识别常用方法, 提出基于可达性矩阵方法下的智能配电网智能配电网分区及孤岛辨识方法, 为孤岛检测提供了新思路, 也为制定快速可靠的孤岛运行控制策略奠定了基础。

**关键词:** 智能配电网; 孤岛辨识; 可达性矩阵

## 0 引言

近年来随着大量的分布式电源(DG)并网运行使得配电网的结构和运行方式发生很大变化,智能配电网的提出和发展使得这一变化更加明显, DG并网运行后, 配网从一个辐射式的网络变为一个多电源网络, 当电网中的某些开关断开时, 有可能形成由 DG 系统和附近的负载组成的一个自给供电的孤岛。孤岛的出现一方面对智能配电网的调度、自动化系统、继电保护系统和自动重合闸等带来较大影响, 另一方面孤岛自身运行的安全性和稳定性也存在诸多问题。本文提出了基于可达性矩阵的智能配电网分区及孤岛辨识方法, 将配电网整体作为研究对象, 结合网络拓扑结构并利用网络中的开关位置状态信息, 引入可达性矩阵, 对电网进行分区, 进而对孤岛进行辨识, 判断出孤岛的数量、每个孤岛涵盖的范围, 为开展孤岛运行控制与保护研究奠定基础。

## 1 智能配电网的孤岛检测识别常用方法

智能配电网孤岛检测方法根据技术特点可以分为三大类: 被动检测方法、主动检测方法和开关状态监测方法(基于通讯的方法)。

### 1.1 被动检测法

被动式方法利用电网断电时逆变器输出端电压、频率、相位或谐波的变化进行孤岛效应检测。但当光伏系统输出功率与局部负载功率平衡, 则被动式检测方法将失去孤岛效应检测能力, 存在较大的非检测区域。并网逆变器的被动式反孤岛方案不需要增加硬件电路, 也不需要单独的保护继电器。

### 1.2 主动检测法

主动式孤岛检测方法是指通过控制逆变器, 使其输出功率、频率或相位存在一定的扰动。电网正常工作时, 由于电网的平衡作用, 这些干扰因素不会被检测到, 这种检测方法是在分布式电源的基础上成立的, 因此有非常高的检测精度, 非检测区小, 控制较为复杂且降低逆变器输出电能的质量。实际检测方法主要有无功输检测法和阻抗检测法。有无功输检测法是通过改变发电机的励磁电流, 判断是否存有孤岛现象要检测其输出的无功功率。如果电网和 DG 两网并存运行时, DG 励磁电流会有所增大, 同时 DG 电动势也会随之扩大, 输出的无功变化之所以会增大, 最大原因是 DG 端电压在逐渐变小, 不管电压变大或变小都不会影响电网的运行, 因为电网自身具备较大的容量, 可适应电压变化。端电压和 DG 励磁电流会随着对方的增大而增大, 但不会影响输出的无功变化, 所以, 鉴别 DG 是否存有孤岛状态, 可观察无功的变化。

### 1.3 基于通信技术检测法

如果在检测孤岛时传统的被动法和主动法不能发挥有效的作用, 这时可采用基于通信技术检测法。此检测方法主要有输电线载波发和远程跳闸方法。输电线载波发又称为内部跳闸检测法, 指 DG 处于孤岛运行的各断路器的状态可能会因为实时监控产生, 当某个断路器断开时, DG 与公共电网就会脱离并给 DG 机组发送一个远程跳闸信号, 避开 DG 与电网连接的断路器。从概念上分析基于通信技术检测法不同于前面的主动法和被动法, 它的工作状态不是基于测量任何电力系统参数, 导致 DG 孤岛运行的公用电网断路器和重合闸的状态才是它



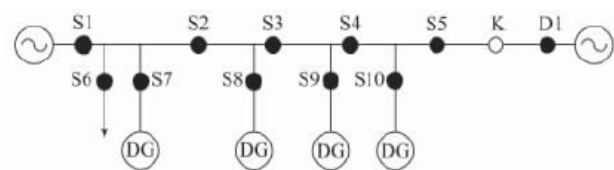


图3 对应的节点-支路示意图

当断开 S2 开关时, 图 2 所示的系统对应节点系统的邻接矩阵为

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

计算出邻接矩阵 A 的各次幂, 进而求得对应的可达性矩阵 P 为

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

从可达性矩阵 P 的元素中的得知, 1.6.7 行元素值相同, 3.4.5.8.9.10 行元素相同, 第 2 行的元素为 0, 所以, S2 开关断开, 这时网络存在区域为是两个相互独立的。由于 S2 断开, 其他节点不能与其连通, 通过对可达性矩阵计算 P 得到的分区结果与各节点接通关系完全一致, 与图 2 所示网络的实际结构完全一致。每条出线在分析计算时可以独立建模分析, 智能配电网涵盖的节点数量与支路不会太多, 因为长度有限, 所以, 矩阵 A 的规模和相应的计算量都不会太大, 且采用还是集中式分区结构, 高性能的监控主机就可完成可达性矩阵的计算, 保证了计算速度和可靠性。

### 3.2 可达性矩阵方法下的孤岛辨识

通过对可达性矩阵的分析可以实现对智能配电网分区, 在此基础上, 还需要确定各个独立区域中是否包含电源以及哪种电源, 从而实现对并网运行区域、纯负荷区域、孤岛的辨识。

配电网节点的和可达性分析和网络分区一般采

用可达性矩阵就可以完成, 因为众多分支、DG、微电网和负荷都在配电网所涵盖的区域中, 除了已有独立的属区域以外, 对不同区域是否存有孤岛和并网运行的都要逐一确定, 为稳定控制系统方面做好铺垫, 及时它的网络结构已有改变, 也不影响系统的正常运行。对开关性质向量下定义的意义是为了确定开关连接中到底是负荷还是电源, 便于今后网络中各个开关的性质进行判定。其中向量用 K 表示, 它的取值定义包含: 0 (其他)、1 (开关 i 与主电源直接相连)、-1 (开关 i 与负荷直接相连)、-2 (开关 i 与 DG 直接相连)。各个区域可用向量  $P_i$  来表示, 前提是网络被划分为若干个区域, 如果要对各区域中是否包含电源以及包含电源的性质, 要进一步的判断, 还要修正开关性质向量 K 对区块向量  $P_i$ , 快速判断各个独立区域的性质只要分析向量  $P_i$  即可, 是否存在孤岛也因此可以辨识出来。

## 4 结论

总之, 本文研究的可达性矩阵在辨识智能电网分区及孤岛方面起到了很大的促进作用, 此方法充分利用了图与矩阵可达性两者之间所存有连通性的关系, 还分析了电网拓补图, 使检测孤岛和智能电网分区两项任务都顺利完成。可达性矩阵因能够快速、准确的检验孤岛数量、范围及所需信息小、原理清晰等特点给孤岛检测提供了全新的发展方向, 值得推广和应用。

### 参考文献:

- [1] 丛伟, 孔瑾, 赵义术, 等. 基于可达性矩阵的智能配电网分区及孤岛辨识方法[J]. 电力系统自动化, 2013, (23): 50-55.
- [2] 于士斌, 徐兵, 张玉侠, 等. 智能配电网自愈控制技术综述[J]. 电力系统及其自动化学报, 2013, 25(5): 65-70.
- [3] 青桃, 江智军. S 变换在孤岛检测中的应用[J]. 南昌大学学报 (理科版), 2013, 37(1): 30-33.
- [4] 杜维柱, 王庆杰. 智能配电网关键技术综述[A]. 2010 年全国电力系统配电技术协作网第三届年会论文[C]. 2010: 287-292.

### 作者简介:

吴菲汝(1970-), 女, 江苏常州人, 工程师, 调度技师, 从事调控运行班调控专业工程师兼电网运行方式技术工作, E-mail: xhfyt@126.com。