



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108564252 A

(43)申请公布日 2018.09.21

(21)申请号 201810213253.5

(22)申请日 2018.03.15

(71)申请人 广西大学

地址 530004 广西壮族自治区南宁市大学
东路100号

(72)发明人 陈碧云 周恒旺 陆智 李弘斌
覃鸿

(74)专利代理机构 北京君恒知识产权代理事务
所(普通合伙) 11466

代理人 谭月萍 黄启行

(51)Int.Cl.

G06Q 10/06(2012.01)

G06Q 50/06(2012.01)

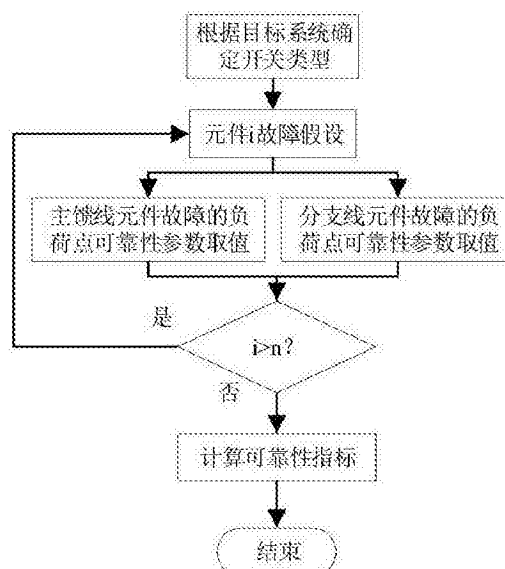
权利要求书5页 说明书9页 附图1页

(54)发明名称

一种考虑多功能配电自动化的配电网供电
可靠性计算方法

(57)摘要

本发明提供了一种考虑多功能配电自动化的配电网供电可靠性计算方法,属于电力工程技术领域,综合考虑当前配电网的不同自动化功能配置,划分为非自动化模式、自动定位模式、自动隔离模式和自动转供模式四种功能模式。对线路在不同自动化功能模式下的供电可靠性进行量化分析,给出考虑故障停电的可靠性指标。通过计算可以得到配电网规划及改造效果的量化结果,找出网络中依旧存在的薄弱环节,对提高供电可靠性、指导配电网的建设和规划具有重要意义。



1. 一种考虑多功能配电自动化的配电网供电可靠性计算方法,其特征在于:包括如下步骤,

步骤1:根据给定目标配电网的开关类型判断所配置的自动化功能模式;

步骤2:根据确定的自动化功能模式计算主馈线元件故障下的负荷点可靠性计算所采用的参数;

步骤3:根据确定的自动化功能模式确定分支线元件故障下的负荷点可靠性计算所采用的参数;

步骤4:根据步骤2和步骤3中的可靠性参数计算目标配电网的可靠性指标。

2. 根据权利要求1所述的一种考虑多功能配电自动化的配电网供电可靠性计算方法,其特征在于,所述步骤1中的开关类型包括A类开关、B类开关、C类开关和D类开关,A类开关对应自动转供模式,具有最短的定位隔离时间和转供时间;B类开关对应自动隔离模式,具有较短的定位隔离时间和转供时间;C类开关对应自动定位模式,具有较长的定位隔离时间和转供时间;D类开关对应非自动化模式,具有最长的定位隔离时间和转供时间。

3. 根据权利要求2所述的一种考虑多功能配电自动化的配电网供电可靠性计算方法,其特征在于,所述步骤1中的自动化功能模式包括非自动化模式、自动定位模式、自动隔离模式和自动转供模式。

4. 根据权利要求3所述的一种考虑多功能配电自动化的配电网供电可靠性计算方法,其特征在于,所述步骤2中计算主馈线的可靠性参数的具体过程为:

步骤2.1:根据步骤1中给定的开关类型划分隔离区;

步骤2.2:主馈线元件*i*发生故障时,根据步骤2.1中划分的隔离区,以自动化等级为依据,由A至D搜索隔离区,直至搜索到故障元件*i*所在的最小隔离区,不同类型隔离区的负荷点*j*进行可靠性计算采用对应故障元件的故障率 $\lambda_{j,i}$ 和故障停运时间 $r_{j,i}$ 。

5. 根据权利要求4所述的一种考虑多功能配电自动化的配电网供电可靠性计算方法,其特征在于,所述步骤2.1中的隔离区以开关为边界进行划分,开关间的元件集合为一个区域,相邻开关间的区域称为最小隔离区,通过A类开关进行隔离的区域称为A类隔离区,通过B类开关进行隔离的区域称为B类隔离区,通过C类开关进行的区域称为C类隔离区,通过D类开关进行隔离的区域称为D类隔离区。

6. 根据权利要求5所述的一种考虑多功能配电自动化的配电网供电可靠性计算方法,其特征在于,所述步骤2.2中的搜索过程为:

若线路配置A类开关且故障位于A类隔离区内,则A类隔离区上游负荷点集合 J_{A1} 对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件*i*的故障率 λ_i 、自动转供模式下的故障定位隔离时间 r_A ;下游负荷点集合 J_{A2} 对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件*i*的故障率 λ_i 、自动转供模式下的转供时间 r_{tA} ,公式如下:

$$\lambda_{j,i} = \lambda_i, j \in J_{A1} \quad (1)$$

$$r_{j,i} = r_A, j \in J_{A1} \quad (2)$$

$$\lambda_{j,i} = \lambda_i, j \in J_{A2} \quad (3)$$

$$r_{j,i} = r_{tA}, j \in J_{A2} \quad (4);$$

若线路配置B类开关且故障位于B类隔离区内,则B类隔离区上游负荷点集合 J_{B1} 对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件*i*的故障率 λ_i 、自动隔离模式下的故障定位隔离时间

r_B ;下游负荷点集合 J_{B2} 对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件 i 的故障率 λ_i 、自动隔离模式下的转供时间 r_{tB} ,公式如下:

$$\lambda_{j,i}=\lambda_i, j \in J_{B1} \quad (5)$$

$$r_{j,i}=r_B, j \in J_{B1} \quad (6)$$

$$\lambda_{j,i}=\lambda_i, j \in J_{B2} \quad (7)$$

$$r_{j,i}=r_{tB}, j \in J_{B2} \quad (8);$$

若线路配置C类开关且故障位于C类隔离区内,C类隔离区上游首遇开关至其上游首遇自动化等级更高的开关(若无自动化等级更高的开关则取线路首端开关)间的区域内负荷点集合为 J_{C1} ,该负荷点集合对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件 i 的故障率 λ_i 、自动定位模式下的故障定位隔离时间 r_c ;隔离区下游首遇开关至其下游首遇自动化等级更高的开关(若无自动化等级更高的开关则取线路末端开关)间的区域内负荷点集合为 J_{C2} ,该负荷点集合对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件 i 的故障率 λ_i 、自动定位模式下的转供时间 r_{tC} ,公式如下:

$$\lambda_{j,i}=\lambda_i, j \in J_{C1} \quad (9)$$

$$r_{j,i}=r_c, j \in J_{C1} \quad (10)$$

$$\lambda_{j,i}=\lambda_i, j \in J_{C2} \quad (11)$$

$$r_{j,i}=r_{tC}, j \in J_{C2} \quad (12);$$

若线路配置D类开关且故障位于D类隔离区内,D类隔离区上游首遇开关至其上游首遇自动化等级更高的开关(若无自动化等级更高的开关则取线路首端开关)间的区域内负荷点集合为 J_{D1} ,该负荷点集合对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件 i 的故障率 λ_i 、无自动化模式下的故障定位隔离时间 r_D ;隔离区下游首遇开关至其下游首遇自动化等级更高的开关(若无自动化等级更高的开关则取线路首端开关)间的区域内负荷点集合为 J_{D2} ,该负荷点集合对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件 i 的故障率 λ_i 、无自动化模式下的转供时间 r_{tD} ,公式如下:

$$\lambda_{j,i}=\lambda_i, j \in J_{D1} \quad (13)$$

$$r_{j,i}=r_D, j \in J_{D1} \quad (14)$$

$$\lambda_{j,i}=\lambda_i, j \in J_{D2} \quad (15)$$

$$r_{j,i}=r_{tD}, j \in J_{D2} \quad (16);$$

由A至D不断缩小隔离区范围,最后可搜索至故障元件 i 所在的最小隔离区,该隔离区中的负荷点集合为 J_f ,则这些负荷点在该元件故障时对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件 i 的故障率 λ_i 、元件修复时间 r_i ,公式如下:

$$\lambda_{j,i}=\lambda_i, j \in J_f \quad (17)$$

$$r_{j,i}=r_i, j \in J_f \quad (18)。$$

7. 根据权利要求3所述的一种考虑多功能配电自动化的配电网供电可靠性计算方法,其特征在于,所述步骤3中的具体过程为:

步骤3.1:对于系统分支线元件 i 故障,当故障元件上游首遇D类开关、首遇C类开关或首遇B类开关时,分别将分支线划分为D类分支隔离区、C类分支隔离区或B类分支隔离区;

步骤3.2:根据步骤3.1中划分的分支隔离区,以故障元件所在最小隔离区为起点进行隔离区搜索,对不同类型隔离区的负荷点 j 进行可靠性计算采用对应故障元件的故障率

$\lambda'_{j,i}$ 和故障停运时间 $r'_{j,i}$ 。

8.根据权利要求7所述的一种考虑多功能配电自动化的配电网供电可靠性计算方法,其特征在于,所述步骤3.2的具体过程为:

故障元件 i 所在最小隔离区及其下游区域内负荷点集合 J'_f 的可靠性计算参数取分支线故障元件 i 的故障率 λ'_i 和该元件修复时间 r'_i ,公式如下

$$\lambda'_{j,i}=\lambda'_i, j \in J'_f \quad (19)$$

$$r'_{j,i}=r'_i, j \in J'_f \quad (20);$$

对于D类分支隔离区,其上游首遇开关至其上游首遇自动化等级更高的开关间区域负荷点集合 J'_{D1} 的可靠性计算所用参数取分支线故障元件 i 的故障率 λ'_i 、无自动化模式下的故障定位隔离时间 r'_D ,公式如下:

$$\lambda'_{j,i}=\lambda'_i, j \in J'_{D1} \quad (21)$$

$$r'_{j,i}=r'_D, j \in J'_{D1} \quad (22);$$

对于C类分支隔离区,其上游首遇开关至其上游首遇自动化等级更高的开关间区域负荷点集合 J'_{C1} 的可靠性计算参数取分支线故障元件 i 的故障率 λ'_i 、自动定位模式下的故障定位隔离时间 r'_C ,公式如下:

$$\lambda'_{j,i}=\lambda'_i, j \in J'_{C1} \quad (23)$$

$$r'_{j,i}=r'_C, j \in J'_{C1} \quad (24);$$

对于B类分支隔离区,B类分支隔离区外的负荷点集合 J'_{B1} 的可靠性计算参数取分支线故障元件 i 的故障率 λ'_i 、自动隔离模式下的故障定位隔离时间 r'_B ,公式如下:

$$\lambda'_{j,i}=\lambda'_i, j \in J'_{B1} \quad (25)$$

$$r'_{j,i}=r'_B, j \in J'_{B1} \quad (26);$$

若分支线上游无B类开关,则该分支线元件故障会导致该支线所接入的主馈线段停电;

1)主馈线若有A类隔离区,则A类隔离区外负荷点集合可靠性参数取值为:A类隔离区上游负荷点集合 J'_{A1} 取分支线故障元件 i 的故障率 λ'_i 、自动转供模式下的故障定位隔离时间 r'_A ;A类隔离区下游负荷点集合 J'_{A2} 取分支线故障元件 i 的故障率 λ'_i 、自动转供模式下的转供时间 r'_{tA} ,公式如下:

$$\lambda'_{j,i}=\lambda'_i, j \in J'_{A1} \quad (27)$$

$$r'_{j,i}=r'_A, j \in J'_{A1} \quad (28)$$

$$\lambda'_{j,i}=\lambda'_i, j \in J'_{A2} \quad (29)$$

$$r'_{j,i}=r'_{tA}, j \in J'_{A2} \quad (30);$$

2)主馈线若有B类隔离区,则B类隔离区外负荷点集合可靠性参数取值为:B类隔离区上游负荷点集合 J'_{B1} 取分支线故障元件 i 的故障率 λ'_i 、自动隔离模式下的故障定位隔离时间 r'_B ;B类隔离区下游负荷点集合 J'_{B2} 取分支线故障元件 i 的故障率 λ'_i 、自动转供模式下的转供时间 r'_{tB} ,公式如下:

$$\lambda'_{j,i}=\lambda'_i, j \in J'_{B1} \quad (31)$$

$$r'_{j,i}=r'_B, j \in J'_{B1} \quad (32);$$

$$\lambda'_{j,i}=\lambda'_i, j \in J'_{B2} \quad (33)$$

$$r'_{j,i}=r'_{tB}, j \in J'_{B2} \quad (34);$$

对于A、B类隔离区中还未取值的负荷点集合 J'_{rest} ,

1) 若所在分支线上有C类开关,则未取值负荷点集合的可靠性计算参数取分支线故障元件i的故障率 λ'_i 、自动定位模式下的故障定位隔离时间 r'_c ,公式如下:

$$\lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_{\text{rest}} \quad (35)$$

$$r'_{j,i} = r'_c, j \in J'_{\text{rest}} \quad (36);$$

2) 若所在分支线上仅有D类开关,则未取值负荷点集合的可靠性计算参数取分支线故障元件i的故障率 λ'_i 、无自动化模式下的故障定位隔离时间 r'_d ,公式如下:

$$\lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_{\text{rest}} \quad (37)$$

$$r'_{j,i} = r'_d, j \in J'_{\text{rest}} \quad (38)。$$

9. 根据权利要求1所述的一种供电可靠性计算方法,其特征在于,所述步骤4中计算可靠性数值的具体过程为:

对系统元件数为n、负荷点数为m的目标网架,对每一个元件进行故障假设,重复进行步骤2或步骤3,确定每一个元件故障情况下,各负荷点可靠性计算的基本参数;

定义负荷点j的可靠性参数为停电率 λ_j ,每次故障停电时间 r_j 和年平均停电时间 U_j ,其中 $j=1, K, i, K m$;

λ_j 等于每个系统元件故障对该点故障率产生影响的叠加,公式如下,

$$\lambda_j = \sum_i^n \lambda_{j,i} \quad (39);$$

r_j 等于每个系统元件故障对该点停电时间产生影响的叠加,公式如下,

$$r_j = \sum_i^n r_{j,i} \quad (40);$$

年平均停电时间 U_j 公式如下,

$$U_j = \sum_i^n (\lambda_{j,i} \times r_{j,i}) \quad (41);$$

根据得到的负荷点可靠性指标,并结合基础数据中负荷点接入用户数 N_j ,可计算系统的可靠性指标如下:

平均系统停电频率指标SAIFI为:

$$SAIFI = \frac{\sum_j^m (\lambda_j \times N_j)}{\sum_j^m N_j} \quad (42);$$

平均系统停电持续时间指标SAIDI为:

$$SAIDI = \frac{\sum_j^m (U_j \times N_j)}{\sum_j^m N_j} \quad (43);$$

平均供电可用率指标ASAI为:

$$ASAI = \frac{8760 - SAIDI}{8760} = \frac{8760 - \frac{\sum_j^m (U_j \times N_j)}{\sum_j^m N_j}}{8760} \quad (44)$$

其中,SAIDI为平均系统停电持续时间指标。

一种考虑多功能配电自动化的配电网供电可靠性计算方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电力工程技术领域,特别地,涉及一种考虑多功能配 电自动化的配电网供电可靠性计算方法。

背景技术

[0002] 随着我国建设智能电网进程的加快,作为智能电网重要基础的配 网自动化得以快速发展,但相比发达国家,我国配网智能化建设仍处 于起步阶段。由于经济发展等原因,我国城市与农村、东部与中西部 电网发展不平衡,各地区网架结构差距明显,而不同网架基础和负荷 密度下,采用的配电自动化模式、通信方式不同,这导致了自动化水 平不一,所实现的功能也不尽相同。

[0003] 配电自动化系统是对配电网元件设备进行远程实时监视、协调及 控制的一个集成系统,是现代计算机技术和通信技术在配电网监视和 控制上的应用,其功能的实现依赖于信息网络、信息终端设备和主站 系统。根据功能定位的差异,将配电自动化分为自动定位模式、自动 隔离模式和自动转供模式。以快速定位配电网故障,监视配电网运行 状态为主要目的配电自动化模式称为“自动定位模式”;在“自动定 位模式”的基础上实现故障自动隔离的模式称为“自动隔离模式”; 在“自动隔离模式”的基础上实现非故障区域自动转供的模式称为“自 动转供模式”。配电自动化功能的实现可以提高配电网的供电可靠性, 但不同的配电自动化模式对供电可靠性的影响不尽相同。因此,建立 多层次配电自动化功能对配电网可靠性的影响模型,能更准确地评估 系统性能,识别系统的薄弱环节,对配电网的建设和规划起到科学的 指导作用。

发明内容

[0004] 为了解决背景技术中存在的不足,本发明目的在于提供一种考虑 多功能配电自动化的配电网供电可靠性计算方法,综合考虑当前配电 的不同自动化功能配置,划分为非自动化模式、自动定位模式、自动 隔离模式和自动转供模式四种功能模式。对线路在不同自动化功能模 式下的供电可靠性进行量化分析,给出考虑故障停电的可靠性指标。通过 计算可以得到配电网规划及改造效果的量化结果,找出网络中依 旧存在的薄弱环节,对提高供电可靠性、指导配电网的建设和规划具 有重要意义。

[0005] 为解决上述问题,本发明采用如下技术方案:

[0006] 一种考虑多功能配电自动化的配电网供电可靠性计算方法,包括 如下步骤,

[0007] 步骤1:根据给定目标配电网的开关类型判断所配置的自动化功 能模式;

[0008] 步骤2:根据确定的自动化功能模式确定主馈线元件故障下的负 荷点可靠性计算所采用的参数;

[0009] 步骤3:根据确定的自动化功能模式确定分支线元件故障下的负 荷点可靠性计算所采用的参数;

[0010] 步骤4:根据步骤2和步骤3中的可靠性参数进行计算目标配电网的可靠性指标。

[0011] 所述步骤1中的开关类型包括A类开关、B类开关、C类开关和 D类开关,A类开关对应自动转供模式具有最短的定位隔离时间和转 供时间;B类开关对应自动隔离模式具有较短的定位隔离时间和转供 时间;C类开关对应自动定位模式具有较长的定位隔离时间和转供时 间;D类开关对应非自动化模式具有最长的定位隔离时间和转供时间。

[0012] 所述步骤1中的自动化功能模式包括非自动化模式、自动定位模 式、自动隔离模式和自动转供模式。

[0013] 所述步骤2中计算主馈线的可靠性参数的具体过程为:

[0014] 步骤2.1:以步骤1中给定的开关类型划分隔离区;

[0015] 步骤2.2:主馈线元件i发生故障时,根据步骤2.1中划分的隔 离区,以自动化等级为依据,由A至D搜索隔离区,直至搜索到故障 元件i所在的最小隔离区,不同类型隔离区的 负荷点j进行可靠性计 算采用对应故障元件的故障率 $\lambda_{j,i}$ 和故障停运时间 $r_{j,i}$;

[0016] 所述步骤2.1的隔离区以开关为边界进行划分,开关间的元件集 合为一个区域, 相邻开关间的区域称为最小隔离区,通过A类开关进 行隔离的区域称为A类隔离区,通过B 类开关进行隔离的区域称为B 类隔离区,通过C类开关进行的区域称为C类隔离区,通过D类 开关 进行隔离的区域称为D类隔离区。

[0017] 所述步骤2.2中的搜索过程为:

[0018] 若线路配置A类开关且故障位于A类隔离区内,则A类隔离区上 游负荷点集合 J_{A1} 对 应的故障率、故障停运时间分别取故障元件i的 故障率 λ_i 、自动转供模式下的故障定位隔 离时间 r_A ;A类隔离区下游 负荷点集合 J_{A2} 对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件i的 故 障率 λ_i 、自动转供模式下的转供时间 r_{tA} ,公式如下:

$$[0019] \quad \lambda_{j,i} = \lambda_i, j \in J_{A1} \quad (1)$$

$$[0020] \quad r_{j,i} = r_A, j \in J_{A1} \quad (2)$$

$$[0021] \quad \lambda_{j,i} = \lambda_i, j \in J_{A2} \quad (3)$$

$$[0022] \quad r_{j,i} = r_{tA}, j \in J_{A2} \quad (4);$$

[0023] 若线路配置B类开关且故障位于B类隔离区内,则B类隔离区上 游负荷点集合 J_{B1} 对 应的故障率、故障停运时间分别取故障元件i的 故障率 λ_i 、自动隔离模式下的故障定位隔 离时间 r_B ;B类隔离区下游 负荷点集合 J_{B2} 对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件i的 故 障率 λ_i 、自动隔离模式下的转供时间 r_{tB} ,公式如下:

$$[0024] \quad \lambda_{j,i} = \lambda_i, j \in J_{B1} \quad (5)$$

$$[0025] \quad r_{j,i} = r_B, j \in J_{B1} \quad (6)$$

$$[0026] \quad \lambda_{j,i} = \lambda_i, j \in J_{B2} \quad (7)$$

$$[0027] \quad r_{j,i} = r_{tB}, j \in J_{B2} \quad (8);$$

[0028] 若线路配置C类开关且故障位于C类隔离区内,C类隔离区上游 首遇开关至其上游 首遇自动化等级更高的开关(若无自动化等级更高 的开关则取线路首端开关)间的区域内 负荷点集合为 J_{C1} ,该负荷点 集合对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件i的故障率 λ_i 、自 动定位模式下的故障定位隔离时间 r_C ;C类隔离区下游首遇开关至其 下游首遇自动 化等级更高的开关(若无自动化等级更高的开关则取线 路末端开关)间的区域内负荷点集 合为 J_{C2} ,该负荷点集合对应的故 障率、故障停运时间分别取故障元件i的故障率 λ_i 、自动定 位模式下 的转供时间 r_{tC} ,公式如下:

$$[0029] \quad \lambda_{j,i} = \lambda_i, j \in J_{C1} \quad (9)$$

$$[0030] \quad r_{j,i} = r_c, j \in J_{C1} \quad (10)$$

$$[0031] \quad \lambda_{j,i} = \lambda_i, j \in J_{C2} \quad (11)$$

$$[0032] \quad r_{j,i} = r_{tc}, j \in J_{C2} \quad (12);$$

[0033] 若线路配置D类开关且故障位于D类隔离区内,D类隔离区上游首遇开关至其上游首遇自动化等级更高的开关(若无自动化等级更高的开关则取线路首端开关)间的区域内负荷点集合为 J_{D1} ,该负荷点集合对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件i的故障率 λ_i 、无自动化模式下的故障定位隔离时间 r_D ;D类隔离区下游首遇开关至其下游首遇自动化等级更高的开关(若无自动化等级更高的开关则取线路首端开关)间的区域内负荷点集合为 J_{D2} ,该负荷点集合对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件i的故障率 λ_i 、无自动化模式下的转供时间 r_{td} ,公式如下:

$$[0034] \quad \lambda_{j,i} = \lambda_i, j \in J_{D1} \quad (13)$$

$$[0035] \quad r_{j,i} = r_D, j \in J_{D1} \quad (14)$$

$$[0036] \quad \lambda_{j,i} = \lambda_i, j \in J_{D2} \quad (15)$$

$$[0037] \quad r_{j,i} = r_{td}, j \in J_{D2} \quad (16);$$

[0038] 由A至D不断缩小隔离区范围,最后可搜索至故障元件i所在的最小隔离区,该隔离区中的负荷点集合为 J_f ,则这些负荷点在该元件故障时对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件i的故障率 λ_i 、元件修复时间 r_i ,公式如下:

$$[0039] \quad \lambda_{j,i} = \lambda_i, j \in J_f \quad (17)$$

$$[0040] \quad r_{j,i} = r_i, j \in J_f \quad (18)。$$

[0041] 所述步骤3中的具体过程为:

[0042] 步骤3.1:对于系统分支线元件i故障,当故障元件上游首遇D类开关、首遇C类开关和首遇B类开关时,分别将分支线划分为D类分支隔离区、C类分支隔离区和B类分支隔离区;

[0043] 步骤3.2:根据步骤3.1中划分的分支隔离区,以故障元件所在最小隔离区为起点进行隔离区搜索,对不同类型隔离区的负荷点j进行可靠性计算采用对应故障元件的故障率 $\lambda'_{j,i}$ 和故障停运时间 $r'_{j,i}$;

[0044] 所述步骤3.2的具体过程为:

[0045] 故障元件i所在最小隔离区及其下游区域内负荷点集合 J'_f 的可靠性计算参数取分支线故障元件i的故障率 λ'_i 和该元件修复时间 r'_i ,公式如下

$$[0046] \quad \lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_f \quad (19)$$

$$[0047] \quad r'_{j,i} = r'_i, j \in J'_f \quad (20);$$

[0048] 对于D类分支隔离区,其上游首遇开关至其上游首遇自动化等级更高的开关间区域负荷点集合 J'_{D1} 的可靠性计算所用参数取分支线故障元件i的故障率 λ'_i 、无自动化模式下的故障定位隔离时间 r'_D ,公式如下:

$$[0049] \quad \lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_{D1} \quad (21)$$

$$[0050] \quad r'_{j,i} = r'_D, j \in J'_{D1} \quad (22);$$

[0051] 对于C类分支隔离区,其上游首遇开关至其上游首遇自动化等级更高的开关间区域负荷点集合 J'_{C1} 的可靠性计算参数取分支线故障元件i的故障率 λ'_i 、自动定位模式下的

故障定位隔离时间 r'_c ,公式如下:

$$[0052] \quad \lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_{c1} \quad (23)$$

$$[0053] \quad r'_{j,i} = r'_c, j \in J'_{c1} \quad (24);$$

[0054] 对于B类分支隔离区,B类分支隔离区外的负荷点集合 J'_{B1} 的可靠性计算参数取分支线故障元件i的故障率 λ'_i 、自动隔离模式下的故障定位隔离时间 r'_B ,公式如下:

$$[0055] \quad \lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_{B1} \quad (25)$$

$$[0056] \quad r'_{j,i} = r'_B, j \in J'_{B1} \quad (26);$$

[0057] 若分支线上有B类开关,则该分支线元件故障会导致该支线所接入的主馈线段停电;且

[0058] 1) 主馈线若有A类隔离区,则A类隔离区外负荷点集合可靠性参数取值为:A类隔离区上游负荷点集合 J'_{A1} 取分支线故障元件i的故障率 λ'_i 、自动转供模式下的故障定位隔离时间 r'_A ;A类隔离区下游负荷点集合 J'_{A2} 取分支线故障元件i的故障率 λ'_i 、自动转供模式下的转供时间 r'_{tA} ,公式如下:

$$[0059] \quad \lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_{A1} \quad (27)$$

$$[0060] \quad r'_{j,i} = r'_A, j \in J'_{A1} \quad (28)$$

$$[0061] \quad \lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_{A2} \quad (29)$$

$$[0062] \quad r'_{j,i} = r'_{tA}, j \in J'_{A2} \quad (30);$$

[0063] 2) 主馈线若有B类隔离区,则B类隔离区外负荷点集合可靠性参数取值为:B类隔离区上游负荷点集合 J'_{B1} 取分支线故障元件i的故障率 λ'_i 、自动隔离模式下的故障定位隔离时间 r'_B ;B类隔离区下游负荷点集合 J'_{B2} 取分支线故障元件i的故障率 λ'_i 、自动转供模式下的转供时间 r'_{tB} ,公式如下:

$$[0064] \quad \lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_{B1} \quad (31)$$

$$[0065] \quad r'_{j,i} = r'_B, j \in J'_{B1} \quad (32);$$

$$[0066] \quad \lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_{B2} \quad (33)$$

$$[0067] \quad r'_{j,i} = r'_{tB}, j \in J'_{B2} \quad (34);$$

[0068] 对于A、B类隔离区中还未取值的负荷点集合 J'_{rest} ,

[0069] 1) 若所在分支线上有C类开关,则未取值负荷点集合的可靠性计算参数取分支线故障元件i的故障率 λ'_i 、自动定位模式下的故障定位隔离时间 r'_c ,公式如下:

$$[0070] \quad \lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_{c1} \quad (35)$$

$$[0071] \quad r'_{j,i} = r'_c, j \in J'_{c1} \quad (36);$$

[0072] 2) 若所在分支线上仅有D类开关,则未取值负荷点集合的可靠性计算参数取分支线故障元件i的故障率 λ'_i 、无自动化模式下的故障定位隔离时间 r'_D ,公式如下:

$$[0073] \quad \lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_{D1} \quad (37)$$

$$[0074] \quad r'_{j,i} = r'_D, j \in J'_{D1} \quad (38)。$$

[0075] 所述步骤4中计算可靠性指标的具体过程为:

[0076] 对系统元件数为n、负荷点数为m的目标网架,对每一个元件进行故障假设,重复进行步骤2或步骤3,确定每一个元件故障情况下,各负荷点可靠性计算的基本参数;

[0077] 定义负荷点j的可靠性参数为停电率 λ_j ,每次故障停电时间 r_j 和年平均停电时间 U_j ,其中 $j=1, K, i, K m$;

[0078] λ_j 等于每个系统元件故障对该点故障率产生影响的叠加,公式如下,

$$[0079] \quad \lambda_j = \sum_i^n \lambda_{j,i} \quad (39);$$

[0080] r_j 等于每个系统元件故障对该点停电时间产生影响的叠加,公式如下,

$$[0081] \quad r_j = \sum_i^n r_{j,i} \quad (40);$$

[0082] 年平均停电时间 U_j 公式如下,

$$[0083] \quad U_j = \sum_i^n (\lambda_{j,i} \times r_{j,i}) \quad (41);$$

[0084] 根据得到的负荷点可靠性指标,并结合基础数据中负荷点接入用户数 N_j ,可计算系统的可靠性指标如下:

[0085] 平均系统停电频率指标SAIFI为:

$$[0086] \quad SAIFI = \frac{\sum_j^m (\lambda_j \times N_j)}{\sum_j^m N_j} \quad (42);$$

[0087] 平均系统停电持续时间指标SAIDI为:

$$[0088] \quad SAIDI = \frac{\sum_j^m (U_j \times N_j)}{\sum_j^m N_j} \quad (43);$$

[0089] 平均供电可用率指标ASAI-为:

$$[0090] \quad ASAI = \frac{8760 - SAIDI}{8760} = \frac{8760 - \frac{\sum_j^m (U_j \times N_j)}{\sum_j^m N_j}}{8760} \quad (44)。$$

[0091] 本发明采用上述技术方案,本发明有如下显著效果:

[0092] 本发明通过综合考虑当前配电网的不同自动化功能配置,划分为非自动化模式、自动定位模式、自动隔离模式和自动转供模式四种功能模式。对线路在不同自动化功能模式下的供电可靠性进行量化分析,给出考虑故障停电的可靠性指标。通过计算可以得到配电网规划及改造效果的量化结果,找出网络中依旧存在的薄弱环节,对提高供电可靠性、指导配电网的建设和规划具有重要意义。

附图说明

[0093] 图1是本发明的流程图。

[0094] 图2是本发明的主馈线隔离区划分图。

[0095] 图3是本发明的分支线隔离区划分图。

[0096] 图4是本发明的配网典型结构图。

具体实施方式

[0097] 为使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下参照附图并举出优选实施例,对本发明进一步详细说明。然而,需要说明的是,说明书中列出的许多细节仅仅是为了使读者对本发明的一个或多个方面有一个透彻的理解,即便没有这些特定的细节也可以实现本发明的这些方面。

[0098] 一种考虑多功能配电自动化的配电网供电可靠性计算方法,如图1所示,包括如下步骤,

[0099] 步骤1:根据给定的目标配电网的开关类型判断所配置的自动化功能模式。配电自动化对配电网可靠性的影响主要表现在故障查找隔离和转供电的实施速度,而故障隔离和恢复供电通过操作开关装置来完成。

[0100] 开关类型包括A类开关、B类开关、C类开关和D类开关,A类开关对应自动转供模式具有最短的定位隔离时间和转供时间;B类开关对应自动隔离模式具有较短的定位隔离时间和转供时间;C类开关对应自动定位模式具有较长的定位隔离时间和转供时间;D类开关对应非自动化模式具有最长的定位隔离时间和转供时间。自动化功能模式包括非自动化模式、自动定位模式、自动隔离模式和自动转供模式。

[0101] 步骤2:根据确定的自动化功能模式计算主馈线元件故障下的负荷点可靠性计算所采用的参数。具体过程为:

[0102] 步骤2.1:根据步骤1中给定的开关类型划分隔离区。隔离区以开关为边界进行划分,开关间的元件集合为一个区域,相邻开关间的区域称为最小隔离区,通过A类开关进行隔离的区域称为A类隔离区,通过B类开关进行隔离的区域称为B类隔离区,通过C类开关进行的区域称为C类隔离区,通过D类开关进行隔离的区域称为D类隔离区。

[0103] 步骤2.2:主馈线元件*i*发生故障时,根据步骤2.1中划分的隔离区,以自动化等级为依据,由A至D搜索隔离区,直至搜索到故障元件*i*所在的最小隔离区,不同类型隔离区的负荷点*j*进行可靠性计算采用对应故障元件的故障率 $\lambda_{j,i}$ 和故障停运时间 $r_{j,i}$ 。

[0104] 搜索过程为:

[0105] 若线路配置A类开关且故障位于A类隔离区内,则A类隔离区上游负荷点集合 J_{A1} 对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件*i*的故障率 λ_i 、自动转供模式下的故障定位隔离时间 r_A ;A类隔离区下游负荷点集合 J_{A2} 对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件*i*的故障率 λ_i 、自动转供模式下的转供时间 r_{tA} ,公式如下:

$$[0106] \quad \lambda_{j,i} = \lambda_i, j \in J_{A1} \quad (1)$$

$$[0107] \quad r_{j,i} = r_A, j \in J_{A1} \quad (2)$$

$$[0108] \quad \lambda_{j,i} = \lambda_i, j \in J_{A2} \quad (3)$$

$$[0109] \quad r_{j,i} = r_{tA}, j \in J_{A2} \quad (4)。$$

[0110] 若线路配置B类开关且故障位于B类隔离区内,则B类隔离区上游负荷点集合 J_{B1} 对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件*i*的故障率 λ_i 、自动隔离模式下的故障定位隔离时间 r_B ;B类隔离区下游负荷点集合 J_{B2} 对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件*i*的故障率 λ_i 、自动隔离模式下的转供时间 r_{tB} ,公式如下:

$$[0111] \quad \lambda_{j,i} = \lambda_i, j \in J_{B1} \quad (5)$$

$$[0112] \quad r_{j,i} = r_B, j \in J_{B1} \quad (6)$$

$$[0113] \quad \lambda_{j,i} = \lambda_i, j \in J_{B2} \quad (7)$$

[0114] $r_{j,i}=r_{tB}, j \in J_{B2}$ (8)。

[0115] 若线路配置C类开关且故障位于C类隔离区内,C类隔离区上游首遇开关至其上游首遇自动化等级更高的开关(若无自动化等级更高的开关则取线路首端开关)间的区域内负荷点集合为 J_{C1} ,该负荷点集合对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件i的故障率 λ_i 、自动定位模式下的故障定位隔离时间 r_c ;C类隔离区下游首遇开关至其下游首遇自动化等级更高的开关(若无自动化等级更高的开关则取线路末端开关)间的区域内负荷点集合为 J_{C2} ,该负荷点集合对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件i的故障率 λ_i 、自动定位模式下的转供时间 r_{tC} ,公式如下:

[0116] $\lambda_{j,i}=\lambda_i, j \in J_{C1}$ (9)

[0117] $r_{j,i}=r_c, j \in J_{C1}$ (10)

[0118] $\lambda_{j,i}=\lambda_i, j \in J_{C2}$ (11)

[0119] $r_{j,i}=r_{tC}, j \in J_{C2}$ (12)。

[0120] 若线路配置D类开关且故障位于D类隔离区内,D类隔离区上游首遇开关至其上游首遇自动化等级更高的开关(若无自动化等级更高的开关则取线路首端开关)间的区域内负荷点集合为 J_{D1} ,该负荷点集合对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件i的故障率 λ_i 、无自动化模式下的故障定位隔离时间 r_D ;D类隔离区下游首遇开关至其下游首遇自动化等级更高的开关(若无自动化等级更高的开关则取线路首端开关)间的区域内负荷点集合为 J_{D2} ,该负荷点集合对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件i的故障率 λ_i 、无自动化模式下的转供时间 r_{tD} ,公式如下:

[0121] $\lambda_{j,i}=\lambda_i, j \in J_{D1}$ (13)

[0122] $r_{j,i}=r_D, j \in J_{D1}$ (14)

[0123] $\lambda_{j,i}=\lambda_i, j \in J_{D2}$ (15)

[0124] $r_{j,i}=r_{tD}, j \in J_{D2}$ (16)。

[0125] 由A至D不断缩小隔离区范围,最后可搜索至故障元件i所在的最小隔离区,该隔离区中的负荷点集合为 J_f ,则这些负荷点在该元件故障时对应的故障率、故障停运时间分别取故障元件i的故障率 λ_i 、元件修复时间 r_i ,公式如下:

[0126] $\lambda_{j,i}=\lambda_i, j \in J_f$ (17)

[0127] $r_{j,i}=r_i, j \in J_f$ (18)。

[0128] 步骤3:根据确定的自动化功能模式确定分支线元件故障下的负荷点可靠性计算所采用的参数。具体过程为:

[0129] 步骤3.1:对于系统分支线元件i故障,当故障元件上游首遇D类开关、首遇C类开关和首遇B类开关时,分别将分支线划分为D类分支隔离区、C类分支隔离区和B类分支隔离区;

[0130] 步骤3.2:根据步骤3.1中划分的分支隔离区,以故障元件所在最小隔离区为起点进行隔离区搜索,对不同类型隔离区的负荷点j进行可靠性计算采用对应故障元件的故障率 $\lambda'_{j,i}$ 和故障停运时间 $r'_{j,i}$ 。

[0131] 3.2的具体过程为:

[0132] 故障元件i所在最小隔离区及其下游区域内负荷点集合 J'_f 的可靠性计算参数取分支线故障元件i的故障率 λ'_i 和该元件修复时间 r'_i ,公式如下

$$[0133] \quad \lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_f \quad (19)$$

$$[0134] \quad r'_{j,i} = r'_i, j \in J'_f \quad (20);$$

[0135] 对于D类分支隔离区,其上游首遇开关至其上游首遇自动化等级更高的开关间区域负荷点集合 J'_{D1} 的可靠性计算所用参数取分支线故障元件 i 的故障率 λ'_i 、无自动化模式下的故障定位隔离时间 r'_D ,公式如下:

$$[0136] \quad \lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_{D1} \quad (21)$$

$$[0137] \quad r'_{j,i} = r'_D, j \in J'_{D1} \quad (22)。$$

[0138] 对于C类分支隔离区,其上游首遇开关至其上游首遇自动化等级更高的开关间区域负荷点集合 J'_{C1} 的可靠性计算参数取分支线故障元件 i 的故障率 λ'_i 、自动定位模式下的故障定位隔离时间 r'_C ,公式如下:

$$[0139] \quad \lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_{C1} \quad (23)$$

$$[0140] \quad r'_{j,i} = r'_C, j \in J'_{C1} \quad (24)。$$

[0141] 对于B类分支隔离区,B类分支隔离区外的负荷点集合 J'_{B1} 的可靠性计算参数取分支线故障元件 i 的故障率 λ'_i 、自动隔离模式下的故障定位隔离时间 r'_B ,公式如下:

$$[0142] \quad \lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_{B1} \quad (25)$$

$$[0143] \quad r'_{j,i} = r'_B, j \in J'_{B1} \quad (26)。$$

[0144] 若分支线上游无B类开关,则该分支线元件故障会导致该支线所接入的主馈线段停电;且

[0145] 1) 主馈线若有A类隔离区,则A类隔离区外负荷点集合可靠性参数取值为:A类隔离区上游负荷点集合 J'_{A1} 取分支线故障元件 i 的故障率 λ'_i 、自动转供模式下的故障定位隔离时间 r'_A ;A类隔离区下游负荷点集合 J'_{A2} 取分支线故障元件 i 的故障率 λ'_i 、自动转供模式下的转供时间 r'_{tA} ,公式如下:

$$[0146] \quad \lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_{A1} \quad (27)$$

$$[0147] \quad r'_{j,i} = r'_A, j \in J'_{A1} \quad (28)$$

$$[0148] \quad \lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_{A2} \quad (29)$$

$$[0149] \quad r'_{j,i} = r'_{tA}, j \in J'_{A2} \quad (30)。$$

[0150] 2) 主馈线若有B类隔离区,则B类隔离区外负荷点集合可靠性参数取值为:B类隔离区上游负荷点集合 J'_{B1} 取分支线故障元件 i 的故障率 λ'_i 、自动隔离模式下的故障定位隔离时间 r'_B ;B类隔离区下游负荷点集合 J'_{B2} 取分支线故障元件 i 的故障率 λ'_i 、自动转供模式下的转供时间 r'_{tB} ,公式如下:

$$[0151] \quad \lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_{B1} \quad (31)$$

$$[0152] \quad r'_{j,i} = r'_B, j \in J'_{B1} \quad (32);$$

$$[0153] \quad \lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_{B2} \quad (33)$$

$$[0154] \quad r'_{j,i} = r'_{tB}, j \in J'_{B2} \quad (34);$$

[0155] 对于A、B类隔离区中还未取值的负荷点集合 J'_{rest} ,

[0156] 1) 若所在分支线上有C类开关,则未取值负荷点集合的可靠性计算参数取分支线故障元件 i 的故障率 λ'_i 、自动定位模式下的故障定位隔离时间 r'_C ,公式如下:

$$[0157] \quad \lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_{rest} \quad (35)$$

$$[0158] \quad r'_{j,i} = r'_C, j \in J'_{rest} \quad (36)。$$

[0159] 2) 若所在分支线上仅有D类开关,则未取值负荷点集合的可靠性计算参数取分支线故障元件i的故障率 λ'_i 、无自动化模式下的故障定位隔离时间 r'_D ,公式如下:

$$[0160] \quad \lambda'_{j,i} = \lambda'_i, j \in J'_{rest} \quad (37)$$

$$[0161] \quad r'_{j,i} = r'_D, j \in J'_{rest} \quad (38)。$$

[0162] 步骤4:根据步骤2和步骤3中的可靠性参数进行计算目标配电网的可靠性指标。

[0163] 计算可靠性指标的具体过程为:

[0164] 对系统元件数为n、负荷点数为m的目标网架,对每一个元件进行故障假设,重复进行步骤2或步骤3,确定每一个元件故障情况下,各负荷点可靠性计算的基本参数。

[0165] 定义负荷点j的可靠性参数为停电率 λ_j ,每次故障停电时间 r_j 和年平均停电时间 U_j ,其中 $j=1, K, i, K m$ 。

[0166] λ_j 等于每个系统元件故障对该点故障率产生影响的叠加,公式如下,

$$[0167] \quad \lambda_j = \sum_i^n \lambda_{j,i} \quad (39)。$$

[0168] r_j 等于每个系统元件故障对该点停电时间产生影响的叠加,公式如下,

$$[0169] \quad r_j = \sum_i^n r_{j,i} \quad (40)。$$

[0170] 年平均停电时间 U_j 公式如下,

$$[0171] \quad U_j = \sum_i^n (\lambda_{j,i} \times r_{j,i}) \quad (41)。$$

[0172] 根据得到的负荷点可靠性指标,并结合基础数据中负荷点接入用户数 N_j ,可计算系统的可靠性指标如下:

[0173] 平均系统停电频率指标SAIFI为:

$$[0174] \quad SAIFI = \frac{\sum_j^m (\lambda_j \times N_j)}{\sum_j^m N_j} \quad (42)。$$

[0175] 平均系统停电持续时间指标SAIDI为:

$$[0176] \quad SAIDI = \frac{\sum_j^m (U_j \times N_j)}{\sum_j^m N_j} \quad (43)。$$

[0177] 平均供电可用率指标ASAI为:

$$[0178] \quad ASAI = \frac{8760 - SAIDI}{8760} = \frac{8760 - \frac{\sum_j^m (U_j \times N_j)}{\sum_j^m N_j}}{8760} \quad (44)。$$

[0179] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以作出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

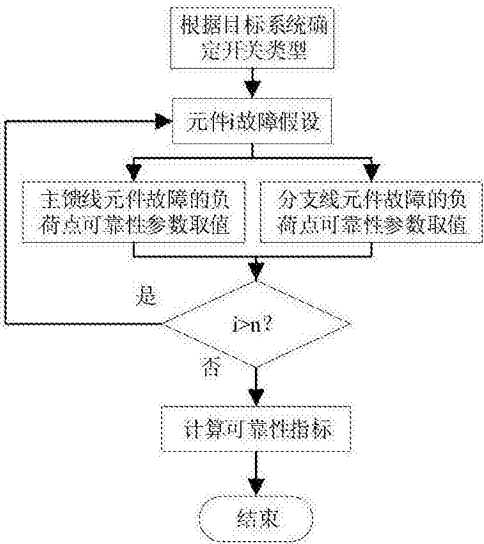


图1



图2

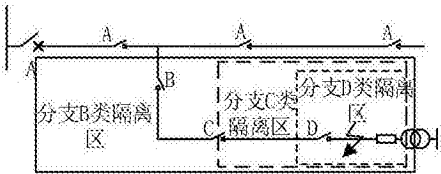


图3

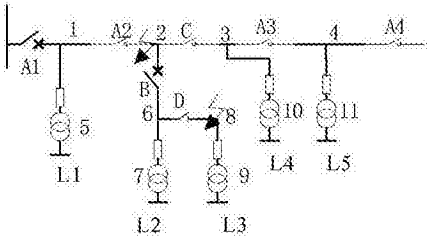


图4