配网馈线上分段开关的设置

万国成[1]，郭晓玉[2]，任　震[1]

(1. 华南理工大学电力学院，广东 广州 510640； 2. 河南省中医学院，河南 郑州 450000)

摘要：配电网中主馈线分段开关的设置是提高配电网可靠性指标的途径之一，而主馈线的首末两端都设置分段开关对提高系统的可靠性肯定有帮助，但从经济的角度却未必划算。利用可靠性理论，在综合考虑系统投资效益与可靠性效益的基础上，通过分析每段主馈线末端分段开关对系统可靠性的影响，给出了在每段主馈线末端是否应该设置分段开关的判据，并以 RBTS5 的 1、2 两条馈线为例验证了判据的有效性。

关键词：配电网； 主馈线； 分段开关； 可靠性

中图分类号：TM773；TM564　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1003-4897(2002)11-0010-03

1　引言

在配电网的设计中，分段开关的设置对系统可靠性的提高有着明显改善[1]。一般而言，配电网都设计成闭环结构，但其运行方式为开环运行。所以，配电网的主馈线一般是由若干分段开关进行分段，在馈线的末端设有联络开关，如图 1 所示。

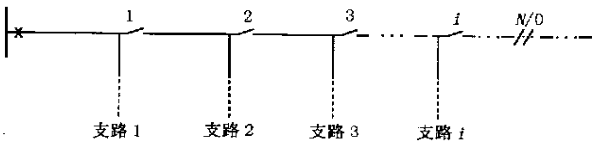

图 1　配电网主馈线示意图

Fig. 1　Sketch of distribution main feeder

图 1 中的分支线路为负荷支路或者分支馈线。

文献[2]研究表明：当在主干线路两侧加装分段开关时对系统的可靠性指标中的用户平均停电持续时间 CAIDI 有较大幅度的改善。然而在每段线路的两侧都加装开关这需要成本，从经济的角度考虑未必划算[3]。

本文在考虑综合效益的基础上，对位于每段主馈线末端(分支线路前)的分段开关是否有必要设置进行了研究，并给出了相应的判据。按照该判据来确定每段主馈线末端的分段开关是否设置，从综合经济的角度看更为合理。本文在文末以 RBTS5 的 1、2 两条馈线为例验证了判据的有效性。

2　分段开关对系统可靠性的影响

在 RBTS[4] 总线 1、总线 3、总线 4 中分段开关的设置全部如图 2 所示。这里，讨论在分段开关 1、2、…、n 存在的前提下，分段开关 1′、2′、…、n 是否有必要存在。

图 2 中的分支线路，由两种性质的支路构成：一种是负荷支路，另一种是分支馈线。由于有分段开关 1、2、…、n，因此，无论是负荷支路还是分支馈线发生故障，对系统中各负荷点的影响都与分段开关 1′、2′、…、n 是否存在无关。

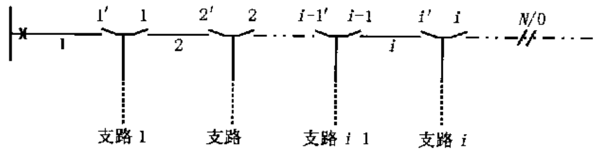

图 2　分段开关设置示意图

Fig. 2　Sketch of configuration of disconnect switch

考察分段开关 i 在系统中所起的作用：当第 i 段线路发生故障时，如果分段开关 i 不存在，则系统的操作过程是先断开 $i-1$、i 两个分段开关，然后闭合联络开关。设 L_{pi} 表示第 i 条支路负荷，L_{pi} 以前的支路负荷的停电时间为 t_1(分段开关的操作时间)，L_{pi} 以后的支路负荷的停电时间为 t_2(联络开关倒闸的时间)，而负荷 L_{pi} 的停电时间则为线路 i 的修复时间 r。

当第 i 段线路故障，如果分段开关 i′ 存在，则系统的操作过程为：先断开 $i-1$、i 两分段开关，然后闭合联络开关，L_{pi} 以前的支路负荷的停电时间为 t_1(分段开关的操作时间)，L_{pi} 及以后的支路负荷的停电时间为 t_2(联络开关的倒闸时间)。

因此，分段开关 i 的存在就是为了在第 i 段主馈线故障时，缩短 L_{pi} 负荷的停电时间，从而达到提高可靠性指标的目的。除了负荷 L_{pi} 外，其它支路负荷因任何原因引起的停电时间与分段开关 i 的存在与否均无关系。因此，判断分段开关 i 是否有必要存在，应只与第 i 段主馈线、第 i 条支路上的负荷大小及负荷性质有关。考虑系统的综合效益，这里给出如下判据：

只有当加上分段开关 i 后,其对应的支路负荷 L_{pi} 减少的停电损失大于在分段开关上的投入时,此分段开关 i 才有存在的必要。

设第 i 段主馈线长度为 l,馈线的单位长度故障率为 λ,则第 i 段主馈线的故障率为 λl,该线路的修复时间为 r,分段开关的操作时间为 t_1,联络开关的倒闸时间为 t_2,则不设分段开关 i 时第 i 段馈线故障对支路上的负荷造成的年停电时间为 $\lambda l r$;设有分段开关 i 时第 i 段馈线故障对支路造成的年停电时间为 $\lambda l t_2$。

用户的停电损失与诸多因素有关。在考虑用户的停电损失时,忽略其中的次要因素,而只考虑主要因素,即用户的停电持续时间及用户类型。由此,用户的停电损失可参考文献[5]给出的数据(文献给出的单位为加元,这里换成人民币),列入表 1 中。

表 1　用户的停电损失

Tab.1　Cost of interruption data

持续时间	不同性质用户的单位停电损失/元·(kW)$^{-1}$						
	大用户	工业用户	商业用户	农业用户	居民用户	政府机关	写字楼
1 min	5.03	8.13	1.91	0.30	0.01	0.22	23.89
20 min	7.54	19.34	14.85	1.72	0.47	1.85	49.39
1 h	11.13	45.43	42.76	3.25	2.41	7.46	105.33
4 h	19.84	125.82	156.59	10.32	24.57	32.79	344.15
8 h	41.20	279.04	415.04	20.60	78.45	130.20	595.80

由于线路故障修复的时间为 r,在配网中的线路修复时间一般认为是 4 h,由表 1 得到不同性质用户的单位停电损失,设为 d_r;线路故障时联络开关的倒闸时间为 t_2,当第 i 段主馈线故障时,它便是在设有分段开关 i 时第 i 条支路上的负荷的停电时间,一般倒闸时间为 1 h,由表 1 得到不同性质用户的单位停电损失,设为 d_{t2}。

综合以上说明,下面给出分段开关设置的两个具体判据:

a. 对负荷支路而言,设负荷点总负荷为 P,则判据为:

$$\lambda \cdot l \cdot P \cdot d_r - \lambda \cdot l \cdot P \cdot d_{t2} > \alpha \cdot C \tag{1}$$

当公式(1)成立时,该分段开关 i 才有必要设置。

b. 对分支馈线 i,设分支馈线 i 上所带负荷总数为 n 个,支路上第 j 个负荷为 P_j,$j = 1, \cdots, n$,其停电时间为 r 时的单位停电损失为 d_{jr};其停电时间为 t_2 时的单位停电损失为 d_{jt_2},则判据为:

$$\lambda l \sum_{j=1}^{n} P_j d_{jr} - \lambda l \sum_{j=1}^{n} P_j d_{jt2} > \alpha \cdot C \tag{2}$$

当公式(2)成立时,分段开关 i 才有必要设置。

公式(1)、(2)中的 C 为装设一个分段开关的成本,α 为年费用承担系数,如果其设计寿命为 30 年,社会折现系数取为 p,则 $\alpha = p(1+p)^{29}/[(1+p)^{30} - 1]$;如果取 $p = 10\%$,则 α 近似等于0.1。

3　实例分析

考察 RBTS 总线 5[4] 的 1、2 两条主馈线上的分段开关的设置情况,其接线情况如图 3,线路数据如表 2,负荷数据如表 3。

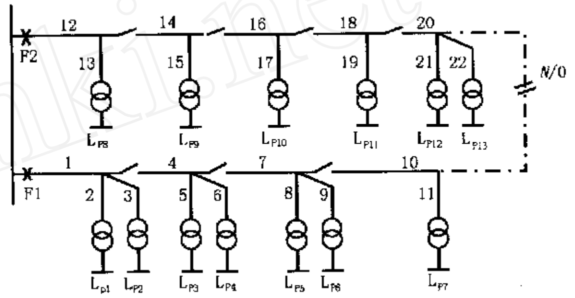

图 3　RBTS 5 部分接线图

Fig.3　Part configuration of RBTS 5

表 2　线路数据

Tab.2　The data of line

线路类型	线路长度/km	线路标号
1	0.5	1,6,9,13,14,18,21
2	0.65	4,7,8,12,15,16,19,22
3	0.8	2,3,5,10,11,17,20

表 3　用户数据

Tab.3　The data of customers

负荷点总数	负荷点	用户类型	平均负荷/MW	用户总数
2	1,2	居民负荷	0.4269	210
2	4,6	居民负荷	0.4171	240
4	9,10,11,13	居民负荷	0.3213	195
3	3,5,8	政府部门	0.6247	1
1	7	商业负荷	0.4089	15
1	12	写字楼	0.3786	1

由图 3 知,在主馈线段 1 的末端(即 2、3 支路的左边)设分段开关,只对 L_{p1}、L_{p2} 有影响;主馈线段 4 的末端设分段开关,只对 L_{p3}、L_{p4} 有影响,其它也都如此。这里,以在主馈线 4 的末端设分段开关为例,计算其减少的停电损失。

取线路的故障率为 0.05 次/年·km,主馈线 4 长 0.65 km;支路 5 所接负荷 L_{p3} 为政府机关,平均负荷为0.6247 MW,停电 4 h、1 h 的损失由表 1 知分别为 32.79 元/kW、7.46 元/kW;支路 6 所接负荷 L_{p4} 为居

民用户,平均负荷为0.4171 MW,停电 4 h、1 h 的损失由表 1 知分别为24.57 元/kW、2.41 元/kW。故如果在主馈线 4 的末端设分段开关所减少的停电损失为:

$$0.65\times0.05\times0.4171\times1000\times(24.57-2.41)+0.65\times0.05\times0.6247\times1000\times(32.79-7.46)=814(\text{元})$$

同理,可分别计算各主馈线末端加上分段开关每年所减少的停电损失(即年效益),其结果列入表 4 中。

表 4 主馈线末端加分段开关后的年效益

Tab.4 The annual benefit of the disconnect switch

主馈线号	影响的负荷	年效益/元
1	L_{p1},L_{p2}	473
4	L_{p3},L_{p4}	814
7	L_{p5},L_{p6}	814
10	L_{p7},L_{p6}	1862
12	L_{p8}	231
14	L_{p9}	178
16	L_{p10}	231
18	L_{p11}	178
20	L_{p12},L_{p13}	3902

如果取 $C=2500$ 元/个,则由判据知:在 12、14、16、18 线路的末端不需加设分段开关,而在 1、4、7、10、20 线路的末端有必要加设分段开关。其最终结构将如图 4 所示。

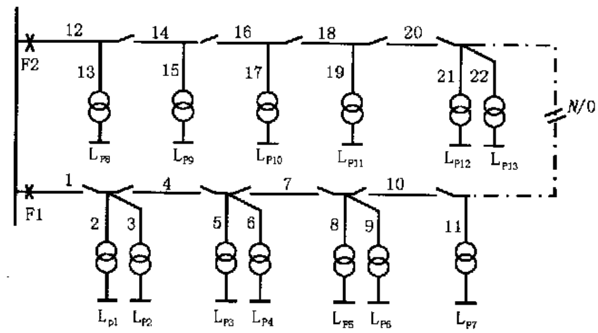

图 4 分段开关合理的布局图

Fig.4 The reasonable layout of disconnect switch

4 结论

主馈线中分段开关的设置,应从全系统经济最优的角度出发来进行考虑。本文给出了在每段主馈线末端是否应该设置分段开关的判据。由文中的分析及实例计算可知:该类分段开关的设置与否,不仅与主馈线中该段馈线的长度有关,而且与该段馈线对应的分支线路上的负荷总量以及负荷的类型都有关系,在实际应用中应该具体问题具体分析,避免一刀切的做法。

本文在给出判据时,没有讨论计划检修的情况,事实上对配电网而言,计划检修所造成的影响与各主馈线末端是否设置分段开关无关系,因此,对主馈线的末端是否应该设置分段开关,该判据始终有效。

本文没有对馈线首端分段开关的设置进行研究,这项工作需要进一步开展。

参考文献:

[1] 陈文高.配电系统可靠性实用基础[M].北京:中国电力出版社,1998.

[2] Allan R N,Billinton R,Sjarief I, et al. A Reliability Test System for Educational Purposes —Basic Distribution System Data and Results [J]. IEEE Tran. On Power Systems,1991,6(2):813～820.

[3] 张焰.电网规划中的可靠性成本—效益分析研究[J].电力系统自动化,1999,23(15):33-36.

[4] Billinton R,Jonnavithula S. A Test System for Teaching Overall Power System Reliability Assessment [J]. IEEE Tran. On Power Systems,1996,11(4):1670～1676.

[5] Billinton R, Kumar S, Chowdhury N, et al. Reliability Test System for Educational Purposes-Basic Data[J]. IEEE Trans. On Power Systems,1989,4(3):1238～1244.

收稿日期: 2002-04-22

作者简介:

万国成(1970 -),男,博士研究生,研究方向为电力系统可靠性与优化、系统工程;

郭晓玉(1967 -),女,讲师,研究方向为物理医疗器械及其电源可靠性等;

任 震(1938 -),男,教授、博导,研究方向为电力系统可靠性,小波理论及其在电力系统中的应用,高压直流输电、谐波分析等。

Study on layout of disconnect switches of distribute system

WAN Guo-cheng[1], GUO Xiao-yu[2], REN Zhen[1]

(1. Electrical Power College, South China Univ. of Tech., Guangzhou 510640, China;
2. Herbalist Doctor Institute of Henan, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: It is one of the effective way to improve the reliability indices that to mount the disconnect switches on the main feeder. And it is

采用分时段模糊技术处理实现的短期负荷预报

段俊东,陈昆薇

(武汉大学电气工程学院,湖北 武汉 430072)

摘要: 采用模糊理论对日负荷曲线预报中的天气因素进行了模糊处理,根据季节、气候的不同对天气因素做不同的模糊处理和不同数学模型,建立了专家处理系统,提高了短期负荷预测的精度。通过对河南省某市级电力系统日负荷曲线的模拟预测,虽然仅对天气做了模糊处理,但预测结果令人满意。

关键词: 日负荷曲线; 模糊理论; 短期负荷预报

中图分类号: TM715　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1003-4897(2002)11-0013-03

1　引言

电力系统负荷预测是电力系统调度、发电、计划、规划等管理部门的重要工作之一。电力系统规划和运行调度都应以未来电力负荷的预测为依据。电能目前不能大量储存,电力生产和消费同时进行。负荷预测偏低会引起电力供应紧张,供电可靠性下降,制约经济发展;负荷预测偏高将导致发输变设备不能充分利用,造成大量资金积压,影响系统的经济性指标。因此,提高负荷预测技术水平,有利于计划用电管理,有利于合理安排电网运行方式和机组检修计划,有利于节约能源和降低发电成本,有利于制订合理的电源建设规划,有利于提高电力系统的经济效益和社会效益。

日负荷曲线主要用于研究电力系统的日运行方式,如经济运行、调峰措施、安全分析、调压和无功补偿等。电力日负荷曲线预报通常预报下一个 24 h 甚至更长的每小时负荷,属于电力系统短期预报。由于人们生活、工作、休息的规律性,在一天或一周内,电力系统的负荷变化具有周期性;由于季节性气候的影响,电力系统日负荷预报也带有季节性变化;由于人们生活水平的提高,第三产业的发展,电力系统日负荷也带有某种线形增长的趋势;由于随机因素的影响如天气变化、气候对农业的影响,新兴开发区的投产等等,又造成电力系统短期负荷带有比较大的突变分量;这一切都给电力系统日负荷预报的准确性带来了很大的影响。

目前,电力系统短期负荷预测的方法很多,如时间序列预测技术[1]、人工神经网络技术、模糊技术[3,4]等,预测精度不断提高。但适用于日负荷曲线观测的方法不多,单单用一种方法或两种方法来做日负荷曲线预测,是不现实的,也是不可取的。目前的研究成果表明,各种方法对单一预测任务(如日最大负荷、日最小负荷或日平均负荷等)的预测准确度是令人满意的,但还未见成功地应用到市级电力系统日负荷曲线预测中。文章主要采用将日负荷曲线分段处理,分别采用不同的模糊修正系数分段修正原始数据和预测数据,并以河南省某市级电力系统为实例,表明预测方法及结果是正确的。

2　日负荷曲线的处理

电力系统日负荷曲线是某个电力系统的所有用电负荷的日变化曲线。电力系统的规模不同、地区不同,电力系统日负荷曲线不一样;同一地区,不同的季节,电力系统日负荷曲线差异也很大;同时,随着年负荷的增长,同一地区,同一季节不同的日负荷曲线也不相同;而且受天气等敏感因素的影响,即使同一地区,同一年,同一季节,不同的天,日负荷曲线也不相同。

2.1　日负荷曲线的分段

根据日负荷曲线的特点,采用以下分段方法:

a. 凌晨时段($0 \sim t_1$)　凌晨时段一般是全天负荷最低的时段,按照电力系统的规模、地区、季节的

---

helpful to improve the reliability that to set disconnect switches on the both end of the main feeder. However, it isn't worth to do so for the economic reason, a criterion about the disconnect switch should be mounted or not, which combining the investment with the reliability benefit, is presented in this paper by analyzing the impaction of the reliability of the switch. In the end, using the criterion to reconfigure the 1st and the 2nd feeders of the RBTS5.

Key words: distribute system; main feeder; disconnect switch; reliability