

基于层次分析的网络备自投方案评估

邹德虎¹,张颖²,张沈琪²,张乐²,傅靖²

(1. 国电南瑞科技股份有限公司, 江苏南京 210061; 2. 江苏省电力公司南通供电公司, 江苏南通 226006)

摘要:适用于链式结构电网的网络备自投系统存在不同的实现方案。提出一种针对不同网络备自投方案进行综合评估的方法。该方法首先针对评价指标建立层次化结构,然后确定权重系数,最后得到总体评估结果。针对南通地区电网的实例分析,说明了该方法可以对网络备自投的方案进行综合评估,可以为企业管理人员提供网络备自投技术方案选择方面的决策支持。

关键词:网络备自投;层次分析法;评估

中图分类号:TM773

文献标志码:A

文章编号:1009-0665(2015)02-0024-03

按照可靠性的要求,配电网应满足“闭环设计、开环运行”,当出现失电时,可以由站内备自投迅速投入备用电源。但受资金、输电走廊等客观因素限制,有可能出现变电站链式供电的电网结构,在这种情况下,处于链中的变电站如果失电,站内不存在备用电源,无法通过站内备自投恢复供电。且可以通过具有远方采集控制功能的网络备自投系统实现恢复供电。目前,网络备自投的实现方式有3种:(1)对传统的站内就地备自投进行改造,增加站间通讯;(2)在变电站后台监控系统中实现备自投功能,同时采集周边相关站的信息;(3)在调度主站实现网络备自投功能;本文首先简要介绍这3种备自投方案的原理,然后给出对不同备自投方案的综合评估方法。最后针对实际电力系统的一个例子,给出了具体评估结果。本文的目的是对网络备自投装置设计、招投标、管理等提出技术性的决策评估方法。

1 技术方案简介

以图1所示的简单链式供电结构作为例子。

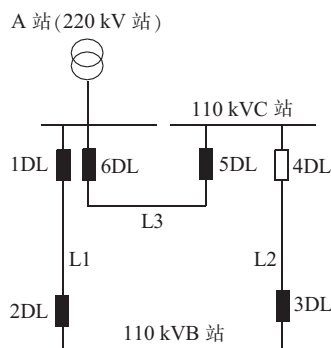


图1 简单链式串供电网

由图1中看到,当线路L1故障导致B站全站失电后,无法通过站内备自投恢复供电。网络备自投可以

解决该问题。通过分开2DL,合上4DL,即可恢复B站的供电。

1.1 就地备自投

就地备自投实现网络化功能,必须进行改造,增加变电站之间的信息传递,实现备自投的站间相互配合。有学者建议通过纵联保护的光纤通道传递信息^[1,2]。针对图1的例子,假定线路L2已经有纵联光纤通道,则可实现变电站B和变电站C的信息传递。如果线路L2没有光纤通道,则需要寻求另外的通道。实现信息的站间传递后,需要对变电站B和变电站C的站内备自投进行技术改造。假定变电站B的站内备自投判断本站失电,同时通过远方通道获知L2处于热备用状态、变电站C有压,经延时后跳2DL,并通过远方通道合上4DL。

1.2 变电站后台监控备自投

可以利用变电站综合自动化系统实现区域备自投功能。例如可以在变电站A的综合自动化系统中建立网络备自投。同时需要采集变电站B、变电站C的部分信息。发生故障后,进行逻辑判断,并通过远方遥控开关的方式完成恢复过程。这相当于建立了一个小型的集控系统。

1.3 调度主站备自投

随着电网自动化水平的提高,调度主站的功能也逐渐增强。许多电网已经实现调控一体化。可以在调度主站能量管理系统(EMS)中建立网络备自投^[3]。这种方案需要在EMS系统中建立备自投模型,进行逻辑判断。故障后采用开关遥控的方式实现供电恢复。

2 基于层次分析法的网络备自投方案评估

层次分析法(AHP)是一种定性定量相结合、层次化的决策分析方法^[4,5]。AHP的基本步骤如下:

- (1) 建立层次结构模型。将实际问题各个相关因素分解为不同层次。
- (2) 构造成对比较矩阵。

(3) 计算权向量并做一致性检验。

(4) 计算组合权向量并做组合一致性检验, 如果检验通过, 则可按照组合权向量进行决策。

针对网络备自投方案评估问题, 将网络备自投经济可靠加权指标作为总目标, 选择 3 个评价准则作为中间层, 分别为: 经济效益、建设成本、系统可靠性。每一个中间层均选取评价指标。

2.1 经济效益

(1) 直接经济效益: 如果没有安装网络备自投, 链式串供接线故障后长时间停电带来的直接损失, 可以采用少售电量来估算。

(2) 间接经济效益: 如果没有安装网络备自投, 链式串供接线故障后长时间停电带来的间接损失, 可按照一定的比例系数来进行估算。

2.2 建设成本

(1) 硬件成本: 网络备自投安装运行所需要的硬件成本。

(2) 软件成本: 网络备自投涉及到的软件成本。

(3) 人力资源成本: 主要指的是网络备自投安装、维护过程中的机会成本。包括施工难易程度、施工耗费的人力和时间、日常维护工作的多少。

2.3 系统可靠性

(1) 安全性: 在未发生预想故障时, 网络备自投不发生误动作的性能。

(2) 信赖性: 发生预想故障时, 网络备自投发挥作用、不发生拒动的性能。

(3) 动作合理性: 网络备自投动作应当合理, 尽可能恢复无故障的失电设备; 同时应可以考虑特殊情况, 例如避免动作后设备过载、存在小电源时的合理处理。

(4) 速动性: 网络备自投动作速度性能, 尽可能减少用户停电时间。

网络备自投评价指标的层次结构如图 2 所示。

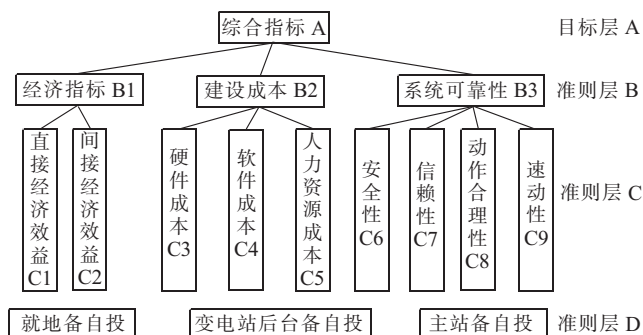


图 2 网络备自投评价指标的层次结构

3 实际算例与讨论

3.1 指标权重设置

以南通地区电网作为实际算例。南通电网共有 6 串链式电网接线可以装设网络备自投, 全部为 110 kV

电压等级。

网络备自投属于安全自动装置的一种, 目的是为了增加地区电网供电可靠性, 并不是直接为了获取经济效益。虽然可以通过历史记录估算出电网故障的概率, 并进而估算出直接和间接经济效益, 但结果具有一定的不确定性。因此在经济效益、建设成本、系统可靠性 3 个中间指标中, 经济效益所占的权重应稍小。对于网络备自投系统来说, 其自身的系统可靠性无疑是最重要的, 因为涉及到开关直接控制, 具有很高的安全级别。综合考虑 3 种中间指标(准则层 B)的成对比较矩阵设置为:

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 1/2 & 1/3 \\ 2 & 1 & 1/2 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

计算出最大特征值为 3.009 2, 计算出的特征向量为 [0.256 5, 0.466 0, 0.846 8], 归一化后得到权向量为 [0.163 5, 0.296 9, 0.539 6]。

一致性指标为 0.004 6, 一致性比率为 0.007 9 < 0.1, 通过一致性校验。

经济效益、建设成本, 均可以转换为同样的单位(人民币值)。因此, 对于准则层 C 指标中的经济效益、建设成本, 不再设定成对比较矩阵, 而是直接根据人民币值进行比较。

3.2 系统可靠性分析

对于系统可靠性, 准则层 C 指标中有: 安全性、信赖性、动作合理性、速动性。相比较而言, 如果网络备自投系统误动, 可能导致 110 kV 变电站全站失压, 后果非常严重。而故障后, 网络备自投如果拒动, 虽然损失也很可观, 但仍然是可以接受的, 因为故障必然是由其他因素导致的(天气、外力破坏、人为操作失误等)。由此造成损失, 网络备自投显然不应该承担主要责任。因此比较起来, 安全性的权重应该大于信赖性。动作合理性也是一个较为重要的指标, 无论是动作后造成过载、还是小水电非同期合闸, 都是不希望发生的, 其指标权重应与信赖性相当。对于速动性, 虽然加快速度可以减少停电损失, 但速度过快, 也可能对安全性产生不利影响, 因此速动性的权重可以较低。

对于安全性指标, 南通电网 110 kV 线路普遍没有装设光纤差动保护, 需要另外构建通道。受变电站间通道传输的通道信息限制, 就地备自投采集的站间信息有限, 难以构造非常全面的逻辑判据。而变电站后台需要采集其他变电站的信息, 同样存在类似的问题。作为全国首个实现地县一体化调度的地区电网, 南通调度主站的性能稳定、功能强大, 采集的信息全面准确, 可以获取备自投所需要的全面信息, 例如失电时多个相关变电站的母线电压、线路电流等, 增加安全性, 因此

调度主站网络备自投的安全性指标较高。

对于信赖性指标,涉及到开关控制的可靠性,就地备自投直接接入其二次回路,具有很高的控制成功率。而变电站后台的控制则依赖于变电站综合自动化系统的可靠性。主站备自投的控制则依赖于调度 EMS 的可靠性和通道的可靠性。因此,就地备自投的信赖性指标较高。

对于动作合理性指标方面,建立在主站的网络备自投可从全网角度看问题,遇到特殊情况可以采取补充控制措施,因此主站备自投的动作合理性指标较高。

对于速动性方面,就地备自投的指标较高,主站备自投的指标较低。

准则层 C 成对比较矩阵的建立过程和组合权向量的求解过程不详细列出,直接将系统可靠性 B3 的计算结果列出:[0.333 8,0.283 9,0.382 3]

分别对应就地网络备自投、变电站后台网络备自投、主站网络备自投在系统可靠性中的权重。

3.3 经济效益分析

计算经济效益 B1 的权重。考虑因没有网络备自投,造成相关 110 kV 变电站全站失电后,由调度员人工操作,这段时间丢失的电量。潮流大小以年度平均潮流为准。然后计算网络备自投动作时,丢失的电量。考虑到网络备自投平均动作时间不同、动作可靠性不同,权重也会不同。两者相减,即为直接经济效益。间接经济效益需要乘上适当的比例系数,并考虑网络备自投恢复过程中的短时停电损失^[6]。经济效益 B1 的权重计算结果为:[0.392 3,0.273 1,0.334 6]

3.4 建设成本分析

计算建设成本 B2 的权重。对于就地网络备自投建设,通过对相关备自投厂家的调研获取相关资料,并估计硬件和软件成本。

对于变电站后台网络备自投建设,通过对相关变电站监控厂家调研获取相关资料,并估计硬件和软件成本。由于部分型号的变电站后台监控系统厂家已停止了升级支持,需要整体更换变电站监控系统,这会增加较多的成本。

对于主站网络备自投建设,通过对调度自动化厂家调研获取相关资料,主站网络备自投只存在软件成本,没有硬件成本,且只需要建设一套,就可满足任意多串的网络备自投需求。

对于人力资源成本,按照投入的人数和时间估计建设时期和后期维护工作量,并按照供电公司平均人力成本估计总体的人力资源成本。

上述成本统计后,计算建设成本 B2 的权重。权值

与总体成本成反比,建设成本 B2 的权重结果为:[0.292 6,0.210 8,0.496 7]

3.5 综合评估

分别求出准则层 B 的组合权向量之后,就可求出综合指标 A 的组合权向量了,计算结果为:[0.331 1,0.260 4,0.408 5]

由计算结果可知,建立在调度主站的网络备自投是首选,其次是增加通道改造的就地网络备自投。

上述计算结果不是惟一的,因为权值的制定需要考虑当地电网的实际情况。例如某地区调度主站可靠性不足,计算结果就可能偏向另外的方案。

4 结束语

本文提出了对网络备自投方案进行综合评价的层次分析方法。评价指标分为经济效益、建设成本、系统可靠性,并建立层次型结构。针对南通地区电网的实际情况分析了就地网络备自投、变电站后台网络备自投、调度主站网络备自投方案的优缺点,得到了明确的评价结果。即针对南通电网的实际情况,调度主站网络备自投的方案相对更有优势。本文的分析结论可以帮助南通供电公司的管理人员进行决策,其分析方法具有简单实用的特点,同时具有一定的通用性,可以推广至其他电网。

参考文献:

- [1] 唐海军. 基于光纤通讯的远方备自投设计与实现[J]. 继电器, 2006,34(4):80-82.
- [2] 杨合民,路小俊,王 军,等. 一种适用于串联电网接线的远方备自投装置[J]. 电力系统自动化,2011,35(20):94-97.
- [3] 周伊琳,孙建伟,陈炯聪. 区域网络备自投及其测试关键技术[J]. 电力系统自动化,2012,36(23):109-113.
- [4] 周 明,赵 炜,王 鹏,等. 供电企业运营绩效评估的层次化标尺竞争模型及方法[J]. 电力系统自动化,2008,32(4):20-24.
- [5] 姜启源,谢金星,叶 俊. 数学模型[M]. 4 版. 北京:高等教育出版社,2011:249-269.
- [6] 李天友,赵会茹,欧大昌,等. 短时停电及其经济损失的估算[J]. 电力系统自动化,2012,36(20):59-62.

作者简介:

邹德虎(1986),男,安徽肥东人,工程师,研究方向为电力系统自动化、分析仿真及备自投控制;

张 颖(1982),女,江苏如皋人,工程师,研究方向为继电保护;

张沈琪(1981),女,江苏南通人,工程师,研究方向为继电保护;

张 乐(1973),女,江苏南通人,高级工程师,研究方向为电网运行;

傅 靖(1970),男,江苏昆山市人,高级工程师,研究方向为电网运行。

(下转第 30 页)

5 结束语

本文重点研究了结合阈值法和过零点插值的时延估计方法,在此基础上研制出可视局放 UHF 空间定位系统。该系统利用 4 个 UHF 传感器组成天线阵列来检测局放信号中的 UHF 信号,实现对放电信号准确定位,然后用画面投影算法实现局放点的可视化。最后通过现场测试验证了方法的有效性。

参考文献:

- [1] 李立学,黄成军,曾奕,等. GIS 局部放电信号超高频包络检波电路的研制[J]. 高压电器,2008,44(5):406-409.
- [2] 刘君华,姚明,王江,等. 基于 GIS 中电磁波传播路径特性的局放源定位方法[J]. 电力系统自动化,2008,32(21):76-80.
- [3] 赵晓辉,杨景刚,路秀丽,等. 基于超高频法的局部放电定位初步研究[J]. 高压电器,2008,44(4):370-373.
- [4] MARKALOUS S, TENBOHLEN S, FESER K. Detection and Location of Partial Discharges in Power Transformers Using Acoustic and Electromagnetic Signals [J]. Dielectrics and Electrical Insulation, 2008, 15(6):1576-1583.
- [5] 侯慧娟,盛戈皞,苗培青,等. 基于超高频电磁波的变电站局部放电空间定位[J]. 高电压技术,2012(6):1334-1340.
- [6] 唐炬,陈娇,张晓星,等. 用于局部放电信号定位的多样本能量相关搜索提取时间差算法[J]. 中国电机工程学报,2009,29(19):125-130.
- [7] 杨景刚,黎大健,赵晓辉,等. 局部放电定位中 UHF 信号到达时延估计法的研究[J]. 变压器,2008,45(6):34-37.
- [8] 易岷. 时延及相关参数估计技术研究[D]. 成都:电子科技大学,2004.
- [9] 侯慧娟,盛戈皞,朱文俊,等. 基于高阶累积量的局部放电超高频信号时延估计算法[J]. 高电压技术,2013,39(2):342-347.
- [10] 侯慧娟,盛戈皞,苗培青,等. 变电站局部放电特高频信号时延的双谱估计算法[J]. 中国电机工程学报,2013,33(19):208-214.
- [11] 高文胜,登伟,刘卫东,等. 采用特高频检测技术的局部放电源定位方法[J]. 高电压技术,2009,35(11):2680-2684.
- [12] 郑书生,李成榕,何梦. 变压器局部放电复数域牛顿迭代—网格搜索定位方法[J]. 中国电机工程学报,2013,33(9):208-214.

作者简介:

王骏(1978),男,江苏苏州人,高级工程师,从事电网运行维护检修管理工作;

包立珠(1982),男,江苏淮阴人,工程师,从事变电运行检修工作。

Implementation of Visual Partial Discharging UHF Spatial Positioning System and Time Delay Evaluation

WANG Jun, BAO Lizhu

(Jiangsu Electric Power Maintenance Branch Company, Suzhou 215131, China)

Abstract: The visual partial discharging UHF spatial positioning system uses four UHF antenna array at different heights to detect the UHF signals to locate discharging signals based on the signal delay estimation and space geometric analysis. Also it visualizes the discharging point using camera. Firstly, UHF radiation and electromagnetic of partial discharge and its positioning principle are introduced. Then, the components of visual-able UHF spatial positioning system for partial discharging is introduced. Finally, the delay estimation method based on the threshold method and zero-crossing interpolation point method are studied. Testing results verifies the effectiveness and practicality of the system.

Key words: partial discharge localization algorithm; visual; ultra-high frequency; time delay estimation

(上接第 26 页)

Evaluation on Power Network Automatic Switchover System Based on Analytic Hierarchy Process

ZOU Dehu¹, ZHANG Ying², ZHANG Shenqi², ZHANG Le², FU Jing²

(1. NARI Technology Development Limited Company, Nanjing 210061, China;

2. Jiangsu Nantong Power Supply Company, Nantong 226006, China)

Abstract: Different implementations are possible for the automatic switchover system of the power network with a chain structure. This paper proposes a method for comprehensively evaluating different solutions of power network automatic switchover system. Firstly, hierarchical structure of the evaluation index is build. Then, the weight coefficient are determined. Finally, the overall evaluation results are obtained. Analysis on the Nantong regional power grid shows that the comprehensive evaluation method is effective. This evaluation method provides a power network automatic switchover system selection decision support for enterprise.

Key words: automatic switchover system; analytic hierarchy process; evaluation