

# 对整定线路重合闸时间的讨论

袁宇春<sup>1</sup>, 张保会<sup>2</sup>

(1. 浙江大学电机系, 浙江 杭州 310027; 2. 西安交通大学电力系, 陕西 西安 710049)

**摘要:** 文章从有利于系统稳定的角度对电力系统中线路重合闸时间的整定作了一些讨论。分析了实际系统中采用快速重合闸时应满足的系统条件, 指出在能够判别瞬时与永久故障时重合闸时间的整定应按最大送电方式分别整定计算。对于不能区分瞬时与永久故障的线路, 应照在最大送电方式下重合于永久性故障时计算出的最佳时刻重合, 这样会提高系统的稳定性。

**关键词:** 重合闸时刻; 系统稳定

**中图分类号:** TM762.2; TM712

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1003-4897(2000)01-0013-05

## 1 引言

保持稳定运行是电力系统中最主要的任务之一, 系统稳定的破坏通常是由系统中各种各样的故障引起。电力系统的一个显著特点是地域分布广, 尤其是输配电线路, 分布在极为广阔的地区, 这就决定了电力系统中不可避免地会经常发生各种人为的或自然的故障, 其中输配电线路的故障占了很大的部分。本文主要讨论输电线路在故障后的重合闸时间整定问题。

对于线路上可能发生的各种故障, 都必须有相应的处理措施, 这是维持系统稳定运行的根本保证。在系统发生故障后, 首先应该采取的技术措施无疑是快速切除故障, 只有充分发挥了快速切除故障的潜力后再采取其他措施才是合理的<sup>[1]</sup>。

仿真计算和理论分析均表明<sup>[2,3,4]</sup>, 重合闸的时间对重合后系统的稳定性有显著的影响, 采用快速重合闸在大多数情况下不利于系统的稳定。作为系统中普遍采用的一种控制措施, 合理整定重合闸的时间具有实际的意义。

重合于永久性故障对系统稳定性的影响早在六十年代中的加拿大 BC 水电局作皮斯河发电工程的输电系统设计中就已经发现, 该水电局在研究各种稳定控制措施时发现, 考虑不成功重合闸(即重合于永久性故障): 间隔时间为 45 周波最佳, 35 周波次之, 25 周波则系统失稳<sup>[7]</sup>。1981 年的“大连全国电网稳定会议”上, 我国的电力科学院提供了一个实

际例证充分证实了合理的重合闸时间对保证重合于故障后的系统稳定的有效性, 并明确了“最佳重合时间”这个基本概念<sup>[7]</sup>。由此可见, 重合于永久性故障对系统稳定性的影响与重合的时刻有关。

目前系统中重合闸的时间整定主要考虑以下因素<sup>[5]</sup>:

- A. 单侧电源线路的三相重合闸时间除应大于故障点断电去游离时间外, 还应大于断路器及操作机构复归原状准备好再次动作的时间;
- B. 双侧电源线路的三相重合闸时间除了考虑单侧电源线路重合闸的因素外, 还应考虑线路两侧保护装置以不同时间切除故障的可能性;
- C. 对分支线路, 在整定重合闸时间时, 尚应考虑对侧和分支侧断路器相继跳闸的情况下, 故障点仍有足够的断电去游离时间;
- D. 为提高线路重合成功率, 可酌情延长重合闸动作时间。

考虑以上因素后重合闸的整定时间等于线路对侧有足够灵敏度系数的延时段保护的動作时间, 加上故障点足够断电去游离时间和一定的时间裕度, 再减去断路器合闸固有時間, 即

$$t_{Z \min} = t + t_D + t - t_k \quad (1)$$

式中:

$t_{Z \min}$  ——最小重合闸整定时间;

$t$  ——对侧保护延时動作时间;

$t_D$  ——断电时间;

$t_k$  ——断路器合闸固有時間;

$t$  ——裕度时间。

根据对实际运行中重合闸失败原因的统计, 在瞬时性故障时, 重合闸充电时间不够是导致重合失

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(59677012)

收稿日期: 1999-04-23

作者简介: 袁宇春(1970-), 男, 博士后, 研究方向为电力系统稳定分析与控制, 电力系统继电保护。

败的原因之一。所以,无论从系统稳定的角度还是从保证重合成功角度出发,都要慎用快速重合闸<sup>[5]</sup>。

## 2 采用快速重合闸应满足的条件

在极少数的情况下,电力系统仍有采用快速重合闸的必要<sup>[5]</sup>。这种情况为,只有依靠成功的重合闸才能保持系统的稳定。例如实际系统中的大环网或重负荷单回线上,才宜于按需要整定单相或三相快速重合闸。在这样特殊的电网结构与运行方式下,当线路发生单相或三相故障时,如果不快速重合,系统将在第一摇摆中就失去稳定。这时,采用快速重合就有可能保持系统的稳定。在这样的电网接线下,如果重合到永久性故障上,系统失去稳定则是无疑的,这时只好依靠后备措施,如切机、切负荷等来防止系统失稳。下面用一单机无穷大系统的等面积积定则来阐述这一问题。

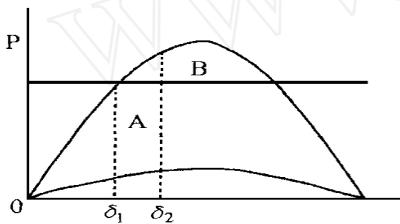


图1 单机无穷大系统功角图

图1所示为一单机无穷大系统的功角图。对于这种情况,故障后如果不重合,制动面积为零,系统很快失去稳定。设图中 $\delta_2$ 对应的时刻为面积A等于面积B的时刻,则在此时刻以前重合,制动面积B将大于加速面积A,重合后系统将是稳定的。而当在此时刻以后重合或不重合时,系统会失去稳定。对于图1所示的这种情况,当故障是瞬时性时只有采用成功的快速重合闸才能保持系统稳定。

## 3 能正确判别故障类型时重合闸时刻的整定

实际系统中必须采用快速重合闸才能保持系统稳定的情况是极少数的<sup>[5]</sup>。这一点在系统规划时就应该得到保证,否则这样的电网结构就是不合理的。所以研究最佳重合闸具有实际的意义。

对于瞬时与永久故障的判别目前已取得了初步的进展<sup>[6,7,8]</sup>。当实际运行中能够正确区分瞬时与永久故障时,在理论上可以按照文献<sup>[3,4]</sup>的方法来对瞬时和永久性故障分别计算出其最佳重合时刻。但是根据系统实际运行的需要和可靠性出发,重合闸的时间一般不宜随系统运行方式的变化而变

化<sup>[5]</sup>,这就要求重合闸的时间必须是固定的。但是,在能够正确区分瞬时与永久故障的前提下,实际运行中根据故障是瞬时性的或永久性的而整定两个重合闸时间是可能的。至于在永久性故障时是否重合,则要视具体情况而定。

对于瞬时性故障,整定一个固定的重合闸时间,首先应该考虑的是对系统稳定性影响最大的运行方式和故障形式,其次必须保证整定的最佳重合闸时间要大于由式(1)计算出的最小重合时间,否则很可能导致合闸失败。

根据以上的要求,最佳重合闸时间的计算应该从对系统稳定性影响最大的运行方式和故障形式出发,以保证系统在受到严重扰动时最佳重合闸能够发挥应有的作用,而尽量减少或避免其它控制措施的应用。对系统稳定性影响最大的运行方式一般为线路上传输功率最大的方式。

由文献<sup>[3]</sup>的研究可知,瞬时性故障的最佳重合闸时刻一般发生在扰动结束后系统的回摆过程中。由于发电机开始回摆的时间一般要大于0.5s,所以瞬时性故障的最佳重合时间大于0.5s。按照目前断路器的制造水平,由式(1)计算出的最小重合时间小于0.5s。所以,整定的最佳重合时间能够保证对于瞬时性故障不会因为断路器充电时间不够而导致合闸失败。根据本文作者大量的研究和仿真,多机电力系统中瞬时性故障的最佳时刻一般在1.0s左右。

## 4 无法判别故障类型时重合闸时刻的整定

从有利于系统稳定的角度考虑,当无法区分瞬时与永久故障时,重合闸时间的整定应按最大送电方式下重合于永久性故障的最佳重合时间来计算。因为这种情况下重合闸操作对系统稳定性影响最大。如果故障是瞬时性的,即使重合时间不是最佳的,重合后也只是影响到系统振荡幅度的大小。而如果故障是永久性的,采用最佳重合则比盲目重合有利于系统稳定。这种重合闸时间的整定原则属于:“考虑电力系统可能出现的最坏情况,是从最坏处着眼的一个带有根本性的战略措施<sup>[1]</sup>”。

永久性故障的最佳重合时间仍按对系统稳定性影响最大的运行方式来计算。在永久性故障时,虽然采用最佳重合时间能够改善电力系统的稳定性,但是第二次故障对系统设备(发电机等)造成的冲击仍不容忽视。所以,对电厂出口的高压线路,若不是非常必要,能判断出永久性故障时一般不重合。但是目前要正确判别瞬时与永久故障还存在困难,所

以研究永久性故障的最佳重合闸很有必要。

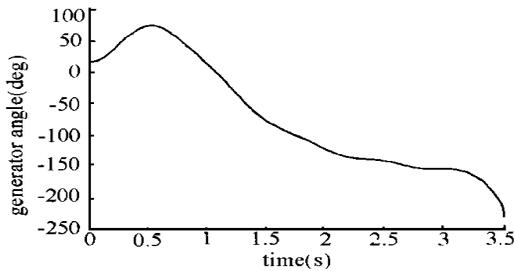


图2 不重合时系统的失稳曲线

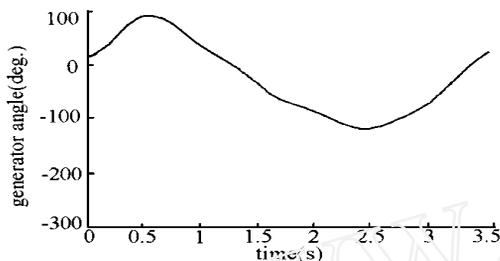


图3 最佳时刻重合时系统的稳定曲线

对于我国的西北电网,本文作者进行过大量的仿真计算。对于系统中某一回线(安南线)上的故障,在许多方式下,当故障持续时间较长时,系统在回摆中失去稳定。图2是其中一算例。此例中,当安南两回线之一发生三相永久性故障时,用数值积分法可计算出故障的临界切除时间为0.155s。图2中曲线为0.156s切除故障后临界机的功角曲线。在不知道故障是瞬时的还是永久的条件下,如果采用快速重合闸,则系统将会很快失去稳定。而如果采用最佳重合闸,重合时间为1.3s,则在这种情况下可以保持系统稳定。而且,即使因某种原因使得故障的持续时间增长(如故障由后备保护切除)在最佳时刻重合,仍可保持系统稳定。图3中曲线为采用1.3s重合闸情况下,在0.205s切除故障后临界机的功角曲线。此算例表明,当故障切除时间大于临界切除时间时,若系统在回摆中失稳,在最佳时间重合于永久性故障,即使重合失败,也可以使本来不稳定的系统变得稳定。

当然,本文的研究并不是鼓励有意去重合于永

久性故障,而是为了说明在不能够区分故障性质的现实条件下,按照永久性故障的最佳时刻来整定重合闸时间对系统稳定是有利的。

## 5 结论

线路重合闸时间的整定是系统稳定分析和继电保护都必须考虑的问题。合理整定重合闸时间不但可以保证在瞬时性故障时重合闸的成功,还可以提高系统的稳定性。

本文从有利于系统稳定的角度对电力系统中线路重合闸时间的整定作了一些讨论。分析了实际系统中采用快速重合闸时应满足的系统条件,指出在能够判别瞬时与永久故障时重合闸时间的整定应按最大送电方式分别整定计算。当无法判别瞬时与永久故障时,本着从最坏处着眼原则,重合闸的整定时间按线路最大送电方式下,重合于永久性故障的最佳时刻来计算。仿真结果表明按照最佳时刻整定重合闸时间对系统稳定是有利的。

## 参考文献:

- [1] 电力工业部安全检查及生产协调司. 电力系统规程合订本. 中国电力出版社,1997.
- [2] 王梅义,吴竞昌,蒙定中. 大电网系统技术. 中国电力出版社,1995.
- [3] 袁宇春,张保会等. 多机电力系统中重合闸最佳时刻的研究,第一部分 瞬时性故障最佳重合时刻的研究. 电力系统自动化,1998,(4).
- [4] 袁宇春,张保会等. 多机电力系统中重合闸最佳时刻的研究,第二部分 永久性故障最佳重合时刻的研究. 电力系统自动化,1998,(6).
- [5] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护规定汇编. 中国电力出版社,1997.
- [6] 葛耀中. 在单相自动重合闸过程中判别瞬时故障与永久故障的方法. 西安交通大学学报,1984,18(2).
- [7] Ge Yaozhong, Sui Fonghai, Xiao Yuan. Prediction Method for Preventing Single-phase Reclosing on Permanent Fault. IEEE Trans on Power Delivery, 1989, 4(1).
- [8] 葛耀中,肖原. 超高压输电线自适应三相重合闸. 电力自动化设备,1995,(2).

## Discussions for setting reclosing time of transmission lines

YUAN Yu-chun<sup>1</sup>, ZHANG Bao-hui<sup>2</sup>

(1. Zhejiang University, 310027 Hangzhou; 2. Xi'an Jiaotong University, 710049 Xi'an)

**Abstract:** Some discussions is made for setting reclosing time in power system. The conditions that fast reclosing must satisfy is analyzed. When the kinds of fault can be identified correctly, the reclosing time can be set respectively for instantaneous and permanent fault. If a system will lose stability at back swing, reclosing on a permanent fault at optimal time can keep the system stable.

**Keywords:** reclosing time; system stability