

最佳重合时间整定计算软件的实现

杨小煜¹,张保会¹,吴杏平²

(1. 西安交通大学电力工程系, 陕西 西安 710049; 2. 中国电力科学研究院, 北京 100085)

摘要: 能量函数描述了在最后一次网络操作后自治系统振荡的激烈程度, 不同时刻重合对应重合后系统的暂态能量也不一样, 最佳重合时间是使网络最后一次操作后系统暂态能量最小的时刻。基于多机系统暂态能量函数编制的最佳重合时间整定计算软件, 可以离线计算不同运行方式和故障条件下对应线路的最佳重合时间, 能够减轻从事继电保护整定计算人员计算重合时间的工作负担, 文章的研究为今后电力系统真正实现最佳重合闸做了一些工作。

关键词: 能量函数; 最佳重合时间; 软件实现;

中图分类号: TM744 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2000)04-0013-03

1 引言

自动重合闸装置在高压输电线上得到极其广泛的应用, 采用自动重合闸技术可以提高供电的可靠性和电力系统的稳定性, 有显著的经济效益。目前现场自动重合闸多数采用继电保护跳闸经固定延时启动断路器再次重合的方法, 并没有考虑什么时间重合对系统暂态稳定最为有利。对于瞬时性故障重合成功, 但可能造成由于再次重合冲击使系统摇摆幅度暂时增大, 对于永久性故障, 由于故障的再次冲击可能使系统失去同步。

基于多机系统暂态能量函数, 编制了最佳重合时间整定计算软件, 该软件包含了两方面的计算内容: 最佳重合时间计算和最佳重合时间效益计算, 它可以减轻从事继电保护整定计算人员计算重合时间的工作负担, 并且自动给出最佳时间重合后减少系统摇摆幅度或提高事故前传输功率的效益, 有较强的实用性。

2 最佳重合时间计算

暂态能量函数描述了在最后一次网络操作后自治系统振荡的激烈程度, 不同时刻重合对应重合后系统的暂态能量也不一样, 考虑有重合闸的网络操作时, 最佳重合时间条件可以表示为^[1,2]

$$\min \left\{ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n T_{ji} \tilde{e}_i^2 - \sum_{i=1}^n P_i (\theta_i - \theta_{is}) \right\}$$

$$\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n [C_{ij} (\cos \theta_{ij} - \cos \theta_{ijs})] + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n D_{ij} \frac{\theta_i + \theta_j}{\theta_{is} + \theta_{js}} \cos \theta_{ij} d(\theta_i + \theta_j) \quad (1)$$

上式中 θ_{is} 为网络最后一次操作后系统的稳定平衡点, θ_i, θ_j 对应于网络最后一次操作时刻的系统状态量; P_i, C_{ij}, D_{ij} 对应于网络最终的结构, 式中:

$$\theta_{ij} = \theta_i - \theta_j, \quad P_i = P_{mi} - E_i^2 G_{ii} \\ C_{ij} = E_i E_j B_{ij}, \quad D_{ij} = E_i E_j G_{ij} \quad (2)$$

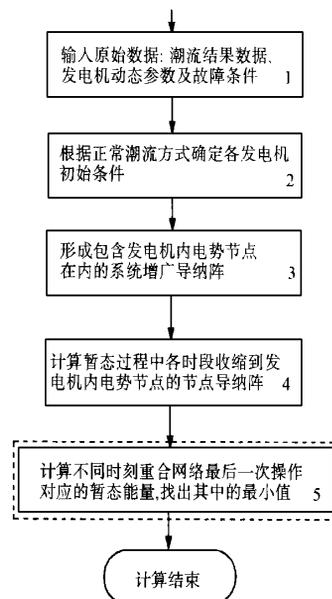


图1 暂态能量函数法最佳重合时间计算原理框图

图1是用能量函数方法计算最佳重合时间的程序原理框图。由正常运行时潮流计算结果计算得到各发电机初始内电势和功角(框1和2); 在潮流计算导纳阵的基础上形成包含发电机内电势节点在内

收稿日期: 1999-10-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(59677012)

作者简介: 杨小煜(1971-), 男, 硕士, 主要研究方向为电力系统稳定控制, 电网调度自动化。

的系统增广导纳阵,消去中间节点得到暂态过程中各时段收缩到发电机内电势节点的导纳阵(框3和4);数值积分采用的是改进欧拉法,计算不同时间重合网络最后一次操作后系统的状态量,进而得出网络最后一次操作后系统暂态能量,找出其中能量最小值对应的时刻即为瞬时(永久)性故障的最佳重合时间。

3 最佳重合时间效益计算

选择在最佳时间重合将显著提高重合后系统的暂态稳定水平,不需要增加任何系统设备投资即可获得比较明显的经济效益。最佳重合时间的效益计算包含两方面的内容:

- (1) 初始运行方式下发电机功角摆幅比较计算;
- (2) 改变运行方式,提高线路传输功率计算。

3.1 初始运行方式下发电机功角摆幅比较计算

功角摆幅比较计算是通过调用稳定计算的数值积分程序实现的,数值积分采用的是隐式梯形积分法。

在给定的初始运行方式下,依次进行非最佳时间重合和最佳时间重合条件下的稳定计算,比较两种情况下的发电机功角摇摆曲线,计算出最大摇摆角(即功角摆幅)。

3.2 改变运行方式提高线路传输功率计算

改变运行方式,调整发电机出力,使在最佳时间重合后的发电机功角摆幅与在初始运行方式下在非最佳时间重合后的发电机的功角摆幅相等,图2流程图说明了这一过程。

在调整潮流前首先要制定调整方案(框1),包括确定提高出力的发电机及每次提高发电机出力的份额,有时出于整个系统功率平衡的需要,还要考虑适当地减少一些发电机的出力(否则,增加的功率将全部由系统内的平衡机承担);接下来要保存潮流调整前的初始运行方式以及对应的非最佳时间重合和最佳时间重合时的稳定计算结果(框2),保存这些结果的目的是为了将来潮流调整结束后进行提高线路传输功率的计算;从框(3)开始进行改变发电机出力,自动调整潮流的计算,为改善收敛性,潮流计算采用最优乘子算法^[3](框4),当遇到计算不收敛时,退出自动调整过程(框5),在调整潮流时考虑了对潮流约束条件的处理(框6),主要包括以下几种约束条件:

- (1) 有功电源出力上下限约束;
- (2) 可调无功出力上下限约束;

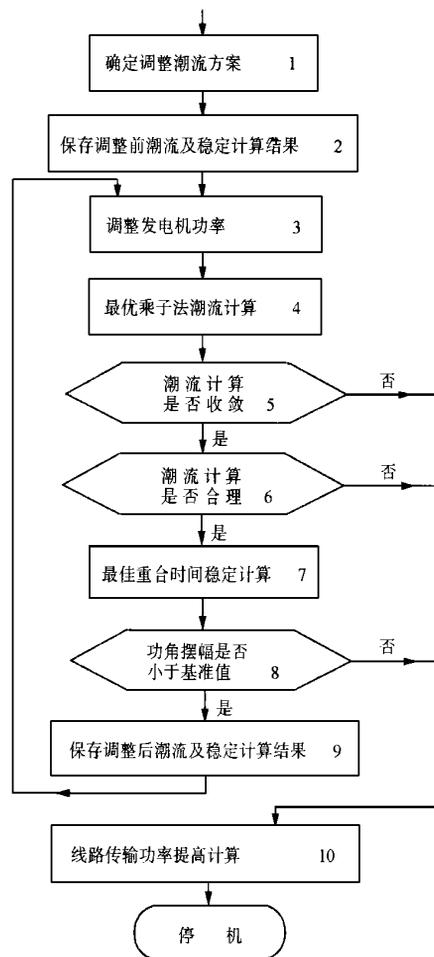


图2 计算提高线路传输功率的原理框图

- (3) 节点电压大小上下限约束;
- (4) 考虑热稳定时输电线路或变压器通过的最大电流约束。

以上约束条件有其中之一不满足,认为运行方式不合理,也将退出自动调整潮流过程,当潮流计算结果满足框5和框6的条件后,调用稳定计算程序进行最佳时间重合条件下的稳定计算(框7),当判别发电机的功角摆幅小于基准值(这里的基准值指初始运行方式下非最佳时间重合后发电机的功角摆幅)将保存调整后的潮流及稳定计算结果(框9),以后每次保存调整后的潮流及稳定计算结果时,都将刷新上一次的内容,当框8条件不满足(即发电机功角摆幅超过基准值)时,退出自动调整;在潮流调整结束后,进行提高线路传输功率的计算(框10)。

4 最佳重合时间计算算例

算例取自西北电力系统(46机230节点),西北电力系统的电网结构如图3所示。

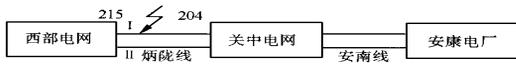


图3 西北电网主要接线形式图

选择西部电网和关中电网的联络线——炳陇回线首端发生三相短路做为计算故障条件,断路器切除故障的时间设定为0.1s。故障前的系统基本运行方式为西部电网向关中电网送电 500MW,安康电厂向关中电网送电 600MW。

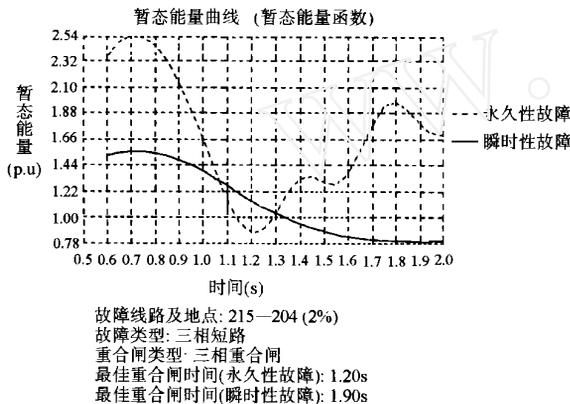


图4 暂态能量随不同重合时间的变化曲线

图4是用暂态能量函数方法计算最佳重合时间的计算结果,图中曲线代表的含义是不同时间重合网络最后一次操作后系统的暂态能量。图5给出了永久性故障在最佳时间重合时的效益计算结果,炳陇回线(215-204)故障前传输功率由249MW提高到277.6MW,增加功率28.6MW,考虑炳陇回线也将多送同样的功率,整个西部网将向关中网多送56MW,在相同的故障切除时间下,功角摆幅还减少了31度,足以说明采用最佳时间重合的效果。

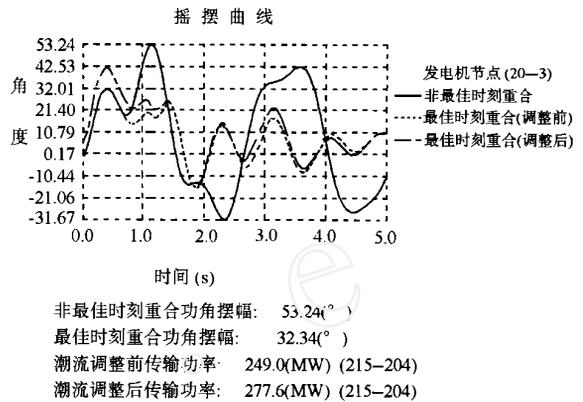


图5 最佳重合时间效益计算结果

5 结论

最佳重合时间对应于网络最后一次操作后系统暂态能量最小的时刻,基于多机系统暂态能量函数编制的最佳重合时间整定计算软件,可以离线计算不同运行方式和故障条件下对应线路的最佳重合时间,针对目前超高压线路自动重合闸大多采用的固定间歇时间后重合的办法,该软件的研制不仅可以减轻从事继电保护整定计算人员计算重合时间的工作负担,而且为今后电力系统真正实现最佳重合闸做了一些工作。

参考文献:

- [1] 袁宇春,张保会,钱国明.多机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,1998,22(4):16~18
- [2] 袁宇春,张保会,阎海山.多机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,1998,22(6):46~48
- [3] 诸骏伟.电力系统分析(上).水利电力出版社,1995,11.

The realization of setting software on optimal reclosure time

YANG Xiao-yu¹, ZHANG Bao-hui¹, WU Xing-ping²

(1. Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China; 2. China Electric Power Research Institute, Beijing 100085, China)

Abstract: The transient energy function describes the degree of an autonomous system's swing after the last network's operation. When reclosing at different time, the transient energy after reclosing is different. The optimal reclosure time is the time when the transient energy is the smallest after the last network's operation. Program using transient energy function to calculate optimal reclosure time is worked out, which can off-line calculate transmission line's optimal reclosure time at different running modes of system and conditions of fault. The setting software on optimal reclosure time may relieve the burden of operators who undertake protective relaying setting calculation of calculating reclosure time, and the research is useful for realizing optimal reclosure genuinely in power system in the future.

Key words: transient energy function; optimal reclosure time; software's realization