

继电保护整定计算中运行方式的选择方法

杨洋^{1,3},王慧芳²,时洪禹⁴

(1. 华北电力大学,河北 保定 071003; 2. 浙江大学电气工程学院,浙江 杭州 310027;

3. 江西工业工程职业技术学院,江西 萍乡 337055; 4. 河北西柏坡发电责任有限公司,河北 石家庄 050400)

摘要: 整定计算软件中运行方式的选择存在着全面性和合理性的困难。提出了把整定计算中的运行方式分解为厂站大小方式、供电方式和检修规则三者的组合的分解方法。以计算最小助增系数时运行方式的选择为例介绍了厂站方式、供电方式和检修规则的选择方法和理论依据。最后以复杂环网结构实例分析说明了这种分解方法能缩小运行方式的选择范围并保证选择合理,便于计算机编程实现,从而有效减少故障计算的次数和提高整定计算结果的正确性。

关键词: 继电保护; 整定计算; 运行方式; 助增系数

中图分类号: TM77 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)20-0001-04

0 引言

正确计算继电保护定值,才能使继电保护正确动作并充分发挥其技术性能^[1]。整定计算时,不同原理的继电保护都要求在各种运行方式下能满足选择性和灵敏性的要求^[2],因此要分析与选择哪种运行方式作为计算依据。电网在实际运行中其运行方式是多样的,每一个保护的极大最小运行方式是不同的,而且整定计算中计算各故障电气量时采用的运行方式通常会比实际运行方式还要极端些,如检修部分元件^[3]。所以运行方式的选择是整定计算中的一个难点^[4],存在全面性和合理性的困难。

本文提出把整定计算用的运行方式分解为厂站大小方式、供电方式和检修规则三者的组合,可以合理缩小运行方式的选择范围。

1 运行方式的分解

通过对实际电网运行方式和整定计算中采用的计算运行方式研究,发现整定计算用的运行方式可以分解为厂站大小方式、电网供电方式和设备检修规律三者的组合。

厂站大小方式是指发电厂或变电所内部设备的极大/最小运行方式,而不需考虑进线/出线的运行情况。设置厂站大方式通常是把厂站的所有设备都投运,外接的等值电源选择大方式运行、变压器中性点的接地方式也按最大选择,如两台主变只能有一台接地,则选择零序阻抗小的接地。相反,设置厂站小方式是把厂站的部分设备进行停运,如两台主变,则把容量大的一台停运,外接的等值电源选择小

方式运行,若有小电源则停运,变压器中性点接地方式选最小的,如两台并列运行的主变选择零序阻抗大的一台接地。

电网供电方式是指电网中的输电线路的运行情况,而不需考虑厂站内部设备的运行情况。因此电网的供电方式没有大/小之分,这对于合理缩小运行方式非常关键。对于环网运行的电网,供电方式表现为哪些线路停用;对于分区运行的电网,供电方式表现为哪个上级(高电压等级)厂站给哪些下级(低电压等级)厂站供电,因为分区运行的电网一般是开环运行的,即某个厂站某一时刻只由一个上级厂站供电,由不同的上级电站供电即为不同的供电方式。

厂站大小方式与电网供电方式的组合即可构成实际电网的各种运行方式,但由于整定计算中要用的电气量通常是在极端方式下计算得到的,所以还需在常见的运行方式下再检修掉部分设备。这种检修是有一定规则的,比如有多条相邻线路时可以轮流检修一回线路,平行双回线检修一回等。

把计算用的运行方式分解成以上三类后,不仅概念清晰,增强了计算方式的可信度,而且能缩小计算方式的选择范围。下面将以计算最小助增系数为例说明运行方式的选择。

2 计算最小助增系数时运行方式的选择分析

进行距离保护配合整定时要用到助增系数。助增系数的定义是流过配合线路的电流与流过整定线路的电流之比,用 K_z 表示。在图 1 所示的网络结构

中,保护 A 与保护 B 配合时, $K_z = I_{bc} / I_{ab}$ 。当整定线路与配合线路间仅有助增电源 E_b 时, $K_z > 1$; 当仅有外吸分支 (图 1 中的平行线) 时, $K_z < 1$; 两者都没有时, $K_z = 1$; 两者都有时, K_z 不能确定。

供电方式的选择是与该整定设备和配合设备相关的所有供电方式。下面主要分析厂站方式和检修规律的选择方法。

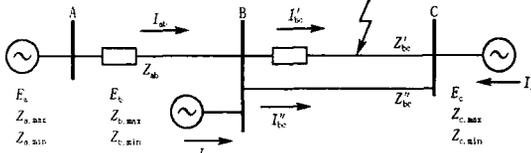


图 1 助增系数计算图示

Fig 1 Sketch map of Kz calculation

2.1 非环网结构的厂站方式选择

图 1 所示的电网结构包含了既有助增又有外吸分支的情况,等值系统 A、B、C 为给各站供电的所有线路的等值,因此有最小、最大运行方式 (小方式为检修部分供电线路),且 A、B、C 三等值系统之间没有构成环网。设备等值阻抗参数分别为 X_a 、 X_b 、 X_c , 配合线路与外吸分支线路阻抗参数不一致,分别为 X_{bc} 和 X_{bc} , 整定线路阻抗为 X_{ab} , 故障位置为配合线路 $x\%$ 处。则有以下公式成立:

$$\begin{cases} I_{ab} + I_b = I_{bc} + I_{bc} \\ I_{ab} \cdot (X_a + X_{ab}) = I_b \cdot X_b \\ I_{bc} \cdot X_{bc} + (I_{bc} + I_c) \cdot (1 - x\%) X_{bc} = I_{bc} \cdot x\% X_{bc} \\ I_c \cdot X_c = I_b \cdot X_b + I_{bc} \cdot X_{bc} \end{cases}$$

由此可得:

$$K_z = \frac{I_{bc}}{I_{ab}} = \frac{1 + \frac{(X_a + X_{ab})}{X_b} + \frac{(X_a + X_{ab})}{X_c} \cdot \frac{(1 - x\%) \cdot X_{bc}}{X_m}}{1 + \frac{x\% \cdot X_{bc}}{X_m}} \quad (1)$$

其中: $X_m = X_{bc} + (1 - x\%) \cdot X_{bc} + (1 - x\%) \cdot X_{bc} \cdot X_{bc} / X_c$, 与 X_a 、 X_b 无关。

对 K_z 分别进行求 X_a 、 X_b 、 X_c 、 $x\%$ 的偏导, 得到:

$$\frac{\partial K_z}{\partial X_a} > 0; \frac{\partial K_z}{\partial X_b} < 0; \frac{\partial K_z}{\partial X_c} < 0; \frac{\partial K_z}{\partial x\%} < 0$$

由此可知, K_z 对于变量 X_a 为增函数, 对于变量 X_b 、 X_c 、 $x\%$ 为减函数。要计算最小助增系数, 应选择 A 系统为最大运行方式, 即取 $X_{a \max}$; B 系统为最小运行方式, 即取 $X_{b \min}$; C 系统为最小运行方式, 即取 $X_{c \min}$; 故障位置越靠近配合线路末端, 助增系数越

小。但若配合线路没有平行线构成环网, 助增系数的取值将与系统 C 的阻抗大小以及故障位置无关。

由以上理论分析可知, 计算最小助增系数时应考虑整定线路首端等值系统采用大方式运行, 即不仅首端该厂站为大方式运行, 给它供电的其它厂站也大方式运行; 整定线路末端和配合线路末端等值系统采用小方式运行 (配合线路有环网时), 即不仅这两个末端厂站小方式运行, 给它俩供电的相关厂站也小方式运行。

2.2 环网结构的厂站方式选择

复杂的环网结构很难一一罗列, 常见的环网结构有以下三种: 整定线路构成环网、配合线路构成环网、整定线路与配合线路构成环网^[5]。

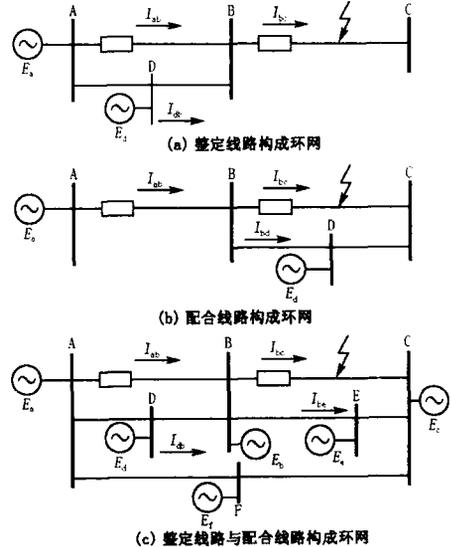


图 2 助增系数计算时的环网网络结构

Fig 2 Annular network structure of Kz calculation

1) 整定线路构成环网的情况, 如图 2 (a) 所示。根据该网络图列出电路方程组并消元后, 得到保护 A 与保护 B 间的助增系数 K_z 有:

$$K_z = \frac{I_{bc}}{I_{ab}} = 1 + \frac{X_{ab} (1 + \frac{X_d + X_a}{X_{ad}}) + X_a}{X_{db} (1 + \frac{X_d + X_a}{X_{ad}}) + X_d}$$

其中: X_{ab} 、 X_{db} 、 X_{ad} 分别为 AB、DB、AD 线路的阻抗, X_a 、 X_d 为厂站 A、D 的等值系统阻抗, 所有阻抗值均大于 0。

对 K_z 分别进行求 X_a 、 X_d 的偏导, 得到:

$$\frac{\partial K_z}{\partial X_a} > 0; \frac{\partial K_z}{\partial X_d} < 0$$

由此可知, K_z 对于变量 X_a 为增函数, 对于变量 X_d 为减函数。为取得最小助增系数, X_d 应取最小,

而 X_d 应取最大。

2) 配合线路构成环网的情况,如图 2 (b)所示。

由 2.1 分析得出, K_z 最小时, B、C 系统应取小方式,而 D 系统介于这两者之间构成环网,所以也应取小方式。理论计算结果可以证明这一点。

3) 整定线路与配合线路构成环网的情况,如图 2 (c)所示。

为计算方便,假设故障在配合线路末端,则助增系数 K_z 与系统 C 无关。根据该网络图列出电路方程组并消元后,得到保护 A 与保护 B 间的助增系数 K_z :

$$K_z = \frac{I_{bc}}{I_{ab}} = 1 + \frac{X_a - (X_a + X_{ad} + X_d) \left(1 + \frac{X_{ab}}{X_a}\right) - \frac{X_d}{X_{dc}} (X_{ab} + X_{bc} + X_{ad} + \frac{X_{ad}X_{ab}}{X_a})}{\frac{X_{bc}X_d}{X_{dc}} - \frac{X_bX_{ad}X_d}{X_aX_{dc}} - \frac{X_b}{X_a} (X_a + X_{ad} + X_d)}$$

其中: $X_{ab}, X_{dc}, X_{ad}, X_{bc}$ 分别为 AB、DC、AD、BC 线路的阻抗, X_a, X_d 为厂站 A、D 的等值系统阻抗,所有阻抗值均大于 0。

对 K_z 进行求 X_d 的偏导,得到:

$$\frac{\partial K_z}{\partial X_d} < 0$$

由此可知, K_z 对于变量 X_d 为增函数。为取得最小助增系数, X_d 应取最小,即系统 D 应取大方式。

2.3 检修规则的选择

对于非环网结构的电网,其检修规律简单:检修与整定线路末端母线连接的出线;若配合线路有平行线时还需检修与配合线路末端母线连接的出线。原因是检修出线能使该两母线上的等值电源方式更小。

对于环网结构,其检修规则如下:

1) 整定线路构成环网的情况,如图 2 (a)所示。

整定线路环网的存在,使流过整定线路的电流小于流过故障线路的电流,即使得助增系数大于 1。为实现最小分支系数,只有检修掉线路 DB,此时分支系数为最小等于 1。这种情况的检修规则是:轮流检修整定线路末端母线连接的线路。

2) 配合线路构成环网的情况,如图 2 (b)所示。

配合线路环网的存在,使得助增系数大于 1 或小于 1 不确定^[5]。当流过 BD 线路的电流如图所示的方向时(即 B 流向 D),助增系数小于 1,所以不应

该检修 BD 线路;若流过 BD 线路的电流与如图所示的方向相反时(即 D 流向 B),助增系数大于 1,应检修掉 BD 线路。因此应根据 BD 线路电流的流向检修或保留该线路。这种情况的检修规则是:不检修及轮流检修整定线路末端母线连接的线路。

3) 整定线路与配合线路构成环网的情况,如图 2 (c)所示。

该环网的存在,对助增系数的影响与整定线路和配合线路间有没有助增电源有关。若助增电源不存在,环网的存在不影响助增系数等于 1 的情况;若存在助增电源,该环网的存在会影响助增系数的大小,取得最小助增系数的方式是配合线路靠近末端故障,保护相继动作的情况,此时,系统 C 和系统 D 将向系统 A 供电,相当于增大了整定线路首端的运行方式。若不考虑相继动作,检修 DC 线路能使助增系数最小。这种情况的检修规则是:检修故障线路末端母线连接的线路以及配合线路末端故障相继跳闸。

总结以上分析,计算最小助增系数时的检修规则是:整定线路末端母线连接的元件不检修及轮流检修一回,故障线路末端母线连接的元件轮断一回以及配合线路末端故障相继跳闸。

2.4 实例分析

如图 3 所示的环网,为前面分析的三种环网结构同时并存的复杂环网。供电方式为与 AB、BC 线路相关的所有供电方式。当选择某种供电方式时,厂站方式和检修规律的组合如表 1 所示,即进行 6 次故障分析就可得出该供电方式下的最小助增系

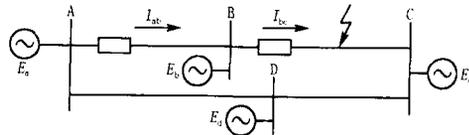


图 3 助增系数计算时的复杂环网网络结构

Fig 3 Complicated annular network structure of K_z calculation

表 1 厂站方式和检修规律的组合

Fig 1 Combination of plant/station running mode and equipment maintenance rule

序号	检修设备	厂站方式					
		A站	B站	C站	D站	E站	F站
1	不检修	大	小	小	小	小	大
2	检修 BD 线	大	小	小	大	小	大
3	检修 BE 线	大	小	大	小	大	大
4	检修 CE 线	大	小	大	小	小	大
5	检修 CF 线	大	小	小	小	小	大
6	相继跳闸	大	小	小	小	小	小

数。若用排列组合方式,共有 6×2^6 种组合模式,即要进行 384 次故障计算才能计算出该供电方式下的最小助增系数。由此可见,计算方式的这种分解方法能减少故障计算的次数和提高整定计算结果的正确性。

3 结论

1)把整定计算中的运行方式分解为厂站大小方式、供电方式和检修规则三者的组合后,能有效缩小计算方式的选择范围且保证选择合理,并便于计算机编程实现。

2)分析了计算最小助增系数时运行方式的选择方法,并以复杂的环网结构为例验证了该分解方法的有效性。

参考文献:

- [1] 王广学,俸玲,李晓娟. 电力系统输电线路接地距离保护整定计算研究 [J]. 电网技术, 2002, 25 (2): 29-53.
WANG Guang-xue, FENGLing, LIXiao-juan Research on Setting Calculation of Grounding Distance Protection of Transmission Line [J]. Power System Technology, 2002, 25 (2): 29-53.
- [2] 贺家李,宋从矩. 电力系统继电保护原理 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1999.
HE Jia-li, SONG Cong-ju Principle of Power System Relay Protection [M]. Beijing: China Electric Power Press,

- 1999.
- [3] 曹国臣. 继电保护整定计算中故障计算的通用方法 [J]. 电网技术, 2002, 26 (12): 24-29.
CAO Guo-chen A Versatile Method to Calculate Faults for Protective Relaying Setting [J]. Power System Technology, 2002, 26 (12): 24-29.
- [4] 朱浩骏,蔡泽祥,侯汝峰,等. 面向对象的图形化地区电网继电保护整定软件研究 [J]. 电网技术, 2004, 28 (22): 20-25.
ZHU Hao-jun, CAI Ze-xiang, HOU Ru-feng, et al Research on Object-oriented and Graph Based Protective Relaying Setting Software for District Power Network [J]. Power System Technology, 2004, 28 (22): 20-25.
- [5] 程小平. 配合系数与网络结构关系的研究 [J]. 电力系统自动化, 2000, 24 (9): 52-55.
CHENG Xiao-ping Study on Relation Between Network Topology and Cooperation Coefficient [J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24 (9): 52-55.

收稿日期: 2006-06-22; 修回日期: 2006-07-09

作者简介:

杨洋 (1971 -),男,工程硕士,副教授,主要从事电力系统自动化技术研究; E-mail: jpxxy@126.com

王慧芳 (1974 -),女,博士,讲师,主要从事电力系统继电保护研究;

时洪禹 (1973 -),男,工程师,从事电力系统继电保护研究。

Setup and choice method for operating mode in protection setting calculation software

YANG Yang^{1,3}, WANG Hui-fang², SHI Hong-yu⁴

(1. North China Electric Power University, Baoding 071003, China;

2. College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China;

3. Jiangxi Industry Engineering Vocational Technical College, Pingxiang 337055, China;

4. Hebei Xibaipo Generation Co., Ltd, Shijiazhuang 050400, China)

Abstract: There are problems about amount and rationality in setup and choice of operating mode of setting calculation software. The new idea of taking operating mode as the combination of running mode of plant or station, power supply topological and rules of equipment maintenance is put forward, which is more believable because of combining user setting with computer auto setting. How to select the running modes of plant or station, power supply topological and rules of equipment maintenance are analyzed, taking minimum calculation of sideline current addition coefficient as an example. The results show that this method can reduce the range of choice and ensure a reasonable result, so it can reduce the time of fault analysis and improve the correction of relay setting.

Key words: relay protection; setting calculation; operating mode; sideline current addition coefficient