

线路零序电流保护计算机整定中运行方式的选择

刘敏¹,石东源¹,柳焕章²,刘天斌²

(1. 华中理工大学电力工程系, 湖北 武汉 430074; 2. 华中电力集团公司继电保护科, 湖北 武汉 430074)

摘要:合理快速地选择运行方式是继电保护整定当中非常重要的环节,传统的选择方法只考虑极少的运行方式使得定值存在一定的不合理性。文中提出了一种有效的判据,大大缩小了参与方式组合的元件范围,使方式组合更加快速和准确。同时,文章还介绍了基于该思路的计算机进行零序电流保护运行方式组合的一般步骤。

关键词: 继电保护; 整定计算; 运行方式; 紧邻度

中图分类号: TM773 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2000)03-0015-03

1 引言

继电保护装置是电力系统能够正常运行的重要保障,而正确的整定计算则是继电保护装置可靠运行的关键。在电力系统当中继电器的整定值一旦确定下来后不宜频繁更动,所以该定值需要能够适应系统的各种运行方式。因此要得到正确的整定值必须考虑系统中各种可能的运行方式并求得在该运行方式下的相应的计算量。但是由于当今大系统具有大量元件,使得可能的运行方式数目巨大,要得到所求的运行方式十分困难,在实际系统当中往往是将运行方式的求取过程加以简化。

零序电流保护是一种重要的接地短路保护。在其整定过程当中,不仅零序电流保护受电力系统运行方式变化的影响较大,而且需要计算最大零序电流、最小零序电流、三相非同期合闸最大零序电流以及最大分支系数等各量,求取这些量的特点各不相同使得针对它们进行的方式组合也必须区别考虑。所以,零序电流保护运行方式的确定是继电保护整定当中比较困难的环节。

以往,由于保护定值的计算主要依靠人工并辅以专用计算工具的方式进行,其计算量大,计算时间长,无法满足生产的需要。特别在运行方式的选择上,当网络结构复杂时,人们凭直观的网络分析能力穷举所有可能的方式组合的工作量极大,而且往往还有些运行方式没有找出来,在实际工程中,整定人员只计算少数一二种有代表性的运行方式而不考虑所有可能的运行方式^[1],因而使得到的定值过于保

守,不能充分发挥继电保护装置的性能。

但是,如果将继电保护整定的工作交给计算机去完成,充分利用计算机高速的计算能力,就会大大提高整定的效率。特别在运行方式方面,合理地编制程序后计算机会把可能满足计算要求的运行方式全部组合出来,并从中挑选出所需的方式。

虽然利用计算机的高速运算能力可以进行大规模的运行方式组合,但是在整定一条线路时若考虑网络所有元件运行状态的变化及其组合,则需要计算的运行方式的数目将是惊人的,即使使用计算机进行整定在计算时间上也不可接受。在实际整定当中,整定人员根据经验知道距离故障点远的网络元件的变更对故障电流的影响往往是很小的,因此在实际生产中没有必要将所有的元件都考虑进来进行方式组合。另一方面,部颁继电保护运行整定规程规定^[2],"整定计算应以常见的运行方式为依据。所谓常见运行方式,是指正常运行方式和被保护设备相邻近的一回线或一个元件检修的正常检修方式,对特殊运行方式,可按专用运行规程或依据当时实际情况临时处理"。整定人员都是按规程进行整定的。但是在电网中仅考虑整定保护相邻线路的 $N-1$ 回流断开得到的定值往往过于保守,因为系统中只停一个元件的事件几乎没有,尤其发电机非计划停运及随机事件较多,以及没有纳入计划的中性点接地的变压器随机停运也较多。综合以上两方面因素,如果运行方式的组合考虑全网的所有元件参与组合过于繁琐和复杂,但若是仅仅考虑相邻线路的轮断又过于简单,得到的定值不可靠。为解决这一矛盾,不妨找到一个适当大小的元件范围,在该元件范围内的元件的变更对故障点的故障电流有着重要的影响,而在此范围之外的元件的变更对故障元件的影响较小,最后只考虑对该范围内的发电机、变

收稿日期: 1999-08-31; 改回日期: 1999-09-20

作者简介: 刘敏(1975-),男,硕士,主要研究方向为电力系统继电保护。

电站等网络元件参与方式组合,这样就缩小了进行运行方式组合的元件数目而又使方式组合不失代表性。于是,选择运行方式的问题关键就在于确定一个判据,再根据这个判据确定所需的元件范围。

因此,基于运行方式对继电保护的重要性和求取运行方式的困难性的矛盾,本文就正确、快速地决定系统的运行方式的方法进行了探讨,提出了新的思路,给出了相应的判据并且介绍了在该思路下的选取运行方式的一般步骤。

2 紧邻节点的提出

从上述思路出发,定义一种表示节点间相互电气上接近程度的量,称之为紧邻度,符合以紧邻度为标准的节点的集合称之为紧邻节点集。将节点间的紧邻度作为确定参与运行方式组合元件范围的依据,即认为只有落入紧邻节点集的节点上的元件的变更对短路电流的影响才是最主要的,其它节点上的元件的变化可以不予考虑,也即不参与方式组合。

在系统当中,厂、站的运行方式变化主要反映在其节点等效对地阻抗的变化上。因此,只需改变 J 节点的等效对地阻抗 C_{ji} ,就能较好地模拟厂站运行方式的变化。当改变厂、站的运行方式,即当 J 节点等效对地阻抗变化为 $p \times C_{ji}$ 时,故障点的自阻抗变化为 $\text{Re } l_{kj} \times Z_{kk}$ 。因为故障点的故障电流的大小受自阻抗的影响很大,所以自阻抗的变化倍数 $\text{Re } l_{kj}$ 能够较好地反映 J 点运行方式变化对 K 点故障电流的影响, $\text{Re } l_{kj}$ 也就是紧邻度。下面给出紧邻度的简单推导:

先定义几个概念:

故障支路——发生故障的线路

故障节点——故障支路两端节点

故障紧邻元件——与故障节点直接相连的非故障元件

故障紧邻节点——故障紧邻元件非故障节点

以厂、站为节点,线路为支路,每个厂、站预定义最大、最小运行方式。保留故障节点 K 和厂、站节点 J ,将网络进行等值,等值网络如图 1 所示。其中各参数的意义如下:

C_{kj} ——反应 $K-J$ 间电气距离的等效阻抗;

C_{kk} ——故障点等效对地阻抗;

C_{ji} —— J 节点等效对地阻抗。

且节点阻抗矩阵元素 Z_{kk} 、 Z_{kj} 、 Z_{ji} 和 C_{kk} 、 C_{kj} 、 C_{ji} 有关如下:

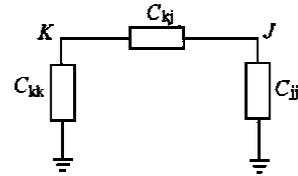


图 1

$$Z_{kk} = C_{kk} (C_{kj} + C_{ji}) \quad (1)$$

$$Z_{kj} = C_{kk} \times C_{ji} / (C_{kk} + C_{kj} + C_{ji}) \quad (2)$$

$$Z_{ji} = C_{ji} (C_{kj} + C_{kk}) \quad (3)$$

当厂、站运行方式发生变化,即节点 J 的等效对地阻抗 C_{ji} 变化 p 倍时故障点自阻抗 Z_{kk} 变化了 $\text{Re } l_{kj}$ 倍,则有:

$$\text{Re } l_{kj} \times Z_{kk} = C_{kk} (C_{kj} + p \times C_{ji}) / (C_{kk} + C_{kj} + p \times C_{ji})$$

$$\text{Re } l_{kj} = \frac{C_{kk} + C_{kj} + C_{ji}}{C_{kk} + C_{kj} + p \times C_{ji}} \times \frac{C_{kj} + p \times C_{ji}}{C_{kj} + C_{ji}} \quad (4)$$

将(1)、(2)、(3)经过变换后代入(4)得:

$$\text{Re } l_{kj} = \frac{(Z_{kk} - Z_{kj}) / (Z_{ji} - Z_{kj}) + Z_{kk} / Z_{kj}}{(Z_{kk} - Z_{kj}) / (Z_{ji} - Z_{kj}) + Z_{kk} / Z_{kj} - 1 + p} \times \frac{Z_{kk} / Z_{kj} - 1 + p}{Z_{kk} / Z_{kj}} \quad (5)$$

得到的(5)式就是 J 点对 K 点的紧邻度。不妨规定 $p = 10$,当 $0.9 < q < 1.1$ ($q = \text{Re } l_{kj}$) 时说明 K 点的自阻抗变化较小,短路电流变化不大,判定 J 点对 K 点的影响很小,也即不进入紧邻节点集;反之则进入紧邻元件集。

上述判据算法简单,只需利用原始网络的阻抗矩阵的相关元素。但是在实际应用当中还应注意以下几点:

两节点间的相互紧邻度互不相等,即 J 对 K 的紧邻度不等于 K 对 J 的紧邻度;

整定保护所在端母线的相邻节点无论计算结果如何,必须进入紧邻节点集;

根据紧邻度计算结果,按预先设定的紧邻度范围确定进入紧邻节点集的节点,紧邻度范围的大小与具体的网络结构和电压等级有关。对具体的线路,其值可在实际运行中不断优化;

若紧邻节点集已含电源节点,则该点的电源亦作为一个元件,参与组合运行方式。若原紧邻集不含电源节点,可将紧邻度范围扩大,以接纳电源节点入集,若仍无入集电源节点,则仍采用未扩大紧邻度范围前的紧邻集,而电源的变化将不予考虑;

进入紧邻节点集的节点数不超过故障点连接支路数的 3~4 倍,例如故障点的接线数为 3,则

紧邻节点集节点数以10个左右为宜。如果节点数超过10个,则缩小紧邻度范围以使只有10个点进入紧邻节点集。

3 运行方式选择的实现

3.1 运行方式选择的步骤及主要内容

参与方式组合的是网络元件而不是网络节点,所以还要在确定了紧邻节点集的基础上进一步确定紧邻元件集,紧邻元件集是即将进行方式组合的元件的集合。

在确定了紧邻节点集的基础上,将各节点上的所有元件选入紧邻元件集,形成原始紧邻元件集。但是,在实际系统运行当中对某些网络元件有其特别的规定,主要分为两类:一类是某些元件在运行当中很重要,不允许停运,如两个系统间的联络线。另一类是某些元件停运时要求伴随着其它元件的停投。为此需要事先建立一个元件约束条件库,再根据元件约束条件库针对以上两种情况对原始紧邻元件集进行修正。如果有原始紧邻元件集中的元件进入元件约束条件库,则需要对原始紧邻元件集进行修正。对于第一类情况需要对紧邻元件集进行删除操作;对于第二类情况还需要先进行判断,如果伴随元件是原始紧邻元件集外的元件,则对原始紧邻元件集进行添加新元件的操作,并且由于新增元件是伴随出现的,所以还需以并列方式表达其逻辑关系。如果伴随元件已经是原始元件集中的元件,则仅需要进一步表达其逻辑关系。

为求得零序电流保护整定需要的各量,需要在确定了目的紧邻元件集的基础上进一步对各元件进行方式组合。因此,需要建立一个运行方式组合库对目的紧邻元件集的各个元件在各种目标约束条件下进行各种可能的组合进而形成各种运行方式。

运行方式组合库主要包括以下几方面的内容:

该库能够在各种目标约束条件下实现对紧邻元件的组合,形成所有可能的运行方式。

对不同的系统,由于其网络规模、结构等差异产生了对可以停运的元件数目的不同要求。与此相对应,运行方式组合库对系统整体和各个节点在线路和其它元件停运数目上分别做了规定。例如对于一个系统中的各个节点,由于其所接元件数目的多少,节点所处位置的不同,以及所接元件类型的不同,使得不同的节点允许停运的元件数目也互不相同。

厂、站以运行部门规定的最大、最小运行方

式参与组合而不用具体到各个机组和变压器的停投。

对于不同的计算量,该库还能强制规定某些参与组合元件的状态。例如在计算最大零序电流时,它会规定保护背侧的发电厂处于最大运行方式,而不用参与组合。

3.2 运行方式选择数据流程

在紧邻度判据的帮助下,以及元件约束条件库和组合方式库的共同作用下,得到继电保护整定运行方式的数据流动如图2所示。

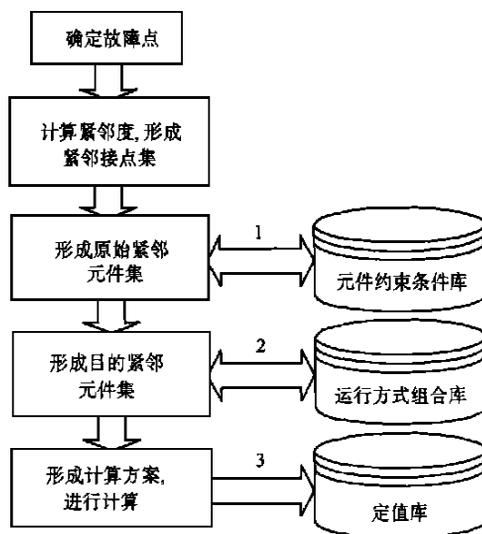


图2 运行方式计算步骤

图2中数据流1、2、3的含义如下:

程序将原始紧邻元件集的各个元件信息传送到元件约束条件库中,元件约束条件库在进行搜索后将系统对各个元件的运行限制附加在原始紧邻元件中。

程序将目的紧邻元件集的各个元件信息以及所要进行计算的计算量传送到运行方式组合库中,运行方式组合库根据系统规定的针对线路、变压器等元件的约束条件并结合所要计算的量,对各个元件进行组合,形成一系列的计算方式。

程序在对各种运行方式进行计算后,将前若干个计算结果以及相对应的系统运行方式存放到底值库中,并提交用户审查。

4 结论

本文对线路零序电流保护整定计算过程中极其繁琐的运行方式选择作了较为详细的研究。通过利用计算机的高速计算能力以及模拟厂站运行方式的变化得到了对整定保护所在节点有(下转第25页)

$$\begin{aligned}
 (1) \quad & \frac{a^2 - 1}{a - a^2} = \frac{(a+1)(a-1)}{a(1-a)} = -\frac{(a+1)(a-1)}{a(a-1)} = \\
 & -\frac{a+1}{a} = \frac{a^2}{a} = a; \quad (2) \quad \frac{1-a}{a-a^2} = \frac{1-a}{a(1-a)} = \frac{1}{a} = \\
 & \frac{a^3}{a} = a^2; \quad (3) \quad (a-a^2)(a^2-a) = -(a^2-a)(a^2 \\
 & -a) = -(a^2-a)^2 = -a^2(a-1)^2 = -a^2(a^2-2a \\
 & +1) = -(a^4-2a^3+a^2) = -(a-2+a^2) = -(1+a \\
 & +a^2-3) = -(-3) = 3; \quad (4) \quad (a-a^2)(1-a) \\
 & = a(1-a)(1-a) = a(1-2a+a^2) = (a-2a^2+a^3) \\
 & = (a-2a^2+1) = (1+a+a^2-3a^2) = -3a^2; \\
 (5) \quad & (a-a^2)(a^2-1) = a(1-a)(a+1)(a-1) = \\
 & -a(a-1)^2(a+1) = -a(a+1)(1-2a+a^2) = \\
 & -(a^2+a)(1-2a+a^2) = (1-2a+a^2)(a^2+a \\
 & +1-3a) = -3a
 \end{aligned}$$

若将运算符号“a”的值直接参加计算,即将 $a = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} = e^{j120^\circ}$, $a^2 = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} = e^{j240^\circ}$ 的值直接代入上述的计算式进行运算就显得更加突出的复杂性、且稍有一步不慎就会全盘出错。

5 结论

如果我们能对图2所示运算符号“a”的有关特性图和表1、2所示的共轭复数和两个复数的四则运算结果表能够熟练的掌握、灵活的运算,对电力系统所发生的各种类型的简单或复杂的故障计算,特别是不平衡谐波对各种继电保护装置中所用的互感器及各种类型对称分量滤过器的影响分析,均能简捷、准确、可靠地进行运算。

Analysis on the calculation performance of calculation symbol “a”

LI Zhong-ming

(Central Dispatch Institute of Ningxia Power Bureau, Yinchuan 750001, China)

Abstract: Using the fundamental calculation of well-known complex and phasor diagram and the symmetric component method of three phase system to derive the relative characteristics of the calculation symbol “a”. The characteristics are used to analyze and calculate all kinds of faults in power system. It provides a quick and accurate method for the correct selection of system wiring scheme and setting calculation of relaying protection.

Keywords: calculation; complex; symmetric component; phasor diagram; calculation symbol “a”

(上接第17页) 重要影响的节点范围,并在此有效范围内进行运行方式组合,得到更全面、更准确的运行方式。与此相对应,本文还提出了在计算机整定中实现运行方式选择的具体计算步骤,使得运用计算机进行运行方式选择得以实现,大大提高了整定效率和整定精度。

参考文献:

- [1] 陈永琳. 电力系统继电保护的计算机整定计算. 北京: 水利电力出版社, 1994.
- [2] 国家电力调度中心. 电力系统继电保护规定汇编. 北京: 中国电力出版社, 1997.

The decision of operating mode in setting of zero sequence current relay of line aided by computer

LIU Min¹, SHI Dong-yuan¹, LIU Huan-zhang², LIU Tian-bin²

(1. HuaZhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2. Central China Power Group, Wuhan 430074, China)

Abstract: How to decide power system's operating mode reasonably and quickly is the very important step in the setting of relay. The traditional ways always consider seldom operating mode so that they make the settings much unreasonable. This paper introduces an efficient criterion to lessen the numbers of components which to join operating to get operating modes more quickly and accurately. And this paper describes the general steps of deciding operating modes based on the given method in setting of zero sequence current relay aided by computer.

Keywords: relay protection; setting; operating mode