

零序功率选线方法的研究

薛颢¹, 王自强²

(1. 兰州石化公司动力厂电气部, 甘肃 兰州 730060; 2. 开封供电公司, 河南 开封 475000)

摘要: 针对自动跟踪消弧线圈接地系统, 分析了采用零序有功功率最大原理的选线方法选线错误的原因。再从基本理论出发, 阐述了故障回路是正常回路零序能量的提供方, 在此基础上提出了一种能够检测采样误差的、基于零序功率差值最小原理的选线方案。并用 Matlab 软件中的电力系统仿真模块 (SimPowerSystems) 仿真验证了新方案的正确性。

关键词: 小电流接地系统; 零序功率; 单相接地故障; 选线; Matlab

Method of fault line selection based on zero sequence power

XUE Hao¹, WANG Zi-qiang²

(1. PetroChina Lanzhou Petrochemical Co., Lanzhou 730060, China;

2. Henan Kaifeng Power Supply Company, Kaifeng 475000, China)

Abstract: To autotracking arc-suppression-coil-earth system, the influence quantity which made fault line selection based on zero sequence active power error are analyzed. With the basic principle of symmetrical-component, this paper expatiates on zero sequence energy consumption of good line is supplied by the fault line, and a fault line selection method which can detect sampling error and is based on the minimum principle of zero sequence power D-value is offered. Meantime, with the help of Matlab, the feasibility of the model is verified.

Key words: neutral indirectly grounding system; zero sequence power; single phase grounding fault; fault line selecting; Matlab

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2008)06-0008-03

0 引言

在我国, 中压系统广泛采用小电流接地方式。特别地, 当系统零序电流大于一定值时, 采用消弧线圈接地方式。消弧线圈的介入对减小接地点的电流, 争取故障处理时间起到了很大的作用。但同时, 接地点故障电流的减小使接地保护的选择性变得很难满足。因此, 寻找比较合理的选线方法对中压系统的安全运行有很重要的意义。

目前, 在我国中压系统中, 广泛采用“零序有功功率最大”原理的选线方法。但运行经验表明, 该选线方法还存在某种程度的缺陷, 选线效率比较低, 特别是在消弧线圈接地系统中, 由于消弧线圈的介入, 使之有恶化的趋势。究其原因主要有二: 一是因为傅氏算法采用有限时间序列采样值, 在周期延拓意义上进行滤波处理, 所以, 采样误差对其影响很大; 二是因为在间歇性弧光接地所造成的零序功率震荡期间, 零序有功功率的大小与线路的长

度有关, 如图 1 所示为单次金属性接地在故障点电流过零时接地故障消失的零序功率随时间变化图, 显然, 在震荡期间, 正常回路的零序有功功率大于故障回路。

所以, 小电流接地系统单相接地故障的选线方法还有待进一步研究。

1 零序功率差值最小原理选线方法的建立

如图 2 所示为一中性点经消弧线圈接地系统。在回路 N 的 C 相有一接地故障。

当回路 N 发生单相接地故障时, 在故障点处出现了参数不对称。如果对故障点处的状态量进行对称分量分解, 既把故障点处的电压、电流量进行对称分量分解, 则故障点处的状态量可以表示为三个对称分量的叠加。这样, 在系统非故障点的参数完全对称的情况下, 系统可以解耦为三个对称系统的综合。既: 正序系统、负序系统和零序系统。各个系统可以进行独立的计算。因此, 对于零序系统而

言, 只有在故障点处存在一个零序电压源, 该电压源从系统吸收能量, 然后注入到零序系统的各节点、各支路。而不存在别的任何电源。所以, 故障回路成为各正常回路零序能量的提供方, 因此, 对于零序功率而言, 故障回路的零序功率等于其它各回路零序功率之和。

$$\text{即: } \sum_{i=1}^N \tilde{S}_{0i} + \tilde{S}_{0x} = 0$$

其中: \tilde{S}_{0i} 为第 i 回路的零序复功率; \tilde{S}_{0x} 为消弧线圈回路的零序复功率。

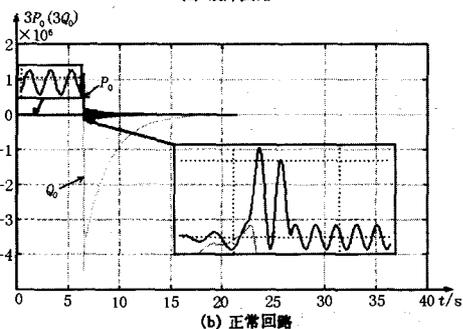
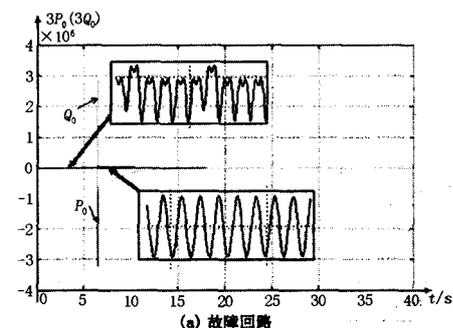


图 1 单次金属性接地故障消失后的零序功率变化图
Fig.1 Zero-sequence power change chart after single phase metallic grounding fault

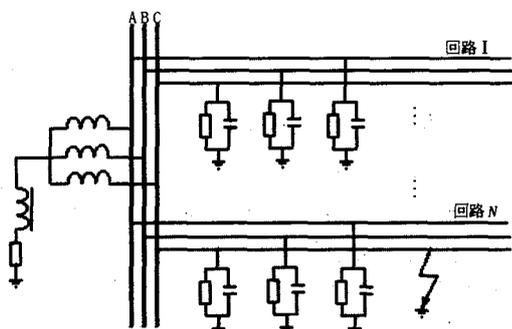


图 2 中性点经消弧线圈接地系统
Fig. 2 System of neutral point grounding through arc-extinguishing coil

根据以上原理, 可得出如下结论:

$$P_{0\Sigma} = \frac{1}{2} (\sum_{i=1}^N |P_{0i}| + |P_{0x}|)$$

$$\text{令: } Q_{0\Sigma} = \frac{1}{2} (\sum_{i=1}^N |Q_{0i}| - |Q_{0x}|)$$

$$\Delta P_{0i} = ||P_{0i}| - P_{0\Sigma}|$$

$$\Delta Q_{0i} = ||Q_{0i}| - |Q_{0\Sigma}||$$

其中: P_{0i} 为第 i 回路消耗的零序有功功率; P_{0x} 为消弧线圈回路消耗的零序有功功率; Q_{0i} 为第 i 回路消耗的零序无功功率; Q_{0x} 为消弧线圈回路消耗的零序无功功率。

则在理论上:

$$\text{对故障回路有: } \begin{cases} \Delta P_{0g} = 0 \\ \Delta Q_{0g} = 0 \end{cases}$$

$$\text{对正常回路有: } \begin{cases} \Delta P_{0i} > 0 \\ \Delta Q_{0i} \geq 0 \end{cases}$$

因此, 可建立如下的判据:

第一步:

计算 $|\sum_{i=1}^N \tilde{S}_{0i} + \tilde{S}_{0x}|$ 的值 (令其为 Y) 与选定的正阈值 Q 作比较, 若 $Y > Q$ 则认为采样数据误差太大, 若 $Y < Q$ 则认为采样数据误差在可接受的范围。

第二步:

计算 P_{0i} 、 Q_{0i} 、 P_{0x} 、 Q_{0x} 、 $P_{0\Sigma}$ 、 $Q_{0\Sigma}$ 、 ΔP_{0i} 、 ΔQ_{0i} 的值。

第三步:

计算 $\Delta S_{0i} = \sqrt{\Delta P_{0i}^2 + \Delta Q_{0i}^2}$ ($i=1, 2, \dots, N$) 的值。

第四步:

比较 $\Delta S_{01}, \Delta S_{02}, \dots, \Delta S_{0N}$ 的大小, 其中最小者为故障回路。

2 实际系统仿真

根据零序功率差值最小原理的选线方法, 对一实际系统 (电缆网络) 利用 Matlab 软件中的电力系统仿真模块 (SimPowerSystems) 进行了金属性接地下的仿真, 为了提高仿真的精确度, 在仿真过程中只保留了与零序有关的电缆网络, 仿真数据及处理结果见表 1。

由表 1 中的数据可以看出, 在金属性接地的条件下, 只要采样误差在一定的范围内, 故障回路与正常回路有明显的差别, 故障回路的零序功率差值

是最小的。

3 结论

① 传统的零序有功功率选线方法受间歇性弧光接地时产生的谐波的影响比较大,同时,采样误差引起的计算结果往往是灾难性的,这是采用零序有功功率方法选线错误的重大原因。

② 零序功率差值最小原理的选线方法增加了

对采样数据准确性的判据,排除了由于采样误差而引起的选线错误。

③ 在小电流接地系统中,回路消耗的零序功率往往是线路长度的函数,线路越长,消耗的零序有功功率和零序无功功率的绝对值越大。零序功率差值最小原理的选线方法采用了零序有功功率差值最小和零序无功功率差值最小的双重判据,从而大大地增加了选线准确的可靠度。

表 1 仿真数据及其处理

Tab.1 Simulation data and data processing

回路	P_0/W	Q_0/var	$P_{0\Sigma}/W$	$Q_{0\Sigma}/var$	$\Delta P_0/W$	$\Delta Q_0/var$	$\Delta S_0/VA$	备注
601	-201.694 5169	23 872.330 22	201.606 708 5	23 871.903 8	0.087 808 4	0.426 425	0.435 371 79	故障回路
602	20.981 091 28	9 999.344 667			180.625 617 2	13 872.559 13	13 873.734 98	正常回路
603	17.312 981	8 999.773 349			184.293 727 5	14 872.130 45	14 873.272 28	正常回路
604	14.686 512 11	6 999.421 269			186.920 196 4	16 872.482 53	16 873.517 89	正常回路
605	18.274 428 55	9 499.560 764			183.332 28	14 372.343 04	14 373.512 28	正常回路
606	25.004 487 39	11 999.393 96			176.602 221 1	11 872.509 84	11 873.823 24	正常回路
607	17.045 411 18	7 499.805 63			184.561 297 3	16 372.098 17	16 373.138 41	正常回路
608	2.098 047 582	999.905 134 8			199.508 660 9	22 871.998 67	22 872.868 79	正常回路
609	12.554 266 83	5 999.726 871			189.052 441 7	17 872.176 93	17 873.176 8	正常回路
610	10.473 414 65	4 999.762 368			191.133 293 9	18 872.141 43	18 873.109 29	正常回路
消弧线圈	63.088 259 47	-90 868.171 38					138.518 449	66 996.267 58

说明: $\sum P_0 = -0.175 616 9$ $\sum Q_0 = 0.852 85$

参考文献

- [1] 杜丁香,徐玉琴.消弧线圈接地电网的有功选线[J].继电器,2002,30(5):33-36.
DU Ding-xiang, XU Yu-qin. Faulted Line Detecting with Active Power in an Auto-compensated Distribution Network[J].Relay,2002,30(5):33-36.

收稿日期:2007-04-09

作者简介:

薛颖(1971-),男,高级工程师,长期从事电力系统运行和继电保护工作;E-mail:xuejinwa@petrochina.com.cn

王自强(1979-),男,助理工程师,长期从事电力系统现场运行及继电保护工作。

2008 年中国电力系统保护与控制学术研讨会征文通知

电力系统保护与控制是一门科技含量高、涉及专业范围广、技术性较强,对制造、安装、运行和管理工作要求标准非常高的专业。为了推动我国电力系统保护与控制技术的发展,提高国内保护与控制设备的研发、制造和运行水平,加深本专业的广泛交流和深入探讨,促进与世界先进水平接轨,《继电器》杂志社、清华大学电机工程与应用电子技术系、华中科技大学电气与电子工程学院和河北电力大学电气与电子工程学院定于 2008 年 10 月召开“中国电力系统保护与控制学术研讨会”。了解详情请登陆继电器杂志社网站 www.dlhb.com