

变频探测直流系统接地故障装置存在的问题

贾秀芳, 赵成勇, 李宝树, 潘朝红

(华北电力大学, 河北 保定 071003)

【摘要】 在论述用变频探测原理检测直流系统接地故障基础上, 分析了线路对地分布电容对检测接地电阻的影响, 说明了此方法的局限性, 同时指出该方法增大了直流系统的电压波纹系数, 使直流系统安全运行存在隐患。

【关键词】 直流系统; 接地故障; 分布电容

1 引言

发电厂和变电所的直流系统是控制、保护和信号的工作电源, 对电力系统的安全起着至关重要的作用。由于直流系统接线复杂且数量很多, 时常发生接地故障, 如果不及时排除故障, 将造成控制系统和继电保护装置的不正确动作, 威胁到整个电力系统的安全运行。在发电厂和变电站工作现场, 直流系统接地故障的查找一直是长期困扰人们的问题。过去现场利用装在直流屏上的绝缘监察装置监视直流系统是否发生接地故障, 当装置发出接地报警信号时, 运行人员必须逐条拉开直流线路(现场称为拉路法)的方法查找接地支路。该方法不仅费时费力, 而且要考虑直流断电给继电保护、自动装置带来的影响。为了解决拉路法查找直流接地的诸多不便, 近几年现场不少单位安装微机型直流系统接地故障检测装置, 该装置在一定的范围内弥补了绝缘监察装置的部分缺陷, 但当直流线路分布电容较大时该装置将无法正确判断接地故障, 同时该装置注入的交流信号增大了直流系统的波纹系数。本文就这两方面的问题做了详细的分析和讨论。

2 变频探测直流系统接地故障装置原理^[1]

当直流系统绝缘监察装置发出接地报警信号之后, 为了检测出是哪条支路发生接地故障, 在接地极母线(正或负极母线)交替注入两个不同频率的交流信号, 如图1(a)所示。即在有接地点的母线与地之间注入低幅值低频率的交流信号, 图1(a)中虚线代表了接地电流在信号发生器(产生低频信号)与接地点之间的流向。当钳形电流探头(或互感器)在接地点与信号发生器之间的母线或接地支路测量时(如图中的A、B、C点), 感受到接地电流, 据此能判断出哪条支路有接地故障。

下面分析电流比值比较判据下所检测直流系统接地电阻与分布电容之间的关系。

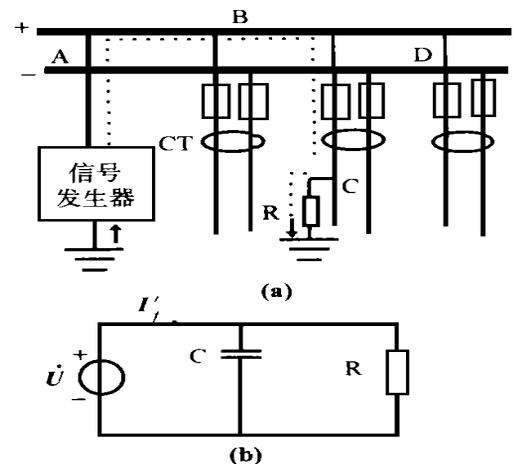


图1 变频探测原理

该判据是根据发生接地故障后, 不同频率下两个电流的比值大于正常情况下两个电流的比值来判断是否发生接地故障。

若设支路对地电容为 C , 在正常情况下, 当分别注入频率为 $f_1 < f_2$ 的交流信号时, 流过支路的电流为电容电流, 设分别为 I_{f1} 、 I_{f2} , 则:

$$\frac{I_{f1}}{I_{f2}} = \frac{2 f_1 C U}{2 f_2 C U} = \frac{f_1}{f_2} \quad (1)$$

当在该支路末端发生接地故障时, 其等值电路如图1(b)所示, 此时, 当分别注入频率 $f_1 < f_2$ 的交流信号时, 流过支路的电流为 I_{f1} 、 I_{f2} 则有

$$\frac{I_{f1}}{I_{f2}} = \frac{\sqrt{\left(\frac{U}{R}\right)^2 + (2 f_1 C U)^2}}{\sqrt{\left(\frac{U}{R}\right)^2 + (2 f_2 C U)^2}} = \frac{\sqrt{1 + (2 f_1 R C)^2}}{\sqrt{1 + (2 f_2 R C)^2}} \quad (2)$$

因 $f_1 < f_2$

所以

$$f_1 \sqrt{1 + (2 f_2 RC)^2} < f_2 \sqrt{1 + (2 f_1 RC)^2}, \text{ 则}$$

$$\frac{\sqrt{1 + (2 f_1 RC)^2}}{\sqrt{1 + (2 f_2 RC)^2}} > \frac{f_1}{f_2} = \frac{I_{f1}}{I_{f2}}, \text{ 即}$$

$$\frac{I_{f1}}{I_{f2}} > \frac{I_{f1}}{I_{f2}} \quad (3)$$

式(3)表明,通过检测出 $\frac{I_{f1}}{I_{f2}} > \frac{I_{f1}}{I_{f2}}$,就能判断是否发生接地故障。

3 接地电阻和分布电容的关系

从式(3)中可发现,若直流系统对地电容一定,接地电阻 R 趋近无穷大时,则有:

$$\lim_{R \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{1 + (2 f_1 RC)^2}}{\sqrt{1 + (2 f_2 RC)^2}} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{I_{f1}}{I_{f2}} \quad (4)$$

若直流系统接地电阻 R 一定,直流系统对地电容趋近无穷大时,则有:

$$\lim_{C \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{1 + (2 f_1 RC)^2}}{\sqrt{1 + (2 f_2 RC)^2}} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{I_{f1}}{I_{f2}} \quad (5)$$

从式(4)或(5)可看出,随着接地电阻或直流线路对地分布电容增大,将无法识别 $\frac{I_{f1}}{I_{f2}} > \frac{I_{f1}}{I_{f2}}$,这样也就无法查找接地支路。因此,设定一个门坎值 $(\frac{f_1}{f_2} = \frac{I_{f1}}{I_{f2}} < 1)$,当 $\frac{I_{f1}}{I_{f2}} > \frac{I_{f1}}{I_{f2}}$ 时,就认为发生接地故障。

$$\text{即: } \frac{\sqrt{1 + (2 f_1 RC)^2}}{\sqrt{1 + (2 f_2 RC)^2}} >$$

$$R < \frac{1}{2C} \sqrt{\frac{1 - \frac{f_1^2}{f_2^2}}{f_2^2 - f_1^2}}$$

若取 $f_2 = kf_1$ 则

$$R < \frac{1}{2f_1 C} \sqrt{\frac{1 - \frac{1}{k^2}}{k^2 - 1}} \quad (6)$$

式(6)即是变频探测原理中以电流比值比较判别法作为判据所能检测到的接地电阻与直流支路对地分布电容的关系。

电流比值比较判别法所能检测到的接地电阻和分布电容(频率 $f_1 < f_2$ 时)的关系具体数值如表 1,表 2,表 3 所示

表 1 $f_1 = 12\text{Hz}, f_2 = 35\text{Hz}, C = 1\mu\text{F}$

R(k)	0	5	10	15	20	30	50	100
I_{f1}/I_{f2}	1.0000	0.7190	0.5185	0.4380	0.4012	0.3731	0.3556	0.3481
I_{f1}/I_{f2}	0.3428	0.3428	0.3428	0.3428	0.3428	0.3428	0.3428	0.3428

表 2 $f_1 = 12\text{Hz}, f_2 = 35\text{Hz}, R = 10\text{k}$

C(μF)	0	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	5.0	10
I_{f1}/I_{f2}	1.0000	0.7190	0.5185	0.4380	0.4012	0.3731	0.3556	0.3481
I_{f1}/I_{f2}	0.3428	0.3428	0.3428	0.3428	0.3428	0.3428	0.3428	0.3428

分析表 2 可知,当对地电容为 $3.0\mu\text{F}$ 时,因 $\frac{I_{f1}}{I_{f2}}$ 与 $\frac{I_{f1}}{I_{f2}}$ 非常接近,装置很难检测到 10k 接地故障。

根据表 1,表 2,若取装置能检测接地故障的门坎值 $= 0.4012$,则求出接地电阻与分布电容具体数值关系如表 3 所示。

表 3 $f_1 = 12\text{Hz}, f_2 = 35\text{Hz}$, 接地电阻与分布电容的关系

C(μF)	10.0	4.7	2.2	2.0	1.0	0.47	0.22
R(k)	2.0	4.3	9.1	10.0	20.0	42.0	90.0

由表 1,3 可知,当接地支路对地分布电容为 $1\mu\text{F}$ 时,装置能检测接地电阻最大值是 20k 。考虑实际中每套保护装置就有 $0.47\mu\text{F}$ 的对地电容,对于微机保护就更大,再加上线路本身对地分布电容的影响,使装置在线路发生 20k 接地故障时可能无法正确判断接地支路。

实际中,当绝缘监察装置的漏电流继电器动作电流整定在 1.4mA ,即直流系统经 80k 电阻接地时,绝缘监察装置就发出接地报警信号。若考虑理想情况下,此装置能检测到 20k 接地电阻,当线路发生大于 20k 接地时,该类装置无能为力,即装置存在很大的检测死区。文献^[4]规定的直流系统绝缘电阻不小于 100k ,该类装置的性能显然不能满足电力工业部颁发的文献^[4]要求。

4 变频探测装置对纹波电压影响

直流系统一般采用浮充电方式运行,充电电源采用单相或三相全波整流,有的变电站采用可控硅整流器用于浮充电方式,必定存在纹波电压。虽经滤波,但不可能完全消除。DL400—91《继电保护安全自动装置规程》规定,“充电设备用于浮充电运行时,其输出电压的波纹系数不应大于 5% ”,但硅整流充电装置的设备指标应有较高要求,故提出不大于 2% 。因此 110V 直流系统允许的纹波电压的幅值是 4.4V ,而根据变频探测原理研制的直流系统接地故障检测装置所注入交流信号的幅值远远超过规程所规定的指标,增大了直流系统电压波纹系数,影响直流系统的安全运行。对于直流输出较大的纹波系数,曾发生过中央音响装置误动作(下转第 58 页)

3.4 1987年部颁《继电保护及电网安全自动装置检验条例》14.6条规定对于零序功率方向元件的带负荷检查只在保护进行全部检验时检测,由于保护装置零序电压、电流回路是否正常,没有进行监视,而该回路又非常重要,全部检验周期为3~5年,因此建议对零序电压回路没有监视的零序保护装置,部分检验时必须做带负荷检查,以检验零序功率方向的电压、电流回路正确性。

3.5 以上方案比较复杂,给现场运行部门增加了一定难度,因此建议生产保护屏的厂家尽快研制出一种取自 $3U_0$ 电压,当发现PT断线时能自动将零序方向继电器接点短接的零序方向保护装置。

4 结束语

从事故中我们发现110kV及以上线路保护装

置中,零序电压回路非常简单也非常重要,但由于种种原因,我们对此重视不够。本文提出的一些改进方案,将有益于提高零序保护的正確动作率。

[参考文献]

- [1] 电力系统继电保护和自动装置试验规程第十一册.湖南电力试验研究所.
- [2] 继电保护及电网安全自动装置检验条例.水利电力部,1987.
- [3] 电力系统继电保护原理.天津大学.

收稿日期:1998-08-18;修订日期:1998-09-22

作者简介:刘炳坤(1965-),男,大学本科,现从事继电保护与安全监察工作。

ANALYSIS ON THE ZERO - SEQUENCE VOLTAGE CIRCUIT AND ITS IMPROVING SUGGESTION

LIU Bing-kun

(Hunan Chenzhou Electric Power Bureau, Chenzhou 423000, China)

(上接第51页)和高频继电保护误发信号等事故。

5 结论

综上所述,根据变频探测原理研制的直流系统接地故障探测装置,其检测接地电阻与分布电容有关。对自动化水平较高的变电站,分布电容亦较大,当接地电阻大于20k Ω 时,装置将出现误判断或无法判断情况,同时增大这类电站直流系统波纹电压,影响控制回路、继电保护,自动装置回路的正确动作。因此该类装置的应用有很大的局限性,有必要作进一步的改进,以满足直流系统的要求。

[参考文献]

- [1] 庞华等.检测直流系统接地故障点的新方法.河北电力技术,1992,(5).
- [2] 张次衡.直流系统接地故障检测装置电容影响的探讨.河北电力技术,1995,15.
- [3] 火力发电厂、变电所直流系统设计技术规定.中华人民共和国电力部发布,1995.8.

收稿日期:1998-04-02

作者简介:贾秀芳(1966-),女,硕士,讲师,从事电力系统故障诊断及电磁测量等方面的研究;赵成勇(1964-),男,博士研究生,讲师,从事电力电子技术、故障诊断及谐波原理等方面的研究;李宝树(1955-),男,副教授,从事电磁兼容及电磁测量方面的研究。

THE EXISTING QUESTIONS OF FREQUENCY CONVERSION DETECTION EARTH FAULT APPARATUS FOR DC SYSTEM

JIA Xiu-fang, ZHAO Cheng-yong, LI Bao-shu, PAN Chao-hong

(Huabei Electric Power University, Hebei Baoding 071003, China)

Abstract On the basis of disserting the principle of detecting DC system earth fault, this paper analyzes the affection of distribution capacitance to the detected earth resistance, and indicated limitation of the method. Simultaneously pointed out the method not only to increase DC system undulation voltage coefficient but also affect DC system safe running.

Keywords DC system; earth fault; distribution capacitance