

失磁保护中系统判据 ($U_{30} <$) 的再议

王维俭

(清华大学电机系, 北京 100084)

摘要: 在发电机失磁保护中, 目前广为采用的系统判据 (高压侧三相同步电压), 往往和阻抗判据组成“与门”输出, 一旦出现阻抗判据晚于系统判据动作, 将导致一台发电机的失磁故障引发局部系统的电压 (或无功) 崩溃。前车之鉴, 引以为戒。问题根源是缺乏对系统判据 ($U_{30} <$) 在阻抗平面上动作特性的认识。

关键词: 失磁保护; 系统判据; 阻抗特性

中图分类号: TM772

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2002)07-0001-02

1 引言

失磁故障只是一台发电机的异常工况, 但是如果失磁保护组成方案不完善, 有可能扩大为局部系统的电压 (或无功) 崩溃, 我国电力系统全面推广装设发电机失磁保护的起因正在于此。虽然现今系统巨大、无功储备充足, 在多数情况下, 一台发电机失磁不足以导致高压侧电压下降到 $0.85 \sim 0.90 U_n$, 也不会引发系统大面积事故。但是在局部地区可能出现不利的运行方式, 形成该局部电网无功储备不足, 或者某些发电机自动电压调节器失灵、停用, 或者运行值班人员操作不当, 或者同厂相邻机组因季节性停运, 一台大型发电机组的失磁故障酿成局部电网的大面积事故的可能性是存在的, 主设备保护工作人员不能掉以轻心, 如若出现这种恶性事故, 继电保护人员责无旁贷。

2 失磁保护 $U_{30} <$ 判据的阻抗动作特性分析^[1]

$U_{30} <$ 判据的三相电压一般取自升压变压器高压母线, 对于大型汽轮发电机也可取自机端, 前者动作电压 $U_{op} = 0.85 \sim 0.90 U_n$ (由系统决定), 后者 $U_{op} = 0.75 \sim 0.80 U_n$ (由厂用系统决定)^[2]。

今作 $U_{30} <$ 判据的机端阻抗动作特性分析, 目的在于将失磁保护中的静稳极限或异步边界阻抗动作特性与 $U_{30} <$ 判据在阻抗平面上作比较分析。

由[1]第六章第五节可知, 对于图1的系统, 设主变高压母线电压为 $\dot{U}_m$, 且有

$K_m = |\dot{U}_m| / |\dot{U}_s| = \text{常数}$ (即动作电压与额定电压之比)

则“三相同步电压”判据 $U_{30} <$ 的机端阻抗动作特

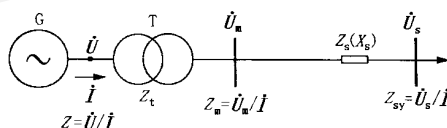


图1 分析 $U_{30} <$ 的系统图

性为一阻抗圆, 称为等压边界阻抗圆 (阻抗平面的坐标原点在无穷大母线处), 其圆心 $Z_{sy.c}$ 为

$$Z_{sy.c} = Z_s / (K_m^2 - 1)$$

其半径 $Z_{sy.r}$ 为

$$Z_{sy.r} = e^{j(\varphi - 2\alpha)} K_m Z_s / (K_m^2 - 1)$$

举例以明之。

例1 汽轮发电机, $X_d = 2.5$, $X_d' = 0.32$, $X_t = 0.1$, $X_s = 0.2$ 。

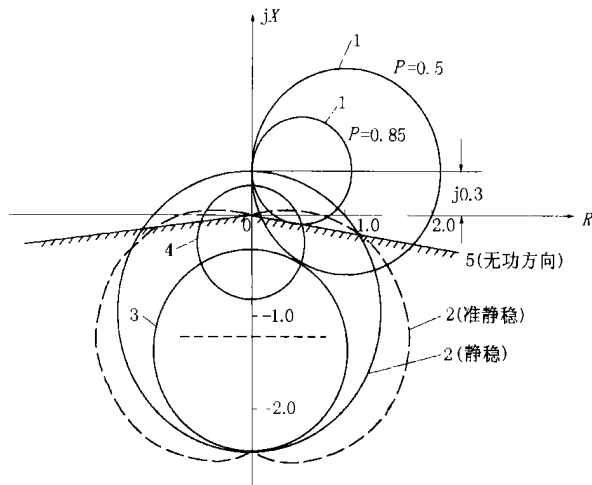


图2 汽轮发电机失磁保护阻抗动作特性

图2中, 圆1为等有功阻抗圆 (有功 P 分别为0.5和0.85), 在近似认为发电机从失磁开始到静稳极限失步之前这段时间内有功基本不变的前提下, 圆1表示机端阻抗的变化轨迹。发电机失磁前有功 P 越大 (图2中 $P=1$ 未画出), 圆1越小; 系统等值

电抗(不包括升压变压器电抗) X_s 越大,圆 1 越上移。

圆 2(实线)为理论上的静稳极限阻抗圆, X_s 和/或 X_d 越大,圆 2 越大。

圆 2(虚线)为准静稳极限阻抗苹果圆(或增设无功方向元件)也间接与 X_s 、 X_d 大小有关。

圆 3 为异步边界阻抗圆,其半径与 X_d 、 X_d' 有关。

圆 4 为等压边界阻抗圆,取 $K_m = 0.80$ 。 K_m 越大(但 $K_m < 1.0$),圆心越上移,半径越大;系统等效电抗 X_s 越小,圆心越上移,但半径越小。若 X_s 趋于零,则等压边界圆将缩小为一点(半径为 0),位于坐标原点(即无穷大母线处)。

图 2 表明,当失磁前有功 P 较大,系统容量较小(即系统等效电抗较大),有可能出现三相同低电压判据首先满足,而各种阻抗判据(特别是异步边界判据和带有延时的静稳判据)随后才动作的情况。如果非故障发电机组的自动电压调节器失灵或值班人员操作不当,发生局部电网因一机失磁而电压(无功)崩溃的恶性事故是可能的。

例 2 水轮发电机, $X_d = 1.0$, $X_q = 0.66$, $X_t = 0.10$, $X_s = 0.20$, $X_d' = 0.3$ 。其它说明与图 2 相同。

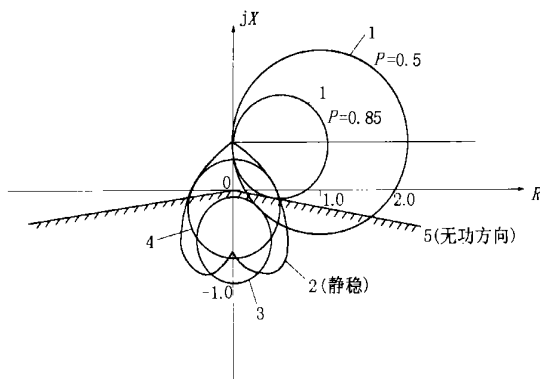


图 3 水轮发电机失磁保护阻抗动作特性

失磁保护动作特性分析图 3 与图 2 相似,结论也与汽轮发电机一样。

3 失磁保护配置方案的商榷

因一机失磁而引发局部电网电压崩溃的历史教训,促使我国普遍装设发电机低励失磁保护。随着电力系统的巨大发展,无功储备的充足,产生上述危险的可能性大大减小,但是在一定时间阶段(例如季

节性停机、计划外检修、自动电压调节器因故停用等)内,对于特定的局部电网,还是有可能发生上述不应有的事故扩大现象。因此一切可能发生上述危险的发电机组,都应在失磁保护方案配置中,包含由“三相同低电压”判据,独立、迅速(短延时 0.2s)出口跳闸的功能,这里的“独立”是专指不和各个阻抗判据组成“与门”输出,但仍应采用其它辅助判据以防误动,这些辅助判据中应有区分短路与失磁的励磁电压辅助元件,其定值可取为 $U_{fd.op} = 0.8 U_{fdb}$ 。

为避越区外短路和转子回路暂态而增设一短延时(0.2s),但它仍是失磁保护各种动作判据中最快速出口跳闸的判据。

参考文献[3]的作者通过运行实践,对发电机失磁保护方案作出了十分有价值的分析和改进,很多技术观点是很可取的。将系统低电压 $U_{3\phi} <$ 作为失磁保护其它主判据的加速动作条件也是可以的,但是当出现 $U_{3\phi} <$ 判据先于 $Z <$ 判据动作、局部电网面临电压崩溃局面而不得不等待准静稳极限或异步运行条件的满足,这种延误是不允许的。我们不能等到出现上述系统条件时才增设独立的快速的“三相同低电压”判据出口,只能是在失磁保护配置方案中一开始就包含这一独立出口回路,即使在很多情况下它形同虚设。

4 结论

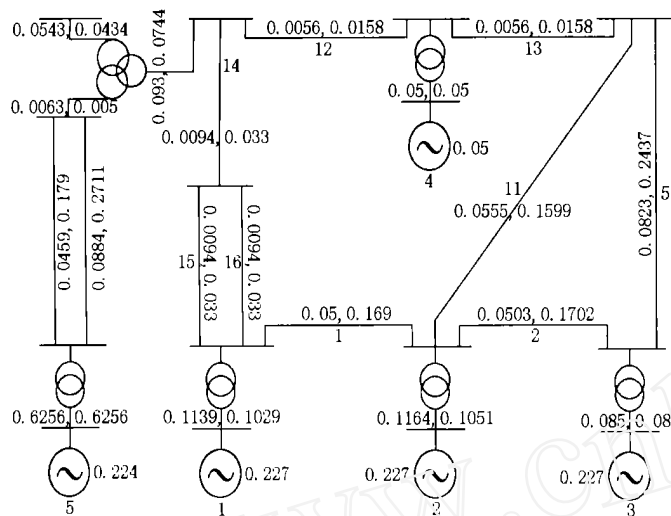
无论大型汽轮或水轮发电机,失磁保护配置方案中应包括由“三相同低电压”判据决定的独立的快速的出口跳闸回路,该出口回路不能由异步边界阻抗、带延时静稳极限阻抗或不带延时准静稳极限阻抗限制,但应有 $U_{fd} = 0.8 U_{fdb}$ 的低励辅助判据和 0.2s 短延时。

参考文献:

- [1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用(第二版)[M]. 北京:中国电力出版社,2002.
- [2] 国家电力调度通信中心. 大型发电机变压器继电保护整定计算导则[S]. 2000.
- [3] 殷建刚,彭丰. 发电机失磁保护的典型配置方案[J]. 继电器,2002,(3):33-36.

收稿日期: 2002-04-08

作者简介: 王维俭(1930-),男,教授,长期从事电气主设备继电保护的的教学和研究工作。(下转第 26 页)



注:保护设在1号线路左端

图3 系统网络拓扑

为例,考虑金属性短路接地,给出一个实际系统的算例。

参考文献:

- [1] 李银红,石东源,段献忠,等. 继电保护计算机整定的断点计算方法的改进[J]. 武汉:华中理工大学学报,1999,27(7).
- [2] 陈永琳. 电力系统继电保护的计算机整定计算[M]. 北京:电力出版社,1990.
- [3] 王梅义. 电网继电保护应用[M]. 北京:中国电力出版社,1999.
- [4] 褚骏伟. 电力系统分析[M]. 北京:水利电力出版社,1994.
- [5] 尹项根,曾克娥. 电力系统继电保护原理与应用[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2000.
- [6] 何仰赞,温增银,汪馥瑛,等. 电力系统分析[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1995.

5 结论

- (1) 总结了传统的运行方式选择方法的优缺点;
- (2) 提出了一种改进的直观、准确的运行方式的选择方法;
- (3) 以零序电流保护单相(a相)短路接地情况

收稿日期: 2001-12-10

作者简介: 张锋(1978-),男,硕士研究生,研究方向为继电保护整定计算软件的研制; 李银红(1976-),女,博士研究生,研究方向为继电保护整定计算软件的研制; 段献忠(1966-),男,教授,博士生导师,研究方向为电力系统信息化。

The research on problem of operation mode combination in relay coordination for electrical system

ZHANG Feng, LI Yin hong, DUAN Xianzhong

(Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Before coordination, preparing characters must be determined, such as maximal zero sequence current passing the relay when a fault occurs at the end of the line on which the relay is fixed, maximum and minimum branch coefficient of interaction between the lines which is nearby. For determining these characters, a kind of operation mode has to be chosen, with which the fault current calculation can be done. Then maximum or minimum can be picked out to do the coordination. In this paper, the virtue and shortcoming of traditional measures in choosing operation mode is concluded. And a new actable method in choosing operation mode is proposed, which can be used in the relay coordination software development.

Keywords: electrical system; coordination; combination of operation mode; matrix of impendence

(上接第2页)

Discussion once and again for system criterion ($U_{3\phi} <$) in loss of field protection

WANG Wei-jian

(E. E. Department, Tsinghua University, Beijing 100084 China)

Abstract: In generator loss of field protection, often adopt output with system criterion & impedance criterion up till the present moment, it's possible when only one generator loses its field, voltage collapse may occur in parts of electric network, this is a warning for us. The source of this problem is short of recognizing for operating characteristic of system criterion ($U_{3\phi} <$) on impedance plan.

Keywords: loss of field protection; system criterion; impedance characteristic