

一种性能完善的发电机相间短路保护的分析

胡一德

(计算机及自动化系)

提 要: 本文根据发电机内部两相短路时的复合序网分析, 提出了一种无死区、速动、灵敏度高的保护装置原理。

关键词: 发电机, 故障, 保护装置

1 概 述

大型发电机的造价高昂, 结构复杂, 一旦发生故障遭到破坏, 其维修难度大, 检修时间长, 要造成很大的经济损失。例如, 姚孟电厂的三十万千瓦的汽轮发电机, 因励磁回路两点接地使大轴和汽缸磁化, 为退磁被迫停机一个月, 且不说检修费用和对国民经济造成的间接损失, 仅电能损失就近一千万元。大机组在电力系统中占有十分重要的地位, 特别是单机容量占系统容量很大比例的情况下, 大机组的突然切除将给电力系统造成很大的扰动。因此, 在考虑大容量机组的继电保护时, 比较强调最大限度地保证机组安全和最大限度地减轻机组的损伤。可见大机组的保护装置的研究十分重要。在这里仅对反应相间短路的情况进行分析, 以便得出一种性能完善的反应发电机相间短路保护的可行方案。

发电机纵差保护的動作电流 I_{dz} , 即使不按电流互感器二次回路断线条件整定, 仅按外部三相短路(5—8倍额定电流)的最大不平衡电流计算, 即

$$I_{dz} = K_k \cdot K_{fz} \cdot K_{tx} \cdot f_i \cdot I_{D \cdot max}$$

式中 K_k ——可靠系数, 取1.3—1.4;

K_{fz} ——计及非周分量的系数, 取1—1.3;

K_{tx} ——电流互感器同型系数, 取0.5;

f_i ——电流互感器最大相对误差 取0.1;

$I_{D \cdot max}$ ——外部最大短路电流的周期分量。

则 $I_{dz} = (0.325 - 0.521) I_e$ 。

灵敏度的校验通常是以发电机出口处发生两相金属性短路为依据, 此时短路电流较大, 一般都能满足要求。

但是考虑到纵差保护是作为发电机的主保护, 保护范围主要应该在发电机内部, 当故障发生在中性点附近或经过渡电阻短路时, 故障电流的数值往往很小。根据理论分析, 为保证大型发电机纵差保护死区小于10%甚至更小些, 其动作电流取(0.2—0.3) I_e 。因此希望将发电机纵差保护的動作电流减小到0.2 I_e 。这样小的動作电流保证外部故障时不误动作可采用比率制动性或可变比率特性差动继电器构成纵差保护, 但仍会有死区。在死区范围内故障

只能由后备保护切除,或者等待故障发展后纵差保护动作,显然这样拖延切除故障的做法将给大型发电机组带来灾难性恶果。因此,如何减小甚至消除死区提高对内部故障的反应能力是广大保护工作者研究的课题之一。

2 两相短路时负序电流分布的特点

2.1 发电机与无限大容量的系统相联的情况

当发电机与无限大容量的系统相联,即系统等值电抗 x_{xt} 为零。如图1所示,当发电机定子绕组内部发生两相短路,如BC相短路时(发生三相短路由于结构的原因是罕见的),如图2所示

图中

- \dot{E}_F ——发电机电势;
- x_F ——发电机电抗;
- \dot{E}_{xt} ——系统等值电势;
- x_{xt} ——系统等值电抗(当为无限大系统时为零)

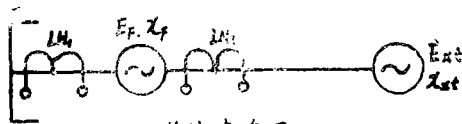


图1 系统接线图

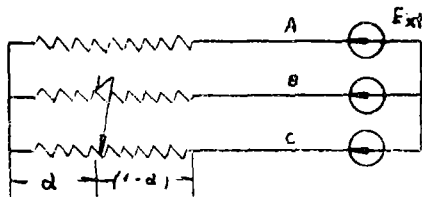


图2 发电机内部两相短路示意图

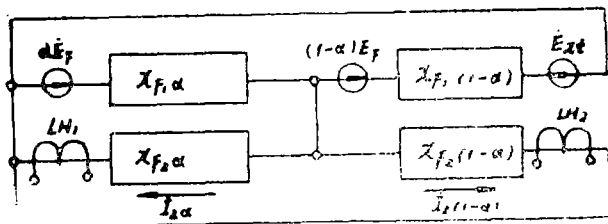


图3 发电机内部两相短路复合序网

α ——为中性点到故障点的绕组占全相绕组的百分数

根据两相短路故障点的边界条件,可列出以A相为基准的复合序网,如图3所示。

图中

$\alpha\dot{E}_F$ 、 $x_{F1\alpha}$ 、 $x_{F2\alpha}$ 、 $\dot{I}_{2\alpha}$ ——分别为故障点至中性点侧电势、正序电抗、负序电抗、负序电流;

$(1-\alpha)\dot{E}_F$ 、 $x_{F1(1-\alpha)}$ 、 $x_{F2(1-\alpha)}$ 、 $\dot{I}_{2(1-\alpha)}$ ——分别为故障点至出口侧电势,正序电抗、负序电抗、负序电流。

由网络图可见,故障点两侧负序电流的大小与负序电抗成反比。即

$$\frac{|\dot{I}_{2\alpha}|}{|\dot{I}_{2(1-\alpha)}|} = \frac{x_{F2(1-\alpha)}}{x_{F2\alpha}} \quad (1)$$

上式表明:

①故障点两侧负序电流之比值仅由两侧负序电抗所决定,即仅由故障点的位置所决定,

而与其它因素无关。

②当故障发生在绕组中间位置时, 即 $\alpha = 0.5$, $X_{F2\alpha} = X_{F2(1-\alpha)}$,

$$|\dot{I}_{2\alpha}| / |\dot{I}_{2(1-\alpha)}| = 1;$$

当故障点向发电机出口侧移动时, 即 $\alpha > 0.5$, $X_{F2(1-\alpha)} < X_{F2\alpha}$,

$$|\dot{I}_{2\alpha}| / |\dot{I}_{2(1-\alpha)}| < 1, \text{直至为零。}$$

当故障点向发电机中性点侧移动时, 即 $\alpha < 0.5$, $X_{F2(1-\alpha)} > X_{F2\alpha}$,

$|\dot{I}_{2\alpha}| / |\dot{I}_{2(1-\alpha)}| > 1$, 直至无限大。也就是说, 当故障点由发电机出口处向发电机中性点移动时, 故障点两侧负序电流的比值愈来愈大, 由零趋向无限大。

2.2 当发电机接于有限容量系统时, 即 $x_{xt} \neq 0$, 此时(1)式可以写成

$$\frac{|\dot{I}_{2\alpha}|}{|\dot{I}_{2(1-\alpha)}|} = \frac{X_{F2(1-\alpha)} + X_{xt} \cdot 2}{X_{F2\alpha}} \quad (2)$$

由(2)式可以看出, 由于系统等值电抗 x_{xt} 的存在, 使比值向发电机出口方向增大, 保护动作的行为将是正确的。

综上所述, 如果与 $\dot{I}_{2\alpha}$, $\dot{I}_{2(1-\alpha)}$ 成比例的负序电流滤波器输出电流分别为 $\dot{I}_{2.1}$, $\dot{I}_{2.2}$ 则可以利用 $|\dot{I}_{2.1}| / |\dot{I}_{2.2}| > 1$ 作为保护的動作条件, 则在正常及外部故障时不会误动作, 而在中性点附近发生两相短路时, 则具有很高的灵敏性。利用这一原理构成的保护可以反应中性点侧约50%范围内的故障, 其余部分故障, 则可以利用纵差保护来反应, 从而可以构成无死区的反应发电机相间短路的保护。

3 无死区相间短路保护

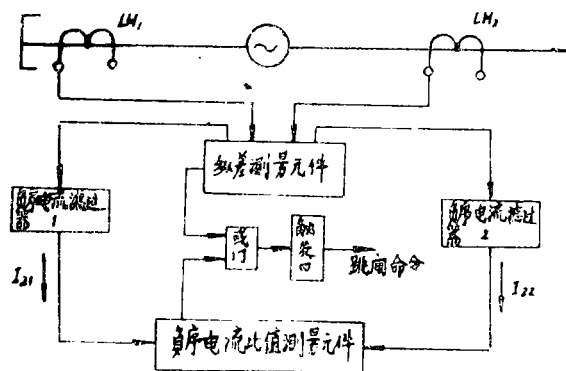


图4 原理框图

反应发电机相间短路无死区的保护由两部分构成, 其原理接线框图如图4所示。用 $\dot{I}_{2.1}$, $\dot{I}_{2.2}$ 分别表示发电机中性点侧和出口侧的负序电流滤波器1, 2取出的负序电流, 以输入负序电流比值测量元件。其输出与纵差测量元件构成“或”门, 经触发器发出跳闸脉冲。比值测量元件用来测量发生两相短路时发电机两侧负序电流的比值, 由前面分析可知, 其动作行为的判据为:

$$\left. \begin{aligned} \frac{|\dot{I}_{2.1}|}{|\dot{I}_{2.2}|} &> 1 \text{ 比值测量元件有输出} \\ \frac{|\dot{I}_{2.1}|}{|\dot{I}_{2.2}|} &< 1 \text{ 比值测量元件无输出} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

所以, 当 $\alpha < 0.5$ 时, 比值测量元件有输出, 保护动作, 当 $\alpha > 0.5$ 时, 比值测量元件无输出, 但此时 $I_D > I_{d2}$, 纵差测量元件动作, 保护动作。

通常发电机纵差死区范围在10%以下, 这样, 利用负序电流比值测量元件能反应 $\alpha < 0.5$ 范围内的相间故障, 且当故障点越接近中性点时, 比值测量元件的灵敏性越高, 而利用纵差保护可反应 $\alpha > 10\%$ 以上范围内的相间短路故障, 在 $10\% < \alpha < 50\%$ 的范围内, 两种保护都能动作, 从而提高了可靠性。这样, 利用负序电流比值测量元件和纵差测量元件组合在一起就能实现发电机内部相间短路无死区的保护方式。

最后要说明一点, 用复合序网还可以分析发电机定子绕组在不同点的两相短路、两相接地短路、匝间短路等, 其负序电流的分布均遵守与负序阻抗成反比的规律。

过载、三相短路、振荡时不出现负序分量, 比值测量元件无输出。在保护范围外发生两相短路时, 由于它同时流过发电机两侧的电流互感器, 也没有输出。

由于 $\alpha < 0.5$ 时, 负序电流测量元件会有输出, 因此, 纵差保护的動作电流不必一定整定到 $0.2I_e$, 可以提高一些, 这样, 采用比率制动特性的差动继电器即可, 在外部短路有较大故障电流通过时, 能确保纵差测量元件不会误动作。

参 考 文 献

- [1] 王维俭 侯炳蕴著 大型机组继电保护理论基础 水利电力出版社 1982
- [2] 天津大学编 电力系统继电保护原理 电力工业出版社 1980
- [3] 许敬贤 张道民编 电力系统继电保护 中国工业出版社 1963
- [4] 王广延主编 电力系统元件保护原理 水利电力出版社 1986

Analysis of one Kind of Excellent Performance of Protective Device for Phase to Phase Short Circuit Fault in Generator

Hu Yide

(Dept. of comp. and auto. Eng.)

Abstract: This paper is based on the analysis of complex network. The writer suggests the principle of one kind of protective device which has the advantages, such as non-deadzone, quick motion and high sensibility.

Keywords: generator, fault, protective device.