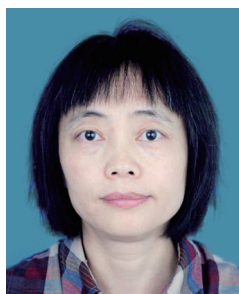


发电机自并励励磁变压器保护配置与整定计算

通过对一起励磁变压器过电流保护动作案例的分析,论述了励磁变压器过电流保护应与励磁装置强励功能相配合进行整定计算,同时还提出了切合实际的励磁变压器保护配置方案,并简要阐述了励磁变压器保护定值计算方法。

王丹华 石琦/金陵石化分公司



王丹华/高级工程师

0 引言

由于自并励励磁系统以其接线简单、响应速度快,特别是缩短了机组轴系长度,降低了机组的振动,减小了维护工作量,因而在新建机组或对旧机组励磁系统改造中得到了广泛采用。

金陵石化热电运行部2000年新建的一台10万kW发电机组采用自并励励磁方式,两台6万kW机组原采用直流励磁机励磁,在2003年前后分别对其进行改造,亦选用自并励励磁方式。

1 保护配置及保护定值整定

1.1 保护配置

根据GB/T 14285—2006《继电保护和安全自动装置技术规程》4.3相关条文规定,励磁变压器特别是容量较大的励磁变压器应配备必要的保护^[1]。因励磁变压器接于发电机出口,理论上在发电机差动保护范围内,故金陵石化三台发电机组励磁变压器皆以发电机差动保护作为其主保护,过电流保护作为其后备保护。

1.2 保护定值计算(以3#发电机为例)

(1) 3#发电机差动保护定值

$$I_d = 0.3I_e = 0.3 \times 6\,470\text{ A} = 1\,941\text{ A}$$

式中, I_e 为发电机额定电流。

(2) 3#励磁变压器过电流保护定值

按躲过强励电流计算,根据文献[2],发电机强励时一次电流计算公式为

$$I_{d1} = k_{QL} I_{fdn} \beta_L U_L / U_H = 1.8 \times 1\,357\text{ A} \times 0.816 \times 0.45\text{ kV} / 10.5\text{ kV} = 85.4\text{ A} \quad (1)$$

式中, k_{QL} 为强励倍数,实际整定为1.8倍; I_{fdn} 为发电机转子额定电流; β_L 为三相全控桥整流系数,取0.816; U_L 、 U_H 分别为变压器低压侧、高压侧电压。

保护二次侧动作电流为

$$I_{d2} = K_{rel} I_{d1} / (k_r n_{TA}) = 1.2 \times 85.4\text{ A} / (0.95 \times 36) = 3\text{ A} \quad (2)$$

式中, K_{rel} 为可靠系数; k_r 为返回系数; n_{TA} 为TA电流比。

考虑与励磁系统整流柜快速熔断器时间配合,保护动作时间取 $t_d = 1\text{ s}$ 。

2 保护动作及原因分析

2.1 保护动作

在2013年1月5日事故中,系统电源跳闸,3#发电机除带公司负荷厂用电外,还带部分外系统负荷运行,由于电压过低,汽轮机DEH油压低动作,关闭主汽门,但因热工保护压板未投,3#发电机未跳,稍后由励磁变压器过电流保护动作跳开3#发电机。

2.2 保护动作原因分析

在3#发电机DEH油压低动作、关闭主汽门后,频率下降,由于发电机端电压和频率、磁通成正比,因频率降低,必须增大磁通才能保持电压不变,这就要通过增

关键词/Keywords

自并励变压器·
保护配置·
整定计算·
强励·

大励磁电流（强励）来实现。因此，导致励磁变压器过电流保护动作与主汽门关闭后频率下降有关。

励磁变压器保护已按躲过强励计算，保护仍动作。原因是南京汽轮电力控制公司提供的QFJ-100-2静止励磁系统除有强励功能外，还有瞬时强励功能，定值为 $2.2I_{\text{fdn}}$ ，该保护为定时限，动作后延时1.5 s直接封锁脉冲退出运行。根据这一情况可以推断，频率下降后励磁系统进入瞬时强励，但因励磁变压器过电流保护定值是按照与强励配合计算，故未能躲过瞬时强励而动作。

3 励磁变压器保护配置

3.1 励磁变压器短路时差动保护灵敏度计算

按最小运行方式下（机组并网前）励磁变压器低压侧两相短路时灵敏度大于1.5的要求进行计算。

3.2 设备参数

发电机参数如下： P_e 为117.65 MV·A； U_e 为10.5 kV； I_e 为6 470 A； X_d'' 为19.1%。

励磁变压器参数如下： s_e 为1.1 MV·A； U_L 为10.5 kV； U_H 为0.45 kV； I_e 为60.5 A； X_t'' 为6%。设 $S_j=100$ MV·A，则 $U_j=10.5$ kV， $I_j=5 500$ A。

3.3 灵敏度计算

计算设备标么电抗值为： $X_d''^*=X_d''S_j/s_e=0.191 \times 100/117.65=0.16$ ； $X_t''^*=X_t''S_j/s_e=0.06 \times 100/1.1=5.45$ 。

低压侧短路流过差动保护的电流为： $I_d=I_j/(X_d''^*+X_t''^*)=5 500 \text{ A}/(0.16+5.45)=980.4 \text{ A}$ 。

发电机差动保护起动电流为： $0.3I_e=0.3 \times 6 470 \text{ A}=1 941 \text{ A}$ 。

灵敏度为： $n=0.866 \times 980.4 \text{ A}/1 941 \text{ A}=0.44 < 1.5$ ，则灵敏度不满足要求。

即在励磁变压器低压侧故障时，发电机差动保护不能动作以有效地切除故障。

故采用发电机差动保护作为励磁变压器主保护的配置方式是不合理的，需增设变压器主保护。

3.4 增设励磁变压器主保护

增设励磁变压器主保护有两种方式：①采用

励磁变压器差动保护，则需在变压器低压侧增设电流互感器，并增设差动保护装置；②增设励磁变压器速断保护，只需请保护厂家对保护装置进行适当变更即可实现，鉴于上述原因，同时考虑励磁变压器容量，决定增设励磁变压器速断保护。

4 励磁变压器保护定值计算

4.1 速断保护（同厂用变压器速断保护整定原则）

按躲过励磁变压器低压侧最大三相短路电流进行整定

$$I_{d2}=k_{\text{rel}}I_{\text{k.max}}^{(3)}/n_{\text{TA}} \quad (3)$$

式中， k_{rel} 为可靠系数，取1.3~1.5，按最小运行方式下，高压侧两相短路灵敏度不小于1.5进行校验； $I_{\text{k.max}}^{(3)}$ 为励磁变压器低压侧三相短路电流最大值。

4.2 过电流保护

与励磁装置强励保护不同原理配合整定。

1) 1[#]、2[#]发电机采用南瑞继保RCS励磁调节器，按式（1）、式（2）躲过励磁调节器最大强励电流 $2I_{\text{fdn}}$ 进行整定。

时间与快速熔断器时间配合，取 $t_d=1 \text{ s}$ 。

2) 3[#]发电机按躲过瞬时强励整定为

$$I_{d1}=k_{\text{QL}}I_{\text{fdn}}\beta_L U_L/U_H=2.2 \times 1 357 \text{ A} \times 0.816 \times 0.45 \text{ kV}/10.5 \text{ kV}=104.4 \text{ A}$$

$$I_{d2}=K_{\text{rel}}I_{d1}/(k_r n_{\text{TA}})=1.2 \times 104.4 \text{ A}/(0.95 \times 36)=3.7 \text{ A}$$

时间与瞬时强励相配合取

$$t_d=t_s+\Delta t=1.5 \text{ s}+0.5 \text{ s}=2 \text{ s}$$

5 结束语

根据以上分析，励磁变压器保护配置与整定计算过程中应考虑：

1) 在采用自并励励磁方式时，考虑励磁变压器保护配置应满足可靠性、快速性、选择性和灵敏性的要求。

2) 过电流保护整定计算时，应根据励磁装置不同的强励保护原理进行配合计算，以确保过电流保护正确动作。

（收稿日期：2017-05-19） EA