海油平台主发电机微机失磁保护整定计算及其校验

海洋石油平台是孤立的小电网系统，主发电机的微机保护对保证平台电力系统的正常工作和电能质量起着决定性的作用，其中微机失磁保护指发电机的励磁突然全部或部分消失，发电机与系统失去同步，此时发电机微机保护装置动作发电机出口断路器，使发电机与电网脱离，防止发电机损坏并保护电网稳定运行。以锦州9－3项目为例，对基于AREVA MICOM P343发电机保护装置的微机失磁保护整定及其校验进行探讨，给出一种基于该装置的发电机微机失磁保护的整定计算及其校验方法。

王爱武/海洋石油工程股份有限公司

王爱武/高级工程师

关键词/Keywords

主发电机·
AREVA MICOM P343·
失磁保护·
整定·
校验·

0 引言

同步发电机是依据电磁感应原理来工作的，其转子绕组通入直流电流建立主磁场。转子电流必须维持在一定的水平上，这是保证发电机正常运行的基础。失磁保护指发电机的励磁突然全部或部分消失，发电机与系统失去同步，发电机转入异步运行状态，从原来的发出无功功率转变为吸收无功功率。

海洋石油平台是孤立的小电网系统，无功功率容量较小，发电机组失磁故障首先反映为系统无功功率不足，系统母线电压下降，严重时会导致系统电压崩溃。使一台发电机组的失磁事故扩大为系统性事故。为了防止发电机损坏和保护平台电网系统稳定运行，必须通过失磁保护装置使故障机组与平台电网系统脱离。

引起发电机组失磁故障的原因大致有：自动灭磁开关误动作、发电机转子绕组故障、励磁系统故障以及回路故障等。

目前国内主要采用的失磁保护判据主要有以下六种：①无功功率方向改变判据；②励磁低电压辅助判据；③静稳边界阻抗圆判据；④异步边界阻抗圆判据；⑤主变压器高压侧三相同时低电压判据；⑥极端过电压判据。

根据电网自身特性和《继电保护和安全自动装置技术规程》的基本要求，失磁保护主判据可由上述判据的一个或两个组成。

1 基于AREVA MICOM P343发电机保护装置的失磁保护的整定计算

发电机保护装置AREVA MICOM P343能够为各种容量的发电机提供全面的保护和测量，其失磁保护包括两个基本元件：一个是带有两个时间延迟段的阻抗元件，其所带有的积分延时特性使得该元件可提供带时限失磁保护，可独立设定延时和返回时间；一个是功率因数报警元件，功率因数报警元件主要判断发电机进相角，超过设定的报警角可延时告警，保证在某些特殊情况下（如异步发电机轻载运行时），保护具有足够的灵敏度。

大型机组对失磁保护的判据要求较高，要由系统低电压、机端过电流和励磁低电压等判据结合判断，这种方式可以利用本装置内部具有的保护元件和其他保护装置配合，来编辑组合实现现场所需要的失磁保护逻辑。如可利用MX3IPG2装置的励磁低电压保护输出

触点和P921电压保证装置系统低电压输出触点至P343装置配合判断。

下面以锦州9－3项目为例，对基于AREVA MICOM P343发电机保护装置的微机失磁保护整定计算进行探讨，锦州9－3项目CEPD平台配备有3台10.5 kV、15 340 kV·A的主发电机，运行工况为两用一备。其主要技术参数如表1所示。

根据发电机容量和海洋平台电网的特性，本

表1　锦州9－3项目技术参数

n_{TA}=1 500 A/1 A=1 500，n_{TA0}=50 A/1 A=50，n_{TV}=10 500 V/110 V=95.45				
额定容量S_N/kV·A	额定电压U_N/kV	额定电流I_N/A	额定功率P_N/kW	功率因数cosφ
15 340	10.5	843	12 272	0.8
纵轴瞬变（次暂态）电抗X_d''(pu)	纵轴瞬变（暂态）电抗X_d'(pu)	纵轴同步电抗X_d(pu)	零序电抗X_0(pu)	负序电抗X_2(pu)
17.8	25.9	161.4	5.8	20.5
纵轴次暂态时间常数T_d''/s	纵轴暂态时间常数T_d'/s	转子惯性时间常数T_a/s		
0.027	0.911	0.203		

案采用异步边界阻抗圆判据作为失磁保护的主判据，动作于跳闸；采用无功功率方向改变判据作为失磁保护的辅助判据，动作于报警。

AREVA MICOM P343失磁保护的阻抗元件的特性如图1所示。

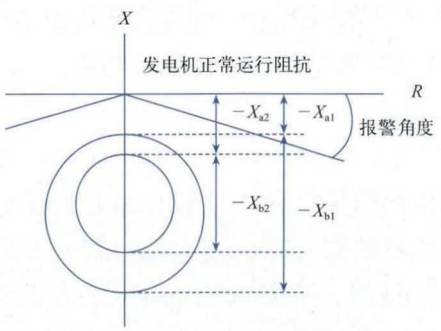

图1　失磁保护阻抗元件的特性

采用上述发电机失磁保护方案，MICOM P343需要整定的数据如表2所示。

1.1　失磁告警的整定

功率因数失磁告警角主要为发电机的进相角，为了躲开发电机出口经过渡电阻的相间短路以及躲开发电机正常进相运行，失磁告警角“FFailAlm Angle”一般设置为10°～15°，默认设置15°，相当于功率因数超前0.96。失磁告警延时“FFailAlm Delay”应当整定为比失磁1段延时定值“FFail1 TimeDelay”长，避免功率告警元件在功率波动时动作，这里整定为2 s。

1.2　失磁保护1段的整定

为了提高失磁保护的灵敏度，快速检测到失

表2　MICOM P343需要整定的数据

菜单子项	菜单中文说明	默认值或推荐值	可选范围
FFailAlm Status	失磁告警状态	Enabled	Disable or Enabled
FFailAlm Angle	失磁告警角/°	15.00	15～75
FFailAlm Delay	失磁告警延时/s	5.000	0～100
FFail1 Status	失磁1段状态	Enabled	Disable or Enabled
FFail1–X_{a1}	失磁1段–X_{a1}定值/Ω	4.000	0～40（1ACT）0～8（5ACT）
FFail1–X_{b1}	失磁1段X_{b1}定值/Ω	44.00	25～325（1ACT）5～65（5ACT）
FFail1 TimeDelay	失磁1段延时/s	5	0～100
FFail1 Do Timer	失磁1段返回时间/s	0	0～100
FFail2 Status	失磁2段状态	Enabled	Disable or Enabled
FFail2–X_{a2}	失磁2段–X_{a2}定值/Ω	4.000	0～40（1ACT）0～8（5ACT）
FFail2–X_{b2}	失磁2段X_{b2}定值/Ω	22.00	25～325（1ACT）5～65（5ACT）
FFail2 TimeDelay	失磁2段延时/s	5	0～100
FFail2 Do Timer	失磁2段返回时间/s	0	0～100

磁，失磁保护1段异步边界圆的直径应整定得尽可能大，但不能与保护装置稳定工况或稳定功率波动的阻抗发生冲突。对于转子角度小于90°的发电机组，特性阻抗曲线的直径X_{b1}整定为发电机纵轴同步电抗，特性阻抗曲线的偏移部分$-X_{a1}$整定为纵轴瞬变电抗的0.5倍。计算过程如下

$$\begin{cases}-X_{a1}=0.5X'_d=0.5\times25.9\,(\text{pu})=0.93\,\Omega\\ X_{b1}=X_d=161.4\,(\text{pu})=11.6\,\Omega\end{cases}\quad(1)$$

式中，X'_d为发电机纵轴瞬变（暂态）电抗；X_d为发电机纵轴同步电抗。

失磁保护1段延时“FFail1 TimeDelay”应整定为能使失磁保护在系统扰动或功率波动时误动作的风险降到最小，并保证发电机定子或转子绕组不因延时时间过长而造成热损伤。典型的定子绕组应能承受持续15 s的2倍额定电流，考虑阻抗进入失磁保护特性曲线可能要花费一些时间，失磁保护1段延时“FFail1 TimeDelay”时间一般设置小于10 s，默认值为5 s，这里整定为1.5 s。

失磁保护1段返回时间“FFail1 DO Timer”整定为0 s，以便瞬时复位。

1.3 失磁保护2段的整定

失磁保护2段主要为重载下的失磁保护，特性阻抗曲线的直径X_{b2}整定为0.5倍的发电机纵轴同步电抗，特性阻抗曲线的偏移部分$-X_{a2}$整定为0.5倍的纵轴瞬变电抗，即

$$\begin{cases}-X_{a2}=0.5X'_d=0.5\times25.9\,(\text{pu})=0.93\,\Omega\\ X_{b2}=0.5X_d=0.5\times161.4\,(\text{pu})=5.8\,\Omega\end{cases}\quad(2)$$

失磁保护2段延时“FFail2 TimeDelay”整定为0.2 s；失磁保护2段返回时间“FFail2 DO Timer”整定为0 s，以便瞬时复位。

2 基于AREVA MICOM P343发电机保护装置的微机失磁保护的校验

微机继电保护装置的校验一般采用专用的继电保护测试仪。继电保护测试仪可输出六相电流和三相电压来模拟TA和TV的输出，一般有手动和自动两种测试方式，这两种测试方式都需要继电保护工作人员弄清保护装置原理。手动测试是最基本的测试方法；而不同厂家的继电保护测试仪在自动测试操作上会有所不同，需要根据相关说明设定相关参数，设备会自动搜索。

下面以上述失磁保护的定值为例，对失磁保护的手动校验方法进行说明。

2.1 失磁告警角及其延时定值的校验

按厂家原理图将继电保护测试仪的三相电流和三相电压接入AREVA MICOM P343发电机保护装置，来模拟TA和TV的输出。

失磁告警角的校验：施加试验电压U_{abc}，正序（即$U_a\angle0$，$U_b\angle-120$，$U_c\angle240$），幅值为额定值，电压U_{abc}的相角和幅值都为定值不变。施加试验电流I_{abc}，幅值为额定值不变，相角为变量。分别从初始值$I_a\angle0$、$I_b\angle120$和$I_c\angle240$向$I_a\angle-15$、$I_b\angle-135$和$I_c\angle225$逼近，步长为-0.1；从初始值$I_a\angle180$、$I_b\angle60$和$I_c\angle-60$向$I_a\angle195$、$I_b\angle75$和$I_c\angle-45$逼近，步长为0.1。直至AREVA MICOM P343发电机保护装置失磁告警动作。比较此时的失磁报警角与整定值，判断其误差是否符合要求。

失磁告警延时的校验：为了保证综保装置继电器动作的稳定性，校验失磁告警延时时，失磁告警角的输入值应为失磁告警角整定值的1.03～1.05倍。施加试验电压U_{abc}，正序（即$U_a\angle0$、$U_b\angle-120$和$U_c\angle240$），幅值为额定值，电压U_{abc}的相角和幅值都为定值不变。施加试验电流I_{abc}，相角$I_a\angle-15.8$、$I_b\angle-135.8$和$I_c\angle224.2$，幅值为额定值，电流I_{abc}的相角和幅值都为定值不变。测试失磁告警动作时间，与整定值2 s进行比较，判断其误差是否符合要求。

2.2 失磁保护1段的校验

失磁保护1段异步阻抗边界圆的校验：AREVA MICOM P343发电机保护装置失磁保护1段通过给出偏移量$-X_{a1}$和直径X_{b1}来定义异步阻抗边界圆。失磁保护1段整定值的手动校验是要计算确定要搜索的异步阻抗边界圆的点，然后计算需要施加的电压电流。要搜索的失磁1段异步阻抗边界圆上的点如图2所示。

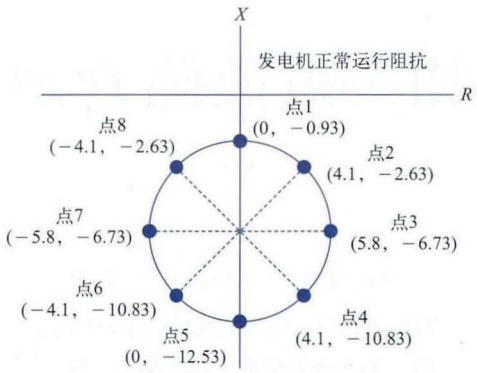

图2　要搜索的失磁1段异步阻抗边界圆的点

与搜索点对应的需要施加的电压电流及搜索方向如表3所示。

根据表3给出值，施加试验电压和试验电流，并逐点进行检验。试验电压的幅值和角度为定量；试验电流角度为定值，幅值为变量。各点的逼近方向根据选取点不同而有所不同，总体原则是从异步阻抗圆外向圆周方向逼近，本案中将阻抗圆八等分来选取搜索点。通过改变试验电流幅值使失磁保护动作，计算此时阻抗值并与各点的理论值比较，判断误差是否符合要求。

表3　与搜索点对应的需要施加的电压电流及搜索方向

	点1	点2	点3	点4	点5	点6	点7	点8
坐标	(0, −0.93)	(4.1, −2.63)	(5.8, −6.73)	(4.1, −10.83)	(0, −12.53)	(−4.1, −10.83)	(−5.80, −6.73)	(−4.1, −2.63)
阻抗/Ω	0.93	4.87	8.88	11.58	12.53	11.58	8.88	4.87
阻抗角(°)	−90	−32.68	−49.24	−69.26	-90	249.26	229.24	212.68
试验电压/V	95.45∠0	95.45∠0	95.45∠0	95.45∠0	95.45∠0	95.45∠0	95.45∠0	95.45∠0
试验电流/A	7.53∠90	1.44∠32.68	0.79∠49.24	0.60∠69.26	0.56∠90	0.60∠110.74	0.79∠130.76	1.44∠147.32
逼近方向	逐步减小至施加电流	逐步增加至施加电流	逐步增加至施加电流	逐步增加至施加电流	逐步增加至施加电流	逐步增加至施加电流	逐步增加至施加电流	逐步增加至施加电流
备注	试验电压的幅值和角度为定量；试验电流角度为定值，幅值为变量							

失磁保护1段延时的校验：选取点1（即失磁保护1段偏移量）来校验失磁保护1段延时，为了保证综保装置继电器动作的稳定性，校验失磁保护1段延时时，点1的输入值应为失磁保护1段偏移量$-X_{a1}$整定值的1.03～1.05倍。施加试验电压$U_{abc}=95.45\angle 0$，施加试验电流$I_{abc}=7.31\angle 90$，测试失磁保护的动作时间，与整定值1.5 s进行比较，判断其误差是否符合要求。

2.3 失磁保护2段的校验

失磁保护2段校验方法与失磁保护1段校验方法相同，需要注意的是将失磁保护1段保护屏蔽，即失磁1段状态“FFail1 Status”设置为Disable。

3　结束语

不同的发电机综合保护装置失磁保护的操作方法和配置方案各异，但其动作原理大同小异。只有充分了解和熟悉失磁保护的动作原理，才能保证整定计算的正确性和校验方法的合理性。确保将失磁保护的误动作风险降到最低，增强失磁保护的可靠性。本文以锦州9－3项目为例，对AREVA MICOM P343发电机保护装置的微机失磁保护整定及其校验进行探讨，给出一种基于该装置的发电机微机失磁保护的整定计算及其校验方法，给从事该项工作的工程技术人员提供参考。该方法在蓬莱19－9、渤中28－34及文昌等多个海油工程项目中得到推广和应用，取得了良好效果。

（收稿日期：2016－12－09）EA

欢迎订阅　欢迎投稿　欢迎刊登广告