

# DVP-683 微机失磁保护装置 在实际应用中存在问题的处理方法

廖秉东

(中国水利水电第十工程局, 四川 都江堰 611830)

摘要: 介绍了DVP-683型微机失磁保护装置在中、小型水电站应用中所存在的问题及处理方法。

关键词: 失磁保护装置; 问题; 处理

中图分类号: TV 734

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(1999)增-0095-03

近年来, 电气设备不断更新, 出现了一些生产厂家, 他们对电力系统的实际运行工况, 分析认识不够充分, 致使开发出来的产品不能满足实际运行的要求。如用于水电站自动化系统和继电保护系统的电气装置在运行中出现误动、拒动, 都将会给电站造成巨大的经济损失。现就DVP-683微机失磁保护装置在实际应用中所存在的问题进行分析以及现场处理措施加以阐述。

## 1 装置原理及功能特点

装置取样电气量为机端三相线电压、励磁电流、励磁电压, 经装置内部测量切换、模拟滤波、保护CPU、出口继电器等环节, 进行对输入各电气量处理、分析, 判断运行中的电机组是否失磁, 若失磁则作用于保护跳闸。失磁保护的判据条件有3个:

(1) 励磁电流小于或等于励磁电流设定值  $I_{L\text{set}}$ ;

$I_{L\text{set}}$ ;

(2) 励磁电压小于或等于励磁电压设定值  $U_{L\text{set}}$ ;

$U_{L\text{set}}$ ;

(3) 机端电压小于或等于机端低电压闭锁设定值  $U_j$   $I_{j\text{set}}$ ;

当以上3个条件均具备时, 装置动作, 实现发电机运行在失磁状况下, 发电机出口断路器跳闸, 起到失磁保护的作用。

## 2 装置存在的问题分析及处理

### 2.1 励磁电压值测量不准问题

#### 2.1.1 分析误差原因

该装置设置了对各输入参数进行测量, 并以数字显示。对励磁电压的检测, 现象为, 当励磁电压  $U_L$  实测值为80V时, 装置自测显示37V, 并且显示值不稳定。装置结构分析, 该装置励磁电压检测是按纯直流成份设计的, 并且采样时间较长。对于可控硅励磁装置整流输出电压含谐波成份重的锯齿波信号, 无法测量准确。若它的采样时刻点, 在锯齿波的峰点时, 数显指示就高, 在锯齿波的谷点时或空隙时, 数据指示就低。

#### 2.1.2 处理方法

如果厂家在采样前级增设一级数字滤波, 这个问题就解决了。我们在现场实际采取的措施是在接入装置之前的励磁电压加装一只40W日光灯的镇流器作为电感, 串接方式引用, 对励磁电压进行滤波, 效果极佳, 实现了励磁电压值的准确检测, 使得失磁保护判据中的励磁电压判据条件能准确判断。

### 2.2 机端低电压闭锁问题

该装置在失磁保护的三个判据条件中, 前两个条件没有疑问。但是, 机端电压要小于或等于机端低电压闭锁设定值, 就存在一定问题。水轮发电机组出口经主变压器升压后, 并入电网运行。实际运行中, 发电机所输出的有功功率  $P$  值不同, 在保证机组稳定运行状况下, 所允许的最大进相无功功率  $Q$  值也不同, 机端电压值变化相应不等, 并且变化值不太大。加之并网机组进入电网经过较长输电线路的阻抗影响, 使发电机机端电压在低负荷时和全额定负荷时, 不是一个恒定不变的机端电压值, 而在这两种运行工况下, 机端电压值差别还很大。由于这些因素, 使机端电压判据没有一个确定的值。当装置引入机端低电压闭锁后, 将导致水轮发电机在失磁运行工况下, 保护拒动。对这一判据的不可靠性分三步进

行推导分析。第一步,水轮发电机组经变压器并入电力系统的变压器阻抗值计算,此阻抗值用以确定不同发电机负荷下主变压器阻抗产生的电压降。第二步,分析在水轮发电机并网运行功率角  $\delta_{fx} = 90^\circ$  的静态稳定运行时,以水轮发电机机端导纳平面上的临界失步特性曲线为依据,确定机端电导  $G_f$ ,电纳  $B_f$  和送入系统的有功功率  $P$ ,无功功率  $Q$  以及进相无功功率  $-Q$  的相互关系。以此,最终确定允许进相的无功功率  $Q$  所对应的无功电流  $I_Q$ ,此值,为进相运行时机端电压变化值计算提供出第二个已知条件。第三步,以水轮发电机并入系统,送出有功功率  $P$ ,无功功率  $Q$ ,  $\cos\varphi = 0.8$ ,与送出有功功率  $P$ ,吸收无功功率  $Q$ ,进入失步区时,对机端电压的影响。

(1) 以电站的一台水轮发电机组、发变组接线为实例:

主变压器参数: SF8- 12500/38.5;  
电压比 38.5/10.5kV; 电流比 187.5/687.3A;  
空载损耗  $P_{K0} = 13.500$ W; 短路损耗  $P_{dL} = 60.744$ W; 空载电流  $I_0\% = 0.39\%$ ; 短路电压  $U_{dL}\% = 7.48\%$ 。

计算:

- (a) 因为三相变压器给出的损耗是三相的,故每相短路损耗为  $P_{dL}/3 = 60.744/3 = 20.3$  kW  
(b) 每相短路电压的绝对值为:

$$U_{dL\text{相}} = U_{dL}\% \times U_{\text{线}} / \sqrt{3} = 1.66 \text{ kV}$$

- (c) 每相阻抗值:

$$R = P_{dL\text{相}} / I_e^2 = 20.300 / 187.5^2 = 0.5774 \Omega/\text{相}$$

$$Z = U_{dL\text{相}} / I_e = 1.660 / 187.5 = 8.853 \Omega/\text{相}$$

$$X = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{8.853^2 - 0.5774^2} = 8.8 \Omega/\text{相}$$

为便于计算,将发电机端电压  $U_f$  视为归算到变压器高压侧的电压,用标么值进行结果分析,不会对分析产生影响。主变的  $R = 0.5774 \Omega/\text{相}$  较小,可以忽略不计。

- (2) 水轮发电机的临界失步曲线

水轮发电机的失步,已有详尽资料做理论推导,这里只做实际应用性分析。水轮发电机与系统之间临界失步时,发电机机端的测量电阻  $R_f$ ,电抗  $X_f$  及机端相应的测量电导  $G_f$ ,电纳  $B_f$  的关系式为:

$$\begin{cases} G_f = R_f / R_f^2 + X_f^2 \\ B_f = X_f / R_f^2 + X_f^2 \end{cases}$$

根据公式,可求出一系列的  $G_{f1}, B_{f1}$  及  $G_{f2}, B_{f2}, \dots$  值。据此,可在  $G_f - B_f$  直角坐标平面上画

得若干点,这些点的连线就是水轮发电机在机端导纳平面上的临界失步曲线,该曲线为水轮发电机以不同的有功功率  $P$  而临界失步时,机端测量导纳的轨迹,曲线所包围的区域为同步运行区,曲线之外侧为失步区(即为失磁保护的区域)。

水轮发电机机端阻抗(或导纳)平面上的临界失步曲线与发电机所送有功功率  $P$  和无功功率  $Q$  有必然联系, $P, Q$  与  $G_f, B_f$  有一一对应关系。它们的关系式为:

$$\begin{cases} P = G_f U_f^2 \\ Q = B_f U_f^2 \end{cases}$$

若将  $U_f^2$  设为  $K$ ,作为一个系数看待,设为  $K = 1$ ,为此,发电机机端导纳平面上的临界失步曲线,就可直接看为发电机  $P, Q$  运行控制线,该曲线推出的目的在于确定了送出不同有功功率  $P$  与允许吸收系统无功  $Q$  的大小,以及  $Q$  值对应的  $I_Q$  值。为下步分析建立了第二个条件。

- (3) 水轮发电机机端电压变化量计算。

从水轮发电机机端导纳平面特性可以看出,吸收系统无功功率  $Q$  为额定值时,是较严重的进相状态,即失步运行区。下面分别以不同运行工况下计算电压量。

以  $Q = Q_e (I_Q = I_{Qe})$ ; 在  $P_1 = P_e; P_2 = \frac{3}{4} P_e; P_3 = \frac{1}{2} P_e; P_4 = \frac{1}{4} P_e$  时,分别推算出机端电压变化量  $\Delta U\%$ 。

已知:  $I_{1e} = 187.5$  A;  $\cos\varphi = 0.8$ ;  $I_p = 150$  A;  $I_b = 112.5$  A;  $X = 8.8 \Omega/\text{相}$ ;  $U_{\text{相}} = U_{\text{线}} / \sqrt{3} = 38.5 / \sqrt{3} = 22.23$  (kV)

因为,变压器阻抗  $X$  对系统电压引起的向角改变较小,为此,可以将电压变化值  $\Delta U$  看为计算出的电压变化值  $U$ ,在  $Y$  轴上的投影值。

当送有功  $P_e$ ,无功  $Q_e$ ,  $\cos\varphi = 0.8$  时,

$$I_1 = I_{1e} = 187.5 \text{ A}$$

$$\text{得 } U_1 = I_1 \cdot X = 187.5 \times 8.8 = 1.66 \text{ kV}$$

$$\Delta U_1 = U_1 \cos\varphi = 1.66 \times 0.8 = 1.33 \text{ (kV)}$$

当进相工况,  $I_{2p} = \frac{3}{4} I_{pe} = 112.5$  A

$$I_Q = 112.5 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \text{得 } U_2 &= \sqrt{I_{2p}^2 + I_Q^2} \cdot X \\ &= \sqrt{112.5^2 + 112.5^2} \times 8.8 \\ &= 1.4 \text{ (kV)} \end{aligned}$$

$$\Delta U_2 = U_2 \cos\varphi = 1.4 \times 0.7 = 0.99 \text{ (kV)},$$

此时,  $\varphi = 45^\circ$

当进相工况,  $I_{3p} = \frac{1}{2} I_{pe} = 75 \text{ A}$ ,  $I_Q = 112.5 \text{ A}$

$$\begin{aligned} \text{得 } U_3 &= I_3 \cdot X = \sqrt{I_{3p}^2 + I_Q^2} \cdot X \\ &= \sqrt{75^2 + 112.5^2} \times 8 = 1.2 \text{ (kV)} \end{aligned}$$

$$\varphi_3 = \text{tg}^{-1} \frac{I_Q}{I_p} = \text{tg}^{-1} \frac{112.5}{75} = 56^\circ$$

$$\begin{aligned} \Delta U_3 &= U_3 \cos \varphi_3 = U_3 \cos(90^\circ - 56^\circ) \\ &= 1.2 \times 0.83 = 0.99 \text{ (kV)} \end{aligned}$$

当进相状况,  $I_{4p} = \frac{1}{4} I_{pe} = 37.5 \text{ A}$

$$\begin{aligned} \text{得 } U_4 &= I_4 \cdot X = \sqrt{I_{4p}^2 + I_Q^2} \cdot X \\ &= \sqrt{37.5^2 + 112.5^2} \times 8 = 1.04 \text{ (kV)} \end{aligned}$$

$$\varphi_4 = \text{tg}^{-1} \frac{I_Q}{I_p} = \text{tg}^{-1} \frac{112.5}{37.5} = 71.6^\circ$$

$$\begin{aligned} \Delta U_4 &= U_4 \cos(90^\circ - 71.6^\circ) = 1.04 \times 0.95 \\ &= 0.99 \text{ (kV)}. \end{aligned}$$

假定系统电压为恒定, 机端电压在发电机额定送出有无功负荷与进相失步工况之间, 机端最大电压变化量, 从以上计算的几组数据看, 送出额定有无功负荷时, 最大的电压变化量为  $\Delta U = 1.33 \text{ kV}$ , 进相时最大的电压变化量也不过为  $\Delta U = 1.33 \text{ kV}$ 。那么, 最大电压变化差率为  $\Delta U \% = \frac{2\Delta U}{U_{\text{相}}} \times 100 = \frac{2 \times 1.33}{22.23} \times 100 = 12\%$ 。

#### (4) 分析结论。

电力系统允许电压变化  $\pm 5\%$ 。而在实际运行中, 由于线路阻抗和变压器阻抗的作用, 水轮发电机正常运行工况, 机端电压变化可达到  $15\%$ 。例如, 香水水电站水轮发电机额定容量为  $12500 \text{ kVA}$ , 额定

电压为  $10.5 \text{ kV}$ , 并网时, 机端电压为  $9.5 \text{ kV}$ , 发电机带额定负荷时, 机端电压为  $11 \text{ kV}$ 。即发电机空载与额定负荷运行工况之间的电压变化率为  $15\%$ 。而发电机正常运行与进相运行工况之间的电压变化率为  $12\%$ 。综上推测, 该装置无法判断所保护的发电机是运行在正常工况, 还是运行在进相失步工况。其结果是装置在机端低电压闭锁状况, 发电机失磁时, 该装置将会拒动。

#### (5) 处理方法。

根据以上分析和实际运行情况测试, 认为在水轮发电机运行中, 失磁保护用 DVP-683 装置, 采用机端低电压闭锁, 将存在失磁保护拒动。现场实际解决方法为:

取消装置机端低电压闭锁设定, 保留励磁电压, 励磁电流两种设定方式。

为了避免起励升压过程中, 励磁电压, 励磁电流低于设定值时的装置误动, 在装置跳闸出口, 加设发电机出口断路器的辅助开关接点作为装置动作时的闭锁。

### 3 结束语

该装置处理后, 经在江油市香水电站实际应用结果表明检测值准确。对在试运行过程中所出现的两次发电机失磁, 实现了可靠保护。最终的处理结果, 得到了设计院的肯定, 并出具了补充修改通知单。

#### 作者简介:

廖秉东(1958年-), 男, 四川仁寿人, 中国水利水电第十工程局机电安装分局试验室, 工程师, 一直从事新建水电厂的电气调试工作。

## 省青工委召开“四川省 21 世纪水电发展战略思路”研讨会

1999年12月22日, 省学会青年工作委员会在成都召开了“四川省 21 世纪水电发展战略思路”研讨会。出席会议的有青工委委员, 特邀代表以及成勘院胡敦渝院长、张小庆书记、章建跃和郭勇副院长。

会议由青工委主任委员艾明建主持, 他在发言中首先对出席会议的代表表示欢迎, 并介绍了召开此次会议的目的是为了贯彻中央西部大开发战略部署, 结合邹广严副省长为《四川水力发电》撰写的题为“抓住西部大开发战略机遇, 加快四川水电建设, 实现“西电东送”目标”的文章, 畅谈四川省 21 世纪水电发展的战略思路。他还向与会代表介绍了四川省到 1999 年底, 全省发电装机容量将达到  $1600 \text{ 万 kW}$ , 其中水电将突破  $1000 \text{ 万 kW}$ , 提前完成了“九五”计划, 省政府将以新闻发布会的形式向社会公布, 也表明了邹广严省长对电力发展的重视。他还向与会者介绍了邹省长撰文的经过。樊

天龙副理事长兼秘书长在会上发言向青工委举行此次会议表示祝贺, 介绍了青工委在水电学会中所起的重要作用, 谈到国电公司最近在贵阳召开的会议上提到的电力发展计划以及目前国家水电开发形势。会议东道主——国电公司成勘院胡敦渝院长在讲话中向与会代表表示欢迎, 介绍了近期国家水电开发形势以及对四川水电建设发展的看法。

出席研讨会的代表畅所欲言, 各抒己见, 对四川省在 21 世纪如何发展水电提出了各自的看法和意见, 希望省政府真正重视四川水电资源的开发, 团结一致, 步调一致, 共同呼吁加快四川水电建设的步伐。

研讨会触及许多水电开发较深层次的问题, 与会者发言踊跃, 会场气氛热烈。会议在完成了预定的议程后圆满结束。

与会代表对成勘院为此次会议付出的辛勤劳动表示感谢。

(本刊记者 李燕辉)