

武汉华胜公司

2007.01.27

科技部

## 对电动机绕组直流电阻值的探讨

荆门热电厂 张飏

《电气设备预防性试验规程》规定 1000V 以上或 100kW 以上的电动机各相绕组直流电阻的相互差别不应超过最小值的 2%，中性点未引出的线间直流电阻不超过 1%。

这一规定给我们的实际工作提供了依据，按照此规定，寻找绕组直流电阻不合格的故障，特别对两股并绕电动机的断股故障是很有效的。但对于四股并绕的电动机就不太理想，以下就这一问题进行简要分析，并提出个人的一点见解。

## 1 电动机绕组断股的一般规律分析

以下都以 3 相双层成型线棒绕组为例。设电动机槽数为  $Z$ ，极对数为  $2P$ ，相数为 3，单个线棒由  $k$  股并绕，每股电阻为  $kR_0$ ，正常时电阻为  $R_0$ ，断一股后即变为  $(k-1)$ ， $kR_0$  并联电阻为  $\frac{k}{k-1}R_0 = R_0 + \frac{R_0}{k-1}$ ，即断股后线棒电阻比正常的线棒电阻增大  $\frac{R_0}{k-1}$ 。下面以相电阻为例分析几种不同接线方式的情况。

## 1.1 一条串联支路

正常相电阻为  $\frac{Z}{3}R_0$ 。

异常相电阻为  $(\frac{Z}{3}R_0 + \frac{R_0}{k-1})$

$$\Delta R\% = \frac{3}{Z(k-1)} \times 100\%$$

取  $\Delta R\% > 2\%$ ， $Z(k-1) < 150$ ， $k=4$  时， $Z < 50$ ；

$\Delta R\% > 1\%$ ， $Z(k-1) < 300$ ， $k=4$  时， $Z < 100$ 。

取  $\Delta R\% > 2\%$ ， $k=2$  时， $Z < 150$ ；

$\Delta R\% > 1\%$ ， $k=2$  时， $Z < 300$ 。

## 1.2 二条并联支路

正常相电阻为  $\frac{Z}{12}R_0$ 。

异常相电阻为  $\frac{Z}{6}R_0 // (\frac{Z}{6}R_0 + \frac{R_0}{k-1}) = \frac{ZR_0}{12}$

$$[1 + \frac{3}{Z(k-1)+3}]$$

$$\Delta R\% = \frac{3}{Z(k-1)+3} \times 100\%$$

取  $\Delta R\% > 2\%$ ， $Z(k-1) < 147$ ， $k=2$  时， $Z < 147$ ； $k=4$  时， $Z < 49$ ；

取  $\Delta R\% > 1\%$ ， $Z(k-1) < 297$ ， $k=2$  时， $Z < 297$ ； $k=4$  时， $Z < 99$ 。

## 1.3 四条并联支路

正常相电阻为  $\frac{Z}{48}R_0$ 。

异常相电阻为  $\frac{Z}{48}R_0 [1 + \frac{3}{Z(k-1)+9}]$

$$\Delta R\% = \frac{3}{Z(k-1)+9} \times 100\%$$

取  $\Delta R\% > 2\%$ ， $Z(k-1) < 141$ ， $k=2$  时， $Z < 141$ ； $k=4$  时， $Z < 47$ ；

取  $\Delta R\% > 1\%$ ， $Z(k-1) < 291$ ， $k=2$  时， $Z < 291$ ； $k=4$  时， $Z < 97$ 。

## 1.4 2P 条并联支路

正常相电阻为  $\frac{Z}{12P^2}R_0$ 。

异常相电阻为  $\frac{ZR_0}{12P^2} [1 + \frac{3}{Z(k-1)+6P-3}]$

$$\Delta R\% = \frac{3}{Z(k-1)+6P-3} \times 100\%$$

取 a.  $\Delta R\% > 2\%$ ， $Z(k-1) < 153 - 6P$ ，

当  $2P=6$ ， $k=2$  时， $Z < 135$ ；

$k=4$  时， $Z < 45$ ；

当  $2P=8$ ， $k=2$  时， $Z < 129$ ；

$k=4$  时， $Z < 43$ ；

当  $2P=10$ ， $k=2$  时， $Z < 123$ ；

$k=4$  时， $Z < 41$ ；

当  $2P=12$ ， $k=2$  时， $Z < 117$ ；

$k=4$  时， $Z < 39$ 。

取 b.  $\Delta R\% > 1\%$ ，有  $Z(k-1) + 6P < 303$ ，

当  $2P=6$ ， $k=2$  时， $Z < 285$ ；

$k=4$  时， $Z < 95$ ；

(下转第 34 页)

在企业大张旗鼓贯彻 GB/T 19000—ISO 9000 系列标准之时,务必同时按照 GB/T 19022—ISO 10012 系列标准逐步完善企业的计量工作,只有这样,才能使企业顺利通过质量体系认证,并使企业的计量工作在质量体系认证的推动下再上一个台阶。

### 5 扎扎实实做好新时期的计量工作

我们的计量人员和企业领导应充分吸取计量定升级工作的经验教训,时刻保持清醒的头脑,充分认识到,要向国际标准靠拢,必须改变传统的管理模式及检测方法。这是一项宏伟而

又细致的系统工程,不是靠少数人在短期内就能完成的。在进行这项工作时,绝不可以形而上学、脱离实际,绝不可以好大喜功、浮于表面,而应建立起行之有效的程序文件,在原有的基础上增加系统化管理要求,扎扎实实地按照标准要求不断完善企业的质量体系及计量工作,使企业的计量工作切实为质量服务并与企业经营紧密结合,真正发挥计量工作的基础作用,从而为我国计量工作早日与国际惯例接轨打好基础。

(收稿日期:1997-03-17)

(上接第15页)

当  $2P=8, k=2$  时,  $Z < 279$ ;

$k=4$  时,  $Z < 93$ ;

当  $2P=10, k=2$  时,  $Z < 273$ ;

$k=4$  时,  $Z < 91$ ;

当  $2P=12, k=2$  时,  $Z < 267$ ;

$k=4$  时,  $Z < 89$

### 2 两点看法

2.1 实际运用中的高压电动机及容量较大的低压电动机其槽数和极对数都是有限的,并且有一定的规律性,按规程规定,即  $\Delta R\% > 2\%$  对两股并绕电机的断股无论什么接线方式都能通过测量相线电阻大小确定故障。

2.2 对于四股并绕的电动机如仍采用  $2\%$  这一标准,其适用范围是有限的。如采用  $1\%$  的标准其有效性大大增加,  $2P=12$  时,  $2P$  条并联支路,  $Z < 89$  都能发现断股。如采用  $2\%$  的标准,许多断股被视为合格,多股并绕电机断股后继续运行对电机危害将是很大的,这一点在这里不作具体分析。

### 3 实例分析

3.1 200MW 5号发电机的给水泵电机,参数为:  $6kV, 5500kW, Z=84, 2P=4, 4Y$  接线,  $q=7$ 。线棒由四股并绕每股电阻为  $4R_0$ , 单个正常线棒电阻为  $R_0$ 。正常相电阻为  $\frac{7}{4}R_0 = 1.75R_0$ , 异常相电阻为  $\frac{154}{87}R_0 = 1.77R_0$ ,  $\Delta R\% = \frac{1.77R_0 - 1.75R_0}{1.75R_0} \times 100\% = 1.14\% > 1\%$ 。

3.2 200MW 4号发电机的给水泵电机为英国

进口,其参数为:  $6kV, 5100kW, Z=72, 2P=4, 2Y$  接线,  $q=6$ 。线棒由四股并绕每股电阻为  $4R_0$ , 单个正常线棒电阻为  $R_0$ 。正常相电阻为  $12R_0 // 12R_0 = 6R_0$ , 异常相电阻为  $\frac{444}{73}R_0 = 6.082R_0$ ,  $\Delta R\% = \frac{6.082R_0 - 6R_0}{6R_0} \times 100\% = 1.37\% > 1\%$ 。

这次大修中 4号、2号给水泵电机直流电阻实测值为:  $R_{Ax} = 26.73m\Omega, R_{By} = 27.10m\Omega, R_{Cz} = 26.83m\Omega, \Delta R\% = 1.38\% > 1\%$ 。这一结果与上述理论分析完全一致,具体计算如下:

正常相电阻  $6R_0 = \frac{26.73 + 26.83}{2} = 26.78$ ,  $R_0 = 4.463m\Omega$

异常相为  $12R_0 // aR_0 = \frac{12R_0 \times aR_0}{12R_0 + aR_0} = \frac{12aR_0}{12+a} = 27.10$ , 代入数据求出  $a=12.3$ , 故障支路电阻为  $12.3R_0$ 。比正常相多  $0.3R_0$ , 由  $k$  股并绕线棒断股后电阻增加  $\frac{R_0}{(k-1)}$ , 当  $k=4$  时, 为  $\frac{R_0}{3} = 0.33R_0$ , 所以 B 相断股且断股后  $\Delta R\%$  大于  $1\%$  小于  $2\%$ , 如仍以  $2\%$  为标准则误判为合格。

### 4 结论

根据以上分析,建议将多股并绕电动机的直流电阻标准改为相间电阻差别不超过最小值的  $1\%$ , 这比  $2\%$  更严格一些,象四股并绕的断股也不会被误判合格而漏掉。按以往的实际经验,合格电机电阻的差别不会超过  $1\%$ , 这对正常电机没有影响。

(收稿日期:1995-05-19)