

三次谐波电压型定子接地保护整定计算探讨

郭爱军

(江西万安水力发电厂,江西 万安 343800)

摘要: 讨论了在整定计算时如何考虑发电机的功率及运行方式的变化对三次谐波电压型定子一点接地保护产生的影响,并对各种动作方程的三次谐波电压型定子接地保护的動作特性作了分析和评论。

关键词: 定子接地保护; 动作特性; 整定计算

中图分类号: TM772 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2004)03-0032-07

0 引言

发电机出口有断路器及厂用变分支时,发电机机端对地电容随运行方式变化会有较大的变化,在同一种运行方式下,发电机工况变化时,定子的三次谐波电势幅度也会变化,这些外部条件对不同类型的三次谐波电压型定子接地保护会产生不同的影响。现场投入运行的三次谐波电压型定子接地保护,采用的动作方程有很多种,例如万安水电厂机组保护有三种型号,三次谐波电压型定子接地保护的動作方程也各不相同。对不同类型的三次谐波电压型定子接地保护进行正确的分析和整定并非易事,万安水电厂的三次谐波电压型定子接地保护几乎都在投运后因为误动而调整过整定值。万安水电厂发电机为中性点经消弧线圈接地,本文根据这种发电机在正常运行及单相接地故障时发电机机端、中性点三次谐波电压的特点,利用 $U_{N3} - U_{S3}$ 坐标平面对不同类型的三次谐波电压型定子接地保护的動作特性及整定计算进行了分析(注: U_{S3} 为发电机机端的三次谐波电压幅值, U_{N3} 为发电机中性点的三次谐波电压幅值)。

1 正常运行时 U_{N3} 、 U_{S3} 在 $U_{N3} - U_{S3}$ 坐标平面上的分布特点

发电机在某种运行方式下,如果不发生接地故障,由于机端、中性点的对地阻抗是常数,因此比值 $k = U_{N3}/U_{S3}$ 是常数,此时在 $U_{N3} - U_{S3}$ 坐标平面上,三次谐波电压幅值 (U_{N3} , U_{S3}) 应落在经过原点、斜率为 k 的一条直线上,如图 1 所示直线 OA (斜率为 $k = U_{N3}/U_{S3}$)。如果定子的三次谐波电势幅值为 E_3 ,由于发电机中性点经消弧线圈接地,不发生接地故障时发电机机端、中性点的三次谐波电压相位相差 180° ,所以 $U_{N3} + U_{S3} = E_3$,满足此条件的 (U_{N3} , U_{S3}) 必定是图 1 中线段 EF 与 OA 的交点 P 的坐标。随机组工

况的变化,定子的三次谐波电势幅值会有变化,设定子的三次谐波电势幅值在 E_{3max} 、 E_{3min} 之间变化,则发电机正常运行时 U_{N3} 、 U_{S3} 应落在图 1 中点 P_m 、 P_n 之间。

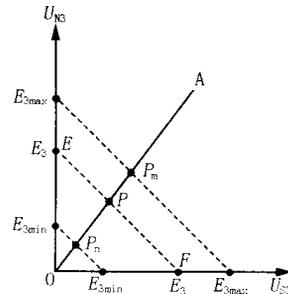


图 1 正常运行时 U_{N3} 、 U_{S3} 分布特点

Fig. 1 Distribution characteristics of U_{N3} , U_{S3} when generator operates normally

设发电机为单元接线,出口有断路器及厂用变分支,则它有下列三种运行方式,对应有三种 U_{N3} 、 U_{S3} 分布情况。

(1) 并列前空载运行:此时机端对地容抗最大, U_{N3}/U_{S3} 值最小, (U_{N3} , U_{S3}) 在 $U_{N3} - U_{S3}$ 坐标平面上分布直线斜率最小。如果不考虑发电机启、停过程,并列前机端电压在额定值附近变化很小,因此发电机三次谐波电势幅值 E_3 是某个常数,此时 (U_{N3} , U_{S3}) 是直线上的一个点,如图 2 中所示的 E 点。如果考虑发电机启、停过程,则由于发电机电压在 0 到额定值之间变化,此时 (U_{N3} , U_{S3}) 分布在图 2 中所示的线段 OE (斜率为 k_0) 上。

(2) 并列运行,主变低压侧的厂变分支投入(最大运行方式):此时机端对地容抗最小,相应的 U_{N3}/U_{S3} 值最大, (U_{N3} , U_{S3}) 在 $U_{N3} - U_{S3}$ 坐标平面上分布直线斜率最大,并列运行中定子的三次谐波电势幅度在 E_{3max} 、 E_{3min} 之间变化,故此时代 (U_{N3} , U_{S3}) 分布在图 2 中所示的线段 AB (斜率为 k_1) 上。

(3) 并列运行, 主变低压侧的厂变分支不投入 (最小运行方式): 此时机端对地容抗介于前两者之间, 相应的 (U_{N3}, U_{S3}) 在 $U_{N3}-U_{S3}$ 坐标平面上的分布直线也在前两者之间, 并列运行中定子的三次谐波电势幅度的在 $E_{3\max}$ 、 $E_{3\min}$ 之间变化, 故此时 (U_{N3}, U_{S3}) 分布在图 2 所示的线段 CD (斜率为 k_2) 上。

可见, 发电机的三种运行方式下, (U_{N3}, U_{S3}) 在坐标平面上分布于图 2 中的三条线段 AB 、 CD 、 OE , 如果不考虑发电机启、停过程, 则分布于图 2 中线段 AB 、 CD 及点 E 。文献[3]中提供了漫湾水电厂 5 号发电机 (中性点经消弧线圈接地) 在空载运行及并列运行中 U_{N3} 、 U_{S3} 实测数据 (只有一种并列运行方式的实测数据), 将这些 U_{N3} 、 U_{S3} 实测数据标在 $U_{N3}-U_{S3}$ 坐标平面上, 如图 3 所示, 显示实测情况和前述分析一致。

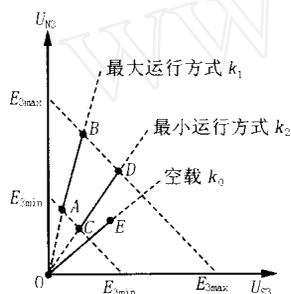


图 2 在不同运行方式下正常运行时 U_{N3} 、 U_{S3} 分布特点

Fig. 2 Distribution characteristics of U_{N3} , U_{S3} when generator operates in different modes

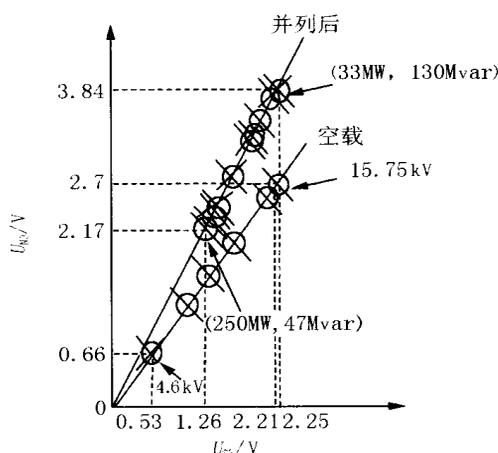


图 3 漫湾水电厂 5 号发电机在空载运行及并列运行中 U_{N3} 、 U_{S3} 实测数据在坐标平面上的分布

Fig. 3 Distribution of U_{N3} , U_{S3} of #5 generator of Manwan hydropower plant under no-load and parallel operation

2 发生接地故障后 U_{N3} 、 U_{S3} 在 $U_{N3}-U_{S3}$ 坐标平面上的分布特点

设定子某相 K 点处发生金属性接地, 如图 4, 故障前, 发电机机端、中性点的三次谐波电压为 U_{N30} 、 U_{S30} , $U_{N30} + U_{S30} = E_3$, 图中 N 为中性点, S 为机端, G 为故障前的地电位点, M 为 NS 的中点。故障后发电机机端、中性点的三次谐波电压变为 U_{N3K} 、 U_{S3K} , 故障后地电位点变为 K 。随接地位置变化, K 点将沿图 4 中两个半圆移动。

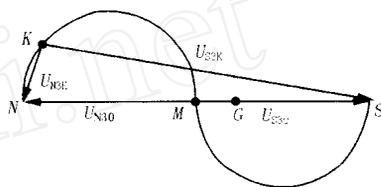


图 4 发电机定子单相接地三次谐波电压变化分析

Fig. 4 Analysis of the third harmonic voltage of the generator when stator single-phase grounding fault happens

若故障前, $U_{N30} + U_{S30} = E_3$, 根据图 4, 则可知接地故障后 U_{N3K} 、 U_{S3K} 在 $U_{N3}-U_{S3}$ 坐标平面上将分布在曲线 SM 和曲线 MN 上, 如图 5 所示。设接地地点与发电机中性点之间的绕组长度占整个绕组长度的百分比为 $\%$, 则 $\%$ 为图 5 中曲线 KN 的长度占曲线 SM 和曲线 MN 长度之和的百分比。

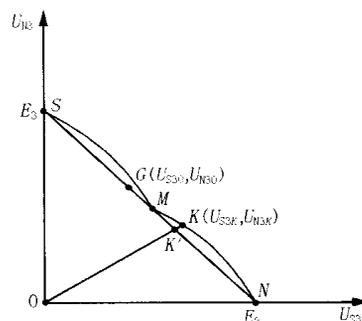


图 5 发电机定子单相接地时 U_{N3} 、 U_{S3} 分布特点

Fig. 5 Distribution characteristics of U_{N3} , U_{S3} of the generator when stator single-phase grounding fault happens

从图 4 看, 在靠机端或中性点侧的绕组四分之一处发生金属性接地时, $U_{N3K} + U_{S3K}$ 值最大, 经推算为 $1.18 E_3$, 与 E_3 之间相差不大。为了简化问题的分析, 可以近似地认为发生一点接地后, $U_{N3K} + U_{S3K} = E_3$ 不变, 则在绕组不同位置发生一点接地后, U_{N3K} 、 U_{S3K}

只能沿图 5 中坐标平面上线段 SN 移动,而接地点与发电机中性点之间的绕组长度占整个绕组长度的百分比近似为: $\% (KN/SN) \cdot 100\%$ 。

3 三次谐波电压型定子一点接地保护的動作特性及整定计算

3.1 动作方程为 $U_{S3} > a$ 的定子一点接地保护动作特性及整定计算

显然 a 应大于正常运行的最大 U_{S3} ,根据图 2 可知,它的理想动作特性是如图 6 所示的一条垂直于 U_{S3} 轴的直线,右侧为动作区。

3.1.1 动作门槛 a 的整定

设图 6 中 OD 的斜率为 k_2 ,则 $a + k_2 \cdot a = E_{3max}$,故按下式整定:

$$a = E_{3max} / (1 + k_2) \quad (1)$$

k_2 为 OD 的斜率,即发电机并列运行最小运行方式下的 U_{N3} / U_{S3} 值(主变低压侧没有厂变分支时 $k_2 = k_1$)。实际整定中,可取 $1.1a$ 。

式中的 E_{3max} 、 k_2 、 E_{3min} 在机组运行中实测。

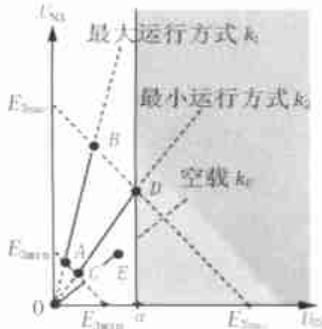


图 6 动作方程为 $U_{S3} > a$ 的定子一点接地保护动作特性

Fig. 6 Operation characteristics of the stator ground protection based on the operation equation $U_{S3} > a$

3.1.2 最小“底部覆盖率”的校验

如第 2 节所述,设故障前, $U_{N3} + U_{S3} = E_3$,则接地故障后,可以近似地认为 U_{N3K} 、 U_{S3K} 分布于坐标平面线段 SN 上,如图 7 所示。设 SN 和动作特性曲线交点为 K ,此时最大保护范围对应 KN 段,即绕组后半部接地故障,它占整个绕组长度的百分比定义为“底部覆盖率”($\%$),据第 2 节的分析,可知:

$$\% (KN/SN) \cdot 100\% = [(E_3 - a) / E_3] \cdot 100\%$$

显然,当 $E_3 = E_{3min}$ 时,保护范围最小,故最小“底部覆盖率”为:

$$\% (KN/SN) \cdot 100\% =$$

$$[(E_{3min} - a) / E_{3min}] \cdot 100\% \quad (2)$$

由于三次谐波定子一点接地保护的作用是配合基波 $3U_0$ 定子一点接地保护一起构成 100% 定子一点接地保护,而基波 $3U_0$ 定子一点接地保护在中性点有 5%~10% 的死区,因此要求最小“底部覆盖率”大于等于 15%。

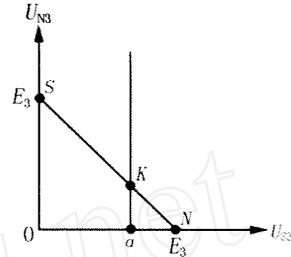


图 7 动作方程为 $U_{S3} > a$ 的定子一点接地保护分析

Fig. 7 Analysis of the stator ground protection based on the operation equation $U_{S3} > a$

评价:在发电机轻载而无功较高时,图 6 中 D 点可能进入动作区,就会误动;在发电机启、停过程中,以及在发电机无功水平很低或无功进相运行时,保护可能因为 E_3 很小而拒动。

3.2 动作方程为 $U_{N3} < a$ 的定子一点接地保护动作特性及整定计算

显然 a 应小于正常运行的最小 U_{N3} ,根据图 2 可知,它的理想动作特性是如图 8 所示的一条平行于 U_{S3} 轴的直线,下侧为动作区。

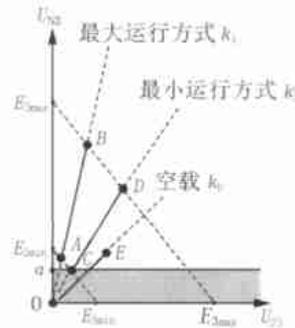


图 8 动作方程为 $U_{N3} < a$ 的定子一点接地保护动作特性

Fig. 8 Operation characteristics of the stator ground protection based on the operation equation $U_{N3} < a$

3.2.1 动作门槛 a 的整定

显然, $a + a/k_2 = E_{3min}$,故按下式整定 a :

$$a = E_{3min} / (1 + 1/k_2) \quad (3)$$

实际整定中,可取 $a/1.1$ 。

3.2.2 最小“底部覆盖率”的校验

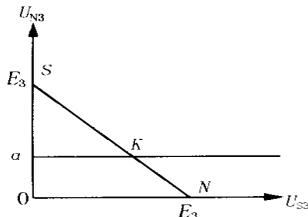


图9 动作方程为 $U_{N3} < a$ 的定子一点接地保护分析

Fig. 9 Analysis of the stator ground protection based on the operation equation $U_{N3} < a$

如图9所示:设故障前, $U_{N3} + U_{S3} = E_3$, SN 和动作特性曲线交点为 K , 此时最大保护范围对应 KN 段, 它占整个绕组长度的百分比为此种工况下的“底部覆盖率”:

$$\% (KN/SN) \cdot 100\% = (a/E_3) \cdot 100\%$$

显然, 当 $E_3 = E_{3\max}$ 的工况下“底部覆盖率”最小。故最小“底部覆盖率”为:

$$\% (KN/SN) \cdot 100\% = (a/E_{3\max}) \cdot 100\% \quad (4)$$

评价: 当发电机在无功水平很低或无功进相运行时, 图8中 A 、 C 点可能进入动作区, 保护可能误动; 在发电机轻载而无功较高时, 保护的“底部覆盖率”可能太小, 在中性点附近故障时可能拒动。在发电机启、停过程中, E_3 会很小, 保护会误动。

3.3 动作方程为 $U_{S3}/U_{N3} > a$ 的定子一点接地保护动作特性及整定计算

动作方程可以写成 $U_{N3} < k \cdot U_{S3}$, $k = 1/a$ 。显然, 它的理想动作特性就是并列前空载运行线, 如图10所示, 下侧阴影区为动作区。

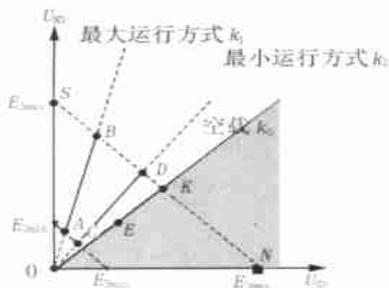


图10 动作方程为 $U_{S3}/U_{N3} > a$ 的定子一点接地保护动作特性

Fig. 10 Operation characteristics of the stator ground protection based on the operation equation $U_{S3}/U_{N3} > a$

3.3.1 比例系数 a 的整定

图10中 OE 的斜率为 k_0 , 即发电机并列前空载运行下相应的 U_{N3}/U_{S3} 值。取理想值 $k = k_0$, 故按下式整定:

$$a = 1/k_0 \quad (5)$$

实际整定中, 可取 $1.1a$ 。

3.3.2 最小“底部覆盖率”的校验

不难推导出, 理想动作特性的最小“底部覆盖率”为:

$$\% (KN/SN) \cdot 100\% = [k_0/(k_0+1)] \cdot 100\% \quad (6)$$

“底部覆盖率”与 E_3 无关, 即与发电机工况无关。若 $\% = 15\%$, 则 $k_0 = 0.18$ 。

评价: 保护的動作特性及“底部覆盖率”与发电机工况无关, 只要发电机并列前空载运行下相应的 U_{N3}/U_{S3} 值 $k_0 > 0.18$, 则机组并列运行或空载运行时, “底部覆盖率”都能满足要求。在发电机启、停过程中, 也有保护作用。考虑到中性点经消弧线圈接地发电机的 $k_0 > 1$, 意味着 $\% > 50\%$, 即“底部覆盖率” $> 50\%$, 作为对基波 $3U_0$ 定子一点接地保护的补充, 这样大的“底部覆盖率”是足够的。

3.4 动作方程为 $|U_{S3} \cdot k - U_{N3}| > m$ 的定子一点接地保护动作特性及整定计算

这种动作方程是 SEL 保护中采用的, 万安电厂 1、4 号机采用了这种保护。可把动作方程分开来写成如下两个式子:

$$U_{N3} > k \cdot U_{S3} + m \quad (U_{S3} \cdot k < U_{N3})$$

$$U_{N3} < k \cdot U_{S3} - m \quad (U_{S3} \cdot k > U_{N3})$$

因此, 保护的動作特性如图11所示。图11中直线 L_1 、 L_2 的斜率为 k , L_1 上方的动作区 I 对应绕组前半部接地故障, L_2 下方的动作区 II 对应绕组后半部接地故障, 直线 L_1 、 L_2 之间则对应绕组中部有动作死区, 如图12所示。

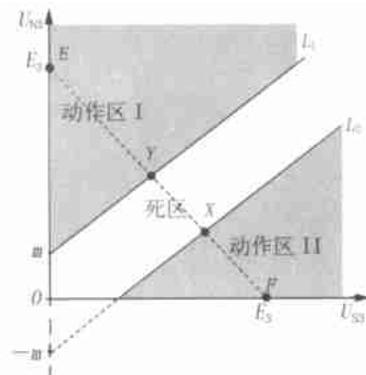


图11 动作方程为 $|U_{S3} \cdot k - U_{N3}| > m$ 的定子一点接地保护动作特性

Fig. 11 Operation characteristics of the stator ground protection based on the operation equation $|U_{S3} \cdot k - U_{N3}| > m$

3.4.1 比例系数 k 的整定

动作特性(图 11)中的直线 L_1 、 L_2 应满足下面三点要求:(1) L_1 、 L_2 相互平行,并且与 U_{N3} 轴的交点关于 0 点对称;(2) L_1 、 L_2 应保证发电机正常运行下的三次谐波电压 U_{N3} 、 U_{S3} 落在 L_1 、 L_2 之间的死区内并使死区最小;(3) 由于正常运行时 U_{N3} 、 U_{S3} 在 $U_{N3}-U_{S3}$ 坐标平面上的分布特点如图 2 所示,因此图 2 中的 A 、 B 、 C 、 D 、 E 应落在 L_1 、 L_2 之间。

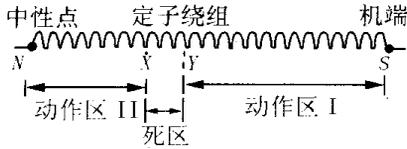


图 12 保护的死区和动作区示意图

Fig. 12 Operation area and dead area of the protection

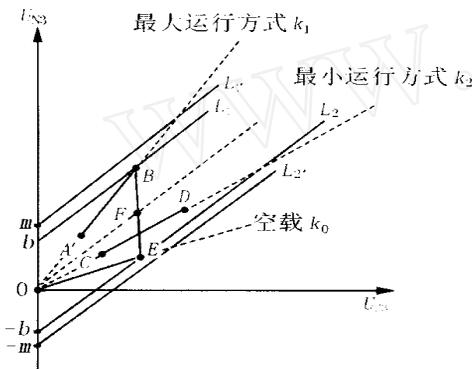


图 13 用作图法确定直线 L_1 、 L_2

Fig. 13 Determination of L_1 、 L_2 with a graph

如图 13 所示, F 为 EB 中点,从 E 、 B 点作平行于 OF 的直线 L_1 、 L_2 ,它们就满足上面三点要求。但这样作出的 L_1 、 L_2 正好通过 E 、 B 点,要保证保护在正常运行时不误动,实际整定时应将 L_1 、 L_2 分别向上下平移 10%,即直线 L_1 、 L_2 ,故 $m = 1.1b$ 。

k 值的整定计算: 图 13 中 B 点是在机组并列后最大运行方式下对应于 E_{3max} 的三次谐波电压幅值,设为 U_{S3B} 、 U_{N3B} ,即 B 点坐标为 (U_{S3B}, U_{N3B}) ;设发电机并列前空载运行、机端电压为额定值时定子的三次谐波电势幅值为 $E_{30} = U_{S3E} + U_{N3E}$,即 E 点坐标为 (U_{S3E}, U_{N3E}) 。 F 为 EB 中点,显然 F 点坐标为: $((U_{S3E} + U_{S3B})/2, (U_{N3E} + U_{N3B})/2)$,因此 OF 的斜率 k 为:

$$k = (U_{N3E} + U_{N3B}) / (U_{S3E} + U_{S3B}) \quad (7)$$

3.4.2 动作门槛 m 值的计算

从图 13 中不难理解,应该根据点 E 或点 B 的坐标推算 b 值,不难推导出:

$$b = |k \cdot U_{S3B} - U_{N3B}|, \text{ 或 } b = |k \cdot U_{S3E} - U_{N3E}|, \text{ 因此:}$$

$$m = 1.1b = 1.1 |k \cdot U_{S3B} - U_{N3B}| \quad (8)$$

$$\text{或 } m = 1.1b = 1.1 |k \cdot U_{S3E} - U_{N3E}| \quad (9)$$

3.4.3 最小“底部覆盖率”的校验

假定在某种工况下发电机三次谐波电势幅值为 E_3 , $E_3 = U_{S3} + U_{N3}$ 。近似地认为发生一点接地后 $U_{S3} + U_{N3} = E_3$ 不变,则在该种工况下绕组不同位置发生一点接地后, U_{N3} 、 U_{S3} 只能沿图 11 中线段 EF 移动,因此图 11 中线段 EY 、 YX 、 XF 的长度正比于图 12 所示绕组的动作区 I、死区及动作区 II 的长度。

近似地用 XF/EF 代替“底部覆盖率”。不难推导出:

$$XF = \sqrt{2} (kE_3 - m) / (1 + k)$$

$$EF = \sqrt{2} E_3$$

$$\text{“底部覆盖率”} = XF/EF = (kE_3 - m) / ((1 + k)E_3)$$

$$E_3 = k / (1 + k) - m / ((1 + k)E_3)$$

从计算式中不难理解,应取发电机并列前后各种工况下的最小 E_3 进行校验。故最小“底部覆盖率”为:

$$\% = k / (1 + k) - m / ((1 + k)E_{3min}) \quad (10)$$

评价:在整定计算时,若 E_{3max} 取小了,有可能导致图 13 中的 B 、 D 点落在动作区,保护在发电机轻载而无功较高时就可能误动;在发电机启、停过程中, U_{N3} 、 U_{S3} 落在 L_1 、 L_2 之间的死区内,没有保护作用。

厂家说明书中的 B 点要求取机组满负荷下的三次谐波电压值,机组满负荷运行不一定是最大运行方式,而且图 3 也显示机组满负荷下的 E_3 值反而较小,此时对应的点可能落在 A 点或 C 点,所以按说明书中的计算方法算出的 k 、 m 值偏小,可能导致图 13 中的 B 、 D 点落在动作区,在发电机轻载而无功较高时可能误动,实际上万安电厂 4 号机在运行中出现过保护动作后由于机组运行工况变化又自动复归的现象。

3.5 动作方程为 $|U_{S3} - k_b U_{N3}| > k_{res} |U_{N3}|$ 的定子一点接地保护动作特性及整定计算

这种动作方程的保护的整定,必须考虑机组运行方式的影响,根据发电机不同运行方式下 U_{N3} 、 U_{S3} 在坐标平面上的分布特点(如图 2),可以得到两种整定方法。

对于中性点经消弧线圈接地的发电机,在正常运行中发电机机端、中性点对地三次谐波电压之间的相位差应该是 180° ,即使有点偏差,也不会很大(一般为 $2^\circ \sim 5^\circ$),因此 k_b 可以近似地看成实数,在正常运行

(不发生接地故障)时,方程等效于 $|U_{S3} - k_b \cdot U_{N3}| > k_{res} \cdot U_{N3}$ 。方程左边为动作量,右边为制动量,下文分别用 U_{op} 、 U_{res} 表示动作量、制动量。可以用两种方法确定 k_b 、 k_{res} 。

方法一:按发电机最大运行方式下使 $U_{op} = 0$ 确定平衡系数 k_b ,根据正常运行下 U_{N3} 、 U_{S3} 在坐标平面上的分布特点(如图2),在发电机空载运行时方程左边将出现最大不平衡电压,因此要按发电机空载运行不误动确定制动系数 k_{res} 。

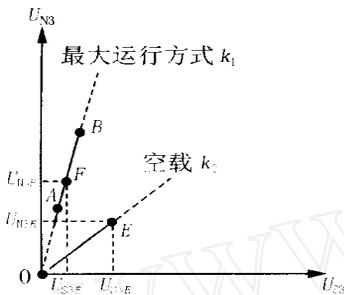


图14 动作方程为 $|U_{S3} - k_b U_{N3}| > k_{res} \cdot U_{N3}$ 的定子一点接地保护的整定计算

Fig. 14 Setting calculations of stator ground protection based on the operation equation $|U_{S3} - k_b U_{N3}| > k_{res} \cdot U_{N3}$

如图14,在发电机最大运行方式下,正常运行时 U_{N3} 、 U_{S3} 的分布直线斜率为 k_1 ,即 $U_{S3} = (1/k_1) \cdot U_{N3}$,因此平衡系数 k_b 取:

$$k_b = 1/k_1 \quad (11)$$

如图14,设发电机并列前三次谐波电压为 U_{S3E} 、 U_{N3E} ,若 k_b 按上式确定,空载运行时方程左边出现最大不平衡电压为:

$$U_{op, max} = |U_{S3E} - k_b \cdot U_{N3E}| = |U_{N3E}/k_0 - U_{N3E}/k_1|$$

k_0 为发电机空载运行时 U_{N3} 、 U_{S3} 的分布直线斜率。要保证发电机空载运行不误动,要求空载运行时 $U_{op, max} < U_{res}$,即:

$$|U_{N3E}/k_0 - U_{N3E}/k_1| < k_{res} \cdot U_{N3E}$$

因此制动系数 k_{res} 应取:

$$k_{res} > |1/k_0 - 1/k_1| \quad (12)$$

方法二:按发电机空载运行下使 $U_{op} = 0$ 确定平衡系数 k_b ,按发电机最大运行方式下保护不误动确定制动系数 k_{res} :

发电机空载正常运行时 U_{N3} 、 U_{S3} 的分布直线斜率为 k_0 ,因此平衡系数 k_b 取:

$$k_b = 1/k_0 \quad (13)$$

如图14,设发电机最大运行方式时三次谐波电

压为 U_{S3F} 、 U_{N3F} ,若 k_b 按上式确定,则发电机最大运行方式下方程左边出现的最大不平衡电压为:

$$U_{op, max} = |U_{S3F} - k_b \cdot U_{N3F}| = |U_{N3F}/k_1 - U_{N3F}/k_0|$$

要保证不误动,要求发电机最大运行方式下 $U_{op, max} < U_{res}$,即:

$$|U_{N3F}/k_1 - U_{N3F}/k_0| < k_{res} \cdot U_{N3F}$$

因此制动系数 k_{res} 同式(12)一样,取:

$$k_{res} > |1/k_1 - 1/k_0| \quad (14)$$

评价:采用此种动作方程的保护,其保护范围覆盖整个定子绕组,无须校验最小底部覆盖率。而且,对于采用此种动作方程的微机保护,可以跟踪故障前的 U_{N3} 、 U_{S3} 测量值自动计算平衡系数 k_b ,也就是说,它在不同运行方式下用不同的平衡系数,在不同运行方式下方程左边的不平衡电压都为0(或最小)。此时,制动系数 k_{res} 只需要考虑测量、计算误差,不须考虑机组运行方式变化的影响。

3.6 动作方程为 $|k_{b1} U_{S3} - k_{b2} U_{N3}| > k_{res} \cdot U_{N3}$ 的定子一点接地保护

这种方程比前例多一个平衡系数,在动作特性上没什么区别,但在整定制动系数 k_{res} 时要注意 k_{res} 的大小与平衡系数 k_{b1} 有关,这一点容易发生误解。

根据3.5条的分析,如果按方法二在发电机空载运行时调整方程左侧的两个平衡系数使 $U_{op} = 0$ (或最小),则只要调整两个平衡系数的比值 $k_{b2}/k_{b1} = 1/k_0$ 时,就能使空载运行时方程左侧动作电压 $U_{op} = 0$ (或最小),然后应整定 $k_{res}/k_{b1} > |1/k_1 - 1/k_0|$,保证发电机最大并列运行方式下保护不误动。

显然,如果不知道 k_{b1} 的大小,则无法计算出 k_{res} 。因为调整方程左侧的两个平衡系数使 $U_{op} = 0$ (或最小),只意味着 k_{b2}/k_{b1} 被确定,此时 k_{b1} 是不确定的,如果它很小,意味着需要很小的制动系数 k_{res} 就能保证最大运行方式下保护不误动;反之,需要的制动系数 k_{res} 就很大。以往的做法, k_{res} 只是简单地取0.2~0.3,如果 $|1/k_1 - 1/k_0| = 0$,或者说当发电机并列前后 U_{N3}/U_{S3} 相等时,这样做没有问题,但当 $|1/k_1 - 1/k_0| \neq 0$ 时,即发电机并列前后 U_{N3}/U_{S3} 不相等时,这样做就难以保证运行方式变化时保护不误动。

4 结论

本文根据中性点经消弧线圈接地的发电机在正常运行及单相接地故障时发电机机端、中性点三次谐波电压的特点,利用 $U_{N3} - U_{S3}$ 坐标平面对不同类

型的三次谐波电压型定子接地保护的動作特性及整定计算进行了分析,总结出的整定计算方法,考虑到了发电机运行方式及运行工况的变化,而整定计算所用到的几个主要参数 $E_{3\max}$ 、 $E_{3\min}$ 、 k_1 、 k_2 、 k_0 只须在发电机运行中进行实测即可得到,不需要对机组的对地阻抗进行复杂的计算,具有一定的实用性。

参考文献:

[1] 王维俭(WANG Wei-jian). 发电机变压器继电保护应用(Application of the Protection of Generator and Transformer) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing: China Electric Power Press),1998.

- [2] 史世文(SHI Shi-wen). 大机组继电保护(Protection of Large Generator) [M]. 北京:水利电力出版社(Beijing: Hydraulic and Electric Power Press),1987.
- [3] 王春,张为民,何镇(WANG Chun, ZHANG Wei-min, HE Zhen). 漫湾电厂发电机3 定子接地保护调试(Testing of Generator Stator Ground Protection Based on Third-harmonics in Manwan Hydropower Plant) [J]. 继电器(Relay), 2001,29(4):63-66.

收稿日期: 2003-01-30; 修回日期: 2003-09-26

作者简介:

郭爱军(1965 -),男,高级工程师,从事继电保护方面的工作。

Discussion on the setting calculations of stator ground protection based on the third-harmonic voltage criterion

GUO Ai-jun

(Jiangxi Wan 'an Hydropower Plant, Wan 'an 343800, China)

Abstract: The changes of generator power and generator's operation modes can influence the stator ground protection which is based on the third-harmonic voltage. This paper illustrates how to analyse these effects on setting calculations, and makes analysis and evaluations of the operation characteristics of stator ground protection based on the third-harmonic voltage criterion of various operation equations.

Key words: stator ground protection; operation characteristics; setting calculation

(上接第 31 页 continued from page 31)

贾清泉(1970 -),男,副教授,硕士生导师,博士,主要从事

事配网故障检测与配电自动化方面的研究;

蔡国伟(1968 -),男,副教授,硕士生导师,博士,主要从事电力系统稳定与控制等方面的研究。

A new method to calculate grounding capacitance of system with indirectly earthed neutral

WANG Lei¹, JIA Qing-quan², CAI Guo-wei¹

(1. Northeast China Institute of Electric Power Engineering, Jilin 132012, China;

2. Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China)

Abstract: The grounding capacitive current is one of the most important parameters of ungrounded neutral system. Usually this parameter is obtained with the method of additional capacitor or metal grounding. However, the former is complicated and the additional capacitor has negative effects on measurement results, and the later is dangerous when used in testing. In view of that, the paper proposes a new method to calculate grounding capacitance based on the data of single-phase grounding faults in power system with indirectly earthed neutral. The simulation results show that this method is accurate basically.

Key words: system with indirectly earthed neutral; single phase grounding; capacitive current

欢迎访问继电器杂志社网站: www.repress.com
欢迎采用电子邮件投稿: deps@xjgc.com