

发电机出口槽形母线应力计算

周卫巍

山东电力工程咨询院 山东 济南 250013

摘要: 本文对发电机出口槽形母线截面的短路动稳定校验进行了探讨,按母线应力和母线共振二个约束条件给出了绝缘子间跨距和母线垫片中心线间距离的范围计算公式,从而为优化取值提供了依据。

关键词: 应力 共振

中图分类号: TM621.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-9904(2004)05-0012-02

1 应力约束条件

母线材料的允许应力 σ_{xu} 应满足下列条件^[1]:

$$\sigma_{xu} > \sigma_{x-x} + \sigma_x \quad (1)$$

$$\sigma_{xu} = \sigma_{x-x} + \sigma_x \quad (2)$$

式中:

σ_{xu} ——短路时母线产生的总机械应力 (N/cm²);

σ_{x-x} ——短路时母线相间产生的最大机械应力 (N/cm²);

σ_x ——短路时同相母线片间相互作用的机械应力 (N/cm²)。

对于三相母线水平布置在同一平面的槽形母线,相间应力

$$\sigma_{x-x} = 17.248 \times 10^{-3} \frac{l^2}{\alpha W} i_{ch}^2 \beta \quad (3)$$

式中:

l ——绝缘子间跨距 (cm);

i_{ch} ——短路冲击电流 (kA);

β ——振动系数,母线的自振频率在共振区外 $\beta = 1$;

α ——相间距离 (cm);

W ——母线的截面系数 (cm³);

当 σ_{x-x} 一定时,即 $l^2 i_{ch}^2 = C$, i_{ch} 越大, l 越小。

槽形母线短路时片间应力

$$\sigma_x = \frac{F_x l_c^2}{12 W_y} \quad (4)$$

$$F_x = 5 \times 10^{-2} \frac{l_c}{h} i_{ch}^2 \quad (5)$$

式中:

F_x ——短路时母线片间相互作用力 (N/cm);

l_c ——母线垫片中心线间距离 (cm);

W_y ——截面系数 (竖放) (cm³);

h ——槽形母线高度 (cm)。

2 共振约束条件

对于三相母线布置在同一平面，母线的自振频率为：

$$f_m = 112 \times \frac{r_i}{l^2} \varepsilon \quad (6)$$

式中：

f_m ——母线的自振频率 (Hz)；

l ——跨距长度 (cm)；

r_i ——母线的惯性半径 (cm)；

——材料系数。

即

$$f_m l^2 = C \quad (7)$$

设母线的共振频率范围为 $[f_{\min}, f_{\max}]$ ，令 $\eta = 1$ ，对应地由式 (7) 得： $l \in (0, l_{\max})$ 或 $l \in (l_{\min}, +\infty)$ ，根据实际情况， l 的取值范围为 $(0, l_{\max})$ ； $l \in [l_{\max}, l_{\min}]$ 属于共振区域， $\eta < 1$ 。

由式 (1) (2)，得极限情况下

$$x_u = x - x + x \quad (8)$$

令 $x = 0$ ，即 $l_c = 0$ ，得

$$x - x(\max) = x_u \quad (9)$$

求得

$$l = l(\max) \quad (10)$$

同理，令 $x - x = 0$ ，即 $l = 0$ ，得

$$x(\max) = x_u \quad (11)$$

求得

$$l_c = l_c(\max) \quad (12)$$

3 共同约束条件

根据上述槽形母线的共振和相间应力允许条件，得 l 的取值范围为 $(0, \min(l(\max), l_{\max}))$ 。若 $l(\max) < l_{\max}$ ，应力约束条件起作用，若 $l_{\max} < l(\max)$ ，共振约束条件起作用。

由式 (4) (5)，得

$$x = f(l_c^3 i_{ch}^2) \quad (13)$$

而

$$x - x = g(l_c^2 i_{ch}^2) \quad (14)$$

可见 l_c 起主要作用，且 $x - x$ 、 x 变化趋势应相反，即 l 、 l_c 变化趋势应相反，二者不能同时取最大值。

若 $l(\max) > l_{\max}$ ，则取 $l = l_{\max}$ ，按式 (8) 得： $l_c = l_c(\min) = 0$ ，即 l_c 的取值范围为 $(l_c(\min), l_c(\max))$ ；由式 (3) 得： i_{ch} 越小， $x - x(\max)$ 越小，由式 (8) 得： $x(\max)$ 越大，即 $l_c(\min)$ 越大， $l_c(\min)$ 与 $l_c(\max)$ 相差越小，因式 (8) 的缘故，始终有 $l_c(\min) < l_c(\max)$ 。若 $l(\max) < l_{\max}$ ，则取 $l = l(\max)$ ，按式 (8) 得： $l_c = l_c(\min) = 0$ ，即 $l_c \in (0, l_c(\max))$ ；

总之， $l_c \in (l_c(\min), l_c(\max))$ 。

由此可得出 l_c 、 l 计算步骤如下：

- 1) 求出 l_{\max} 及对应的 $l_c(\min)$ ， $l(\max)$ 及 $l_c(\max)$ ；
- 2) 取一 l_c 值，且 $l_c \in (l_c(\min), l_c(\max))$ ；

- 3). 计算 σ_x ;
 4). 计算 $\sigma_{x-x} = \sigma_{xu} - \sigma_{x-x}$;
 5). 计算 $I(\text{MAX}) = F(\sigma_{x-x})$, 且 $I(\text{MAX}) = (0, \min(I_{\max}, I(\text{max})))$; i_{ch} 较小时,
 $\min(I_{\max}, I(\text{max})) = I_{\max}$.

4 算例

表 1

母线性能指标

母线型式	母线规格	共振频率 (Hz)	r_y (cm)	r_y (cm)	$W=2W_y$ (cm ³)	σ_{xu} (N/cm ²)
槽形铝母线	2[200 × 90 × 12]	30 ~ 160	90	2.7	1.55 × 10 ⁴	93

当 $i_{\text{ch}}=337\text{kA}$ 时, $I(\text{max})=I_{\max}$, 一般说来, $i_{\text{ch}}<337\text{kA}$, 即 $I(\text{max})>I_{\max}$, 故 σ_{x-x} 应力约束条件不予考虑, $I(\text{max})$ 可不计算。

表 2

算例 1

i_{ch} (kA)	I_{\max} (cm)	I_{\min} (cm)	$I(\text{max})$ (cm)	$I_c(\text{min})$ (cm)	$I_c(\text{max})$ (cm)
201.6	171.16	395.27	286.20	28.92	33.52

表 3

算例 1

i_{ch} (kA)	I (cm)	I_c (cm)	$\sigma_x(\text{max})$ (N/cm ²)	$\sigma_{x-x}(\text{max})$ (N/cm ²)	σ_{xu} (N/cm ²)
201.6	(0, 171.15)	(28.92, 33.52)	4406.43	2453.57	6860

表 4

算例 2

i_{ch} (kA)	I_{\max} (cm)	I_{\min} (cm)	$I(\text{max})$ (cm)	$I_c(\text{min})$ (cm)	$I_c(\text{max})$ (cm)
128.2	171.16	395.27	450.0	43.03	45.33

表 5

算例 2

i_{ch} (kA)	l (cm)	l_c (cm)	x (max)(N/cm ²)	$x-x$ (max)(N/cm ²)	(N/cm ²)
128.2	(0, 171.15)	(43.03, 45.33)	5867.8	992.2	6860

可在 l_c 、 l 的取值范围内任取一对值即可，且共振约束条件起作用。

i_{ch} 越小， l (max) 越大， l (max) 与 l_{max} 相差越大。

5 结论

- 1) 随着短路冲击电流的增大，约束条件将由共振约束转向应力约束；
- 2) 一般情况下，槽形母线短路时片间应力较相间应力大；
- 3) 所得结论对厂用 6.3kV、13.8kV 硬母线应力计算有借鉴作用。

注：本文发表在《山东电力技术》2004 年第 5 期