

发电机组发生功率波动的原因分析

刘志强, 郭玉恒

(二滩水力发电厂, 四川 攀枝花 617000)

摘要: 通过对发电机有功功率和无功功率关系、增加发电机有功功率对发电机运行状态的影响、励磁电流的调节对有功功率和无功功率影响等方面的分析入手, 结合所录取的数据, 分析 1 号机组发生功率波动的原因, 得出励磁超调会造成机组功率的波动。同时, 提出防范措施, 避免再次发生类似现象。

关键词: 有功功率; 无功功率; 电压; 励磁电流; 波动

中图分类号: TM 31

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2005)06-0094-05

2004 年 12 月 20 日, 二滩水力发电厂 1 号机组在运行中发生了 2 次功率波动现象。每次波动约 1.5 s, 时间极短, 来回波动后自动平息。笔者从多方面分析了发生功率波动的原因, 并提出了防范措施。

1 发电机有功功率和无功功率关系分析^[1]

发电机有功功率和无功功率计算公式如下:

$$P = \frac{EU_G}{X_{d\Sigma}} \sin \delta + \frac{U_G^2}{2} \frac{(X_d - X_q)}{X_{d\Sigma} X_{q\Sigma}} \sin 2\delta \quad (1)$$

$$Q = \frac{EU_G}{X_{d\Sigma}} \cos \delta - \frac{U_G^2}{2} \frac{(X_{d\Sigma} + X_{q\Sigma})}{X_{d\Sigma} X_{q\Sigma}} + \frac{U_G^2}{2} \frac{(X_d - X_q)}{X_{d\Sigma} X_{q\Sigma}} \cos 2\delta \quad (2)$$

式中 E, U_G 分别为发电机电势和机端电压; X_d, X_q 分别为发电机直轴和交轴电抗; $X_{d\Sigma}, X_{q\Sigma}$ 分别为发电机直轴和交轴电抗 + 系统电抗; δ 为发电机电磁功角。

从式(1)(2)可以看出发电机具有下面的一些特点。

a. 发电机的有功功率和无功功率与发电机电势、机端电压、功角、直轴电抗、交轴电抗、系统电抗有关; 发电机电势与发电机的励磁电流有关; 机端电压与励磁电流和发电机功角有关, 发电机功角是电势 E 和电压 U 的时间相角差; 直轴和交轴综合电抗 $X_{d\Sigma}, X_{q\Sigma}$ 与发电机电抗和系统电抗有关。

b. 发电机的有功功率与电势、电压、功角成正比, 与电抗成反比; 无功功率与电势、电压成正比, 与功角和电抗成反比。

2 增加发电机有功功率对运行状态的影响

2.1 对无功功率的影响

此分析假定发电机励磁装置在整个调整发电机原动机功率的过程中不进行自动调整, 运行人员只

调整发电机有功功率, 相当于发电机电势 E 和电抗保持恒定。发电机的有功功率与功角是正弦关系, 无功功率与功角是余弦关系, 见图 1。

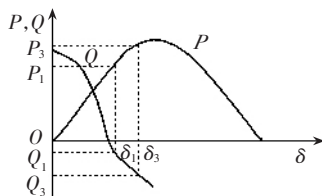


图 1 有功增加对无功的影响

Fig.1 The influence of active power increase on reactive power

假设原来发电机运行在功角 δ_1 , 发出有功功率为 P_1 , 无功功率为 Q_1 , 运行人员增加机组有功功率, 由调速器调整增加原动机功率, 使功角增为 δ_3 , 随着功角增大, 有功功率便增加至调整值 P_3 。无功功率随功角增大而减小, 由 Q_1 变到了 Q_3 , $|Q_1| < |Q_3|$, 由此可知, 有功功率增加越多, 无功功率减小越多, 当到一定功角时, 发电机由迟相运行变为进相运行, 向系统吸收感性无功功率。进相的深度随着功角的增大而增大, 进相越大, 所需的励磁电流就小, 因此, 为了不让发电机过分进相, 需要在增加发电机有功功率的同时, 增加励磁电流, 使进相深度减小, 同时也是保持机端电压恒定。

2.2 对机端电压的影响

当只增加发电机输出功率, 不进行励磁电流的调节, 保持电势 E 不变, 根据发电机功率方程可见, 随着发电机输出功率的缓慢增加, 功角 δ 不断的增加才能保持平衡, 因此由图 2(图中 U 为母线电压)可知, 当功角由 δ_1 增大到 δ_3 时, 发电机机端电压减小, $U_{G3} < U_{G1}$, 随着功角的增大, 机端电压减小的更多。

2.3 对发电机电流的影响

假定机端电压几乎不变, 励磁电流不进行调整, 则电势 E 大小不变, 随着发电机功率的增加, E 的端点轨迹是一个圆, 向量 U_G, E 间相差一个 jIX , 因为

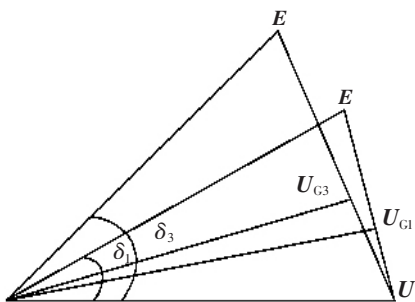


图 2 有功增加对电压的影响

Fig.2 The influence of active power increase on voltage
 X 是常数,所以由这个相量可以看出电流的大小和相位。 $E=U_G+jIX$,由公式可知,电压 U_G 、电抗 X 和电势 E 幅值恒定情况下,增加机组功率而伴随向量 U_G 、 E 间的功角 δ 的增大,发电机电流不断地增加。

3 调节励磁电流对有功和无功功率的影响

发电机的无功功率主要是靠调节励磁电流调整,增加励磁电流,发电机发出的感性无功功率增大。增加发电机励磁电流,其电势 E 增大。从发电机有功功率公式可见,电势 E 的增加,必然引起功率幅值的增加。如果原动机输入功率保持不变,也就是调速器未参与调整,根据能量守恒定律,机械功率要等于电磁功率,所以,当发电机电势提高后,发电机运行的功角 δ 必须减小,才能保持能量守恒。但功角 δ 的减小并不直接反映功率的减小,而是通过正弦函数,功角的减小通过正弦函数反映后的功率减小远没有电势的增加反映功率的增加快,尤其是励磁电流大幅度增加时。由此可知,过分的增加励磁电流,可以在短时间内提高发电机功率,但这种方式是不稳定的。原因是发电机的有功功率只能通过调节原动机功率来调整,由励磁电流的增加而造成发电机多发的电磁功率是制动功率,该多余的制动功率将打破运行平衡,以图 3 进行分析。

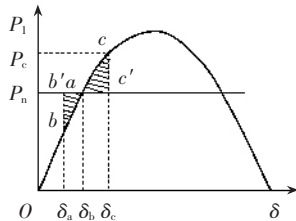


图 3 有功增加对电流的影响

Fig.3 The influence of active power increase on current
发电机在 a 点运行时,励磁电流突然增加,使发电机电磁功率增加到 c 点的 P_e ,由于原动机的功率未调整,仍然保持 $P_T=P_m$,发电机电磁功率的变化,破坏了转子上的转矩平衡。由于此时电磁功率大于原动机功率,转子上产生了制动性的不平衡转矩,在此不平衡转矩作用下,发电机转速下降,因而功角减小。由于机组惯性和励磁调节器惯性,功角会回摆动到 b 点,随着功角的摆动,必然带来发电机各种电气量的波动。

4 励磁装置的调节过程^[2]

二滩水力发电厂发电机的励磁系统是静态励磁系统,采用电压偏差的比例励磁调节,当机端电压高于给定值后,励磁调节器减小励磁电流,使机端电压下降并恢复到给定值。当机端电压低于给定值后,励磁调节器增加励磁电流,使机端电压升高并恢复到给定值。

在励磁调节器中,为了避免发电机在进相运行工况下欠励过多而引起发电机失步,设置有低励限制功能,当发电机进相运行无功功率 Q 得到某有功功率 P 下设定的无功定值 Q 时,低励限制功能动作,增加励磁电流,不让励磁电流继续减小,同时不让有功过分增大,起到稳定发电机运行作用。

5 低频振荡原因^[2]

发电机并网运行后,有时受小扰动后会引起自发的振荡,振荡频率很低,一般不超过 $1\sim 2\text{Hz}$,这种现象称为低频振荡。振荡现象是:发电机转速、电流、电压、功率以及转矩等变量将发生波动。发生低频振荡原因是:当发电机受到干扰,产生加速,使发电机功角增大,同时发电机输出功率增加,机端电压减小,出现电压偏差,励磁调节器参与调整,增加励磁电流补偿电压的减小,由于调节器和励磁绕组存在滞后特性,当功角往回摆即减小时,励磁电流才增加,励磁电流的增加,使功角继续减小,出现步调不一致现象,助长功角的振荡,从而造成低频振荡。产生低频振荡的根源是由于系统负阻尼大于正阻尼,当机组受到扰动后会发生振荡。

6 1 号机组波动分析

6.1 系统运行方式

图 4 为二滩水力发电厂电气系统图。

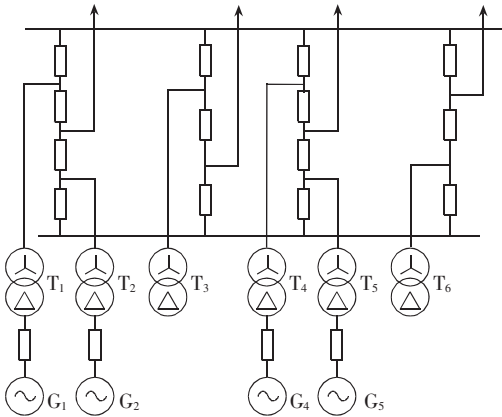


图 4 系统图

Fig.4 The system diagram

2004 年 12 月 20 日的运行方式如下:

a. 发变组, $G_1T_1, G_2T_2, G_4T_4, G_5T_5, T_3, T_6$ 并在网上运行;

- b. 500 kV 系统,500 kV GIS 第 1,2,3,4 串合环运行;
- c. 二滩水力发电厂总负荷 1 755 MW;
- d. G_1 有功功率 531 MW, G_2 有功功率 531 MW, G_4 有功功率 524 MW, G_5 有功功率 170 MW。

6.2 事件现象

当日发生了二次波动(表 1、表 2 分别为波动的

有关数据,表 3 是低励限制定值)。18:12 计算机控制系统 CCS(Computer Control System)显示:1 号机组保护启动,1 号机励磁电气限制最小值到达,过负荷保护启动,有功功率上限 1 580 MW,有功功率限制到达,机组负荷由 530 MW 上升到 602 MW 后又恢复到 530 MW。18:26 CCS 显示:1 号机组保护启动,过负荷保护启动,有功功率限制到达,励磁电气

表 1 第一次波动时机组的有功和无功数据
Tab.1 The active and reactive powers of generators during the first power swing

时间	G_1		G_2		G_4		G_5	
	P /MW	Q /Mvar	P /MW	Q /Mvar	P /MW	Q /Mvar	P /MW	Q /Mvar
18 : 13 : 29	530.359 4	-55.625 0	532.390 6	-37.187 5	525.078 1	-16.875 0	170.421 9	-138.750 0
18 : 13 : 30	530.359 4	-55.312 5	530.562 5	-35.312 5	525.078 1	-18.125 0	170.421 9	-140.625 0
18 : 13 : 31	532.593 8	-53.750 0	533.609 4	-33.750 0	526.906 3	-15.625 0	171.031 3	-140.000 0
18 : 13 : 32	530.765 6	-53.125 0	532.593 8	-35.000 0	525.281 3	-16.562 5	170.015 6	-140.313 0
18 : 13 : 33	531.984 4	-50.937 5	532.796 9	-33.750 0	525.078 1	-15.000 0	171.437 5	-139.688 0
18 : 13 : 34	531.984 4	-51.875 0	532.390 6	-33.437 5	526.703 1	-14.375 0	170.421 9	-140.000 0
18 : 13 : 35	530.968 8	-50.625 0	531.984 4	-31.562 5	523.453 1	-15.000 0	170.828 1	-140.313 0
18 : 13 : 36	531.171 9	-49.062 5	531.984 4	-31.250 0	525.687 5	-14.375 0	171.640 6	-140.938 0
18 : 13 : 37	529.953 1	-51.562 5	531.375 0	-32.187 5	524.265 6	-15.000 0	169.203 1	-140.938 0
18 : 13 : 38	531.984 4	-50.937 5	530.562 5	-32.812 5	523.453 1	-13.750 0	169.406 3	-141.875 0
18 : 13 : 39	531.375 0	-49.375 0	531.984 4	-31.562 5	526.296 9	-13.750 0	170.625 0	-140.938 0
18 : 13 : 40	530.968 8	-51.562 5	531.171 9	-30.625 0	523.859 4	-15.000 0	169.000 0	-140.313 0
18 : 13 : 41	602.062 5	-52.500 0	521.015 6	-13.437 5	539.296 9	-6.5625 0	186.265 6	-152.813 0
18 : 13 : 42	526.296 9	-44.687 5	535.843 8	-40.312 5	526.093 8	-21.875 0	180.171 9	-141.250 0
18 : 13 : 43	530.359 4	-51.250 0	530.156 3	-36.562 5	524.265 6	-14.062 5	172.046 9	-140.625 0
18 : 13 : 44	530.765 6	-51.562 5	531.375 0	-32.812 5	523.859 4	-15.937 5	170.421 9	-138.750 0
18 : 13 : 45	530.968 8	-52.500 0	531.171 9	-34.062 5	524.265 6	-17.187 5	169.203 1	-140.000 0
18 : 13 : 46	531.984 4	-54.062 5	532.390 6	-33.125 0	524.671 9	-16.875 0	170.015 6	-140.313 0
18 : 13 : 47	531.984 4	-52.187 5	531.171 9	-33.437 5	524.671 9	-17.187 5	169.406 3	-139.688 0
18 : 13 : 48	532.593 8	-53.125 0	530.968 8	-33.750 0	525.484 4	-16.250 0	169.203 1	-140.625 0
18 : 13 : 49	531.781 3	-53.125 0	531.578 1	-33.437 5	526.296 9	-16.875 0	170.421 9	-140.625 0

表 2 第二次波动时机组的有功和无功数据
Tab.2 The active and reactive powers of generators during the second power swing

时间	G_1		G_2		G_4		G_5	
	P /MW	Q /Mvar	P /MW	Q /Mvar	P /MW	Q /Mvar	P /MW	Q /Mvar
18 : 27 : 29	513.703 1	-67.500 0	511.265 6	-44.375 0	509.234 4	-29.375 0	181.187 5	-123.438 0
18 : 27 : 30	514.921 9	-69.687 5	510.859 4	-44.687 5	510.453 1	-30.937 5	181.796 9	-123.438 0
18 : 27 : 31	516.140 6	-68.750 0	511.265 6	-44.062 5	508.015 6	-30.000 0	182.000 0	-124.375 0
18 : 27 : 32	513.296 9	-67.812 5	511.265 6	-44.375 0	507.812 5	-32.187 5	183.828 1	-125.313 0
18 : 27 : 33	515.328 1	-65.312 5	511.265 6	-46.875 0	507.609 4	-29.062 5	182.812 5	-126.563 0
18 : 27 : 34	515.125 0	-64.375 0	511.468 8	-47.187 5	509.031 3	-31.875 0	183.218 8	-125.313 0
18 : 27 : 35	514.109 4	-67.500 0	509.640 6	-48.125 0	508.421 9	-31.250 0	184.234 4	-125.313 0
18 : 27 : 36	515.937 5	-70.312 5	511.265 6	-45.000 0	508.421 9	-32.187 5	182.406 3	-123.750 0
18 : 27 : 37	515.531 3	-73.125 0	512.281 3	-45.312 5	508.625 0	-31.250 0	181.796 9	-123.438 0
18 : 27 : 38	514.109 4	-67.500 0	511.468 8	-47.187 5	509.031 3	-35.000 0	180.171 9	-123.750 0
18 : 27 : 39	515.328 1	-65.937 5	511.265 6	-48.750 0	510.250 0	-34.062 5	175.093 8	-100.000 0
18 : 27 : 40	340.843 8	73.125 0	523.453 1	-12.187 5	503.140 6	-97.187 5	133.453 1	-144.375 0
18 : 27 : 41	513.703 1	-59.375 0	513.906 3	-46.562 5	506.796 9	-33.125 0	167.781 3	-131.250 0
18 : 27 : 42	507.812 5	-60.000 0	514.718 8	-53.125 0	515.328 1	-33.750 0	181.593 8	-128.750 0
18 : 27 : 43	503.343 8	-72.812 5	508.015 6	-51.562 5	509.640 6	-33.437 5	184.031 3	-127.188 0
18 : 27 : 44	502.125 0	-73.125 0	509.234 4	-49.375 0	508.218 8	-33.437 5	183.828 1	-126.563 0
18 : 27 : 45	501.515 6	-73.750 0	510.046 9	-51.250 0	506.796 9	-36.250 0	182.609 4	-126.563 0
18 : 27 : 46	502.328 1	-73.750 0	510.859 4	-51.875 0	507.812 5	-33.750 0	181.593 8	-126.875 0
18 : 27 : 47	499.890 6	-75.625 0	511.265 6	-49.687 5	508.421 9	-35.625 0	180.578 1	-125.938 0
18 : 27 : 48	501.109 4	-75.625 0	511.671 9	-48.750 0	507.000 0	-33.750 0	181.187 5	-129.688 0
18 : 27 : 49	502.125 0	-75.625 0	512.484 4	-48.750 0	508.015 6	-33.750 0	182.609 4	-129.375 0
18 : 27 : 50	502.531 3	-70.312 5	513.906 3	-49.062 5	510.250 0	-36.875 0	184.031 3	-129.063 0
18 : 27 : 51	502.734 4	-70.312 5	509.843 8	-50.312 5	508.421 9	-38.125 0	181.796 9	-127.813 0

限制最小值到达,机组负荷由 515 MW 上升后又突降到 340 MW 再上升到 513 MW。

表 3 低励限制定值表

Tab.3 The fixed values for low excitation limitation

序号	P/MW	Q/Mvar	序号	P/MW	Q/Mvar
1	550.0	-48.9600	11	489.5	-70.5024
2	539.0	-52.8768	12	484.0	-72.4608
3	533.5	-54.8352	13	478.5	-74.4192
4	528.0	-56.7936	14	473.0	-76.3776
5	522.5	-58.7520	15	467.5	-78.3360
6	517.0	-60.7104	16	462.0	-80.2944
7	511.5	-62.6688	17	456.5	-82.2528
8	506.0	-64.6272	18	451.0	-84.2112
9	500.5	-66.5856	19	445.5	-86.1696
10	495.0	-68.5440			

为便于本次波动分析,低励限制定值只计算出了 445.5~550 MW 之间允许的无功功率值。从 CCS 录取数据可见,CCS 数据不能横向比较,由于 CCS 上数据是 1 s 的数据,再加上扫描误差 1 s,所以 CCS 记录的数据在同时刻不能用横向之间数据分析问题,但

表4 1,2 号机组波动数据

Tab.4 The swing data of generator 1 and 2

机组	P/MW		Q/Mvar		U/kV		I/kA		f/Hz	
	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小
1 号	667.1	445.6	23.4	-147.6	10.4	9.8	22.2	14.4	50.084	49.954
2 号	550.1	520.4	12.3	-42.4	10.3	10.1	17.9	17.0	50.027	49.984

注:P,Q 分别为有功、无功功率;U,I 分别为机端电压、电流;f 为频率,表 5 同。

表5 1,2,4,5 号机组波动数据

Tab.5 The swing data of generator 1,2,4,5

机组	P/MW		Q/Mvar		U/kV		I/kA		f/Hz	
	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小
1 号	761.7	334.7	106.5	-206.2	10.8	9.6	24.3	10.8	50.141	49.924
2 号	538.5	495.1	13.3	-101.8	10.3	10.1	17.5	16.2	50.072	50.000
4 号	539.0	489.1	21.9	-90.8	10.4	10.1	17.4	16.1	50.072	49.990
5 号	227.9	131.5	-96.9	-163.2	10.1	9.9	8.9	6.1	50.072	50.001

6.3 波动分析

此次 1 号机组功率波动比较大,造成了无功功率的重新分配,使其他运行机组发生了低频振荡,但波动量都不大。1 号监录装置的触发是 1 号机组频率突变量引起的,2 号监录装置的触发是其他机组低频振荡引起的。

1 号机组在 2 次波动中,均启动了发电机过负荷保护,在发电机保护中,对过负荷保护设置了定值得到后不经延时发信号,过负荷定值为 19.630 kA 的 1.1 倍,即 21.593 kA。2 次的波动最大电流值大于定值,保护启动属于正确动作。

每次波动前,发电机励磁低励限制都动作,低励限制动作后,立即参与调整,增加励磁电流,励磁装置限制进相深度,确保机组稳定。从 CCS 记录的数据可见,励磁装置确实进行了调整,发生第 1 次波动时,励磁电压在极短时间内,由 190.31 V 上升到 369.38 V,第 2 次波动时,励磁电压由 172 V 上升到

可用同类型数据分析曾经发生过的趋势。从 CCS 所取数据看,1 号机组发生过明显的功率波动。

在 2 次的有功功率发生波动前,运行人员在小幅度的调整机组出力。18:12:17 运行人员在 CCS 上设定 1 号机组有功功率为 537.00 MW,1 号机组随着设定值增加出力,大约过了 1 min 23 s,即 18:14:41,1 号机组发生功率波动,约 1.5 s,波动现象自行消失。表 4 为 1 号、2 号机组功率波动数据。

当时 1 号机组与 2 号机组所带有功功率几乎相等,只是 2 号机组所吸收无功功率小些,加上与 1 号机组临近,2 号机组在 1 号机组发生波动下也产生波动,但波动幅度不大,其他机组离 1 号机组较远,波动更小,2 号监录装置未启动录波。此次 1 号监录装置的触发是 1 号机组频率突变引起的。

随后,运行人员对该机组再次进行小幅度功率调整,离波动最近 1 次的操作在 18:21:34,设定为 511.00 MW,约 7 min 6 s 后,即 18:27:40,1 号机组功率再次发生波动,又约 1.5 s,波动现象自行消失。表 5 为 1,2,4,5 号机组功率波动数据。

399.38 V,电压上升很大,近似于波动前的 2 倍。正常情况下,空载励磁电压为 159.2 V,额定励磁电压为 318 V。

从 CCS 录取的数据和低励定值可知,进相的无功功率值并未超过该有功功率下允许的无功功率定值很多,低励限制动作后,励磁调节器稍调整就可小于定值,但从励磁电压的变化看,明显调整了很多,这是一种不正常现象,好像在进行强励,当时机组有功功率增加并不多,所以机端电压下降并不多,根据公式 $\Delta U_d = K_V \Delta U$ (K_V 为比例系数, ΔU 为电压偏差)可以得出,机端电压偏差小时,励磁装置提供的附加励磁电压也比较小,但实际很大。

从以上几台机组波动的数据看,不是系统扰动引发机组波动,根据如下:

- a. 当时系统未发生短路和异常现象;
- b. 在波动前,1,2,4 号机组所带有功功率都大于 500 MW,只是所带无功功率不等,如是系统扰动,

2,4 号机组应该发生比较大的波动;

c. 系统微小的扰动不会使机端电压下降很多,1 号机组励磁电压不会在极短时间内上升到正常时的 2 倍。

当时二滩水力发电厂 4 台机组运行,每台机组出力大于 82.5 MW,电力系统稳定器 PSS(Power System Stabilizer)都处于投运行状态,当机组发生功率波动时,PSS 参与调整,因此经过 1.5 s 后,机组波动被平息,未引起系统发生低频振荡。

第 1 次波动时,1 号机组频率变化小于调速器参与调整死区 0.1 Hz,调速器未参与调整,同时从监录装置上录取 1 号机组导叶位置数据验证调速器未参与调整。第 2 次波动时,1 号机组频率最大达到了 50.14 Hz,超过了调速器调整死区 0.1 Hz,此次调速器参与调整,但调整量不大。

此次波动是二滩水力发电厂侧几台机组的波动,未危及到系统。不是因系统扰动引起 1 号机组功率波动,而是由于 1 号机组进相运行使低励限制功能动作后,励磁装置的调节品质变坏,使励磁电压出现大幅度波动,造成机械功率与电磁功率不平衡而出现波动。在这以前,对励磁装置的整流电压进行了录波,发电机进相运行时,在换相点出现比较大的尖峰电压,还有谐波也增加,由于这些量的影响,使励磁绕组得到的平均励磁电压品质变坏,电压出现波动。在此次事件发生前,励磁进相达到低励限制后,由于励磁的调整,励磁电压也在波动,只是没有这次波动的厉害,还有时间短。二滩水力发电厂机组的运行状态都是通过数字表反应的,不是通过指针表反应,所以以前小的波动未体现出来,本次励磁电流波动较大,在数字表上反映出来了。此次事件表明,在机组无功功率分配上要慎重,从表 1、表 2 可见,在带相同有

功率的情况下,1 号机组所带的无功功率最多,并在低励限制附近运行。

7 防范措施

根据以上分析,为防止发电机组再次发生功率波动,可采取以下防范措施。

a. 机组进相运行时,测试励磁调节器的调节特性,同时检查低励限制动作后,是如何参与调整励磁电流,给出的信号是否会出现超调现象。

b. 运行人员以低励限制定值为向导,尽量不要靠近低励限制定值运行。机组出力超过 500 MW 时本台机组进相运行吸收系统无功功率不能超过 -50 MVar 运行。电压不好调整时,联系调度协助调整电压,实在不行,启动 1 台机组吸收多余的无功功率,尽量不要让机组出现低励运行。

c. 二滩水力发电厂远离负荷中心,线路负载轻时,系统多余的充电功率使系统电压高,为了使负荷中心电压满足要求,机组不得不进相运行,从而降低了机组的可靠性,建议在二滩水力发电厂侧加装电抗器,或在低谷时申请一条线路停运。

参考文献:

- [1] 杨嗣彭. 同步电机运行方式的分析[M]. 成都:成都科技大学出版社,1989.
- [2] 黄耀群,李兴源. 同步电机现代励磁系统及其控制[M]. 成都:成都科技大学出版社,1993.

(责任编辑:柏英武)

作者简介:

刘志强(1963-),男,河北晋州人,生产副厂长,从事电厂生产管理工作;

郭玉恒(1972-),男,四川乐山人,运行主任工程师,从事继电保护管理工作(E-mail:ertangh@163.com)。

Analysis of generator power swing

LIU Zhi-qiang, GUO Yu-heng

(Ertan Hydropower Plant, Panzhihua 617000, China)

Abstract: The generator power swing is analyzed from several aspects: the relationship between generator active power and reactive power, the influence of active power increase on generator operating status and the influence of field current regulation on active and reactive powers. Combined with the data recorded, the conclusion is made: the excitation over-shoot causes generator power swing. Some countermeasures are provided.

Key words: active power; reactive power; voltage; field current; power swing