

浅谈安谷水电站发电机进相运行试验

侯天元¹, 徐伟刚²

(1. 中国水电建设集团圣达水电有限公司, 四川 乐山 614013; 2. 重庆水利电力职业技术学院, 重庆 永川 402160)

摘要:阐述了安谷水电站1、2号发电机进相运行试验过程中出现的相关问题,对其进行了分析并采取了有效的应对措施,可为发电机进相运行试验提供参考。

关键词:发电机;进相试验;问题;分析;措施;安谷水电站

中图分类号:TV7;TV734;TV737 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2018)01-0019-04

1 概述

随着电力工业的发展,电网容量增大,将采用更大型的发电机组和更高等级的输电电压,电网充电无功功率将大量增加。当系统负荷处于低谷时,过剩的无功功率将导致电网电压升高,系统电压超上限运行严重;而目前电网采用的调节电压的手段均不能圆满地解决这一问题。发电机进相运行是结合电力生产需要采取的一种运行技术,即由改变发电机的运行工况来达到降压的目的,是利用现有设备增加的一种调压手段,同时其具有平滑无级调节电压的优点,可降压节能,但发电机的进相运行要受到静稳定、定子端部发热和厂用电电压降低的限制,需对发电机开展进相运行试验。然而,在首次开展安谷水电站1、2号发电机进相运行试验时却均未合格。究竟是什么原因引起的,笔者对其进行了简要分析。

2 安谷水电站设备技术参数

安谷水电站电气主接线方式为:1~5号发电机、1~5号变压器为发变组单元接线,220 kV侧采用双母线接线方式。1~4号发电机主要参数见表1。1~4号主变型号:SFP11-220000/220;厂高变91CB型号:DC11-834/13.8/√3;厂变81B型号:SCB11-1000/10.5,其部分主接线、厂用电接线情况见图1。

3 进相运行试验结果及分析

3.1 参数测量及试验条件

在发电机定子回路(PT、CT),转子励磁回路(分流器)、系统母线(PT)、厂用380 V母线(PT)二次回路分别接入准确度不低于0.5级的表计,

收稿日期:2017-09-25

表1 1~4号发电机主要技术参数表

项 目	数 据	项 目	数 据
型号	SF190-68/14000	额定功率	190 MW
额定容量	217.14 MVA	额定电压	13 800 V
额定电流	9 085 A	额定频率	50 Hz
相数	3	额定功率因数	0.875 (滞后)
额定励磁电压	475 V	额定励磁电流	1 750 A
额定转速	88.2 r/min	绝缘等级	F/F

测量有功功率、无功功率、功率因数、定子电压、定子电流、转子电压、转子电流、系统母线电压、380 V母线电压等电气参数。

发电机进行运行试验时,首先退出失磁保护,低励限制根据试验要求放开,试验中低励限制不动作。1号发电机开始试验时,首先退出失磁保护,低励限制根据试验要求放开,试验中低励限制不动作。

3.2 试验结果

1号发电机带自动励磁调节器时的进相运行试验数据见表2。

3.3 安谷水电站1~4号发电机进相试验限制因素及限额值规定

根据国家相关标准及四川省调度中心的要求,安谷水电站1~4号发电机进相运行试验限制因素及限额值为:(1)厂用电电压不得低于0.95 U_1 ,即361 V;(2)发电机定子电压不得低于0.95 U_1 ,即13.11 kV;(3)发电机定子电流不得超过其额定值,即9 085 A;(4)系统母线电压不得低于网调给定的运行电压下限值,即226 kV;(5)发电机进相试验时不得失去静稳定和动稳定并留有一

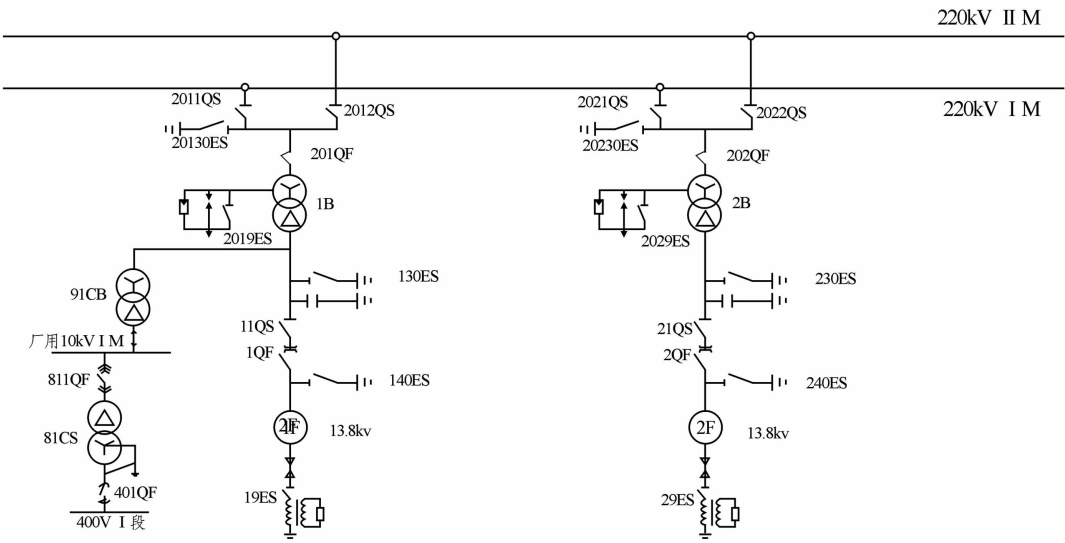


图 1 部分主接线、厂用接线图

表 2 1 号发电机进相运行试验数据表

序号	有功功率 /kW	无功功率 /Kvar	定子电压 /V	定子电流 /A	功率 因数	转子电压 /V	转子电流 /A	400 V 母线 (厂变Ⅲ档) 电压 /V	220 kV 母线 (主变Ⅲ档) 电压 /V	功角 /°
1	190 046	20 909	13 219	8 364	0.994	254	1 161.4	382.4	231.59	29.77
2	190 380	-10 537	12 797	8 622	0.998	223	1 051.2	370.4	230.87	34.1
3	190 738	-19 978	12 617	8 808	0.994	214	1 015.9	365.5	230.35	35.89
4	190 544	-30 057	12 423	8 985	0.989	201	977.8	360.6	229.79	37.88
5	190 380	-31 393	12 390	9 006	0.988	200	973.4	359.4	229.73	38.18
6	150 123	95	12 939	6 707	1	218	981	374.5	231.05	26.71
7	150 032	-11 104	12 765	6 858	0.997	212	927.1	373.3	230.82	28.25
8	150 277	-29 963	12 604	7 140	0.981	188	850.3	364.5	229.83	30.7
9	150 055	-35 401	12 461	7 263	0.974	178	831.8	360.6	229.66	31.88
10	150 310	-37 095	12 424	7 273	0.972	168	819.1	359.8	229.58	32.29
11	150 188	-39 920	12 402	7 346	0.967	165	813.9	358.9	229.47	32.68
12	100 956	20 029	13 396	4 470	0.997	221	979.2	387.1	231.24	16.55
13	101 609	-10 701	12 877	4 577	0.994	181	826	374.8	230.71	19.64
14	102 819	-30 818	12 711	4 834	0.965	147	684.5	367.7	229.92	21.8
15	102 819	-40 920	12 532	5 014	0.941	145	673.3	363.5	229.78	23.29
16	103 287	-50 027	12 406	5 261	0.91	132	646.9	359.6	229.29	24.74
17	7 677	20 964	13 459	878	0.218	188	893.5	390.3	231.21	1.28
18	6 377	-10 183	13 045	503	0.531	154	724.2	378.8	230.45	1.25
19	8 529	-29 762	12 786	1 375	0.275	134	614.7	370.9	229.94	1.87
20	8 385	-40 266	12 637	2 107	0.204	110	536.2	366.5	229.69	1.97
21	7 677	-54 875	12 406	2 884	0.16	88	446.7	360.2	229.13	2
22	8 529	-59 795	12 344	3 070	0.152	80	422.5	358.5	228.89	2.31

定的裕度。

通过 1 号发电机进相运行试验数据可以看出:1 号发电机分别带 190 MW、152 MW、95 MW、

0 M 有功负荷时,2 号发电机向系统发送无功功率 80 Mvar,用以支撑系统电压。进相深度均受到发电机机端电压过低、厂用电压过低的双重限制(表 3)。

表 3 1 号机组发电机进相运行试验受限数据表

序号	机号	输出有功功率/MW	试验时最大进相深度/Kvar	进相运行试验受限条件	建议进相深度/Kvar
1	1 号机	190	- 31 393	机端电压低于 13. 11 kV 厂用电压低于 361 V	- 30 000
1	2 号机	152	- 39 920		- 35 000
3	3 号机	95	- 50 027		- 40 000
4	4 号机	0	- 59 795		- 50 000

1 号发电机在 $P=190$ MW 时,可进相至 $Q=-30$ Mvar 运行;在 $P=152$ MW 时,可进相至 $Q=-35$ Mvar 运行;在 $P=95$ MW 时,可进相至 $Q=-40$ Mvar 运行;在 $P=0$ MW 时,可进相至 $Q=-50$ Mvar 运行。1 号发电机带 0 ~ 190 MW 有功负荷时,在试验进相深度范围内 220 kV 母线降压百分数为 0. 48% ~ 0. 6%,降压效果较为明显(表 4)。

表 4 1 号发电机进相运行时 220 kV 母线电压降压效果表

序号	机组号	输出有功功率 /MW	吸收无功功率 /Kvar	220 kV 母线电压降压效果		
				降低值 /kV	降低百分数 /%	降低 1 kV 电压需要 吸收的无功功率/Kvar
1	1 号 发电机	190	- 409 ~ - 30 057	1. 36	0. 59	21 800
2		152	95 ~ - 35 401	1. 39	0. 6	25 537
3		95	- 283 ~ - 40 920	1. 11	0. 48	37 120
4		0	- 88 ~ - 49 401	1. 31	0. 57	37 644

表 5 主变档位调整后电压分析情况表

序号	系统电压 /kV	主变变比	机端电压 /kV	定子电流 /A	厂高变变比 (13.8/10.5)		10 kV 母线电压 /kV	厂用变比 (10.5/0.4)		400 V 母线电压 /kV	
1	233	I	18.41	12.66	9 906	1－2	1.38	9.17	1－2	27.5	0.333
2		II	17.94	12.99	9 653	2－3	1.35	9.62	2－3	26.88	0.359
3		III	17.54	13.28	9 438	3－4	1.31	10.14	3－4	26.25	0.386
4		IV	17.1	13.63	9 196	3－4 4－5	1.31 1.28	10.4 10.65	3－4 4－5	26.25 25.63	0.396 0.416
5		V	16.66	13.99	8 964	5－6	1.25	11.19	5－6	25	0.448
6	230	I	18.41	12.49	9 906	1－2	1.38	9.05	1－2	27.5	0.329
7		II	17.94	12.82	9 653	2－3	1.35	9.5	2－3	26.87	0.354
8		III	17.54	13.11	9 438	3－4	1.31	10.01	3－4	26.25	0.381
9		IV	17.1	13.45	9 196	3－4 4－5	1.31 1.28	10.27 10.51	3－4 4－5	26.25 25.63	0.391 0.41
10		V	16.66	13.8	8 964	5－6	1.25	11.04	5－6	25	0.442
11	226	I	18.41	12.28	9 906	1－2	1.38	8.9	1－2	27.5	0.324
12		II	17.94	12.6	9 653	2－3	1.35	9.33	2－3	26.87	0.347
13		III	17.54	12.88	9 438	3－4	1.31	9.83	3－4	26.25	0.374
14		IV	17.1	13.22	9 196	3－4 4－5	1.31 1.28	10.09 10.33	3－4 4－5	26.25 25.63	0.384 0.403
15		V	16.66	13.56	8 964	5－6	1.25	10.84	5－6	25	0.434

4 采取的措施 根据 1 号机组的试验情况,随后对 2 号发电机进行了进相运行试验,由 1 号发电机带厂用电,

4.1 方案研究

并加大了 1 号发电机的无功负荷,厂用 400 V 母线起始电压为 399 V(相当于调整了厂用变档位),2 号发电机进相运行到极限时,厂用电电压为 392 V,没有降至下限值(361 V),但发电机的机端电压已下降至 12.41 V,已降至额定值的 90% 左右。

从 2 号发电机进相运行试验的情况可以看出:单方面调整厂变 81B 的变比,能够提高厂用 400 V 母线电压,但不能够提高发电机的机端电压,在发电机进相运行试验时会造成发电机机端电压持续下降,超出了发电机机端电压的规定范围。在 1 号发电机的进相试验数据中,发电机机端电压已降至额定电压的 90% ($U_N = 12.42\text{ kV}$)。根据发电机运行规定,在不影响发电机稳定运行的情况下,发电机机端电压允许降至 90%,电压已降至极限值。

因此,单方面提高厂用电电压,也不能增加发电机的进相深度,其进相深度会受到发电机定子电压、定子电流、低励限制等因素的影响。

4.2 采取的措施

从 1 号发电机进相试验数据中可以发现:发电机在带有功 190 MW、152 MW、95 MW、0 MW,进相分别在 30 000 Kvar、35 000 Kvar、40 000

Kvar、50 000 Kvar 时,发电机机端电压起始均较低。笔者建议调整 1 号主变变比。从目前的 III 档调整到 IV 档,从而可以适当提高发电机机端电压,厂高变 91CB、厂变 81B 档位(III 档)不变,400 V 母线电压亦能提高。

调整 1 号主变档位(Ⅲ档调至Ⅳ档)后,在现有系统最高电压下,发电机机端电压不会超过额定电压,厂用 400 V 母线电压最高可以达到 396 V,其电压分析情况见表 5。

通过调整 1 号主变档位,重新进行了 1 号发电机进相运行试验,试验结果均满足规范要求。

5 结 语

发电机进相运行试验不合格时,不能单方面认为发电机存在问题、厂用电电压低等,应该对试验数据进行综合分析,找出发电机进相运行试验不合格的真正原因,采取有效措施加以解决,以满足电网的要求。

作者简介:

侯天元(1975-),男,四川沐川人,高级技师,工程师,一级建造师,从事水电站电气一次设备检修、试验工作;
徐伟刚(1962-),男,重庆合川人,副教授,从事电力等专业教学科研、岗位培训和管理工作的。

(责任编辑:李燕辉)

=====

世界单机容量最大的水电机组座环整装启运

2017 年 11 月 18 日,世界单机容量最大的白鹤滩水电站 100 万千瓦水电机组首台座环在哈电集团哈尔滨电机厂有限责任公司(以下简称“哈电机”)整装启运,经陆水联运发往白鹤滩水电站。

白鹤滩水电站水电机组首台座环于 10 月 17 日通过精品验收后,解体成四瓣,经精镗、铲磨、收尾、刷漆等工序完善后整装启运,不仅标志着哈电机全面突破了 100 万千瓦级水电机组关键部件座环的研制难题,更是为打造白鹤滩精品机组,开创世界水电百万千瓦级新纪元增加了砝码。

白鹤滩水电站是三峡集团开发的金沙江下游河段梯级的第二级电站,是当今世界在建规模最大的水电站,建成后将成为仅次于三峡工程的世界第二大水电站。白鹤滩水电站安装 16 台、单机容量世界最大的 100 万千瓦水轮发电机组。哈电机承担了白鹤滩右岸电站共计 8 台套水轮发电机组及其附属设备的研发、制造,攻克了多项世界性技术壁垒。

白鹤滩水轮机座环外圆最大直径 17.2 米、最短直径 14.5 米,高约 4 米,总重超过 500 吨,是白鹤滩水轮机所有结构组件中单体重量最大的部件,也是水轮机结构组件中运输尺寸最大的部件。

甘肃实施电价改革

甘肃省在电价改革过程中实施了一系列措施,通过多项降电价措施,2017 年全年将降低甘肃企业用能成本超过 50 亿元。甘肃省在电价改革中采取的多种措施包括组织直购电交易、输配电价改革和电价结构调整、实施综合电价扶持政策、开展商业峰谷分时电价试点等。其中,直购电交易成为甘肃工业企业降成本最直接、最有效的措施。甘肃省 2017 年直购电交易电量达到 280 亿千瓦时,平均降价标准每千瓦时 0.06 元,年降成本金额约 17 亿元。同时,甘肃省为降低实体经济企业特别是中小微企业用电成本,开展了商业用电峰谷分时电价改革试点,对不适宜错峰运营的商业企业暂停峰谷分时电价,试点执行平段目录电价,高峰电价每千瓦时降低 0.371 1 元。统计显示,通过开展试点,年降成本金额将超过 2 亿元。