

协联曲线优化对轴流转桨式水轮发电机组发电效率的影响

周有宝

(沐川县七星火谷水电开发有限公司火谷水电站,四川 乐山 614501)

摘要:一系列的试验研究表明:轴流转桨式水轮发电机组的协联曲线对机组安全、经济运行和调节过程具有重大的影响。通过协联曲线的优化,能够改善轴流转桨式水轮发电机组的稳定性,明显提高水轮发电机组的发电效率。火谷水电站轴流转桨式水轮发电机组的协联曲线优化试验验证了以上结论,同时亦为改善该类型水轮发电机组运行的稳定性及提高发电效率的方法提供了依据。

关键词:协联曲线;轴流转桨式;水轮发电机组;发电效率;火谷水电站

中图分类号:TV7;TV734;TV737

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2014)06-0086-04

火谷水电站2台2×20 MW轴流转桨式水轮机组在初期投运两年的实际运行过程中暴露出了一系列问题,如:机组在空载时上导振动、摆度大;在0~7 MW低负荷区时振动、摆度明显加大;机组出力较差,在导叶开度达92%时机组出力最大只能达到19.8 MW(不能达到额定负荷的100%)。针对2台机组的实际运行情况,本站组织技术人员进行了一系列的分析、探讨、试验和研究。其中,在对机组做协联曲线优化试验时,取得了较为理想的成果,在耗水率基本不变的前提下,很好地提高了机组的有功出力,降低了个别负荷区的振动和摆度,使机组的运行工况得到了较大改善。笔者以叙述本站协联曲线优化试验为主,进而验证了轴流转桨式水轮发电机组协联曲线优化对机组安全、经济运行的影响,尤其是对机组发电效率的影响。

火谷水电站位于四川省乐山市沐川县利店镇上游约3 km处,为马边河干流水电规划梯级开发中的第四座水电站,装设2台轴流转桨式水轮发电机组,单机容量20 MW,设计水头26 m。工程于2007年7月开始动工,2012年1月投产发电。

1 机组运行工况及出力情况初步分析

火谷水电站2台机组自投运起即存在以下问题:(1)机组出力较差,在额定水头26 m、导叶开度达到95%时机组最大出力只能达到19.8 MW(为防止接力器动作过头,导叶电气开限设定为

95%)。(2)机组在0~7 MW低负荷区运行时存在强烈振区,上导摆度最大达到400 μm左右;非振区运行的上导摆度大部分工况超过300 μm。为确保机组安全经济运行,本站于2013年年初对2台机组进行了C修。检修的重点为:对机组轴线、导瓦间隙进行检查并予以调整,使其达到设计值。但在检修之后机组振动、摆度及出力情况没有太大的改善。根据对该机组励磁试验数据进行分析得知,各部位振动摆度幅值与励磁电压幅值的关系不明显,因此,基本可以排除电气因素。根据上述分析,不排除该机组存在调速器导叶、桨叶协联曲线不优的情况。

另外,由于水轮机模型试验的偏差和有关零部件加工的误差,可能会造成现场机组虽然按照厂家提供的协联曲线调整,但实际上却不是最优协联曲线,因此就需要在现场求取真机的最优协联曲线,并依此来进行协联机构的调整工作,使机组发电效率达到最优。

为此,火谷水电站于2013年7月对2台机组协联曲线进行了优化试验工作。

2 试验方案

(1)试验内容。在各试验水头下,机组做定导叶工况运行,改变不同的桨叶开度进行若干测试以测取若干参数,此时最高效率的工况点的协联曲线就是真机在该水头下桨叶~导叶的最优协联曲线。对于不同的导叶开度,可作若干个定导叶工况试验,以求取某个水头下的最优协联曲线。

收稿日期:2014-07-11

(2) 试验步骤。

① 定导叶工况试验。

根据现场水情,两台机组各选定一个常用水头作为试验水头(如:#1 机组 26 m,#2 机组 27 m)。火谷水电站机组的协联曲线是导叶开度达到 56% 时进入协联,把导叶固定在某一个既定的开度上(按原有协联曲线开度),调整不同的桨叶开度进行优化试验工作。根据现场导叶开度确定桨叶开度需要进行 7、8 个工况试验。每个工况点的导叶开度调整次数是根据所求取最高效率指数的需要而定,一般需要 5~7 次。

② 为克服机械死区对测试精度的影响,在测试过程中,导叶和桨叶调整均为单方向调整。若

在某个值调过头,则需返回上一个值后再往前调。

③ 在调整导叶开度的过程中,记录机组的运行状态与出力情况,如振动值、摆度值、机组的有功功率输出、机组的温度变化等。

④ 优先根据机组的运行稳定性与出力情况最终确定机组的最优协联曲线。为进一步优化机组的运行工况,视机组的稳定性情况,可适当进行动平衡处理。

3 试验数据(以#2 机组试验为例)

(1) 上游水位:高程 456.9 m;尾水水位:高程 430.2 m;水头:26 m。

(2) #2 机组定导叶工况试验时机组运行的部分参数及试验数据见表 1。

表 1 2#机组定导叶工况运行机组部分参数及试验数据表

序号	导叶开度 /%	桨叶开度 /%	负荷 /MW	上导摆度 X/ μm	上导摆度 Y/ μm	下导摆度 X/ μm	下导摆度 Y/ μm	水导摆度 X/ μm	水导摆度 Y/ μm	上平振 X/ μm	上平振 Y/ μm	下平振 X/ μm	下平振 Y/ μm
1	50	0	6.94	186	209	117	97	32	37	4	6	2	2
		9.09	8.24	187	207	114	97	31	36	4	5	2	1
2	56	10.5	8.47	185	207	113	95	32	38	4	6	2	1
		11.69	8.59	185	209	114	96	32	41	4	6	2	1
		13.2	8.86	186	207	114	96	31	39	4	5	2	1
3	62	23.15	10.55	188	210	118	96	31	35	4	5	1	1
		25.42	10.81	188	206	116	97	31	35	4	5	2	1
		27.44	11.12	189	208	118	96	31	35	4	5	2	1
		29.26	11.13	188	206	117	99	32	42	4	6	2	1
4	68	36.85	12.58	200	207	118	98	31	33	4	6	2	1
		38.52	12.7	189	217	116	98	31	33	4	6	2	1
		39.63	12.82	187	207	119	98	32	35	4	6	2	1
		40.93	12.93	187	211	117	99	32	37	4	7	2	1
		42.02	13.01	189	209	118	97	32	36	4	6	2	1
5	74	44.41	13.08	194	207	119	97	35	36	4	6	2	1
		51.14	14.5	192	207	115	94	32	37	4	7	2	1
		53	14.66	189	207	115	95	32	36	4	7	2	1
		54.91	14.97	187	213	114	95	34	34	4	8	2	1
		56.93	15.01	186	212	113	96	34	39	4	7	2	1
		58.2	15.06	186	211	116	97	34	37	4	9	2	1
6	80	63.94	16.19	196	218	117	98	36	35	4	9	2	1
		65.73	16.43	190	207	117	96	36	36	4	10	2	1
		67.2	16.55	187	208	115	95	33	35	4	9	2	1
		69.51	16.82	188	208	115	95	35	35	4	8	2	1
		70.3	16.95	187	210	114	96	35	35	4	8	2	1
		71.8	17.1	187	208	115	96	33	36	4	8	2	1
		75.34	17.93	190	210	118	97	33	34	4	13	2	1
7	86	77.13	18.18	200	208	120	97	34	34	5	12	2	1
		79.2	18.41	189	206	118	97	35	36	5	11	2	1
		81.67	18.77	193	208	118	97	35	35	4	15	2	1
		83.44	19.01	191	210	127	100	38	34	4	14	2	1
8	95	86	19.86	195	212	120	98	38	36	4	18	2	1
		88.37	20.06	200	214	125	99	38	35	5	18	2	1
		89.03	20.17	204	215	126	100	38	33	5	20	2	1

4 试验结果分析

(1)对试验数据进行分析后得出火谷水电站 #2 机组在 26 m 水头下机组的最优协联曲线。优化后的曲线规律与原协联曲线的规律基本一致:对同一导叶开度进行了比较,优化后的桨叶开度比原桨叶开度平均增加了约 3%~7%。其协联曲线优化前后对比情况见图 1。

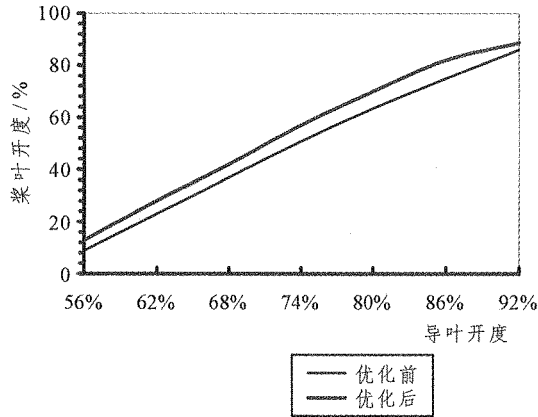


图 1 协联曲线优化前后对比图

(2)协联曲线优化后,在负荷段(导叶开度 56%~80%)对机组的振动摆度有一定的改善作用,尤其是机组上导摆度有所减小;其余负荷段对振动摆度没有明显影响。优化协联曲线前后机组各导轴承摆度对比情况见图 2。

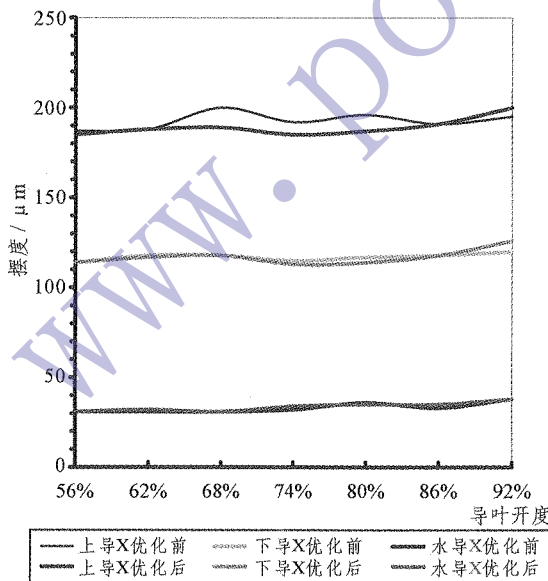


图 2 协联曲线优化前后振动摆度对比图

(3)协联曲线优化后,机组出力在不同导叶

开度下均明显得到了提高。在 26 m 水头下、导叶开度为 86% 时,优化前后的出力分别为 17.8 MW 和 18.8 MW;导叶开度为 92% 时,优化前后的出力分别为 19.8 MW 和 20.1 MW;导叶开度为 95% 时,优化前后的出力分别为 20 MW 和 21 MW。协联曲线优化后,机组出力均能满足设计要求。优化协联曲线前后机组有功出力对比情况见图 3。

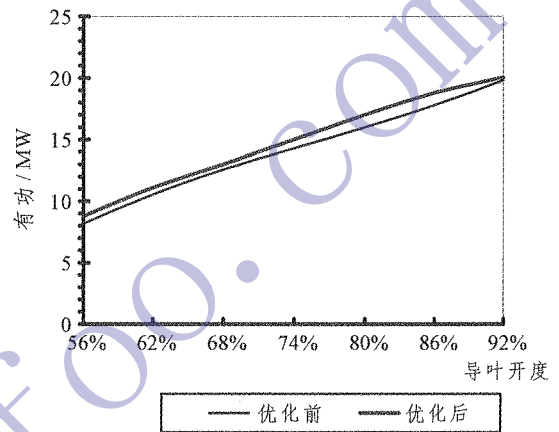


图 3 协联优化前后水轮机出力对比图

(4)协联曲线优化后,水轮机的发电效率明显得到了提高。根据计算数据得出发电效率平均提高 4.73%。在 26 m 水头下优化协联曲线前后机组发电效率提高情况见表 2。

表 2 优化协联曲线前后机组发电效率提高情况表

序号	导叶开度 / %	桨叶开度 / %	负荷 / MW	发电效率提高 / %
1	56	修改前	8.85	7.3
		修改后	12.85	
2	62	修改前	23.08	4.26
		修改后	28.08	
3	68	修改前	36.92	3.4
		修改后	42	
4	74	修改前	50.77	5
		修改后	57	
5	80	修改前	63.46	6.25
		修改后	70.05	
6	86	修改前	75	5.6
		修改后	82	
7	95	修改前	86.15	1.3
		修改后	88.15	
8	发电效率平均提高了 4.73			

(5)按照上述相同的方法,进行了#2 机组在常用水头(25 m、26 m、27 m)下的完整性水头试验,最终得出#2 机组调速器在常用水头 25 m、26 m、27 m 下的最优协联曲线,具体情况见表 3。

表3 25 m、26 m、27 m水头下最优协联曲线表

水头 /m	桨叶开度 /%	导叶开度 /%							
		56	62	68	74	80	86	95	98
25	最优值	11.13	26.42	40.27	55.27	67.67	79.77	85.57	91.78
26	最优值	12.85	28.08	42	57	70.05	82	88.6	96.15
27	最优值	14.04	29.65	43.63	58.61	72.07	84.04	90.65	97.78

(6)#1 机组参照#2 机组按相同的试验方案进行了协联曲线优化,得出与#2 机组基本一致的结果,在此不再详细描述与分析。

5 试验结论及建议

5.1 结论

(1) 协联曲线的优化在负荷段(导叶开度 56%~80%)对机组的运行稳定性有一定的改善,对于其余负荷段的机组运行稳定性没有明显影响。

(2) 协联曲线优化明显提高了机组的出力及发电效率。

5.2 建议

(1) 处理后的机组在非振动区运行时,上导摆度仍有约 300 μm 左右。对此,我厂利用年底计划 A 修的机会,对#2 机组的轴线、各导瓦间隙进行了详细检查和调整(通过 2013 年年底#2 机组 A 修,对#2 机组的轴线、各导瓦间隙进行了检查和盘车调整,现振动和摆度值均在规程允许值范

(上接第 54 页)

保护检修压板,退出智能操作箱检修压板,此时,本间隔的线路保护已恢复运行。退出母差保护与本间隔对应的合并单元检修压板,恢复本间隔母差保护,完成本间隔一次设备带电操作。如果采用插拔光纤的安全隔离措施,在投入检修压板后拔除装置的 GOOSE 和采样光纤,在退出检修压板前恢复装置的 GOOSE 和采样光纤。

4 结语

虽然智能化变电站在一、二次设备的创新应

(上接第 58 页)

方测量收方的方式,每堆存一堆物料及时进行测量,相对于记车数的方式可以避免错记、漏记,相对公正合理。

4 结语

苏丹上阿特巴拉水利枢纽工程 C1-A 大坝料反滤料系统在建安期成功优化了级配料场,精简优化了工艺流程;在生产运行时针对出现的问题及潜在风险,通过监控料源质量、注重过程控制、进行工

围之内)。

(2) 尽可能避开机组在振动区运行(火谷水电站机组振动区为 0~7 MW)。

6 结语

火谷水电站 2 台机组通过协联曲线优化,明显地提高了机组的发电效率,不仅满足了机组额定出力要求,而且还改善了机组的运行稳定性。由此可见:采取协联曲线优化的手段,是改善轴流转桨式水轮发电机组运行工况的重要措施。同时,也证实了协联曲线的进一步优化对提高机组的发电效率具有不可忽视的作用。但应该注意的是:轴流转桨式水轮机的协联曲线不能一味按照厂家提供的协联曲线整定,需经现场试验验证是否为真机的最优协联曲线,从而使机组的发电效率达到最优。

作者简介:

周有宝(1975-),男,四川乐山人,厂长,工程师,从事水电厂技术与管理工作; (责任编辑:李燕辉)

用、数据采集、控制模式及传输方式上的变革使其现场二次系统调试和检修维护方法与常规综合自动化变电站有较大的差异,但其常规安装调试、试验检修是不变的。只要我们抓住其变化的重点、要点,并随着智能化变电站的不断普及应用,其系统调试和检修维护将不断完善和透明并不断程序化和标准化。

作者简介:

江绍春(1963-),男,四川乐至人,分局副总工程师,工程师,从事电气施工设计、安装、运行维护工作。(责任编辑:李燕辉)

艺改造、保证水质、暂存料场科学管理等一系列措施,使通过该系统生产的 3 a、3 b、4 b、5 区料约 120 余万 t 合格率达 100%,对今后的大坝反滤料系统生产运行管理具有一定的参考价值。

作者简介:

陈镜先(1981-),男,四川井研人,项目副经理,工程师,学士,从事水电工程施工技术与管理工作;

李亚丽(1980-),女,黑龙江虎林人,工程师,学士,从事砂石加工和混凝土拌和系统的施工技术及管理。

(责任编辑:李燕辉)