

基于新调度模式下的巨型水电站经济性分析

史宝平,王 伟,薛万军

(二滩水力发电厂,四川 攀枝花 617000)

摘 要:首先对该电站的调度权转移进行了阐述,然后结合该电站近年来枯水期典型月份的实际运行状况和运行数据与前期数据进行类比分析,并通过简单的算术计算,说明水电站在机组运行方式安排、厂用电运行方式安排上可以进行优化;最后重点对枯水期机组实际运行方式进行了经济性和可行性分析,通过电网负荷变化的特点和电网接线方式以及备用容量规定的要求,优化了机组的运行方式。

关键词:厂用电方式;经济性;可行性

中图分类号:TV737

文献标识码:B

文章编号:1672-5387(2017)08-0034-04

DOI:10.13599/j.cnki.11-5130.2017.08.011

1 概述

该水电站位于四川省西南部攀枝花市境内的雅砻江下游,距雅砻江与金沙江的交汇口 33 km,是以发电为主的大型水力发电枢纽。水电站装机容量 330 万 kW,多年平均发电量为 170 亿 kW·h。水库正常蓄水位 1 200 m,总库容 58 亿 m³,调节库容 33.7 亿 m³,为季调节水库。前期调度由华中网调委托四川省调调度,随着国家电网三集五大的发展以及国家电网西南分部的成立。今年,电站调度权由四川省调转移至西南分调。在满足电网安全的前提下,降低电站的耗水率^[1],合理安排机组的运行方式和厂用电运行方式,以提高水电站综合经济效益。

2 枯水期典型月机组运行情况分析

2.1 耗水率分析

本月平均耗水率为 2.23 m³/kW·h,高于去年同期水平(2.19 m³/kW·h)。本月日平均并网机组台数为 4.98 台,高于去年同期的 3.99 台;机组平均发电负荷 407.3 MW,低于去年同期水平(454.33 MW)。见表 1。

表 1 耗水率分析相关数据表

名称	本月	去年同期	增长幅度
平均运行水位			
/m	1 196.42	1 196.69	-0.02%
平均水头/m	181.37	182.25	-0.48%
平均并网机组			
台数/台	4.98	3.99	24.81%
平均耗水率			
/m ³ /kW·h	2.23	2.19	1.83%
机组平均发电			
负荷/MW	407.3	454.33	-10.41%

2.2 供电与厂用电分析

本月总供电量为 100 286.2 万 kW·h,相比去年同期增加 10 803.2 万 kW·h。本月厂用电量 237.813 万 kW·h,比去年同期增加 29.743 万 kW·h,月厂用电率为 0.157%,与去年同期水平(0.15%)持平。综合厂用电由励磁系统损耗、厂高变损耗、主变损耗以及厂用电组成,本月综合厂用电率 0.476%,高于去年同期的 0.39%,综合厂用电比去年同期高,发电量比去年同期也有增加,且增加的幅度相似。见表 2。

表 2 供电及厂用电统计表 单位:万 kW·h

名称	本月	去年同期	增长幅度
月供电量	100 286.2	89 483	10.77%
月厂用电量	137.813	108.07	14.29%
月厂用电率	0.157%	0.15%	--
综合厂用电量	718.75	525.05	36.89%
综合厂用电率	0.476%	0.39%	--

二滩水电站厂用电主要有表 3 所示电动机负荷,根据运行时间通过其额定功率计算其耗电量。

表 3 厂用电电动机

序号	电机	型号	功率/kW
1	检修排水泵电动机	Y315M3-4	260
2	渗漏排水泵电动机	Y250M-2	260
3	机组技供水泵电动机	Y3552-4	220
4	主变技供水泵电动机	Y3552-4	55
5	调速器空压机电动机	DDG200L4	30
6	主变竖井风机电动机	YB315-L1-8-W	90
7	油压装置辅助油泵电动机	5K256QPL1046A	14.7

收稿日期:2017-02-14

作者简介:史宝平(1986-),男,工程师,从事水电站运行维护工作。

- (1)本月 6 台 6 kV 检修排水泵运行时间总共为 102.25 h。总耗电量为: $260 \times 102.25=26\ 585.0\text{ kW}\cdot\text{h}$ 。
- (2)本月 6 台 6 kV 渗漏排水泵运行时间总共为 129.94 h。总耗电量为: $260 \times 129.94=33\ 784.4\text{ kW}\cdot\text{h}$ 。
- (3)机组技供水泵只在机组运行时才启动,机组停机备用时停运。本月全运行时间总共为: $31 \times 24=744\text{ h}$ 。而目前 6 台机组 1 月份的平均并网机组台数为 4.69 台,所以 6 台发电机的机组技供水泵总运行时间为: $744 \times 4.69=3\ 489.36\text{ h}$; 总耗电量为 $220 \times 3\ 489.36=767\ 659.2\text{ kW}\cdot\text{h}$ 。
- (4)主变技供水泵只在主变运行时才启动,主变停运时则停运。本月全运行时间总共为: $31 \times 24=744\text{ h}$ 。另外,2 号机变检修时间为 8 日 00:00~24 日 14:00,总长为: $(24-8) \times 24+14=524\text{ h}$,则其主变技供水泵运行时间为: $744-524=220\text{ h}$ 。所以 6 台机组主变技供水泵运行总时长为: $5 \times 744+220=3\ 940\text{ h}$;总耗电量为 $55 \times 3\ 940=216\ 700\text{ kW}\cdot\text{h}$ 。
- (5)该月份 2 台调速器空压机运行时间总共为 30 h。总耗电量为: $30 \times 30=900\text{ kW}\cdot\text{h}$ 。
- (6)主变竖井风机有 3 台一直处于运行状态。主变竖井风机总运行时间为: $744 \times 3=2\ 232\text{ h}$ 。
- 总耗电量为 $90 \times 2\ 232=200\ 880\text{ kW}\cdot\text{h}$ 。
- (7)该月份各机组油压装置辅助压油泵运行时间不尽相同,如表 4 所示。

表 4 辅助压油泵运行时间

序号	辅助油泵	运行时间/h
1	1 号机辅助压油泵	11
2	2 号机辅助压油泵	19
3	3 号机辅助压油泵	16
4	4 号机辅助压油泵	20
5	5 号机辅助压油泵	12
6	6 号机辅助压油泵	11

各机组油压装置辅助压油泵运行时间总共为:
 $11+19+16+20+12+11=89\text{ h}$
总耗电量为 $14.7 \times 89=1\ 308.3\text{ kW}\cdot\text{h}$ 。
将上述负荷及其耗电量汇总见表 5。

表 5 总耗电量表

序号	电机	总耗电量/ $\text{kW}\cdot\text{h}$
1	检修排水泵电动机	26 585.0
2	渗漏排水泵电动机	33 784.4
3	机组技供水泵电动机	767 659.2
4	主变技供水泵电动机	216 700
5	调速器空压机电动机	900
6	主变竖井风机电动机	200 880
7	油压装置辅助压油泵电动机	1 308.3
8	合计	1 247 816.9

3 机组运行方式分析

3.1 机组运行经济性分析

四川水电按照一年的来水情况,将水电分为枯水期、平水期和汛期,而雅砻江流域的枯水期一般为 1~5 月份、11 和 12 月份。此外根据每日用电负荷的不同,又分为峰段、平段和谷段。其中,高峰时段为 07:00~11:00,19:00~23:00;平段时刻为 11:00~19:00;低谷时段为当晚 11:00 至次日早上 7:00,各时段均为 8 h。根据上述规定,则可以计算出每一年度枯水期、平水期低谷运行时间,根据厂用电构成可知每年仅平、枯期低谷时段,二滩电厂仅少空载运行 1 台机,就可以节约厂用电为 $(287 \times 1936=)$ 55.56 万 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。上述节水多发的电能和节约的厂用电能均处于水电厂来水较少的月份,同时也是系统缺电的季节,相应电价也较高。所以水电厂枯水季节能有更为良好的经济效益和社会效益。

3.2 机组运行可行性分析

(1)机组有功分析

二滩电站在电网中主要承担调峰任务,根据混流式水轮机组运行特性和机组出力与水头的关系,正常情况下当上游水位高于 1 172 m 时,发电水头大于 157 m,机组运行最大有功出力为 550 MW,随着上游水位的降低发电运行水头持续降低,当水位降至死水位 1 155 m 时,机组运行最大有功出力降至 470 MW。因此机组最大有功运行范围为 470~550 MW。

(2)机组无功分析

电网无功补偿采用的是“分层分区,就地平衡”的原则,二滩电站远离负荷中心,线路距离长,线路容性功率较大。因此,一般情况下机组都是吸收电网的无功,进行运行。由于机组吸收无功的限值受 P-Q 约束,即:发电机进相运行时励磁低励限制值。机组有功功率越大,吸收无功的能力就越小;相反,机组有功功率越小,可吸收系统的无功越大。(见表 6)

表 6 发电机进相运行励磁低励限制值

序号	有功 /MW	无功 /MVar	序号	有功 /MW	无功 /MVar	序号	有功 /MW	无功 /MVar
1	550	-50	10	374	-130	19	198	-210
2	528	-60	11	352	-140	20	176	-220
3	506	-70	12	330	-150	21	154	-230
4	484	-80	13	308	-160	22	137.5	-237.5
5	462	-90	14	286	-170	23	121	-245
6	440	-100	15	275	-175	24	88	-260
7	418	-110	16	264	-180	25	55	-275
8	412.5	-112.5	17	242	-190	26	22	-290
9	396	-120	18	220	-200	27	0	-300

注:序号 1、8、15、22、27 5 个点的数据为励磁装置低励限制整定值,其他均为计算值。

(3) 电网对二滩的调控规定

1) 电网对二滩出力规定

根据二滩的典型日负荷 96 点曲线,从日平均负荷曲线可以看出以下 5 个特点:

① 00:00~08:15, 机组负荷基本上处在 900~1000 MW 之间,此时根据机组当前水头下的出力机组最大出力范围为 1 410 MW~1 650 MW,则在此期间 3 台机组运行完全满足负荷要求;

② 08:15~12:00, 机组负荷在 1 500~1 800 MW 之间,此时处于负荷的峰段,需要 4 台机组运行,便于调整系统电压及频率;

③ 12:00~14:00, 机组负荷较轻,处于 1 300~1 500 MW 之间,经过适当调整即可 3 机运行满足负荷要求;

④ 14:00~22:30, 机组负荷在 1 500~1 800 MW 之间,此时需要满足负荷曲线要求必须采用 4 台机运行。

⑤ 22:30~24:00, 机组负荷在 1 000~1 300 MW 之间,此时满足负荷曲线要求可采用 3 台机运行。

2) 电网对二滩电压规定

二滩枯水期电网下发的 500 kV 电压曲线控制要求见表 7。

表 7 二滩 500 kV 典型电压曲线控制要求

时刻	22:16~08:15	08:16~11:45	11:46~14:30	14:31~22:15
电压要求/kV	524~532	525~534	524~533	525~534

① 22:16~08:15 时段,电压曲线 524~532 kV,一般根据四川电网逆调压的要求,在低谷负荷时段,电压尽量按电压曲线偏下限运行。此时若按电压下限 524 kV 左右控制系统电压运行,则需要 4 台机运行,当 500 kV 系统电压在 526 kV 以上运行时,根据日负荷曲线和机组低励限制曲线,运行 3 台机组即可满足上述要求。但根据日平均电压曲线可知,一般 01:00~05:30 时电压一般运行在下限。

② 11:46~14:30 时段,电压曲线 524~533 kV,此时段因为负荷属于平段负荷,根据电网逆调压的要求,平段负荷时系统电压尽量靠中间运行,因此在这一时段电压一般运行在 529 kV~530 kV 之间,根据日平均负荷曲线,此时段负荷 3 台机运行即可满足系统要求。

③ 08:16~11:45、14:31~22:15 时段,电压曲线 525~534 kV,此时段为日负荷的峰段,根据电网调压要求,电压一般尽量靠曲线上限运行,因此,这段期间电压曲线均运行在 531~533 kV 之间,但此时有功负荷也是一天中最大的,负荷一般在 1 600~2 000 MW,

因此需要首先满足机组最大出力要求,保证电网的频率要求,必须开 4 台机组运行。

同时,分析典型 10 日系统电压情况,电压基本运行在 524~530 kV,由于电站采用逆调压^[2-3]方式,因此在电压高于 530 kV 时,机组总有功高于 1 100 MW,结合电站枯水期电压曲线,可以分析出以下特性:

① 随着电压的升高,机组总无功越小,机组进相深度越浅。

② 相同电压下,机组总有功越大,机组进相深度越浅。

③ 维持电压在 524~525 kV 之间,机组总有功在 900~1 100 MW 之间时,机组总无功均在 -550~-450 Mvar 之间。524~525 kV 分别接近 22:16~08:15、11:46~14:30 时段的电压曲线下限,若该时段调度要求电压下限运行,则 3 台机运行时电压也可满足要求。

④ 电压为 525~526 kV 时,机组总有功在 1 000~1 500 MW 之间时,机组总无功均在 -500 Mvar 左右。525 kV 为 08:16~11:45、14:31~22:15 时段的电压曲线下限,要满足电压调整要求,则需要开 4 台机运行才可满足电压和有功的要求。

⑤ 电压运行在 530 kV 时,此时机组总无功约为 -450~-400 Mvar,要满足电压调整要求,则机组总有功在 1 000 MW 以上就可以。

3) 电网对二滩备用容量规定

因目前国家电网西南分部直接调控的电站只有二滩水电站,因此西南电网对备用容量采用了以下标准:① 负荷备用容量应不低于最大负荷的 2%;② 事故备用容量应不低于最大负荷的 5%,且不低于网内单一发电或输电设备故障损失时的最大功率;③ 负荷低谷时段应留有足够的旋转备用容量,且不低于最小负荷的 2%。选取 96 点日计划负荷中最大值,根据备用容量规定可得,二滩至少预留负荷为 $2000 \text{ MW} \times 0.05 = 100 \text{ MW}$ 。

4 电站机组运行方式优化

根据电网下发的日计划曲线和电压曲线,并根据西南电网备用容量要求,可得出经济的运行方式,即“3+4”台机组组合运行方式。在低谷负荷时段即 22:30~08:15 这个时间段内可申请调度保持 3 台机组运行,即可满足负荷曲线 900~1 300 MW 要求,同时也满足电压下限 524 kV 要求,系统旋转备用容量 $1 650 - 1 300 \text{ MW} = 350 \text{ MW} > 100 \text{ MW}$ 也可满足

(下转第 40 页)

涨洪水时,如果下游电站还保持较高水位发电,势必影响上游电站的泄洪,所以必须要联合调度,统一开闸泄洪,才能保证整个流域的防汛安全。通过水调自动化系统,政府防汛部门可及时掌握流域各级电站的库水位、流量情况,实现对各级电站的统一指挥,联合调度。如2015年永州市防汛抗旱指挥部就出台了一个流域联合调度方案,针对不同的洪水流量对各级电站的水位控制、提前开闸泄洪的时间等制定了明确规定,从而确保湘江流域2015年11月遇到的特大冬汛洪峰安全通过永州区域各梯级电站,保证了上、下游人民的生命财产安全。

(3)有利于同流域各梯级电站的水文信息共享

通过同流域各梯级水电站水调自动化系统的联网,可实现流域水情、发电信息共享,使各梯级电站及时掌握上、下游电站的机组运行方式和开闸泄洪情况以及水位、流量信息,从而及时调整本站的机组运行方式,调节好闸门,控制好水位,实现全流域各梯级电站的协同调度,互利共赢。

4 结语和建议

(1)水调自动化系统是一项涉及水文、通信、计算机及网络技术的系统工程,是水电站和电网水库调度

(上接第36页)

要求;在高峰时段即08:15~12:00、14:00~22:30,因负荷较高,必须开4台机组运行以满足系统负荷需要;在平段负荷时段12:00~14:00,尽管可以满足负荷曲线、电压曲线和备用容量要求,但由于时间较短,因此可以灵活控制;在来水偏枯的情况下可向调度申请3台机运行,但负荷涨起来就需要增开1台机组;在水位偏高时为了减少机组频繁开停机可保持4台机组运行。

二滩电厂机变系统为发电机-变压器单元接线^[9]。机组正常停机备用时,只断开发电机出口开关,主变和厂高变继续在网上运行。如果根据季节变化和机组并网台数的不同,停用主变和厂高变,则可减少主变和厂高变的空载损耗,同时可停运相应的辅助设备。这种运行方式在平、枯水季节开机台数较少时是可行的,即使有1台机组检修,每年在枯、平水月份的低谷时段内,也至少可以停运1个主变单元而不影响厂用电的可靠供电。

5 结论

本文通过枯水期电网负荷特性,以及电网下达

自动化的重要组成部分,主要进行与水库运行有关的监视、预报、调度和管理。潇湘水电站水调自动化系统投入运行两年多的实践证明,该系统在保证水电站的防洪安全和提高发电效益,保证电网安全经济运行等方面发挥了重要作用,为充分利用清洁能源,为国家节能减排、绿色发展做出了贡献。

(2)随着水调自动化系统在水电站的逐步推广应用,今后水调自动化系统将成为电网调度机构和政府气象、水文及防汛部门与水电站进行信息沟通的重要平台,是实行梯级电站流域防汛抗洪和发电生产联合调度的重要渠道,并将逐步推广短、中、长期水文预报和发电计划预报等高级应用。

参考文献:

- [1]丁杰,李晓斌,汤煜明,等.电网地调水调自动化系统[J].电力系统自动化,1999(17).
- [2]黄小锋,纪昌明,黄海涛,等.新形势下水库调度自动化系统建设[J].湖南电力,2010(01).
- [3]张金华,胡斌奇,吴明芽,等.湖南地区电网水调自动化系统建设及应用[J].电力系统自动化,2011(S1).
- [4]裴哲义.水电厂水情自动测报系统和电网水调自动化系统发展回顾与展望[J].水电自动化与大坝监测,2005(03).

的日负荷曲线和电压曲线要求,结合二滩机组运行特性,并根据电网日负荷情况对机组的有功、无功进行了可行性分析,同时对机组在枯水期经济性进行了分析。最终得出了3台机运行在枯水期和平水期运行的可行性,并得出了机组“4+3”组合的方式来满足电网频率和电压要求,保证电网的旋转备用容量以保证电网的安全运行。在将来可通过与电力调度部门的协调,在保证电网运行安全和稳定的前提下,采取“3+4”机组运行方式,既能保证在高峰负荷时电站有水可发电,又能保证电站的经济效益,达到节水保电的目的。

参考文献:

- [1]沈磊.试验标准耗水率及其在考核水电厂经济运行上的运用[J].水能技术经济,1996(1).
- [2]王燕玲.电力系统电压调整的主要措施[J].大同职业技术学院学报,2005(2).
- [3]王刚,侯飞,高志勇,等.浅析一大型水电站两台机运行的可行性和经济性[J].水电站机电技术,2014,2(1).
- [4]陈源林.水电厂运行维护节能探讨与实践[J].水电站机电技术,2009,2(2).