

神泉电站并网线路运行现状分析*

魏恩甲^{1a}, 何自立^{1a}, 魏宁^{1b}, 樊强^{1a}, 许景辉^{1a}

(1 西北农林科技大学 a 水利与建筑工程学院; b 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘要] 从电站输电线路建设投资、年电能损耗和电压损失等方面对神泉电站并网方案的运行现状进行了分析计算, 并指出了该电站并网方案运行方式存在的问题, 提出尽快实施合理的设计并网方案的必要性和可行性。

[关键词] 神泉电站; 并网方案; 电能损耗; 电压损失; 运行效益

[中图分类号] TV 742; TM 727. 1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)02-0133-04

在水电站设计及建设中, 并网线路电压等级和导体截面的确定是一个至关重要的问题, 其选择是否合理直接影响电站建设投资和建成后的运行效益。本研究对陇县电站并网线路的运行现状进行了分析, 指出了其存在的实际问题, 并提出了切实可行的设计并网方案, 以期为提高神泉电站的经济效益、发电效率提供依据。

1 神泉电站的基本情况

神泉电站位于陇县县城以西9 km处干河干流左岸的阶地上, 是段家峡水库梯级开发中的第三级电站。该电站在段家峡电站尾水渠出口的干河干流设闸引水, 经5.5 km长的动力渠道引至站址处。电站设计水头42 m, 设计引水流量7.42 m³/s, 装设两

台TSW 143/61-10型水轮发电机组。电站装机容量为2 500 kW, 设计年利用小时数为4 200, 年发电量为1 050万kW·h。

由于陇县地处山区, 各乡镇工农业负荷小, 主要电力负荷集中在城区3 km半径范围内。因此, 新规划的2×320 kW段家峡水库坝后电站, 已建成的装机容量为2×630 kW段家峡电站及装机容量为2×1 250 kW神泉电站发出的电能均需送至陇县城关供给电力用户。为了使电站有一定的运行灵活性和供电可靠性, 并降低电站的建设投资, 神泉电站电气主接线设计采用单母线接^[1,2]线型式, 选用SL 7-3150 kVA/38.5型主变压器1台, 采用LGJ-70型35 kV线路馈电至陇县城关变电站35 kV侧并网运行, 设计方案见图1。

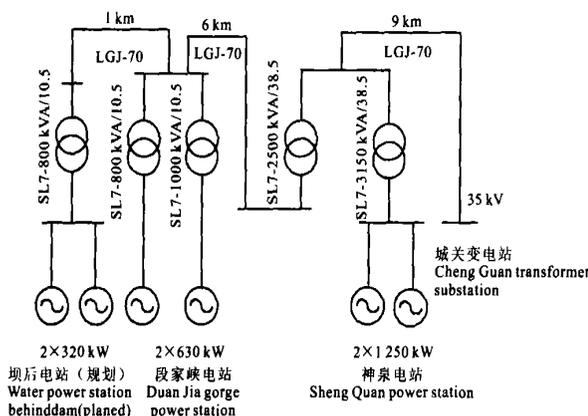


图1 设计并网方案

Fig 1 Connect-in plan designed

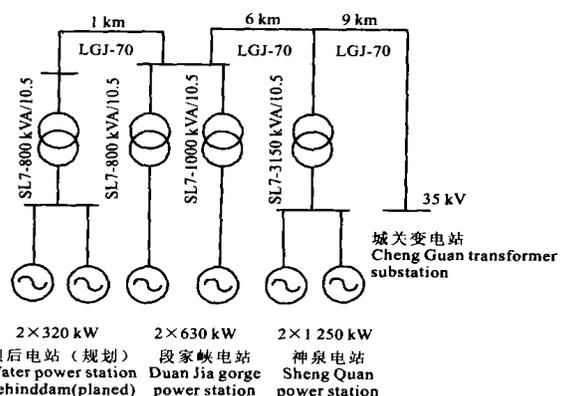


图2 现行并网方案

Fig 2 Connect-in plan adopted

但由于地方资金短缺, 神泉电站在建设过程中

将已到货的SL 7-3150 kVA/38.5型主变压器改为

* [收稿日期] 2004-03-16

[作者简介] 魏恩甲(1953-), 男, 陕西扶风人, 教授, 主要从事热能动力工程研究。

SL 7-3150 kVA/10 5 型, 未架设 35 kV 并网线路, 仅将神泉至城关一段 9 km 线路导线型号由原来的 LGJ-70 改造为 LGJ-120, 并采用就近挂灯笼的方式 T 接于段家峡至城关变电站的 10 kV 线路上, 现行并网方案见图 2。

2 运行工况分析

2.1 并网线路的投资费用分析

对已建成线路架设费用及各电站至陇县城关变电站并网线路架设地形条件的调查分析得出, 在当地架设 LGJ-70 导线的 10 kV 线路, 综合造价为 8.0 万元/km; 架设 LGJ-120 导线的 10 kV 线路, 综合造价为 9.5 万元/km; 架设 LGJ-70 导线的 35 kV 线路, 综合造价为 14.0 万元/km。在设计并网方案中, 神泉电站应增设 SL 7-2500 kVA/38.5 型变压器, 将坝后电站和段家峡电站的 10 kV 电压升至 35 kV, 与神泉电站 35 kV 线路并网, 其配电装置和变压器的综合造价约为 31 万元。按照上述价格计算出 2 种并网方案的投资费用分别为

现行并网方案:

$$A_1 = 8 \times (6 + 1) + 9.5 \times 9 = 141.5 \text{ (万元)},$$

设计并网方案:

$$A_2 = 8 \times (6 + 1) + 31 + 14 \times 9 = 213 \text{ (万元)}.$$

可见, 设计并网线路的投资费用 A_2 远大于现行并网方案线路的投资费用 A_1 。

2.2 并网线路年运行费用分析计算

2.2.1 并网线路年电能损耗费用 电站并网线路年电能损耗费用常按下式计算^[3]:

$$C_a = a \cdot \Delta A, \quad (1)$$

$$\Delta A = \Delta P \cdot \tau, \quad (2)$$

$$\Delta P = n \Delta P_0 P^2 L. \quad (3)$$

式中, C_a 为并网线路年电能损耗费用, a 为水电站上网电价, 按 0.3 元/(kW · h) 计; ΔA 为并网线路年电能损耗 (kW · h); n 为并网线路回路数; P 为每回路最大输送功率 (MW); L 为每回线路长度 (km); ΔP_0 为线路电力损失常数 (kW/(MW² · km)); τ 为最大功率损耗时间 (h)。

在现行并网方案和设计并网方案计算中, 负载功率因数均取 $\cos \varphi = 0.8$, 由年设计利用小时数 $T = 4200$ h 查得 $\tau = 2850$ h, 计算结果列入表 1。由表 1 可知, 现行并网方案的年电能损耗费为 76.42 万元, 大于设计方案的年电能损耗费 26.31 万元。

表 1 设计方案与现行并网方案技术经济分析比较

Table 1 Economic and technical analysis of the designed and current project

输电距离 Transmission distance	电压/kV Voltage		导线型号 Line model		功率 P/kW Power		电能 A/(MW · h) Electrical energy		$\frac{\Delta P_0}{\text{kW} \cdot \text{MW}^{-2} \cdot \text{km}^{-1}}$ Power loss constant	
	设计 Designed	现行 Current	设计 Designed	现行 Current	设计 Designed	现行 Current	设计 Designed	现行 Current	设计 Designed	现行 Current
坝后电站至段家峡电站(1 km) From station behind dam to Duanjia gorge power station(1 km)	10	10	LGJ-70	LGJ-70	640	640	2688	2688	7.20	7.20
段家峡电站至神泉电站(6 km) From Duanjia gorge to Shengquan power station(6 km)	10	10	LGJ-70	LGJ-70	1900	1900	7890	7890	7.20	7.20
神泉电站至城关变电站(9 km) From Shengquan to Chengguan transformer substation(9 km)	35	10	LGJ-70	LGJ-120	4400	4400	18480	18480	0.585	4.22

输电距离 Transmission distance	功率损耗 ΔP /kW Power loss		电能损耗 ΔA /(MW · h) Energy loss		Δu_0 (KV · MW ⁻¹ · km ⁻¹) Voltage loss ratio in line		电能损耗费用 C_a /万元 Expense of energy loss	
	设计 Designed	现行 Current	设计 Designed	现行 Current	设计 Designed	现行 Current	设计 Designed	现行 Current
坝后电站至段家峡电站(1 km) From station behind dam to Duanjia gorge power station(1 km)	2.94	2.94	8.38	8.38	0.072	0.072	0.25	0.25
段家峡电站至神泉电站(6 km) From Duanjia gorge to Shengquan power station(6 km)	155.9	155.9	578.1	444.5	0.072	0.072	17.34	13.3
神泉电站至城关变电站(9 km) From Shengquan to Chengguan transformer substation(9 km)	101.9	735.3	290.5	2095.6	0.021	0.051	8.72	62.87

2.2.2 并网线路年折旧及维护费 在工程设计中, 输电线路的折旧费一般按投资费用的 3% ~ 4% 计,

本文取 3.5%, 变压器折旧费按其投资费用的 6% 计^[4], 维护费用一般为折旧费的 20%。



现行并网方案的折旧费 C_{L1} 及维护费 C_{P1} 为

$$C_{L1} = 3.5\% \cdot A_1 = 3.5\% \times 141.5 = 4.9525(\text{万元}),$$

$$C_{P1} = 20\% \cdot C_{L1} = 20\% \times 4.9525 = 0.9905(\text{万元}).$$

设计并网方案的折旧费 C_{L2} 及维护费 C_{P2} 为

$$C_{L2} = 3.5\% \times (A_2 - 31) + 6\% \times 31 = 3.5\% \times (213 - 31) + 6\% \times 31 = 8.23(\text{万元}),$$

$$C_{P2} = 20\% \times C_{L2} = 20\% \times 8.23 = 1.646(\text{万元}).$$

现行并网方案的年运行费为

$$C_1 = C_{a1} + C_{L1} + C_{P1} = 76.42 + 4.9525 + 0.9905 = 82.363(\text{万元}).$$

设计并网方案的年运行费为

$$C_2 = C_{a2} + C_{L2} + C_{P2} = 26.31 + 8.23 + 1.646 = 36.186(\text{万元}).$$

2.3.2 两种方案的经济效益比较

由2.2分析计算可知, 现行并网方案的年运行费 C_1 远大于设计并网方案的年运行费 C_2 , 而设计方案的线路投资费用 A_2 远大于现行并网方案的线路投资费用 A_1 。为了确定较为合理的方案, 应对设计并网方案和现行并网方案进行综合分析。在水利水电工程建设中, 一般采用补偿年限法来进行评价, 对中小型水利水电工程, 我国现行的合理补偿年限 T_B 一般取6~7年, 计算方法为^[4]

$$T = \frac{A_2 - A_1}{C_1 - C_2} \quad (4)$$

将数值代入(4)式计算得

$$T = 1.55 \ll T_B.$$

可见设计并网方案在经济上远优于现行并网方案。

2.4 2种并网方案的电压损失分析

并网线路的电压损失一般用下式计算^[5,6]

$$\Delta V = \Delta u_{op} L, \quad (5)$$

$$\Delta v = \frac{\Delta V}{V_e} \times 100, \quad (6)$$

式中, ΔV 为电压损失(kV); ΔV_e 为线路额定电压(kV); Δv 为电压损失百分值; Δu_0 为架空线路电压损失系数(kV/(MW·km))。

对于水电站并网线路, 一般要求线路的电压损失 $\Delta v < 10$, 若 $\Delta v > 10$, 发电机按额定电压运行时, 电站无法将功率送入系统。在此情况下, 电站要向系统输送功率, 发电机必须抬高电压运行, 这种工作方式对发电机和其他电气设备的运行极为不利, 长期如此运行也是不允许的。由表2的计算结果可见, 现行并网方案在各级电站均满负荷运行时, 电压损失 $\Delta v = 20.6$, 远大于10。因此在丰水期, 按现行并网方案各级电站都将无法正常运行。

表2 2种并网方案输送功率与电压损失之间的关系

Table 2 Relationship between power transports and voltage loss of two projects

并网方案 Connect-in strategy	功率/MW							
	1.0		1.5		2.0		2.5	
	ΔV /kV	Δv						
现行方案 Plan adopted	0.197	0.560	0.296	0.296	0.394	1.130	0.493	1.410
设计方案 Plan designed	0.468	4.680	0.701	0.701	0.934	9.340	1.168	11.680
并网方案 Connect-in strategy	功率/MW							
	3.0		3.5		4.0		4.4	
	ΔV /kV	Δv						
现行方案 Plan adopted	0.591	1.690	1.400	14.00	0.788	2.25	1.868	18.68
设计方案 Plan designed	0.69	1.97	1.635	16.35	0.867	2.500	2.060	20.600

3 结论

从上述的分析计算可知, 陇县神泉电站的现行并网方案极不合理。由表2数据可知, 按现行并网方案运行, 各级电站仅能向系统送入2100kW的功

率, 使2300kW的装机容量因现行并网方案不合理而无法运行, 导致电站达不到设计效益, 在丰水年年少发电9.66GW·h, 直接经济损失达289.8万元。

另外, 按陕西省小水电建设控制指标1kW投

资7 000元计,相当于1 610万元的建设资金不能发挥效益,这是很不经济的。为了使已建电站能发挥应有的效益,建议电站上级主管部门针对现行并网方案存在的问题,积极筹集资金,架设神泉水电站至城

关变电站35 kV 并网线路,并在神泉电站增设SL 7-2 500 kVA /38.5型变压器,早日实现设计并网方案,使各电站能够经济合理的运行,发挥应有的经济效益。

[参考文献]

- [1] 水电站机电设备手册编写组 水电站机电设备手册[M]. 北京: 水利水电出版社, 1982
- [2] 翟世隆, 武丽丽 供电实用技术手册[M]. 北京: 水利水电出版社, 1998
- [3] 航空工业部第四规划设计院 工厂配电设计手册[M]. 北京: 水利水电出版社, 1987.
- [4] 季一峰 水电站电气部分[M]. 北京: 水利水电出版社, 1987.
- [5] 张成, 陈前明, 万继武 给排水设计手册(第8册)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1989.
- [6] 西北电力设计院 电力工程电气设计手册[M]. 北京: 水利水电出版社, 1989.

A nalysis of current connect-in transm ission system in Shenquan Hydroelectric Station

WEI En-jia^{1a}, HE Zi-li^{1a}, WEI Ning^{1b}, FAN Qiang^{1a}, XU Jing-hui^{1a}

(1a College of Water Resources and Architectural Engineering,

b College of Life Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: This article analyzed power transmission line's working state of Shenquan Hydroelectric Station concerning construction investment, annual electrical power loss and voltage decrease. Some practical problems of the connect-in strategy in this power station were pointed out and the necessity and feasibility of using the new plan were suggested.

Key words: water power station; connect-in strategy; annual electrical power loss; voltage decrease; profits analysis