

## 运行能耗减控方案研究

任 鹏

杭州汉邦电力工程设计有限公司, 浙江 杭州 311215

**[摘要]**变电站的运行能耗主要为电能和水能, 电能主要以电气设备的运行能耗和站用电的运行能耗为主, 水能主要以生活用水和消防用水为主。本论文主要研究了 110kV 变电站的运行能耗减控方案, 一是通过对变电站内的空调、风机、照明等设备进行优化和智能控制, 达到减少站用变用电负荷, 提高运行能效的目的。二是采用雨水(中水)回收利用系统以及新型节水器具等方式, 节约用水, 降低水资源能耗。三是采用储能无功技术以及节能型变压器等措施, 降低设备运行能耗。

**[关键词]**变电站能耗; 能耗减控方案; 设备能耗减控

DOI: 10.33142/hst.v5i1.5385

中图分类号: TM205

文献标识码: A

### Study on Control Scheme of Operation Energy Consumption

REN Peng

Hangzhou Hanbang Electric Project Design Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 311215, China

**Abstract:** The operation energy consumption of substation is mainly electric energy and water energy. The electric energy is mainly the operation energy consumption of electrical equipment and station power, and the water energy is mainly domestic water and fire water. This paper mainly studies the operation energy consumption reduction scheme of 110kV substation. Firstly, through the optimization and intelligent control of air conditioning, fan, lighting and other equipment in the substation, we can reduce the power load of station substation and improve the operation energy efficiency. Secondly, adopt rainwater (reclaimed water) recycling system and new water-saving appliances to save water and reduce water resource energy consumption. Thirdly, adopt energy storage reactive power technology and energy-saving transformers to reduce the energy consumption of equipment operation.

**Keywords:** substation energy consumption; energy consumption reduction and control scheme; equipment energy consumption reduction control

## 1 概述

### 1.1 变电站运行能耗

110kV 变电站常规一般是无人值班, 有人值守。变电站内的电气设备以及控制设备的运行, 均需要具备良好的温、湿度环境, 用来保证设备的运行稳定, 保障电力供应的持续输出<sup>[1]</sup>。

变电站的运行能耗主要分为两类, 一类是维持电气设备运行环境所需的运行设备产生的能耗, 一类是维持变电站运维操作所需的照明设备。

#### 1.1.1 运行设备能耗

为保障变电站二次设备室、10kV 开关室、110kV GIS 室等电气设备的控制回路在恒温情况下稳定运行, 在室内一般都会安装空调、风机、除湿器等相关的降温和通风设备, 用于控制室内温度和室内湿度, 保持空气的畅通。基于变电站运行规程对于室内环境条件的要求, 这些设备基本都是需要长期运行。变电站能耗设备的不间断运行, 不仅产生大量的电能损耗, 增加变电站的运行成本, 同时也给环境带来较大的破坏, 能耗设备在运行的过程中排放出大量的废气, 造成环境污染, 不利于节能减排。

现有变电站运维工作过程中, 由于采用的是无人值班

的管理方式, 运行维护人员一般不在变电站现场, 变电站内的空调、除湿器等制冷和除湿设备处于长期运行的状态, 而这些电器设备又无法自动调节温度和湿度, 会造成现场实际温度过低, 浪费大量的电能。

#### 1.1.2 照明设备能耗

现有变电站照明根据设计要求, 需要配置应急照明, 事故照明, 正常照明, 照明灯具按照《照明设计标准规范》要求配置, 照明灯具配置较多, 照明的开关一般采用常规的开关控制, 运行人员在巡检的过程中, 会习惯把开关全部打开, 同时在离开的时候, 也会有忘记关掉开关的情况发生, 造成照明设备长期运行, 降低照明设备的寿命, 同时也造成电能资源的浪费。

### 1.2 变电站水能耗

变电站用水主要为站内生活用水以及检修施工用水, 用水量不多。

生活用水为站内值守人员用水, 用水量与值守人员数量成正比, 现在浙江省的 110kV 变电站基本配置 1 名值守人员, 不配置值班人员。

检修施工用水为运行或者施工人员用水, 用水量较大。

### 1.3 变电站电气设备能耗

#### 1.3.1 变压器损耗

变压器损耗主要分为两种,其中一是变压器铁芯损耗,二是变压器的铜损。变压器铁损是铁芯的磁滞损耗和涡流损耗,变压器不管在空载还是带负荷运行情况下都会有铁芯损耗;变压器铜损与变压器的电阻和通过电流有关<sup>[2]</sup>。

变压器能耗理论计算方法参照《电力系统设计手册》,计算公式如下:

$$\Delta A = \Delta P_{OT} + \Delta PC(S/Se)^2 \tau$$

式中:  $\Delta P_{OT}$ —变压器空载损耗 (kW)

T—变压器运行时间 (h)

$\Delta PC$ —变压器负载损耗 (kW)

s—变压器运行容量 (M VA)

Se—变压器额定容量 (M VA)

$\tau$ —最大负荷损耗小时数 (h)

在运行过程中,过载,长时间满载运行以及在高温环境下运行都会造成变压器的损耗增加。

#### 1.3.2 电容器及电抗器损耗

电抗器和电容器的损耗均为固定损耗。

电抗器能耗理论计算方法如下:

$$\Delta A = \Delta P_{OT}$$

式中:  $\Delta P_{OT}$ —电抗器额定电压下的功率损耗 (kW)

T—电抗器运行时间 (h)

电容器能耗理论计算方法如下:

$$\Delta A = 0.003Q_c T$$

式中:  $\Delta Q_c$ —电容器容量 (kW)

T—电容器运行时间 (h)

#### 1.3.3 站用电损耗

站用电为变电站平时正常运行提供电源,站内的照明,消防以及设备运行等均需要站用电提供,一般变电站设置2台站用电,分列运行。站用电容量根据站内的正常运行负荷加上消防负荷计算所得,常规变电站的站用电一般设置都比较宽裕,造成过多的能耗浪费。

### 1.4 本论文主要研究内容

本论文主要研究通过对运行设备的优化,采用节能电气设备,推行智慧化照明以及光伏能源的有效利用、节约水资源等方式,达到运行能耗减控的目的。

## 2 变电站运行能耗减控方案

### 2.1 采用直流变频空调

现在变电站采用的基本都是交流变频空调,交流变频空调的院里就是把交流转直流,并把它送到大功率模块;同时大功率模块通过信号的控制,输出频率可调的交变电源,使的压缩机的转速随频率的变化对应的也发生相应的变化,通过以上方式可以控制压缩机的排量,调节制冷量或制热量,在转换过程中产生大量的电能损耗。

110kV 变电站可结合屋顶光伏,利用屋顶光伏的直流

接入,直接采用直流变频空调,与交流变频空调相比较,直流变频空调少了一个线圈,耗电量更小,同时可采用无刷直流电动机技术,不需要外部供给电流,减少了能耗。

直流变频空调与交流变频空调相比较更省电,且无需通过直流变交流的转换,也减少了过程损耗,因此直流变频空调在变电站运行中可节省 15%以上的电量<sup>[3]</sup>。

### 2.2 采用分体空调智慧管理系统

常规 110kV 变电站属于无人值守变电站,空调的运行状态基本是全年无休,耗电量在变电站中占有很大的比例,通过增加分体空调智慧管理模块,可实现远方实时监控,远方实时控制等操作,并且可对全年空调运行状态进行分析,根据运行习惯对空调进行智慧控制。

通过采用分体空调智慧管理系统后,电能消耗比采用传统模式的要减少很多,可节省 28%以上的电量。

### 2.3 采用室内智慧照明设计

现有变电站照明根据设计要求,需要配置应急照明,事故照明,正常照明,照明灯具按照《照明设计标准规范》要求配置,照明灯具配置较多,照明的开关一般采用常规的开关控制,运行人员在巡检的过程中,会习惯把开关全部打开,同时在离开的时候,也会有忘记关掉开关的情况发生,造成照明设备长期运行,降低照明设备的寿命,同时也造成电能资源的浪费。所以传统的照明开关方式已经不符合当今低碳的要求。

在进行建筑照明节能智慧系统设计的时候,主要是以照明的节能化、智慧化、舒适化为目的,对建筑照明设备的运行进行及时的监控和跟踪,通过远方的集中控制与现场的区域调控相互结合为主,可以在集控中心进行 24 小时全天候的监管。如图 1 所示:

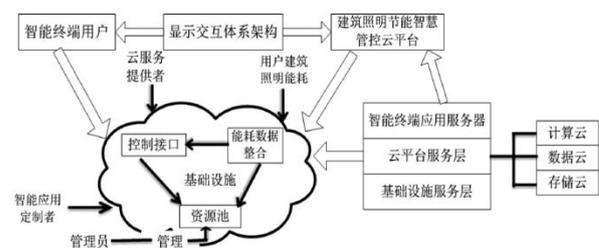


图 1 基于云计算的建筑照明节能智慧管控平台模型图

通过智慧管理系统,可解决变电站照明能耗高,能源利用率低,控制单一等问题,利用云计算技术,实现了变电站照明的节能化、智慧化和舒适化,可有效的对照明进行节能管控,降低运行能耗达 15%。

### 2.4 室外采用可调节式光储一体化投光灯

根据变电站的实际运行情况,建议户外照明采用可追光式太阳能光伏户外投光灯,包括投光灯、太阳能电池板、太阳能充放电控制单元、蓄电池。太阳能电池板的输出端与太阳能充放电控制单元的充电输入端和充放电控制端

连接,太阳能充放电控制单元的充电输出端与蓄电池的充电输入端连接,蓄电池的放电输出端与太阳能充放电控制单元的放电输入端连接,太阳能充放电控制单元的放电输出端与投光灯的电源连接。如图2所示:

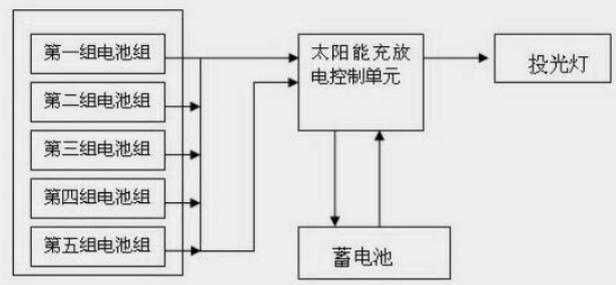


图2 光储一体化投光灯示意图

太阳能光伏户外投光灯设有支架,支架与安装平台旋转连接,并设有带动支架转动的定向驱动电机,定向驱动电机的控制电路上设有时钟模块以及用于形成控制信号的控制模块,根据预设的程序间隙地控制驱动电机转动,使电池板基板转动到设定的方向或设定的角度,使太阳能电池板的朝向一直对着光照方向,以此提高了太阳能电池板接收到的光照强度,提高了太阳能电池板的发电量,延长了一天内的有效发电时间。

通过采用户外可调节式光储一体化投光灯,可节省户外照明线缆敷设,减少站用电容量2kVA左右。

### 3 变电站电气设备能耗减控

#### 3.1 采用节能型变压器

选用全寿命周期内维护量小、耗能低、占地少、环境友好的电气设备,满足《电力变压器能效限值及能效等级》(GB20052)2级及以上能效等级要求,降低变压器空载损耗和负载损耗。

#### 3.2 采用储能技术,优化无功补偿装置

储能模组的成套PCS换流器基于模块化级联多电平技术,每相换流器由多个PCS单元组成,每个PCS单元采用IGBT组成H桥结构,将储能电池输出的直流电压逆变为交流电压,多个PCS单元通过载波移相调制算法等控制策略将输出的交流电压叠加形成并网电压。通过应用层控制策略适当调节换流器输出交流电压的相位和幅值,直挂式储能可实现四象限运行,在保证储能电池充放电的同时,与电网进行无功交换。

#### 3.3 站用电容量优化

城北110kV变电站屋顶考虑采用BIPV光伏建筑一体化组件,光伏发电、蓄电池、直流负载等通过DC/DC转换直接并接于直流母线,光伏发电为主供、蓄电池为备供,空调采用直流变频空调,无需站用电提供用电,减少站用电容量20kVA。

通过对室外照明灯具的优化,减少室外照明负荷2kVA。

表1 所用负荷统计表

序号	负荷名称	单位容量 (kW)	台数		容量 (kW)	
			安装	运行	安装	运行
一、动力负荷						
1	直流负荷	22	-	-	22	22
2	在线滤油装置	1	1	1	1	1
3	暖通				70	70
4	消防给排水				43.7	43.7
动力=(22+1+95.8+43.7)0.85=116.2kVA						
二、照明负荷						
序号	负荷名称	面积 (m <sup>2</sup> )	单位面积照明容量 (W/m <sup>2</sup> )	负荷 (W)		
1	二次设备室	81	50	4050		
2	110kV GIS室	120	20	2400		
3	主变压器区域	360	20	7200		
4	10kV 配电装置室	324	20	6480		
5	10kV 电容器室	114	20	2280		
6	辅助用房	36	20	720		
照明负荷ΣP2=23.13kVA						
三、电热负荷						
序号	负荷名称	单位容量 (kW)	台数		容量 (kW)	
			安装	运行	安装	运行
1	110kV 断路器加热	0.09	3	3	0.27	0.27
2	10kV 开关柜加热	0.08	35	35	2.8	2.8
电热负荷ΣP3=3.07kVA						

$$S_{js}=0.85P_1+P_2+P_3=116.2+34.834+3.07=154.104kVA$$

$$S_{eb}=K \times S_{js}/K_t \times K_f=1.1 \times 154.104/0.95 \times 1.04=185.57kVA$$

式中:

$S_{js}$  为所用电计算负荷

$S_{eb}$  为所用电计算额定容量

$K_t$  温度系数,取0.95

$K_f$  允许过负荷系数,取1.04

$K$  裕度系数,取1.1

由上计算可知,选用的所用变容量为200kVA即可满足要求。

### 4 结论

本论文主要研究了110kV变电站的运行能耗减控方案,在对变电站运行模式和运行习惯的基础上,提出了一种合理且可实施的减控方案。通过以上运行能耗的减控,可达到以下目的:

- (1)采用直流变频空调,减少空调运行能耗 18%~20%。
- (2)采用分体空调智慧管理系统,减少空调运行能耗 30%。
- (3)采用室内智慧照明设计,减少照明运行能耗 15%。
- (4)采用可调节式室外光储一体化投光灯设计,节省户外照明线缆敷设,减少站用电容量 2kVA 左右。
- (5)采用节能变压器,优化无功补偿装置,站用电容量的优化三方面对电气设备能耗进行减控,达到低碳减排的目的。

#### [参考文献]

- [1]王先佐,张科屹,张宏宇,等. 变电站运行能耗监管实践研究[J]. 变压器,2017(5):4.
  - [2]胡浩. 高寒地区 110kV 变电站能耗计算[J]. 电子世界,2017(7):2.
  - [3]周宏坤,俞诚民. 浅谈直流变频空调器的工作原理[J]. 电机电器技术,2000(1):25-28.
- 作者简介:任鹏(1980.10-)男,总工程师,毕业学校:哈尔滨理工大学,研究方向:电气工程及其自动化。