

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2015.03.011

基于负荷层级设计的电力调控中心供电可靠性研究

丛宝丰, 李光泰

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: 常规电力调控中心负荷层级简单, 运行可靠性差, 而基于负荷层级设计的电力调控中心将负荷详细分级, 分级供电, 优化电能分配方案, 提高了电力调控中心的供电可靠性。详细介绍了电力调控中心的负荷层级设计方案以及各级负荷发生故障的原因, 并用因子分析法衡量了各级负荷的可靠性水平。

关键词: 负荷层级; 可靠性; 因子; 电力调控中心

中图分类号: TM732

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2015)03-0057-05

Research on Power Reliability in Power Dispatch and Control Center Based on Load Hierarchy

CONG Baofeng, LI Guangtai

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: The load hierarchy in normal power dispatch and control center design is simple, so the power operate in low reliability. The power dispatch and control center design based on load hierarchy classify the load in details, which will optimize the power distribution and improve the power supply reliability in dispatch and control center. This paper introduces the design of dispatch and control center power supply based on load hierarchy, and faults in each type of load, then calculates the reliability level of each type of load with weighting method.

Key Words: load hierarchy; reliability; factor; power dispatch and control center

电力调控中心在电网运行中决定着电网运行方式、发电厂的接入、电力调峰、调频等, 对电力系统的运行进行实时监控与指挥, 并在电网故障时准确、快速进行响应, 确保电网系统安全, 是电网运行的“大脑”。而电力调控中心的供电可靠性则直接决定了电力调控中心是否能安全可靠工作, 调度命令是否能确保及时准确传达, 所以电力调控中心的供电对电网的安全至关重要, 提高电力调控中心的供电可靠性对确保电网安全稳定有着重要的影响。

目前绝大部分电力调控中心采用了传统设计, 即一般调度专业用房的负荷分为设备负荷、动力市电负荷和应急电源负荷。设备负荷通过接入不间断电源(UPS)供电。动力市电负荷由动力市电供电,

这种设计存在三种运行风险: (1) 应急电源冗余风险; (2) UPS 的可靠性风险; (3) 供电配电柜单瓶颈风险^[1]。传统的设计方案已经考虑了负荷分级方案, 但负荷层级简单, 由于电力调控中心的重要性与特殊性, 细化负荷分级, 区别负荷的重要程度对于整体提高电力调控中心供电可靠性有着重要的作用。

1 电力调控中心负荷层级划分

1.1 电力调控中心负荷介绍

电力调控中心分为五级: 国家调度机构, 跨省、自治区、直辖市调度机构, 省、自治区、直辖市级调度机构, 省辖市级调度机构, 县级调度机构^[2]。由于业务与级别的不同, 电力调控中心的规模与形式都存在一定的不同, 这里仅介绍各级电力调控中心共性负荷部分, 按用房分为如下 4 个部分。

收稿日期: 2015-04-23

作者简介: 丛宝丰(1987), 男, 辽宁鞍山人, 工程师, 硕士, 主要从事机房等基础环境配套工作 (e-mail) caji@126.com。

1) 调度大厅类负荷

调度大厅的负荷包括正常照明、备用照明、应急疏散照明、新风机、普通空调、精密空调、插座、应急插座、调度台工作站、大屏幕显示设备、消防设备等设备。

2) 专业用房负荷

调控专业用房包含早汇报室、DTS室、系统运行室、电网安全分析室、继电保护监控室等专业用房。

专业用房的负荷包含正常照明、备用照明、新风机、普通空调、精密空调、插座、应急插座、会议系统、大屏幕显示设备、消防设备等设备。

3) 配套机房负荷

配套机房包含通信机房与自动化等机房。

配套机房负荷包含机柜设备供电、正常照明、备用照明、应急疏散照明、新风机、精密空调、插座、应急插座、冷通道开关设备、冷通道照明、消防设备等设备。

4) 辅助用房负荷

辅助用房包含休息室、资料室、备用间等房间。

辅助用房负荷包含照明、新风、普通空调、插座等设备。

1.2 电力调控中心负荷层级

目前的负荷分级主要依据国标《供配电设计规范》(GB 50052—2009), 将负荷分为一级负荷中特别重要负荷、一级负荷、二级负荷、三级负荷^[3]。电力调控中心负荷类型涵盖了一级负荷到三级负荷, 供电标准逐级降低, 对于电力调控中心此类对可靠性要求极高的用户, 一级负荷比重较大, 供电要求也较高, 大量高可靠性供电负荷的设定势必导致投资成本增加, 不利于工程总体造价的控制。实

际上, 调度控制中心各级负荷特别是一级负荷的划分还存在优化空间, 细化负荷层级, 可进一步提高电能利用效率, 实现可靠性和经济性的协调统一。电力调控中心的负荷层级见表1所示:

2 基于负荷层级的供电方案设计

2.1 中压外电接入方案设计

供电部门依据客户性质和用电容量制定供电方案, 电力调控中心属于重要用电客户, 一般要求“两回路及以上”外电供电, 并且两回电源来自不同的变电站^[4-8]。图1为“两供一备”方案, 两路主供来自不同变电站, 一路备供可以在任一主供断电下承接负荷, 是典型的外电接入设计方案。

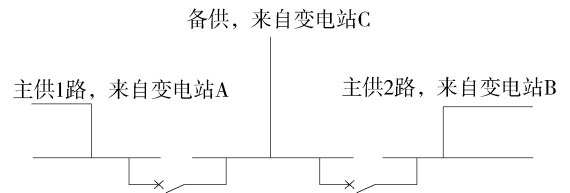


图1 中压接入方案

Fig. 1 Medium Voltage Access Scheme

2.2 低压负荷分级设计方案

2.2.1 IA级负荷设计方案

根据国标内容, UPS与柴油发电机同属应急电源, 但实际运行中柴油发电机接入会造成短时停电, 而UPS则不会, 所以IA层供电方案UPS电源保证供电不间断, 而柴油发电机则保证负荷可以长期运转。

IA级与IB级负荷区别在于IA级负荷在供电的任何环节均采用两路以上供电, 避免了IB级两台UPS单机均损坏时造成的停电。对于单电源输入设备则需提供STS(静态转换开关)供电示意图如图2所示。

表1 电力调控中心负荷分级表

Table 1 Control Center Load Classification Table

国标层级	国标要求	调度供电层级	调度负荷要求	负荷
一级负荷中特别重要负荷	双路电源 + 应急电源	IA	双路市电 + 柴油发电机 + 并机UPS + 双母线供电	调度大厅大屏幕、调控台工作站、配套机房核心机柜
		IB	双路市电 + 柴油发电机 + UPS	配套机房非核心机柜、备用照明、应急插座、冷通道开关
		IC	单机 + 双母线供电 双路市电 + 柴油发电机	精密空调、新风机、冷通道照明
一级负荷	双路电源	ID	双路中压电源接入	消防负荷、大厅类照明、插座
二级负荷	宜用双回线路	II	双回线路	辅助用房负荷
三级负荷	按约定	III	单回路	其余负荷

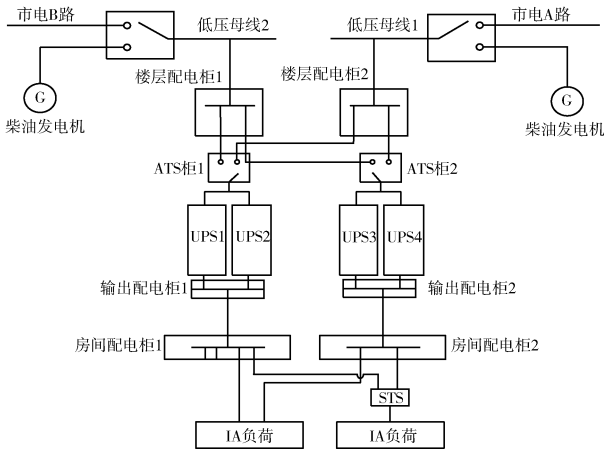


图2 IA级负荷设计方案

Fig. 2 IA Load Design

2.2.2 IB级负荷设计方案

IB级负荷设计方案如图3所示:

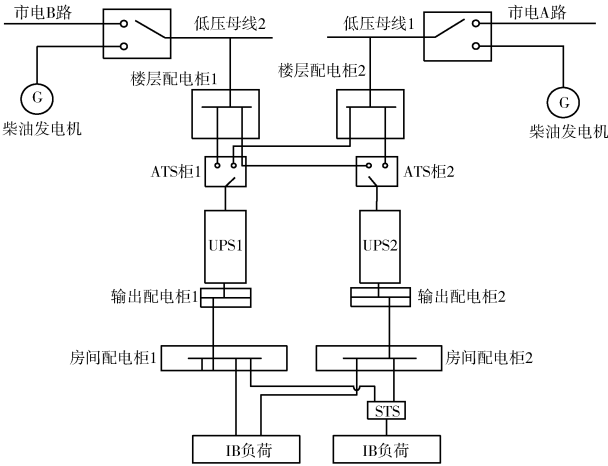


图3 IB级负荷设计方案

Fig. 3 IB Load Design

2.2.3 IC级负荷设计方案

IC级负荷与IA、IB级负荷的区别在于缺少了UPS环节, 主要供给的负荷特性为对供电可靠性要求较高, 但对短时停电不敏感的负荷。设计方案如图4所示:

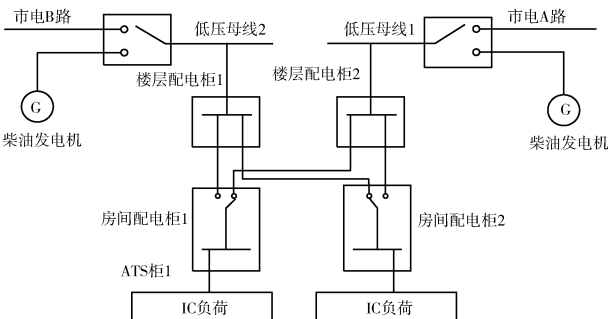


图4 IC级负荷设计方案

Fig. 4 IC Load Design

2.2.4 ID级负荷设计方案

ID级负荷为传统设计中的一级负荷, 无需应急电源接入, 供电方案如图5所示:

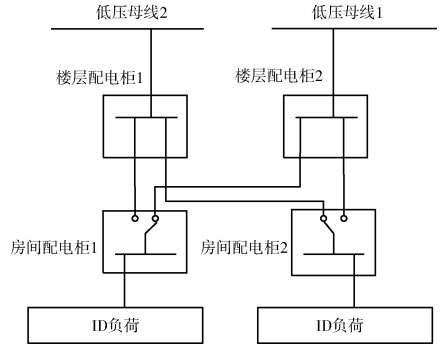


图5 ID级负荷设计方案

Fig. 5 IA Load Design

2.2.5 II级负荷设计方案

II级负荷对应国标二级负荷采用双回路供电, 与ID级负荷区别为双回路电源点来自同一中压电源, 供电方案见图6所示:

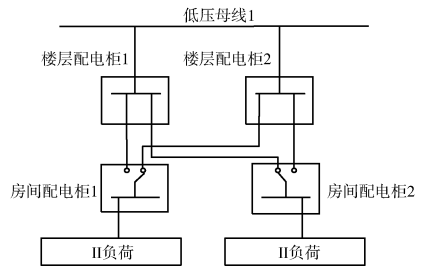


图6 II级负荷设计方案

Fig. 6 II Load Design

2.2.6 III级负荷设计方案

III级负荷设计为单回路供电, 供电方案见图7所示:

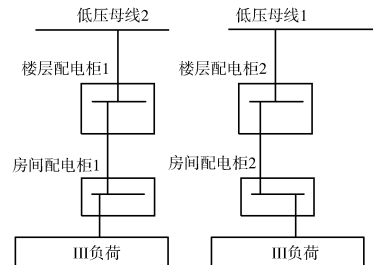


图7 III级负荷设计方案

Fig. 7 III Load Design

3 基于负荷层级的供电方案可靠性研究

3.1 常见故障分析

影响电力调控中心供电可靠性主要分为中压供

电与低压供电两个层面。中压层面主要由供电公司负责,故障包含上级电源故障、施工影响、恶劣天气、线路检修、计划停电等。

低压故障又分为供电路由(线路)故障与设备故障。供电路由故障主要包含短路、断路、过载。设备故障包含变压器故障、ATS转换失败、UPS静态旁路开关切换失败、应急柴油发电机启动失败等。

3.2 可靠性分析

中压故障率选取所在城市的供电可靠性与MT-BF(平均无故障停电时间),中压进线停电因子选取 $A_1 = 1 - 99.95\% = 0.05\%$ [9-10]。

低压系统常见故障停电因子如表2所示 [11-13]。

3.2.1 IA级负荷可靠性分析

由于IA级负荷层级复杂,将可靠性分析分解为图8所示:

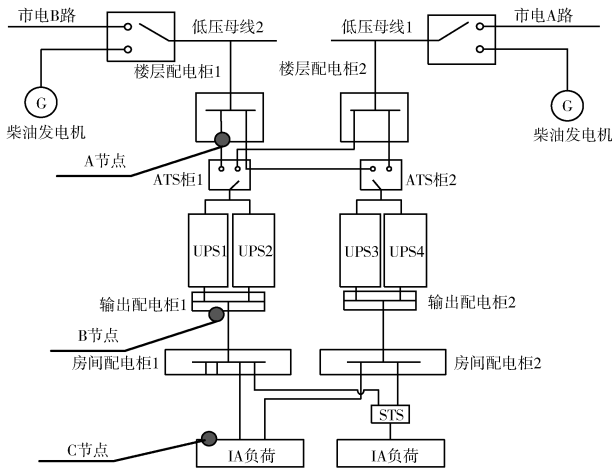


图8 IA级负荷可靠性分解

Fig. 8 Decomposition of IA Load Reliability

A节点停电影响因子:

$$IA_A = 1 - \{1 - [1 - (1 - A_1)(1 - B_1)(1 - B_3)]B_2\} \times (1 - B_4)(1 - B_6) = 0.018\% \quad (1)$$

B节点停电影响因子:

$$IA_B = 1 - (1 - IA_A^2 \times B_7^2)(1 - B_4) = 5E - 05 \quad (2)$$

C节点停电影响因子:

$$IA_C = [1 - (1 - IA_B)(1 - B_5)(1 - B_4)]^2 = 1.21E - 08 \quad (3)$$

IA级负荷停电时间: $T_{IA} = IA_C \times \text{全年时间} = 0.38\text{s}$ 。

3.2.2 IB级负荷可靠性分析

IB级负荷与IA级负荷差别在于并机的UPS,所以仅有B节点的停电影响因子有变化,其余节点同IA级负荷:

A节点停电影响因子:

$$IB_A = 1 - \{1 - [1 - (1 - A_1)(1 - B_1)(1 - B_3)]B_2\} \times (1 - B_4)(1 - B_6) = 0.018\% \quad (4)$$

B节点停电影响因子:

$$IB_B = 1 - (1 - IB_A^2 \times B_7^2)(1 - B_4) = 5E - 05 \quad (5)$$

C节点停电影响因子:

$$IB_C = [1 - (1 - IB_B)(1 - B_5)(1 - B_4)]^2 = 1.21E - 08 \quad (6)$$

IB级负荷停电时间:

$$T_{IB} = IB_C \times \text{全年时间} = 0.38\text{s} \quad (7)$$

3.2.3 IC级负荷可靠性分析

A节点停电影响因子:

$$IC_A = 1 - \{1 - [1 - (1 - A_1)(1 - B_1)(1 - B_3)]B_2\} \times (1 - B_6)(1 - B_4) = 0.018\% \quad (8)$$

表2 常见故障影响因子表

Table 2 The Impact Factors of Common Fault

停电因子代号	名称	影响因子	故障原因
B_1	变压器故障	0.002%	匝间短路、相间短路、绕组接地、绕组绝缘受潮、铁芯多点接地、套管故障、油温过高、人为故障等。
B_2	柴油发电机故障	0.03%	启动继电器损坏、蓄电池损坏(电量过低)、启动电机传动齿轮与柴油机飞轮齿圈不能啮合、控制电线松动、环境温度过低、启动马达接线不牢固、柴油中含杂质、柴油储备不足
B_3	高压开关柜故障	0.002%	绝缘子与母排污闪、继电器等二次回路故障、小动物造成的相间短路、人为误操作等
B_4	低压开关柜(箱)故障	0.005%	绝缘子与母排污闪、继电器等二次回路故障、小动物造成的相间短路、人为误操作、ATS开关切换失败等
B_5	电缆故障	0.001%	绝缘老化、相间短路、火灾、人为误操作造成的短路;施工影响
B_6	密集母线故障	0.013%	接头短路、喷水短路、连接段不牢靠
B_7	UPS故障	0.5%	蓄电池电量低导致UPS逆变失败、蓄电池检测回路故障、静态旁路开关故障、整流器故障、逆变器故障等

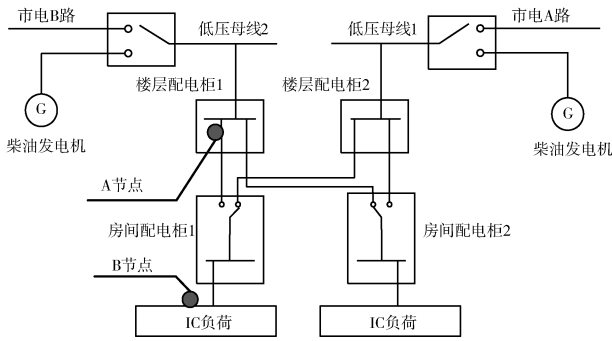


图9 IC级负荷可靠性分解

Fig. 9 Decomposition of IC Load Reliability

B节点停电影响因素:

$$IC_B = 1 - (1 - IC_A^2)(1 - B_4)(1 - B_5) = 6E-05 \quad (9)$$

IC级负荷停电时间: $T_{IC} = I_{CC} \times \text{全年时间} = 0.52 \text{ h}$ 。

3.2.4 ID级负荷可靠性分析:

负荷停电影响因素:

$$ID = 1 - \{1 - [1 - (1 - A_1)(1 - B_1)(1 - B_3)(1 - B_6) \times (1 - B_4)]^2\} \times (1 - B_4) \times (1 - B_5) = 6.052E-05 \quad (10)$$

ID级负荷停电时间:

$$T_{ID} = ID \times \text{全年时间} = 0.53 \text{ h}$$

3.2.5 II级负荷可靠性分析

负荷停电影响因素:

$$II = 1 - (1 - A_1)(1 - B_1)(1 - B_3) \times \{1 - [1 - (1 - B_6)(1 - B_4)(1 - B_5)]^2\} \times (1 - B_4) = 0.059\% \quad (11)$$

II级负荷停电时间: $T_{II} = I_I \times \text{全年时间} = 5 \text{ h}$ 。

6) III级负荷可靠性分析

负荷停电影响因素:

$$III = 1 - (1 - A_1)(1 - B_1)(1 - B_3)(1 - B_6)(1 - B_4)^2 (1 - B_5) = 0.00078 \quad (12)$$

III级负荷停电时间: $T_{III} = I_I \times \text{全年时间} = 6.8 \text{ h}$ 。

4 结论

本文详细介绍了电力调控中心负荷分级设计思路, 并根据停电影响因素方法分析了各级负荷的供电可靠性水平, 其中IA与IB级负荷可靠性结果差异不大。IA、IB级负荷失电需要动力进线与UPS同时失电, 因此并机的影响因素在其余影响因素作用下影响有限, IA与IB级负荷的可靠性灵敏度因

子取决于UPS影响因子, IA级负荷相比IB级负荷, 运维管理更为简单, 且人为误操作风险更小。IC与ID级负荷的可靠性灵敏度因子取决于中压影响因素, II级负荷与III级负荷的可靠性灵敏度因子取决于低压母线故障因子。

参考文献:

- [1] 周鹏, 李光泰. 电网调度专业用房基于负荷分级的配电系统设计[J]. 供用电, 2012, 29(5): 35-36.
ZHOU Peng, LI Guangtai. Design on Distribution System for Load Classification of Professional Computer Room in Power Grid Dispatching [J]. Power supply, 2012, 29(5): 35-36.
- [2] 中华人民共和国国务院. 电网调度管理条例[L]. 1993-06-29.
State Council of the People's Republic of China. Regulations of Power Grid Dispatching Management [L]. 1993-06-29.
- [3] GB 50052—2009, 供配电设计规范[S].
GB 50052—2009, Design Standard for Power Supply and Distribution [S].
- [4] 天河供电局. “十二五”配电网规划细化报告[R]. 2012: 84-85.
- [5] 南方电网有限责任公司. “十二五”110千伏及以下配电网规划编制技术规定(暂行)[R]. 2012: 24-25.
- [6] 深圳供电局. 深圳电网规划设计技术原则[R]. 2011: 44-45.
Shenzhen Power Supply Bureau. The Design Principle of Shenzhen Power Grid [R]. 2011: 44-45.
- [7] 国家电网有限责任公司. 城市电力网规划设计导则[R]. 2012: 37-38.
- [8] GB/T 50980—2014, 电力调度通信中心工程设计规范[S].
GB/T 50980—2014, Code for Design of Electric Power Dispatching and Communication Center Project [S].
- [9] 广州供电局. 供电可靠性分析报告[R]. 2013: 12-14.
- [10] 深圳供电局. 深圳电网“十一五”供电可靠性规划[R]. 2012: 35-36.
- [11] 岳地松. 浅谈配电变压器故障的原因及防范措施[J]. 变压器, 2008, 45(12): 64-67.
YUE Disong. Brief Discussion on Fault Reason of Distribution Transformer and Protective Measure [J]. Transformer, 2008, 45(12): 64-67.
- [12] 王利会. 柴油发电机的故障检修与维护保养[J]. 工业设计, 2009, 25(12): 100-101.
WANG Lihui. The Troubleshooting and Maintenance of Diesel Generator [J]. Industrial Design, 2009, 25(12): 100-101.
- [13] 郭永宏. 小功率UPS常见故障及维修[J]. 科技论坛, 2012, 25(12): 85-90.
GUO Yonghong. Small Power UPS Common Faults and Maintenance [J]. Science and Technology, 2012, 25(12): 85-90.