

兖州矿区不间断电源及应急电源的研究

Research of Yanzhou Mining Area of Uninterrupted Power Supply and Emergency Power Supply

李剑峰

兖矿集团设计研究院 (山东, 273500)

Li Jianfeng

Yankuang Group Design and Research Institute (Shandong, 273500, China)

摘要: 本文研究煤矿各类不间断电源系统 (UPS) 和应急电源系统 (EPS) 运行中的问题, 改进原有的运行维护设施及工艺, 有效延长煤矿各类不间断电源系统和应急电源系统的使用寿命。

关键词: 煤矿 不间断电源 应急电源

Abstract: The paper research on coal mine uninterruptible power system (UPS) and emergency power supply (EPS) systems in the operation of the problem, the improvement of existing operation and maintenance facilities and technology, effectively extending uninterrupted power supply system of coal mine (UPS) and emergency power supply (EPS) system service life.

Key words: Coal mine, Uninterrupted power supply, Emergency power supply

中图分类号: TD61 文献标识码: A 文章编号: 1561-0349 (2015) 01-0054-06

1 前言

近几年来, 兖州矿业 (集团) 有限责任公司针对煤矿各类不间断电源系统 (UPS) 和应急电源系统 (EPS) 运行中存在的问题开展研究, 并且在此基础上对原有的运行维护设施及工艺进行改进, 有效地延长了矿山所用各类 UPS 和 EPS 系统的使用寿命, 有力地保证了矿井生产的安全。

2 正确选择、合理配置网络 UPS

局域网系统的供配电形式——不间断电源系统 (UPS), 是 1 种集电力技术、控制技术和信号检测及通讯技术于一身的高科技电源系统, 广泛应用于局域网内对数据处理、数据传输等有高可靠性要求的众多场合。兖州矿业 (集团) 公司计算中心, 对局域网系统正确选择和合理配置 UPS 开展研究, 保障局域网的正常运行。

在局域网系统中, 选配 UPS 的目的主要体现在提供设备后备电源, 防止突然断电, 造成数据丢失、网络中断等故障; 消除市电网引起的电压过高或过低、电源电涌等现象, 改善电源供应质量; 抑制电网中其他大功率用电设备产生的电

磁、高频信号等杂波干扰。

(1) UPS 的特征

① UPS 的高可靠性确保了局域网全天候正常运行

UPS 供电系统职责要求: 不允许任何瞬间供电异常事故的发生; 不允许由市电经交流旁路直接向负载供电的情况出现; 允许在 UPS 逆变电源连续供电的条件下, 执行不停电的维护检查操作; 用户设备端出现短路故障时, 应将故障的影响缩小到最小范围。

② UPS 的高抗干扰性提高了局域网设备的“可利用率”

造成用电设备“可利用率”下降的主要原因之一是电磁干扰, 而电磁干扰主要来源于市电网、设计不完善的 UPS、网内用电设备等。

(2) UPS 的分类

① 后备式不间断电源系统

后备式不间断电源系统, 是可满足一般用户要求的普及型 UPS 电源。单机输出容量在 3kVA 以下 (一般为 0.25kVA ~ 1kVA), 当市电正常时 (165V ~ 270V), 市电经调压处理后由开关 S_1 给负载供电, 并向蓄电池浮动充电; 当市

电电压波动超过此范围时，启动逆变电路将蓄电池的直流电转换为交流电输出，开关 S_2 给负载供电（见图 1）。后备式 UPS 具有结构简单、价格便宜、噪音低等特点，由于是由市电直接给负载供电，无法消除市电中存在的浪涌、频率漂移等电气污染，适用于对电压稳定性要求不高的场合。

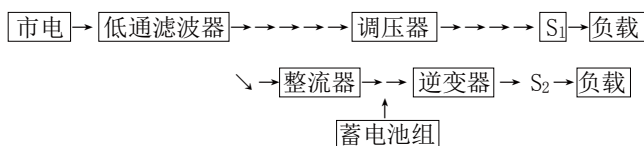


图 1 后备式不间断电源系统

② 在线式不间断电源系统

UPS 的逆变器始终处于工作状态，逆变器不存在切换时间，适用于对电源有较高要求的场合。

③ 在线互动式不间断电源系统

市电正常供电时 (150V ~ 276V)，UPS 进行以下工作进程：当市电处于 175V ~ 264V 时，在逻辑电路控制下，经 K_0 、 S_1 向负载供电；当市电处于 150V ~ 175V 时，在逻辑电路控制下， K_1 闭合，升压装置将市电电压提升 (1.10 ~ 1.15) 倍，开关 S_1 向负载供电；当市电处于 264V ~ 276V 时，在逻辑电路控制下， K_2 闭合、降压装置将市电电压降至 0.9 倍，开关 S_2 向负载供电（见图 2）。在线互动式 UPS 是一种智能化 UPS，可以实现一系列自动检测功能。在线互动式 UPS 与后备式 UPS 相比，具有更短的切换时间；与在线式 UPS 相比，成本低。由于蓄电池充电过程是由双向逆变器来实现，充电效果不够理想，不适合做长延时不间断电源。另外，后备式或在线互动式 UPS 都属于低端产品，其技术性能都不及在线式 UPS，在遇到比较恶劣的电网环境时，基本上都没有抑制电网干扰传至网络设备的能力。

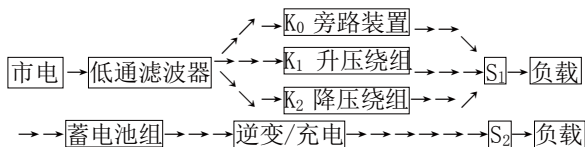


图 2 在线互动式不间断电源系统

(3) UPS 性能指标

UPS 按应用性能指标分为 3 类，第三指标为满足负载要求的最低性能指标，对一般性负载这类指标可以保证正常工作；第一指标是当前 UPS 技术所能运行或经过改进后，能够达到的最高水平。

① 输入电压范围

判断 UPS 对市电电压变化的适应能力。在线式 UPS 范围越宽越好；非在线式 UPS 由于存在旁路直通交流供电工作模式，过宽的输入电压范围对负载反而不好。

② 波形失真

衡量 UPS 输出交流正弦波质量的好坏。

③ 过载能力

反映 UPS 在超载情况下的工作能力。

④ 备用时间

指在市电停电情况下，UPS 能够持续供电的时间。

(4) 局域网配置 UPS 的原则

① 根据应用选择 UPS

在什么情况下选择哪种类型的 UPS，主要取决于应用环境。

② 根据设备负载量选择 UPS 容量

一般以负载额定功率 120% ~ 150% 决定 UPS 的容量。

③ 过载能力一定要强

要选用过载能力强和具有抗输出短路能力的机型。

④ 选择适合供电环境的、具有输出隔离变压器的机型

选用具有输出零线对地电位低的 UPS 机型，并配置抗瞬间浪涌的抑制器。

局域网的中心机房应采用 (10 ~ 20) kVA 中等容量的 UPS 集中供电方式，并采用双机热备份或并联供电，确保供电安全可靠。对于局域网中众多的无法集中管理的节点设备（如 PC 机、交换机等），应尽量选用容量小、分散式、对电网没有污染的在线式 UPS 提供电力保障。

(5) 局域网 UPS 的维护

正确地使用和维护局域网 UPS，可以提高其可靠性、延长使用寿命。局域网 UPS 正常工作情况下应注意以下几点：不要用来接电感性负载，过大的启动电流容易引起 UPS 的瞬时过载；不要满载，同时不宜长期处于过渡轻载状态下运行；注意蓄电池的日常维护，包括环境温度、定期放电等；注意防雷击，要保证 UPS 的有效屏蔽和良好接地；注意用电安全，不要随意对 UPS 产品进行拆装维护，以免发生安全事故。

3 通信电源 UPS 系统扩容

兖州矿业（集团）公司计算中心针对通信电力机房不间断电源系统（UPS）电力系统超负荷运行，通过对原有 UPS 电力系统的分析、选型、确定设计参数等，最终实现最佳扩容。

(1) 现状分析

① 主机房供电系统现状

该计算中心主机房所有供电设备均安装在主机房电力室，由变电所提供 2 回路市电。市电进入主机房电力室的交流总配电柜，为主机房 UPS 系统、整流电源系统、机房精密空调等供电设备提供 380V 交流电。主机房交流电由电力室 UPS 系统提供，UPS 系统由 2 台科士达 EP40 并机经 UPS 合路柜，向主机房配电和二楼配电箱配电的 2 路输出。2 台 EP40 并机输出功率 80kVA。

② 主机房 UPS 供电系统存在问题

系统运行 2a, 各项输入、输出参数正常, 性能稳定, 为主机房交流负载提供良好的供电环境, 但是存在以下问题需要对 UPS 系统进行扩容。

(a) 输出负载率过高。随着兖州矿区信息化的发展, 有更多的交流设备增加到计算中心主机房 UPS 系统中。主机房使用交流供电的服务器等负载不断增加, 当前负载率 75% 已接近 UPS 系统性能上限。

(b) UPS 系统无冗余功能。一旦 2 台 EP40 中的 1 台出现故障退出服务, 剩余 1 台 EP40 无法承担整个系统的负荷。如 UPS 系统不能实现旁路功能, 就只能停止供电, 造成严重供电事故。

(2) UPS 扩容

① UPS 电源扩容需求分析

(a) UPS 主机机型选择。需与现有 2 台 UPS 科士达 EP40 并机, UPS 并机输出能最大程度保障运行可靠性及平均分配负荷; 能有效降低现有负载率, 保证负载增加后仍具备冗余功能。经多方调研, 新 UPS 可选科士达 EP40 (40kVA) 或 EP60 (60kVA)。两者除输出功率不同外, 其它性能基本相同。原有 2 台 EP40 负载率为 75%, 如新增 UPS 为 EP40, 并机后系统负载率 (目前负载状态): $(40+40) \times 75\% / (40+40+40) = 50\%$; 负载率达到 80% 前可增加负载功率为 $(40+40+40) \times (80\%-50\%) = 36\text{kVA}$ 。如新增 UPS 为 EP60, 并机后系统负载率 (目前负

载状态): $(40+40) \times 75\% / (40+40+60) = 43\%$; 负载率达到 80% 前可增加负载功率为 $(40+40+60) \times (80\%-43\%) = 51.8\text{kVA}$ 。考虑冗余功能时, 2 种机型可增加负载功率都为 20kVA。考虑总负载功率时, 2 种机型中的 EP60 更具优势 (负载超过 80kVA 时 UPS 系统无法冗余), 优选 EP60 作为扩容机型。

(b) UPS 电池组选择。目前在用的 2 台 EP40 各配置 12V、100Ah 蓄电池, 计算满载时供电时间约为 4h。因投入使用时长近 2a, 实际时长有所下降。为达到性能统一, 新电池组按 3h 备电计算电池容量。 $(3 \times 60000 \times 0.8) / (384 \times 0.9) = 416(\text{Ah})$ 。所以, 配置 12V/100Ah 电池 4 组, 每组 32 节, 共 128 节。

(c) 线缆、断路器选择。按照厂家安装要求, 输入空开 150A 以上, 交流输入、输出电缆相线 35mm^2 以上。目前, 总交流配电柜内 200A 以上空气开关已全部使用, 安装前调整总交流配电柜, 以调出 200A 空气开关为 EP60 压接输入电缆。根据敷设类型, 输入输出电缆选用 VV3 \times 35+1 \times 16 型电缆。

② UPS 电源扩容步骤

UPS 电源扩容步骤如图 3 所示。

(a) 总交流柜内配电调整。因总交流柜内 K_4 断路器所接负载 1#UPS 实际电流为 45A 左右, 可以将其调整至 K_8 下。操作步骤如下: 断开总交流柜内 K_4 开关, 1#UPS 输入无电, 交流输出通过其电池组逆变输出; 将其输入电缆改压至 K_8 下; 闭合 K_8 , 1#UPS 重新引入市电。

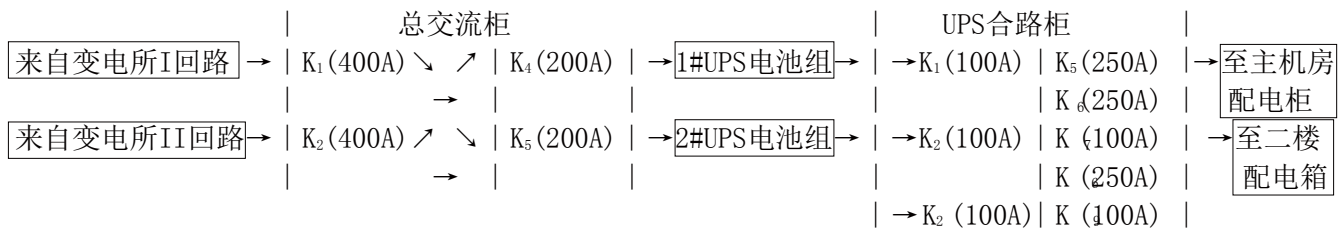


图 3 计算中心通信电源 UPS 系统

(b) 安装新 UPS 及并机。由总交流配电柜为 EP60 引出 1 条输入电缆 (开关位 K_4 200A, 电缆 VV3 \times 35+1 \times 16); 由 EP60 引出 1 条输出电缆至 UPS 合路柜 (开关位 K_3 100A, 电缆 VV3 \times 35+1 \times 16); 安装 EP60 及其电池组, 压接输入、输出电缆; 新 UPS 单机调试正常后并入现有 UPS 系统。其中, 第 4 步尤为关键。具体步骤如下: 先把原有 2 台 40kVA UPS 电源系统调整到外部维修旁路状态, 确认配电柜上的外部维修旁路开关上端与下端之间的压差小于 5V 以内, 闭合外部维修旁路开关、断开 UPS 输出总开关, 分别把 2 台 40kVA UPS 系统关闭, 逐一断开 2 台 40kVA UPS 的交流输入、交流输出开关, 彻底把 2 台 40kVA 的 UPS 停机; 调试新增的 EP60, 确认交流输入相序及电压、确认直流输入极性及电压, 闭合交流输入开关、闭合直流输入开关开启 UPS、单机调试 UPS 完毕; 3 台 UPS 分别单独开机调试, 3 台 UPS 并机联调; 把负载切回

UPS 供电状态阶段, 3 台 UPS 并机联调完毕后把整个 UPS 系统打到维修旁路状态, 闭合 UPS 输出配电柜上 3 台 UPS 输出开关 (此时 UPS 输出总开关处于断开状态), 确认配电柜上的 UPS 输出总开关上端与下端之间的压差小于 5V; 断开外部维修旁路开关; 把 3 台 UPS 切回逆变状态, 此时 UPS 扩容完毕。

4 EPS 应急电源研究

兖州矿业 (集团) 有限责任公司对 EPS 应急电源工作特性及选型等进行了研究。

(1) EPS 应急电源工作原理

EPS 应急电源 (Emergency Power Supply) 采用单体逆变技术, 集充电器、蓄电池、逆变器及控制器于一体。系统内部设计了电池检测、分路检测回路等。WY、WYS、WYS/B 系列智能化应急电源采用后备式运行方式。

① 市电正常时，由市电经过互投装置给重要负载供电，同时进行市电检测及蓄电池充电管理，然后再由电池组向逆变器提供直流能源。在这里，充电器是1个只需要向蓄电池组提供相当于10%蓄电池组容量充电电流的小功率直流电源，不具备直接向逆变器提供直流电源的能力。此时，市电经由EPS应急电源的交流旁路和转换开关所组成的供电系统向用户的各种应急负载供电。与此同时，在EPS应急电源的逻辑控制板的调控下，逆变器停止工作处于自动关机状态。在此条件下，用户负载实际使用的电源是来自电网的市电，因此，EPS应急电源也是通常说的一直工作在睡眠状态，可以有效地达到节能的效果。

② 当市电供电中断或者市电电压超限（ $\pm 15\%$ 或 $\pm 20\%$ 额定输入电压）时，互投装置立即投切至逆变器供电，此时在电池组所提供的直流能源的支持下，用户负载所使用的电源是通过EPS应急电源逆变器转换的交流电源，而不是来自市电。

③ 当市电电压恢复正常工作时，EPS应急电源的控制中心发出信号，对逆变器执行自动关机操作，同时还通过它的转换开关执行从逆变器供电向交流旁路供电的切换操作。此后，EPS应急电源在经交流旁路供电通路向负载提供市电的同时，还通过充电器向电池组充电。

(2) EPS 应急电源选型时需要注意的问题

EPS 应急电源的带载能力不仅需要考虑到逆变器在不同功率因数负载时的降额度输出特性，而且还需要根据所使用应急照明灯具的不同来选配EPS应急电源的输出功率和机型。

① 普通的应急照明灯具。由于应急照明的功耗是用有功功率 P (kW) 来标注的，而EPS应急电源逆变器的输出功率是用功率因数 $\cos\varphi=0.8$ (滞后) 时的视在功率 S (kVA) 来标注的，所以实际选用EPS应急电源的满载输出功率应为 $S=P/0.8$ 。

② 应急照明灯具为荧光灯。所选用的EPS应急电源满载输出功率应为 $S=(1.3 \sim 1.5)P/0.8$ 。其原因是荧光灯启动时存在较大的“启动浪涌”电流。

③ 应急照明灯具为高压气体灯(高压钠灯、高压钪灯等)。宜选用切换时间小于20ms的EPS应急电源产品。因为如果对高压气体灯的供电中断时间超过20ms时，有可能致使气体灯中的放电电弧“熄灭或中断”。一旦发生放电电弧中断现象，即使马上恢复供电，也可能导致长达数min的灯具熄灭现象发生。这是它需要足够长时间来重新预热高压气体灯中灯丝的缘故。显然，对于大型体育馆和演出场地的照明系统来说，是不允许出现这种故障的。

(3) 应急照明或事故照明用 EPS 应急电源

按GB17945-2000国家标准(消防应急灯具)，为确保兖州矿区供电系统的应急照明系统能正常运行，对EPS应急电

源提出以下基本要求。

① 要求负责向普通应急照明灯供电的EPS应急电源供电中断时间小于5s；但对于高风险工作区及关键工作区的应急照明而言，则要求EPS应急电源的供电中断时间小于0.25s。

② 要求EPS应急电源配置足够容量的电池组，以便在市电供电中断时至少确保应急照明灯可以继续工作90min以上。

③ EPS应急电源中的充电器对电池组的最长充电时间小于24h，最大充电电流小于0.4A。

(4) EPS 应急电源与 UPS 不间断电源的区别

① EPS应急电源类似于后备式的UPS不间断电源，平时逆变器不工作，市电断电时才投入蓄电池。一般不对电源进行恒流和恒压处理。通常采用接触器转换，切换时间均为0.10s~0.25s。其优点是结构简单，造价较低，平时能耗小无噪声，主机寿命长达15a~20a，可适应感性、电容性及综合性负载，需要时可实现变频软启动。

② UPS不间断电源系统同时具备稳压滤波等功能，有些UPS可以在故障或过载时改由市电旁路供电。后备式的电压输出有较大的波动，在170V~260V采用高速实现市电和蓄电池之间的转换，转换时间小于10ms。在线式始终使用逆变电路工作，其电压稳定性高，基本上在 $220V \pm 5\%$ 范围内，对蓄电池基本不存在转换时间；与市电旁路转换采用静态开关，转换时间可以达到微秒级。

③ UPS不间断电源系统输出精度高、转换时间快，但造价较高(约为EPS应急电源的2倍)，在线式平时能耗大，主机寿命较短仅8a~10a。

5 煤矿建筑照明应急电源研究

建筑物发生紧急事故时，正常照明系统因故障不能提供照明，照明应急电源在此情况下能够提供照明和疏散引导，使人们能够安全撤离危险区域或建筑物。兖州矿业(集团)有限责任公司对煤矿建筑照明应急电源工作特性及选型等进行了研究。

(1) 煤矿建筑照明应急电源

① 来自电力网与正常供电电源有效分开的馈出线路

建筑物有2路高压电源供电，并设有2台以上变压器，应急照明与正常照明分别接自不同的变压器；建筑物只有1路供电电源，应急照明接自附近其它高压电源供电的变电所电源。

② 自备应急发电机组

③ 蓄电池组

灯内自带蓄电池；集中或相对集中设置的蓄电池组；分区集中设置的蓄电池组。

④ 组合电源

由以上几种电源任意组合的供电方式。

(2) 应急照明的照明度和持续时间

① 应急照明的照度

《民用建筑照明设计标准(GBJ133-90)》第4.1.3条对应急照明的照度和设置作出规定;《民用建筑电气设计规范(JGJ16-2008)》第6.1.12条对自备电源和应急照明相关机房各工作房间的照度作出规定,第13.8.4条对应急照明的供电持续时间作出规定。

② 应急照明的转换时间

根据相关规范的要求,正常主电源发生故障中断后转换到应急电源供电的转换时间:疏散照明不应大于15s,火灾应急疏散照明不大于5s;安全照明不宜大于5s,因涉及人身安全更为直接,要求较高,应急电源只能使用电网线路自动转换或者蓄电池;对于有爆炸危险的生产场所,应视工艺生产特点,按需要确定更短时间,当采用蓄电池作为其照明灯具的备用电源时,在非点亮状态下应保证不能中断蓄电池的充电电源,以使蓄电池处于经常充电状态。

(3) 应急照明安装敷设

① 应急照明配电线路的敷设必须满足建筑所需的供电、时间等要求,在线缆的选型与敷设方式的配合上,需要选择既经济又可靠的敷设方式。穿管敷设最为安全、实用,与正常照明线路不得共管共槽敷设,应避免在日后的建筑进行装修时破坏线路,还应侧重选择电缆的耐火及阻燃性能。

② 备用照明应由2个电源或者2回路线路供电。当供电条件不具备2个电源或者2回路线路时,备用电源宜采用蓄电池组或者带有蓄电池的应急照明装置。

③ 应急照明的配电箱应当与正常照明配电箱分开设置,自带蓄电池灯具的配电箱除外,并设在无火灾危险场所。

④ 备用照明作为正常照明的一部分同时使用时,其配电线路及控制开关应分开装设。备用照明仅在事故情况下使用时,正常照明因故断电则备用照明应自动投入工作。

(4) 体会

在实际的建筑工程中,应急照明电源的选择应当根据建筑物的层数、规模大小、复杂程度、建筑内停留和流动人员的多少、建筑物内的生产和使用特点、火灾危险程度、建筑物的重要程度及其它应急电源的设置情况等,综合考虑并且进行技术、经济分析比较,选择出最优的应急照明电源。组合电源方式具有2种以上电源的特点,虽然投资较大,但是由于可靠性高,在高层建筑和一些特别重要的大型建筑中仍被普遍采用。

6 煤矿副井提升机应急电源研究

煤矿副井担负着人员升降的任务。由于井下人员几乎无法通过深井的梯子间安全升井,如果出现全矿停电致使副井提升机不能运转,就会直接威胁井下人员的生命安全,这就对作为矿工生命通道的副井提升设备供电可靠性提出更高要求。

煤炭工业济南设计研究院和兖州矿业(集团)有限责任公司,根据淄博矿业(集团)公司唐口煤矿副井提升系统的特点,首次提出采用柴油发电机组作为副井提升机的第三电源,并根据副井提升机运行特性合理选择柴油发电机容量,同时解决柴油发电机作为供电电源运行中存在的问题,为柴油发电机组作为矿山深井应急电源进行了有益的探索。

(1) 煤矿提升机运行特性

唐口煤矿副井井筒垂深1060m,井筒内装备1宽1窄2个罐笼;安装1台JKMD-4.5×4(Ⅲ)E型落地式多绳提升机,配1800kW、45r/min低速直流直联电动机。提升机直流传动系统采用电枢可逆、电枢回路并联12脉动晶闸管整流、全数字计算机控制系统。

出现全矿停电时副井提升机仅用于提升井下人员,故只工作于空罐下放和人员提升2种工况,设计选取电动机出力较大的人员提升工况作为柴油发电机的选型依据。由现场实测的副井提升机提升人员运行曲线图得知,副井提升机为循环变化的运行状态,1个运行周期包括起动—加速—匀速—减速—停止5种运行状态,柴油发电机组作为供电电源,相应存在由空载—增负荷—满载—减负荷—空载的循环运行状态,这对柴油发电机组的适应性提出要求。

(2) 柴油发电机容量的选择

① 容量选择原则

柴油发电机主要用于出现全矿停电时为提升人员的副井提升机提供电源,并兼顾必要的事故照明,其容量应满足以下3个条件:柴油发电机组的长期允许容量应能满足副井提升机连续提升人员和事故照明负荷的需要;用副井提升机提升人员起动时的最大视在功率校验发电机和柴油发动机的短时过载能力;柴油发电机组容量满足副井提升机电动机起动时母线最低电压不得低于额定电压80%的要求。

② 柴油发电机组容量计算

副井提升机额定功率1800kW,额定电枢电压900V。根据提升机提升人员起动时的实测结果,起动电流为额定电流1.4倍。

a. 按供全部负荷正常工作计算发电机容量

$$S_G = \{ [(P_{er}/\eta_{er}) + (P_{mn}/\eta_{mn})]^2 + [(P_{er}\tan\phi_{er}/\eta_{er}) + (P_{mn}\tan\phi_{mn}K_d/\eta_{mn})]^2 \}^{1/2} = 2674.74 \text{ (kVA)}$$

式中: P_{er} 为事故照明负荷(kW); η_{er} 为事故照明负荷的效率; $\tan\phi_{er}$ 为事故照明负荷功率因数角的正切; P_{mn} 为电动机的额定容量(kW); η_{mn} 为电动机的额定效率,取0.9; $\tan\phi_{mn}$ 为电动机额定功率因数角的正切; K_d 为需用系数,电动机台数少于3台时可取1。

b. 按发电机过载能力满足提升机起动要求计算发电机容量

$S_G = [(P_0 \cos \phi_0 + P_{\max} \cos \phi_{ms} \beta')^2 + (P_0 \sin \phi_0 + P_{\max} \sin \phi_{ms} \beta')^2]^{1/2} / K_G = 3055$ (kVA)。

式中： P_{\max} 为所投入的最大容量电动机额定容量 (kW)； P_0 为 P_{\max} 投运前已投入运行的负荷容量 (kVA)； $\cos \phi_0$ 为 P_0 负荷的功率因数； $\sin \phi_0$ 为 P_0 负荷功率因数角的正弦； $\cos \phi_{ms}$ 为 P_{\max} 负荷的起动功率因数，取 0.2； $\sin \phi_{ms}$ 为 P_0 负荷起动功率因数角的正弦； K_G 为发电机的过负荷倍数，取 1.3； β' 为相当于 P_{\max} 起动时的 kVA 数与电动机额定功率 kW 比值。

c. 按提升机起动时允许电压降计算发电机容量

在起动电流的突然冲击下，发电机内阻抗上产生电压降，而励磁系统来不及快速调压，使输出端电压下降，因此发电机容量必须满足提升机的起动要求。

$$S_G = P_{\max} \beta' X_d (1 - \Delta U) / \Delta U = 3024 \text{ (kVA)}。$$

式中： X_d 为发电机的电抗，取 0.2； ΔU 为发电机的允许电压降，取 0.2。

d. 按原动机的过负荷能力计算发电机容量

$$S_G = (P_0 \cos \phi + P_{\max} \beta' \phi_{ms}) / \gamma \cos \phi_G = 1086.4 \text{ (kVA)}。$$

式中： γ 为原动机过负荷能力，取 1.1； $\cos \phi_G$ 为发电机的额定功率因数，取 0.8。

e. 柴油发电机的额定功率

系指外界大气压力 101.325kPa、大气温度 20℃、相对湿度 50% 情况下，保证能连续运行 12h 的功率 (包括超负荷 110% 运行 1h)。输出功率为 $3055 \times 0.8 = 2444$ (kW)。柴油发电机组的额定输出功率不能低于 2444 (kW)，选择 1 台输出功率 3000kW 的柴油发电机组。

(3) 柴油发电机运行中的逆功率问题和解决办法

柴油发电机主要用于出现全矿停电时作为提升人员的电源，副井提升机运行中存在的逆功率问题仅按满罐提人时分析逆功率问题。提升机减速通过降低电枢电压来实现，此时电枢感应电势超过电枢电压，提升机电动机由电动机转为发电机运行状态，向电网回馈电能。提升机制动时输出反相的电枢电流，产生反相的电磁转矩，使提升机制动停车，此时电动机转为发电机运行状态。柴油发电机组本身设有逆功率保护，出现逆功率时会使柴油发电机组停止运行，这是运行中不允许的。为了保证柴油发电机能够连续运行，设计增加 1 套由逆功率控制器和逆功率吸收电阻器组成的逆功率吸收装置。当检测到副井提升机向电网回馈电能时，控制器自动控制电阻柜开关合闸，通过电阻来吸收电能。

(4) 柴油发电机房的配套设施

柴油发电机组主要由 3000kW 主柴油发电机、200kW 的辅助柴油发电机、发电机供油装置、启动装置、冷却装置和配电装置组成。

配电装置主要包括 10kV 配电装置、0.4kV 配电装置和逆

功率吸收装置。10kV 配电装置包括发电机出口断路器柜、PT 柜、逆功率控制吸收柜、至煤矿地面主变电所馈出线柜和至副井提升机房馈出线柜，可将柴油发电机所发电力专供副井提升机，也可并入主变电所 10kV 母线为矿井其它重要负荷供电。0.4kV 配电室包括双电源切换柜和馈出线柜。双电源一路引自 200kW 辅助柴油发电机，一路引自 110kV 变电所。正常时发电机房辅助设施供电电源引自 110kV 变电所，矿井停电时电源切换至 200kW 辅助柴油发电机。逆功率补偿装置主要包括逆功率变压器、电阻器和逆功率控制柜。

7 结束语

在 EPS 应急电源、UPS 不间断电源、自备应急柴油发电机组、有自动投入装置的独立于正常电源的专用馈电线路、自备应急燃气轮发电机组等 5 类目前常用的应急电源中，兖州矿业 (集团) 有限责任公司对于前 4 类进行了研究与应用。通过实践体会到，应急电源应当具备以下特有的要求。

① 高可靠性。电源在紧急状态下能可靠供电，保证供电是电源的第一目的，只要元器件可以运行而不致损坏，供电就不能停止。虽然此时元器件的工作状态可能相当恶劣，电源频率、谐波等电气参数在特殊状态时可能不理想，但是，只要用电负荷在这些参数状态下可以工作，电源就不能停止供电。

② 可监视性。应急电源虽然使用在特殊场合，但是应急柴油发电机组还应定期进行试车。平时的正常负载也可以用应急电源来供电，这是最好的监视。

③ 免维护性。电池的充放电是利用设备自带的智能集成芯片完成的，采用免维护电池，设备可以发出状态警告信号。

④ 系统简单、控制方便。应急电源的供电范围和容量一般由负荷等级、供电质量、应急负荷数量和分布、负荷特性等因素决定。在特定的对象物中，应急电源种类并不是单一的，可以多采用几个电源的组合方案。

参考文献

- [1] 卞雷. 正确选择、合理配置网络 UPS [J]. 煤矿现代化, 2008, 17 (4): 71-72
- [2] 董亮, 席治国. 通信电源 UPS 系统扩容方案探讨 [J]. 山东煤炭科技, 2012, 30 (4): 168-170
- [3] 罗一钟. EPS 应急电源 [J]. 山东煤炭科技, 2008, 26 (6): 44-45
- [4] 王开勤, 光俊斌. 现代建筑中的应急照明 [J]. 煤矿现代化, 2009, 18 (6): 84-85
- [5] 贾堃, 罗辉, 霍磊. 煤矿副井提升机应急电源设计 [J]. 煤炭工程, 2011, 45 (8): 111-113