

# Comprehensive Analysis of the Segmented Operation Mode of Coal Mine Substations

Junliang Xue

Shanxi Lu'an Power Distribution and Sales Co., Ltd., Changzhi, Shanxi, 046204, China

## Abstract

The reliable operation of coal mine substations is a powerful guarantee for the safe production of coal mines and has also been a subject that coal mine power supply personnel have been delving into. This paper compares the daily power on and off operations, abnormal handling of the power grid during operation, total line loss, setting calculation of relay protection for incoming line switches, and power flow distribution of coal mine substations under the separate operation mode and the one-in-use and one-standby operation mode, and affirms the advantages of separate operation. This article also lists the precautions during the separate operation, particularly emphasizing the management of busbar switches at all levels during the operation process. Through actual cases, a comparison of the power restoration time under the two operation modes is made to have a more intuitive understanding of the improvement of power supply reliability in coal mines by the separate operation mode.

## Keywords

Parallel operation, one in use and one standby operation, busbar switch, power flow distribution

## 煤矿变电站分列运行方式的综合分析

薛俊亮

山西潞安配售电有限公司, 中国·山西 长治 046204

## 摘要

煤矿变电站可靠运行是煤矿安全生产的有力保障,也是煤矿供电人员一直钻研的课题。本文就煤矿变电站分列运行方式与一用一备运行方式情况下的日常停送电操作、运行过程中电网异常处理、线路总损耗、进线开关继电保护整定计算和潮流分布等方面进行了比较,肯定了分列运行的优点。本文还列举了分列运行时的注意事项,特别强调了各级母联开关在运行过程中的管理,通过实际案例进行了两种运行方式下恢复供电时间的比较,更直观的认识分列运行方式对煤矿供电可靠性的提高。

## 关键词

分列运行 一用一备运行 母联开关 潮流分布

## 1 引言

近年来,随着煤矿供电事故的不断发生,国家能源部门和安监部门都对煤矿供电提出了严格要求。根据文献[1]要求,“向煤矿供电的供电电源应当采取双电源供电方式,采用两路电源同时运行互为备用的运行方式,当一路电源出现故障时,另一路电源应满足全部供电要求”。在各级管理部门的努力下,原双电源供电的变电站电源线路一用一备的供电方式已逐渐改变,双回路供电的站所也在进线连接母线段处进行了分列运行,即变电站各电压等级母线分段运行,母联(分段)断路器处于分闸状态,双回路进线各带对应母线段运行,地面变电站、井下中央变电所、采区变电所以及各双回路低压供电系统等均按分列方式运行。

【作者简介】薛俊亮(1981-),男,中国山西襄汾人,本科,高级工程师,从事煤矿供电管理研究。

## 2 概述

据某煤矿调度部门统计,在煤矿供电系统故障中,供电线路故障占故障总数的70%以上,特别是煤矿变电站常用的110kV及以下的电源线路,故障跳闸率比220kV及以上电压等级线路高很多。分列运行方式能在一回电源线路故障的情况下,另一电源线路承担全部供电负荷<sup>[2]</sup>,从而降低矿井变电站全站失电事故率降低,从根本上提高了变电站(特别是电源线路一用一备的变电站)的安全运行。另外,随着矿井开采程度的提高,采掘深度越来越深,电网也越来越庞大、复杂,停电后恢复送电过程也越来越繁琐,势必影响停电后的事故处理。分列运行的提出,可保证矿井供电的可靠性与连续性,减少因停电故障而引发的损失,从而避免瓦斯超限等事故的发生,也将大大有利于井下采、掘、机、运、通的安全与可靠,使矿井供配电水平得到进一步提高。

图1所示变电站分列运行方式为361、362运行,360

热备，1#主变、2#主变运行，800热备。电源线路一用一备方式（以下简称“一用一备方式”）为361（362）、360运行，362（361）热备，1#主变、2#主变运行，800热备。下面就图1所示煤矿变电站分列运行方式与电源线路一用一备方式从多方面进行比较，讨论在分列运行方式下的注意事项。

### 3 日常停送电操作方面

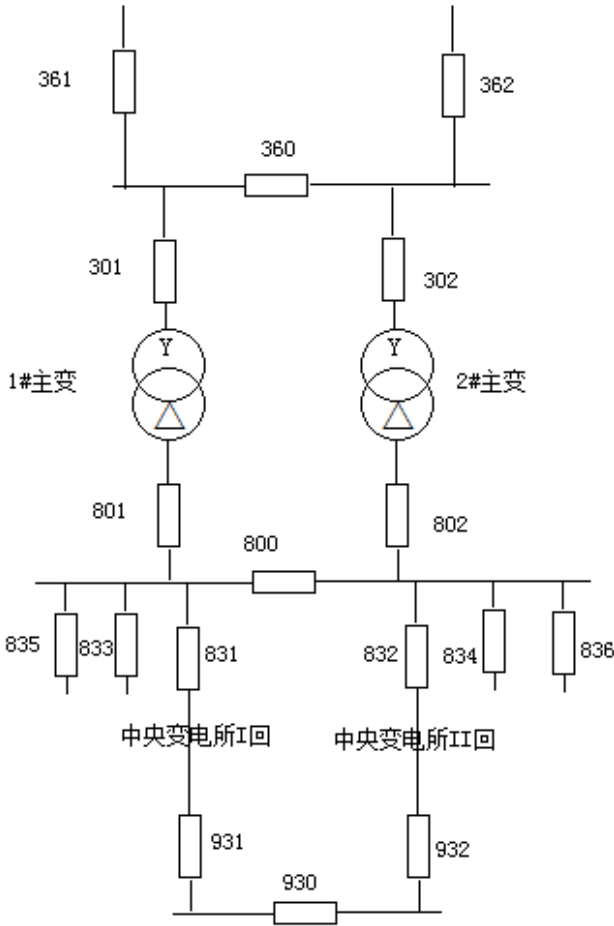


图1 某煤矿35kV变电站主接线图

煤矿变电站出线回路，特别是井下回路，多为双回路供电。如图1所示10kV中央变电所831线路停电检修。

在一用一备方式下的操作步骤。合上800开关，合上930开关，拉开931开关，拉开831开关，在线路两侧分别做好安全措施，线路即可进行检修。

在分列运行方式下的操作步骤。申请合360开关，如果上级调度许可，则合上360开关，合上800开关，合上930开关，拉开931开关，拉开831开关，在线路两侧分别做好安全措施，线路即可进行检修。如上级调度不许可，则需将中央变电所931开关所在母线段的所有出线开关停电（转热备），拉开931开关，拉开831开关，在线路两侧分别做好安全措施，线路即可进行检修。

通过比较可知，停送电操作时，由于该站在35kV母线段母联的运行状态不同，导致操作步骤不同。很明显的，分列运行方式下，如上级调度不允许合360母联开关，则停电时停电范围大，操作项目多。如上级调度允许合360母联开关，则操作项目与一用一备方式下操作步骤基本一致。

### 4 运行过程中电网异常的处理

在实际运行过程中，电网的异常现象时有发生。常见的有母线接地告警、PT保险熔断等。此处以母线绝缘告警为例，分析不同运行方式下图1所示变电站的处理过程。

35kV变电站中，10kV出线数量较多，10kV母线经常会发生因某条出线单相接地引起的母线绝缘告警（此处以10kV I母绝缘告警为例）。此时，对应母线段接地相电压为零。在中性点不接地系统，允许运行两小时。调度值班人员对此异常现象进行处理时，也会因运行方式不同而采取不同的处理方式。

在一用一备方式下的处理步骤。合上800开关。对双回路出线用户，如中央变电所，通过合上930开关、拉开931开关、拉开831开关的步骤处理，从而确保用户供电正常。而单回路出线用户，则需要直接停电进行拉路处理，用户供电中断。

2、户供电中断。双回路用户处理时，申请合360开关，如果上级调度许可，则合上360开关，合上800开关，合上930开关，拉开931开关，拉开831开关。如上级调度不许可，则需将中央变电所931开关所在母线段的所有出线开关停电（转热备），拉开931开关，拉开831开关。

通过比较可知，异常处理操作时，分列运行方式下，如上级调度不允许合360母联开关，则处理过程中停电范围大，操作项目多。如上级调度允许合360母联开关，则处理过程与一用一备方式下操作步骤基本一致。

#### 四、线路总损耗

在这里为方便计算，假设两条进线电源线路长度相同，导线型号相同，即两条线路的线路电阻R相等；假设变电站总负荷电流为I（A）。

在一用一备方式下的线路总损耗。此运行方式下，一条线路承担全部负荷电流，即I，则线路总损耗为

$$\Delta P_1 = 3 \times I^2 R \quad (\text{式1})$$

分列运行时的线路总损耗。分列运行时，每条线路负荷电流为总负荷的一半，即I/2，则两条线路总损耗为：

$$\Delta P_2 = 2 \times 3 \times (I/2)^2 R \quad (\text{式2})$$

通过分析可知，两种运行方式下的损耗比为（式1）与（式2）之比，比值为2，即一用一备运行方式的损耗是分列运行时的两倍。

但需要注意的是，如果两条线路长度不等，此结果不成立。

## 5 进线开关继电保护整定计算

因为 35kV 线路多采用电流三段式保护, 鉴于继电保护整定计算原则, 电流一段常取被保护线路末端三相短路电流; 电流二段在灵敏度不满足要求时才配置, 常与下一级线路的瞬时电流速断保护配合; 电流三段为被保护线路最大负荷电流与可靠系数的积。图 1 所示变电站的 361、362 线路, 电流一、二段定值在两种运行方式下相同, 但电流三段定值则会因最大负荷电流变化而不同。

在一用一备方式下, 电流三段整定值为

$$I_{\text{set3}}=K_{\text{rel}} \times I_{\text{max}}=1.2 \sim 1.5 \times I \times K_{\text{I}} \quad (K_{\text{I}} \text{ 为负荷系数}) \quad (\text{式 } 3)$$

在分列运行方式下, 电流三段整定值为

$$I_{\text{set3}}=K_{\text{rel}} \times I_{\text{max}}=1.2 \sim 1.5 \times I/2 \times K_{\text{I}} \quad (K_{\text{I}} \text{ 为负荷系数}) \quad (\text{式 } 4)$$

由 (式 3) (式 4) 可知, 在分列运行方式下, 电流三段定值偏小。

## 6 潮流分布比较

### 1、一用一备方式下的潮流分布。

该方式下, 因 360 开关处于运行状态, 潮流分布相对简单, 如两台主变负荷保持相同或相差很小, 则各 10kV 站的 10kV 母联在未合 800 开关的前提下越级操作时, 流过的电流为本站主变不平衡负荷造成的环流, 危害性不大。

### 2、分列运行方式下的潮流分布。

分列运行时, 360 开关在分位, 又有双电源线路取自同一变电站的不同母线段和双电源取自不同站所两种情况。

(1) 双电源线路取自同一变电站的不同母线段时, 因不清楚上级站运行方式和负荷情况, 如果不经许可合 800 开关或下一级站所的 10kV 母联开关, 则会改变上级站的潮流分布, 流过 800 开关或下一级站所的 10kV 母联开关的环流会是上一级站的主变不平衡负荷造成的环流, 有可能引起母联开关过载, 引起母联开关故障。

(2) 双电源取自不同站所时, 如两进线存在相角差, 未经许可合 360 母联时, 都有可能造成电流短路, 引起跳闸。如未经许可合 800 开关或下一级站所的 10kV 母联开关, 则危害更大。

鉴于上述危害, 因此在分列运行方式下, 必须加强各级的母联管理。具体如下:

1) 严禁未经允许随意合母联开关运行, 必须在上级母联运行状态下方可申请合本级母联。各级母联开关正常情况下处于冷备状态, 做到断路器分闸、断路器小车拉出、控制回路开关分闸, 悬挂“严禁合闸”警示牌, 所有地面高压母联必须张贴醒目安全标识。

2) 依据调度权限不同, 各母联必须经相应的调度方可后方可操作, 严禁无令操作。

3) 因一个回路故障停电或计划检修等工作需要临时操作母联运行时, 操作母联开关必须经由调度部门同意。

4) 地面低压供电系统及井下供电系统有母联开关的, 必须确保完好, 正常情况下进线分列运行。不可合环运行的电源站严禁 2 个进线开关和母联开关同时送电合环运行。

5) 凡涉及分列运行的站所必须结合用户实际情况, 对所有涉电操作人员进行培训学习, 让其知晓后果, 做到防患于未然。

某煤矿 35kV 变电站按规定改变为分列运行方式。2024 年 5 月 27 日 10 时 7 分, 该站其中一回电源进线雷击跳闸。运行人员分开失电开关后, 立即合上 10kV 母联开关, 10 时 14 分恢复了失电回路的正常供电, 整个处理过程用时 7 分钟。而该站之前一用一备供电方式时, 也于 2023 年 6 月 16 日 13 时 23 分发生过雷击进线跳闸事故, 当时于 13 时 51 分全部恢复供电, 用时长达 28 分钟。通过上述分析, 结合已改变为大分列运行方式的变电站实际运行情况, 我们不难发现, 只要加强管理及职工培训, 大分列运行方式可以有效的避免全站失电事故的发生, 大大缩短故障情况下失电回路的停电时间, 进一步提高了煤矿供电可靠性。

## 参考文献

- [1] 国家能源局综合司、国家矿山安全监察局.《关于进一步加强煤矿供用电安全工作的通知》.[2022.01.21].
- [2] 中国煤炭建设协会.《煤矿工业矿井设计规范》[S].中国计划出版社,2016.03.
- [3] 何仰赞、温增银.《电力系统分析》[M].华中科技大学出版社,2001.8
- [4] DLT 584-2007《3kV~110kV电网继电保护装置运行整定规程》[S].中华人民共和国国家发展和改革委员会,2008.6
- [5] 崔家佩、孟庆炎、陈永芳、熊炳耀.《电力系统继电保护与安全自动装置整定计算》[M].中国电力出版社,1993.3