

[运行维护]

1 000 MW机组电厂柴油发电机组控制逻辑分析与管理维护

文/华润电力湖北有限公司 石志辉

详细分析了1 000 MW机组电厂柴油发电机组的控制逻辑，同时根据柴油发电机组日常运行情况，指出了柴油发电机组常见的几类故障问题，并有针对性地介绍了解决办法与防范措施，为柴油发电机组的运行维护提供借鉴。

火电厂保安电源承担着机组保安负荷的供电任务，当全厂事故停电时，保安电源应不受厂用电中断影响，持续向保安负荷提供优质、可靠的电能，以确保全厂安全停机、停炉，避免机组设备遭受损坏。柴油发电机组因其相对独立的工作方式，被广泛选作电厂保安电源。当保安负荷失去厂用电时，柴油发电机组自动联锁起动，迅速恢复向保安负荷供电。电厂维保人员应在柴油发电机组的日常维护与定期保养方面、运行人员应在日常巡检与定期试验方面提升管理水平，以确保柴油发电机组随时处于良好备用状态，并能在危急时刻发挥重要作用。

保安电源接线和运行方式

华润电力湖北有限公司（以下简称蒲圻电厂）共装机 $2 \times 330 \text{ MW} + 2 \times 1\,000 \text{ MW}$ ，分两期完成，其中二期 $2 \times 1\,000 \text{ MW}$ 机组厂用电系统采用 10 kV 和 $380/220 \text{ V}$ 两级电压。每台机组设置两段汽机保安MCC段、两段锅炉保安MCC段和一段脱硫酸保安MCC段。正常运行时，各保安MCC段由对应的汽机PC段、锅炉PC段和脱硫PC段按工作和备用方式通过双电源切换装置供电。每台机组设置一段独立的保安PC段，为各保安MCC段在事故情况下提供应急电源。保安PC段设置有两路电源，分别来自柴油发电机组和原二期项目建设施工电

源改造后的厂外市电。保安电源接线方式如图1所示。

当保安MCC段来自上级PC段的两路工作电源均出现故障时，柴油发电机组接收到保安MCC段失电压信号后，自动联起，此时保安MCC段由柴油发电机组供电。如柴油发电机组起动失败或运行故障，由运行人员先断开来自柴油发电机组的保安PC段工作电源进线开关2ZKK，再合上厂外市电至保安PC段馈线开关（QF3对应3#机、QF4对应4#机）和保安MCC段备用电源进线开关5ZKK，此时保安MCC段由厂外市电供电。

柴油发电机组控制系统

蒲圻电厂二期项目柴油发电机组额定功率 $1\,800 \text{ kW}$ ，额定转速 $1\,500 \text{ r/min}$ ，采用直流电动机及 24 V 蓄电池组作为起动装置。柴油机是帕金斯（Perkins）4016-61TRG3型，为闭式内循环水冷却、高速四冲程涡轮增压型柴油机。发电机是利莱森马（Leroy Somer）LSA51.2VL85型，为无刷励磁型三相同步发电机。控制系统采用Modicon Unity Quantun 140系列PLC，主PLC执行控制程序，备用PLC驻留在后台，双机热备冗余。控制系统配置有一台IGS-NT柴油发电机组控制器，用于柴油发电机电源与厂用电源的切换。柴油发电机组控制屏柜上设有运行方式选择

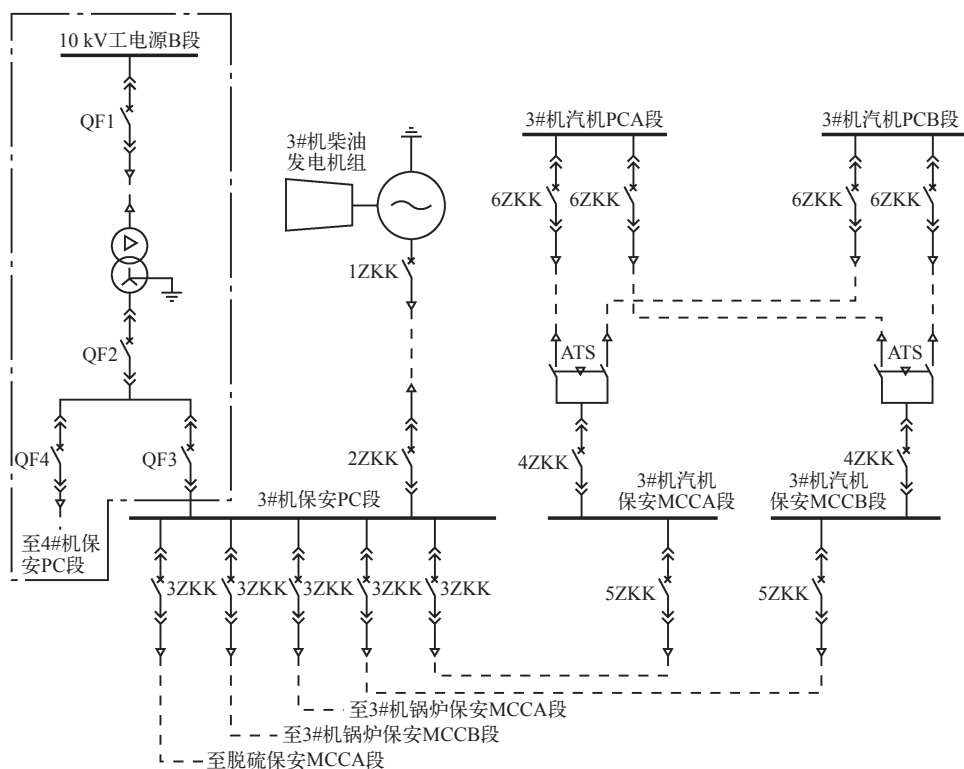


图1 保安电源接线图

开关, 如表所示。

表 柴油发电机组运行方式选择表

厂用电源切换方式	串联、并联
备自投工作方式	投入、退出
柴油发电机组运行方式	手动、自动、测试、关

柴油发电机组控制逻辑主要包括以下几部分。

1. 柴油发电机组起动与电源切换逻辑

在自动运行方式下, 有任一保安MCC段失电压或远方起动、全厂停电及紧急起动时, 柴油发电机组起动, 待电压、频率正常后, 保安MCC段工作电源进线开关4ZKK分闸, 备用电源进线开关5ZKK合闸, 以确保保安MCC段快速恢复供电。

1) 电压检测继电器检测到汽机保安MCCA段失电压后, 将失电压信号发送至PLC, PLC检测到柴油发电机组无故障、发电机各项参数无异常后, 发出起动柴油发电机组指令。

2) PLC检测到发电机各项参数正常后, 发出柴油发电机组出口开关1ZKK合闸指令。

3) PLC检测到保安PC段无故障、发电机各项参数正常、保安PC段至汽机保安MCCA段馈线开关3ZKK合闸位置、汽机保安MCCA段失电压以及汽机保安MCCA段无恢复工作电源指令后, 发

出汽机保安MCCA段工作电源进线开关4ZKK分闸指令。

4) PLC检测到保安PC段无故障、发电机各项参数正常、保安PC段至汽机保安MCCA段馈线开关3ZKK合闸位置、汽机保安MCCA段工作电源进线开关4ZKK分闸位置、汽机保安MCCA段无恢复工作电源指令以及汽机保安MCCA段无故障信号后, 发出汽机保安MCCA段备用电源进线开关5ZKK合闸指令。

此时, 汽机保安MCCA段由柴油发电机组供电。

2. 厂用电恢复后电源切换逻辑

当厂用工作电源恢复正常, 备自投转换开关选择“投入”, 柴油发电机组控制系统可将各保安MCC段由备用电源切换至工作电源供电, 切换方式可在控制屏柜上通过转换开关选择“串联”切换或“并联”切换。

1. 串联切换

汽机保安MCCA段由备用电源串联切换至工作电源逻辑如图2所示。

在自动运行方式下, 备自投转换开关选择“投入”, 厂用电源切换方式转换开关选择“串联”, 运行人员通过DCS发出汽机保安MCCA段恢复工作电源指令后, PLC发出汽机保安MCCA段备

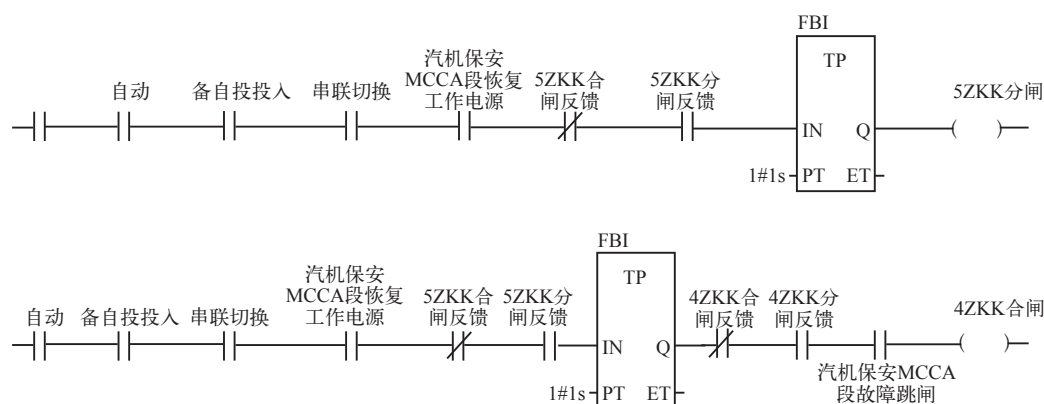


图2 汽机保安MCCA段厂用电源串联切换逻辑图

用电源进线开关5ZKK分闸指令。备用电源进线开关5ZKK分闸后，经1 s延时，PLC检测到汽机保安MCCA段无故障信号后，发出汽机保安MCCA段工作电源进线开关4ZKK合闸指令。此时，汽机保安MCCA段恢复至厂用工作电源供电。

2. 并联切换

在自动运行方式下，备自投转换开关选择“投入”，厂用电源切换方式转换开关选择“并联”，运行人员通过DCS发出汽机保安MCCA段恢复工作电源指令后，汽机保安MCCA段进入同期准备中，各保安MCC段同期合闸过程互为闭锁，同期控制器调整柴油发电机电压幅值、相位和频率，当柴油发电机电源与厂用电源满足同期合闸条件，经1 s延时，PLC检测到汽机保安MCCA段无故障信号后，发出汽机保安MCCA段工作电源进线开关4ZKK合闸指令。汽机保安MCCA段工作电源进线开关4ZKK合闸后，经1 s延时，PLC发出汽机保安MCCA段备用电源进线开关5ZKK分闸指令。此时，汽机保安MCCA段恢复至厂用工作电源供电。

运行人员通过DCS发出远方停止指令后，柴油发电机组出口开关1ZKK分闸，柴油发电机组继续运行30 s后停机。

3. 测试运行方式工作逻辑

在测试运行方式下，柴油发电机组既可与厂用工作电源并列运行，也可以单独运行，为保安MCC段供电。柴油发电机组在测试方式下的操作均在就地控制。运行人员就地起动柴油发电机组，控制系统检测到发电机各项参数正常后，允许运行人员手动合柴油发电机出口开关1ZKK。柴油发电机组测试运行方式下的工作逻辑如图3所示。

1) 当汽机保安MCCA段由厂用工作电源正常供电时，运行人员按下控制屏柜上的汽机保安MCCA段备用电源进线开关5ZKK合闸按钮，当保安PC段无故障，发电机各项参数正常，保安PC段至汽机保安MCCA段馈线开关3ZKK合闸位置，汽机保安MCCA段进入同期准备中，同期控制器调整柴油发电机电压幅值、相位和频率，当柴油发电机电源与厂用电源满足同期合闸条件，汽机保安MCCA段无故障信号后，PLC发出汽机保安MCCA段备用电源进线开关5ZKK合闸指令。此时，柴油发电机组与厂用工作电源并列运行。

2) 当汽机保安MCCA段工作电源进线开关分闸时，运行人员按下控制屏柜上的汽机保安MCCA段备用电源进线开关5ZKK合闸按钮，当保安PC段无故障，保安PC段至汽机保安MCCA段馈线开关3ZKK合闸位置，汽机保安MCCA段无故障信号后，PLC发出汽机保安MCCA段备用电源进线开关5ZKK合闸指令。此时，汽机保安MCCA段由柴油发电机组供电。

备用电源进线开关5ZKK合闸后，柴油发电机组可进行加载试验，试验完成后先减载，再依次手动断开汽机保安MCCA段备用电源进线开关5ZKK、柴油发电机组出口开关1ZKK、停机，柴油发电机组测试完成。

柴油发电机组管理维护及常见故障处理

1. 专业管理

发电企业如果没有建立和落实科学有效且符合本厂实际情况的专业管理制度，柴油发电机组特殊的备用性质极易导致该产品在制造过程中的

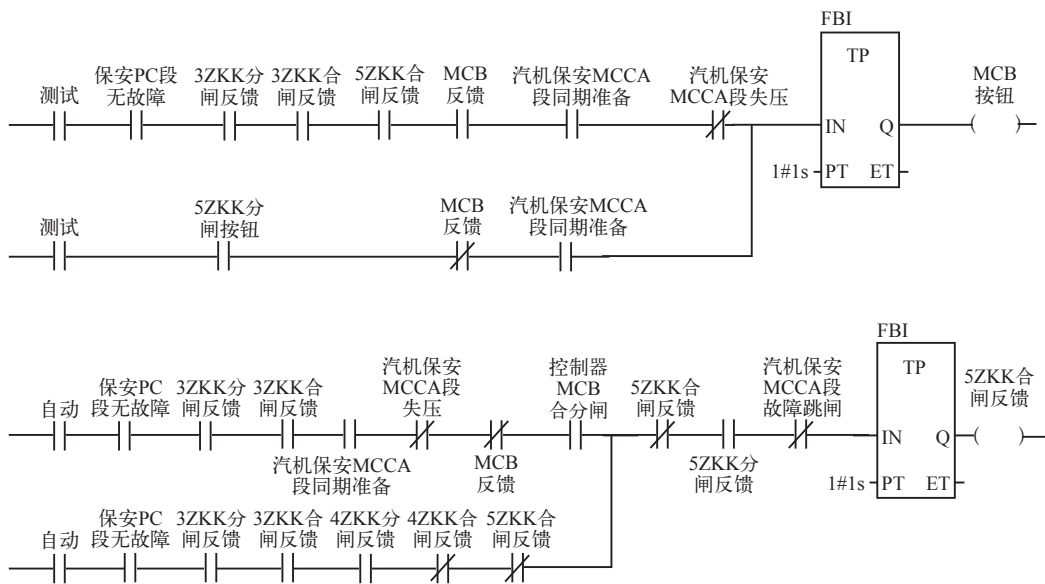


图3 柴油发电机组测试运行方式工作逻辑图

先天性质量缺陷以及投运以后因自然磨损、不当管理带来的安全隐患在很长时间都不会得到充分暴露和及时处理。柴油发电机组汇集了发电机、配电、继保、自动化和内燃动力机械等专业技术，涉及电气、热控和机务等专业，大多电厂没有规定牵头管理专业。

考虑到柴油发电机组最根本的作用是在电厂危急时刻为重要保安负荷保质保量地提供电源支撑，蒲圻电厂将柴油发电机组交由电气专业牵头管理，电气专业可以联合热控、机务专业以及运行人员，有针对性地安排日常检查项目、制订年度保养计划、编制机组空载和带载试验方案，从而将机组相互影响、相互关联的各部件紧密整合成一个整体，以提高柴油发电机组的起动成功率与运行可靠性。

2. 定期试验

设备定期试验是电厂的一项重要制度化工作。柴油发电机组长期处于备用状态，而定期进行柴油发电机组起动试验，既能检验机组的起动能力，也能发现机组日常检查未能发现的隐患。蒲圻电厂规定柴油发电机组每周进行一次起动试验，每次空载运行5~10 min。每年主机检修期间进行柴油发电机组的带载试验，柴油发电机组所带负荷通常不少于其额定容量的30%，带载运行时间不少于30 min。机组起动后应密切监视发电机电压、电流、频率以及保安段各开关、各负荷工作

状态，同时注意观察机组的振动和温度情况。停机后环机检查机组的各部件是否有异常情况。需要提醒注意的是，柴油发电机组不宜长时间空载运行，否则会导致气门、进气道、活塞环和活塞顶等部位形成积炭，加剧运动部件磨损，恶化发动机燃烧环境，导致柴油发电机组大修期提前。

3. 常见故障及解决办法

蒲圻电厂二期项目投产以来，柴油发电机组运行过程也遇到过一些故障问题。

(1) 蓄电池导致无法起动

在柴油发电机组系统中，蓄电池占有举足轻重的地位。柴油发电机组起动时，蓄电池供电给直流起动电动机，由直流起动电动机带动柴油发电机组转轴转动，起动完成后，直流起动电动机退出运行。蓄电池在柴油发电机组起动时的最大放电电流超过1 kA，如蓄电池电压下降、容量不足，直流起动电动机转速不够，将不能有效地带动机组转轴转动，柴油机电火困难，造成机组无法起动，这种情况在冬季低温时尤为明显。

蒲圻电厂二期项目投产时，每台柴油发电机组配有一组24 V的起动蓄电池，蓄电池组由4块180 A·h的铅酸蓄电池两两串联再并联组成，蓄电池组配有一台浮充电源安装于控制柜内。柴油发电机组近两年在定期起动试验时曾出现无法起动的情况，维护人员检查后发现蓄电池电压明显低于以往测量值。

分析蓄电池电压和容量下降的原因：一方面是蓄电池随着使用时间的增加，自身内阻变大，呈老化现象；另一方面是柴油发电机组长期处于备用状态，每次定期起动试验时间较短，柴油发电机组本体的直流发电机没有足够时间对机组起动过程中蓄电池所消耗的容量予以补充，加上柴油发电机组所配置的整流电源容量偏小，平时整流电源供给蓄电池的充电电流过小，蓄电池长期充电不足，使得蓄电池容量得不到及时补充。

为解决这个问题，蒲圻电厂对柴油发电机组起动电源进行改造，改造方案如图4所示。每台机组配置两组蓄电池和一个单刀双掷刀开关，每组蓄电池由4块200 A·h的蓄电池两两串联再并联组成，两组蓄电池经单刀双掷刀开关接入柴油发电机组起动电源。拆除原浮充电源，在新安装的每组蓄电池旁单独外挂一台24 V整流电源，输出电流设定在20 A，采用一拖一充电模式，保证蓄电池组可靠充电。运行人员可根据整流电源屏上实时显示的蓄电池组电压和充电电流来选择投切哪组蓄电池。改造后的起动电源从根本上解决了以往起动电源品质不高的问题。

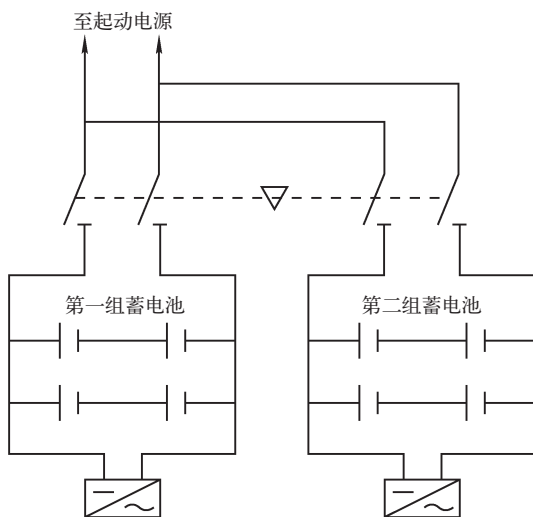


图4 柴油发电机组改造后起动电源回路图

蓄电池的日常检查和定期充放电试验非常重要。日常巡视中应检查蓄电池单体电压值，连线有无松动和腐蚀现象，壳体有无渗漏和变形，极柱与安全阀周围是否有酸雾溢出，绝缘电阻是否下降，蓄电池通风散热是否良好，环境温度是否过高等。由于长期浮充运行使蓄电池内阻增加，容量降低，因此在主机年度检修期间，安排对蓄

电池组进行核对性放电，蓄电池极板有效物质活化，蓄电池容量恢复，使用寿命延长，蓄电池组可延续并保持良好的起动性能。

(2) 低电压继电器导致误起动

柴油发电机组设有超速、润滑油油压低、冷却水水温高、水位低、差动、过负荷、过电压、频率、逆功率和定子接地等保护。以往对这些保护的重视远不及对发变组、线路甚至厂用电保护的重视程度，很少对柴油发电机组的这些保护进行校验。柴油发电机组控制系统中的低电压继电器担负着各保安MCC段母线电压的实时检测作用，当保安MCC段母线电压低至继电器动作值，控制系统发出起动柴油发电机组指令。

锅炉风烟系统某大型风机起动时，柴油发电机组曾出现起动情况，而各保安MCC段均未出现失电压情况，对各低电压继电器进行校验后发现，其中一个低电压继电器的实际动作值与整定值存在偏差，保安MCC段母线电压尚未低至继电器整定值，继电器节点动作。

(3) 冷却液液位开关报液位低故障

柴油发电机组通过安装在冷却水箱上部的液位开关，将冷却液液位情况实时传递至机组控制系统，机组控制系统曾出现过冷却液液位低故障报警情况，检查冷却水箱后发现实际液位尚未低于液位低报警值，检查液位开关后发现，鸭嘴式液位开关尽管在液面以下，但其输出节点未发生变位，确认问题出在该液位开关上，更换该液位开关后，故障报警消失。

柴油发电机组冷却水系统能使机组在备用状态下正常预热，在带载工况下有效散热，保证冷却系统处于良好状态对于柴油发电机组至关重要，柴油发电机组定期起动试验后，应待发动机冷却后认真检查水箱液位以及水箱有无漏水现象，必要时应及时补充。

结束语

柴油发电机组是电厂的生命保障，它的良好状态直接关系到主机设备的运行安全。电厂技术管理人员应充分认识柴油发电机组的重要性，一方面加强自身专业知识的学习，提高业务技能；另一方面加强对柴油发电机组运行维护工作的科学管理，积极发现并消除设备缺陷，以确保柴油发电机组随时处于良好备用运行状态。EA

(收稿日期：2020.06.15)