

[核电]

核电厂厂用公用负荷供电方式的可靠性分析

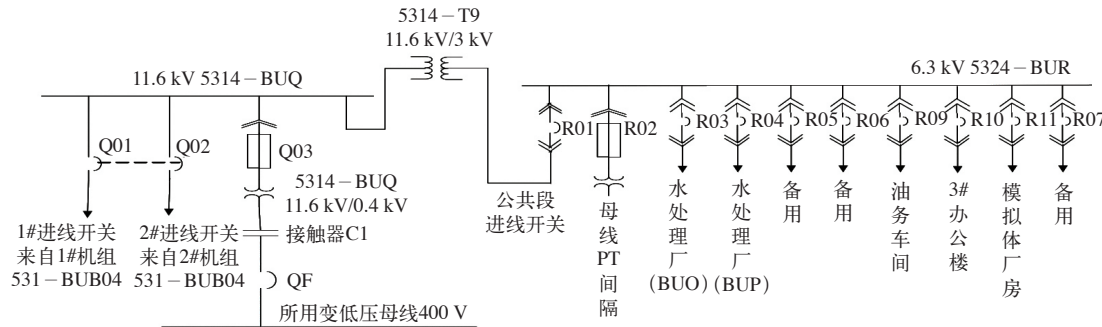
文/中核核电运行管理有限公司 鲁金枝
国核工程有限公司 方福春

多重配置的厂用电供电方式为核电厂核安全级和非核安全级设备提供冗余电源，以保证核电厂厂用电系统的安全可靠性，而核电厂厂用电系统又是核电厂安全可靠运行的必要条件和基本保证。通过某核电厂发生的一起厂用公用负荷停电事件，对该核电厂厂用公用负荷供电方式的科学与合理性进行分析，并对目前的接线形式、运行方式等存在的不足提出改进措施，确保核电厂的安全稳定运行。

发电厂厂用电系统的稳定可靠是发电厂安全稳定运行的基础，电气系统的合理配置和消除系统安全隐患、潜在缺陷是保证系统稳定运行的关键。

某核电厂原厂用负荷如水处理厂、次氯酸钠

和氢气发生站，以及各办公楼等由公用段变电所供电，该变电所原设计由1#、2#机组的11.6 kV开关柜5314-BUB-04各引出一路电源供电，这两台进线断路器之间具有电气和机械联锁，两台断路器之间的操作逻辑为先分后合，如图1所示。



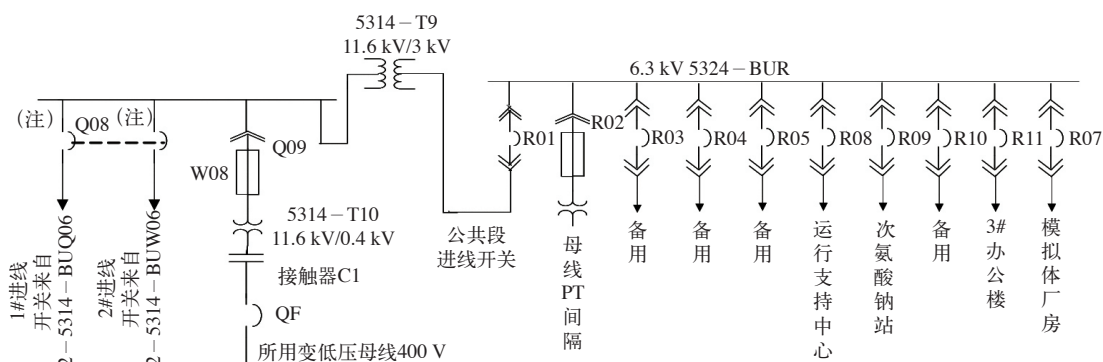
注：两台11.6 kV进线开关5314-BUQ01和BUQ02之间具有电气和机械联锁这两台开关只允许先分后合，严禁并列运行。

图1 原公用段接线图

后因厂内工程建设需要，规划增加新办公楼和专项工程等新的用电负荷，要求提供两路大容量供电电源。由于现有厂内电源系统的配置状况不能满足规划新增项目的用电需求，需要对1#、2#机组厂用电11.6 kV母线进行扩展。

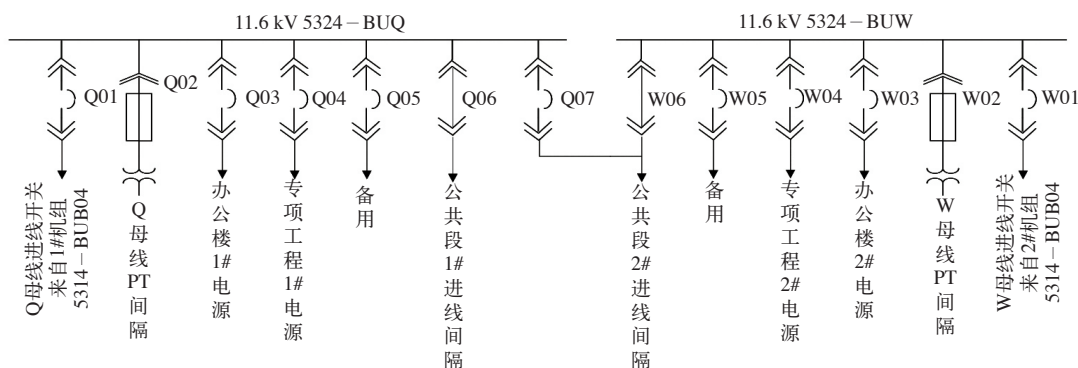
方案新增加两段11.6 kV中压母线2-5314-BUQ和2-5314-BUW，电源使用原6.3 kV公

用段的两路进线开关1-5314-BUB-04和2-5314-BUB-04。公用段则改为由两路新增11.6 kV母线供电，两台进线断路器之间具有电气和机械联锁，两台断路器之间的操作逻辑为先分后合。部分负荷因用电需要也进行了相应的调整，新公用段及新增母线接线如图2、图3所示。



注：两台11.6 kV进线开关5314-BUQ08和BUW08之间具有电气和机械联锁这两台开关只允许先后分合，严禁并列运行。

图2 新公用段接线图



注：Q母线开关、W母线进线开关和母联开关之间存在逻辑联锁，任一时刻只允许最多两个开关处于合闸状态。

图3 新增母线接线图

11.6 kV 母线主要为主办公楼和专项工程等用电负荷供电。干式变压器2-5314-T9通过6.3 kV 公用段进线开关2-5324-BUR-01 馈电至6.3 kV 公用段母线2-5324-BUR。

6.3 kV 公用段母线主要为3#办公楼、模拟体厂房、次氯酸钠箱式变压器、运行支持中心等负荷供电。

11.6 kV/6.3 kV 公用段内的400/220 V交流电源来自所用变2-5314-T10，所用电低压配电装置为箱式变电所的照明、空调、动力和直流屏等提供380/220 V电源。

新增11.6 kV母线由两路电源供电：

1) 一路电源来自1#机组11.6 kV 开关1-5314-BUB-04，经进线开关2-5314-BUQ-01 送电至11.6 kV 母线2-5314-BUQ。

2) 另一路电源来自2#机组11.6 kV 开关2-5314-BUB-04，经进线开关2-5314-BUW-01 送电至11.6 kV 母线2-5314-BUW。11.6 kV 母线2-5314-BUQ和BUW之间有一台母线联络开关。现场三台开关（两台进线开关和一台母线联

络开关）设计了联锁，禁止三台开关同时合闸运行，三台开关只能同时合上两台，防止两段母线非同期运行。

公用段6.3kV母线由两路电源供电：

1) 一路电源来自2-5314-BUQ 公用段1#进线间隔2-5314-BUQ-06，经过公用段内1#进线11.6 kV 开关2-5314-BUQ-08 送至公用段供电变压器2-5314-T9。

2) 另一路电源来自2-5314-BUW 公用段2#进线间隔2-5314-BUW-06，经过公用段内2#进线11.6 kV 开关2-5314-BUW-08 送至公用段供电变压器2-5314-T9。

3) 公用段内2台进线开关2-5314-BUQ-08 和2-5314-BUW-08 之间具有电气和机械联锁。2台开关之间的操作逻辑为先分后合，禁止并列运行。

运行方式

1. 1#机组、2#机组运行

1#机组1-5314-BUB-04 给11.6 kV 母线2-

5314-BUQ供电, 2#机组2-5314-BUB-04给11.6 kV母线2-5314-BUW供电。2-5314-BUW母线上公用段2#进线间隔2-5314-BUW-06在运行状态, 经过公用段2#进线11.6 kV开关2-5314-BUW-08送至公用段供电变压器2-5314-T10。2-5314-BUQ母线上公用段1#进线间隔2-5314-BUW-08送至公用段供电变压器2-5314-T9。2-5314-BUQ母线上公用段1#进线间隔2-5314-BUQ-06和公用段1号进线11.6 kV开关2-5314-BUQ-08均在冷备用状态。

2. 2#机组检修

2#机组大修前将公用段切换至1#机组供电, 2-5324-BUW母线上公用段2#进线间隔2-5314-BUW-06和2-5314-BUW-08置于冷备用状态。2#机组大修结束后将公用段切换至2#机组供电, 恢复正常运行方式。

事件发生

1. 事件

因厂内所有办公楼负荷都由公用段所带, 为不影响工作日厂内工作人员的正常办公, 一般安排在周末两天时间内完成检修任务, 以保证工作日工作人员的正常办公。

按照公用段预防性检修计划, 在2014年11月某个周末安排完成新增公用段、以及原公用段等一系列负荷的检修任务。当检修完成恢复送电时, 因图2中接触器C1故障, 导致2-5324-BUR母线无法送电。以致第二天正常工作时间, 许多办公楼工作人员无法正常工作。因核电厂的特殊性, 此时工作人员无法得知机组运行状况, 若此时出现紧急事件, 将无法应急响应, 不利于机组的安全稳定运行。

2. 存在问题

虽然此次事件经维修人员连夜抢修恢复送电, 没有给生产及机组安全造成很大影响, 但通过本次事件, 并认真查看本系统接线方式, 发现存在有不合理的地方。如在图3中, 当1#机组检修, 公用段2-5324-BUR母线将由2-5324-BUW母线供电时:

(1) 若断路器2-5314-BUW-08故障, 则公用段2-5324-BUR母线将由2-5314-BUQ-07、2-5314-BUW-06、2-5314-BUQ-06和2-5314-BUQ-08供电。

在此种运行方式下, 因没有明显的断开点

(需要断开2-5314-BUW-06和2-5314-BUQ-07), 给检修断路器2-5314-BUW-08带来困难, 且也不满足电气设备隔离措施的要求。

若此时, 母联断路器2-5314-BUQ-07有单独的隔离刀开关, 则检修2-5314-BUW-08断路器就不存在上述问题, 也可保证公用段2-5324-BUR母线能可靠运行。

(2) 若隔离刀2-5314-BUW-06故障, 则公用段2-5324-BUR母线失电。

在修复完成前, 公共段2-5324-BUR母线无法送电, 所带负荷将一直处于失电状态, 即厂内办公楼失电, 将导致厂内人员无法得知机组状况, 不能启动应有的应急响应, 不利于核电机组的安全运行。

此时, 若母联断路器2-5314-BUQ-07有单独的隔离刀开关, 则可保证公用段2-5324-BUR能可靠运行, 也不存在厂内人员无法应急响应的事件。

3. 改进措施

为能保证目前厂用公用负荷的可靠供电, 需要再增加一把隔离刀开关。

后询问当初变更工程师的设计原则: 当初考虑现场设备的安放空间及对称性等问题, 在2-5324-BUW母线段已没有多余的空间再多安装一个柜子, 即没有空间多安装一把隔离刀开关, 只好共用。

查看目前2-5324-BUW母线的负荷布置, 还存在备用间隔。为此, 若解决上述问题, 首先考虑在合适的时间窗口增加一个隔离刀开关的间隔; 其次, 对于2-5324-BUW母线的备用间隔, 若后续2-5324-BUW母线没有再增加负荷的计划, 可考虑将备用间隔改为隔离刀开关所用。

为此, 目前对于维修人员来说, 预防性检修任务应尽量安排在1#机组检修前; 对于运行人员来说, 特别是在1#机组检修时, 应加强对公用段负荷的巡检, 发现任何异常应及时汇报, 将隐患及潜在缺陷及时消除。

结束语

本文通过一起失电事件对厂内公用负荷的接线形式进行了分析, 并对存在不合理的地方提出改进意见, 为以后的变更改造项目提供借鉴, 保证核电厂的安全可靠运行。EA

(收稿日期: 2015.04.16)

(编辑: 白文亭)