

[发电厂]

电厂发变组二次回路检修的研究与实践

文/华能淮阴电厂 周 敏

发变组是发电厂最重要的核心，由于发变组二次回路直接影响发电机组的正常运行，研究发变组二次回路的检修具有十分重要的意义。文章从四个方面着手对发变组二次回路检修工作的关键工艺点进行深入研究，目的是提高发变组二次回路检修的工艺质量。

发电机变压器组由发电机和变压器共同组成（以下简称发变组），发变组二次回路包括发变组保护及其控制回路，对于出线为220 kV电压等级的发电机容量为330 MW的电厂，它包括2套发变组电量保护装置和1套发变组非电量保护装置，发电机电流互感器和电压互感器二次回路，主变压器及高厂变压器电流互感器和电压互感器二次回路，主变压器断路器和隔离开关操作回路，跳闸出口回路，以及离散控制系统（DCS）和远动信号回路等。本文从四个方面着手对发变组二次回路检修工作的关键工艺点进行深入研究。

电缆绝缘检查

在发变组检修中，对于投入运行超过一年的发电机组，考虑到电缆老化、绝缘性能降低的原因，须加强对电缆绝缘的检查，特别是对控制回路电缆和PT、CT二次回路电缆绝缘的检查，以及对于一些重要的开入接点或送至热工逻辑使用的接点，如主汽门位置接点、热工DEH中使用的断路器位置接点等，需重点进行绝缘检查。在检修中，对于电缆的绝缘检查是这样的：对于控制回路，按照一对分闸接点或一对合闸接点来进行，先是检查每根线芯对地绝缘，然后检查线芯之间绝缘情况，最后是将线芯对地放电；对于PT和CT二次回路，绝

缘检查是按照A、B和C三相进行的。先是检查A、B和C三相分别对地绝缘，然后检查AB、BC和CA相间绝缘；对于重要的开入接点或送至热工逻辑使用的接点，也是按照先检查每根线芯对地绝缘，再检查线芯间绝缘这样的步骤进行的，防止对地绝缘低引起直流接地，或是相间绝缘低导致接点粘死现象发生。重要回路电缆绝缘每年必须检查一次，且满足绝缘大于10 MΩ的合格标准。实际在检修中，考虑到机组长周期运行情况，检查电缆绝缘的合格标准达到大于30 MΩ。对于检查出绝缘低的电缆，首先要找出绝缘低的原因：若是电缆头处破皮，需对电缆头周围铜绿进行清理，并重新包扎电缆头；若是端子排积灰，需要用酒精对端子排进行清洁处理；若是电缆本身原因，如电缆沟有腐蚀液体导致电缆损坏，或施工安装时电缆本身有接头，则需立即更换电缆。

发变组保护校验

当发电机或变压器发生故障时，保护装置需要快速、可靠地切除故障点，以确保主设备不被损害，因此定期的保护校验尤为重要。根据检修规程，发变组保护随机组小修进行部分检验，随机组大修进行全部检验。不管在机组大修还是小修中，除了对保护进行检验外，对发变组保护

电流、电压回路进行通流、加压采样是必不可少的，以确保满足采样准确度误差不大于3%的基本要求。部分检验一般采用发变组差动保护等主保护进行，全部检验包括发变组所有的主保护和后备保护（包括非电量保护）。检修后的传动试验是对保护的最后一项检验步骤，需要严格规范。传动试验后不再进行任何检修工作，所有工作均在试验前完成。

在发变组传动试验中，根据《继电保护及安全自动装置验收规范》要求，为防止直流系统不稳定影响保护正确动作，应在80%额定直流电压条件下进行传动。即用试验台对保护装置和控制回路分别提供80%的额定直流电压，然后由保护校验仪模拟保护动作出口进行传动试验。发变组电量保护采用双重化保护配置，因此为了检验各套保护与跳闸连接片及相关一次设备的一一对应关系，在传动试验中，模拟A柜动作于高压侧第一

组跳闸回路，B柜动作于高压侧第二组跳闸回路。用A柜进行保护传动时，需投入出口压板跳高压侧1，合主开关控制电源开关I 4K1；用B柜进行保护传动时，需投入出口压板跳高压侧2，合主开关控制电源开关II 4K2。

风冷箱控制回路检查

对于使用强迫油循环风冷方式的主变压器，通常为每台主变压器设置五组冷却器。每组冷却器的控制箱由安装在其下部装有控制潜油泵和冷却器负荷的热继电器分控箱以及装有主接触器、控制开关和继电器等的总控制箱两部分组成。在每次检修时，需对风扇和潜油泵二次回路进行绝缘检查，防止运行中绕组接地导致风扇跳闸。根据继电保护反措要求，主变压器按负荷起动风冷需由就地端子箱电流继电器实现，而不是发变组保护A、B柜实现，如图1所示。

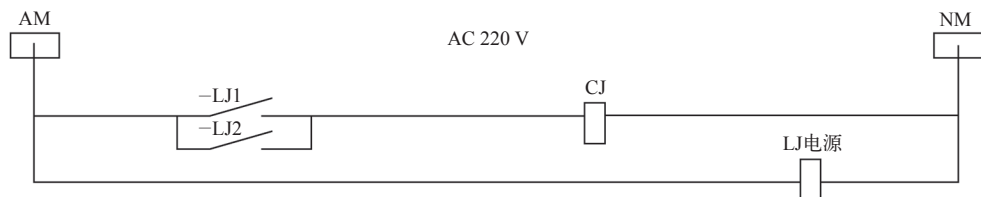


图1 主变压器按负荷起动风冷回路图

由图1可以看出，主变压器按负荷起动风冷，当主变压器高压侧套管电流互感器A相或C相电流达到整定值时，启动电流继电器LJ，再由LJ常开接点启动中间继电器CJ，由CJ常开接点启动风冷辅助冷却器。除了按变压器负荷电流启外，辅助冷却器还可以按变压器顶层油温起动。图2为主变压器辅助冷却器和备用冷却器起动回路图。由图2可以看出，辅助冷却器的起动条件为：当变压器油温达到55℃或以上时，辅助冷却器自动启动，油温降到45℃，辅助冷却器停止运行；或当主变压器高压侧电流大于一定值时，通过电流继电器CJ常开接点闭合，延时继电器KT1延时1s启动辅助冷却器。当运行的工作或辅助冷却器发生故障后停止运行时，为了避免变压器温度超过规定值，负荷受到影响，可通过故障冷却器回路的接触器KM1常闭接点启动备用冷却器K4，使备用冷却器自动投入运行。

每台主变压器冷却器分别设有两路独立电源，对应两组电源的交流接触器KMM1和KMM2。两组电源的联络开关为QM。正常运行

时，两路电源均应正常供电，一路工作一路备用；当工作电源发生故障时，备用电源能够自动投入，两路电源互相备用。正常运行中主变压器冷却装置运行方式为三组运行，一组辅助，一组备用。控制回路应确保在条件满足时自动启动辅助冷却器，工作冷却器或投入运行的辅助冷却器故障跳闸时，备用冷却器启动。

当两路电源同时发生故障跳闸，导致冷却器全停时，冷却器全停接点送至发变组保护C柜。根据DL/T 572—2010《电力变压器运行规程》，强油循环风冷和强油循环水冷变压器，当冷却系统故障切除全部冷却器时，允许带额定负载运行20 min。如20 min后顶层油温尚未达到75℃，则允许上升到75℃，但在这种状态下运行的最长时间不得超过1 h。也就是说冷控失电后，主变压器最短运行时间为20 min，最长运行时间也仅为1 h。所以说，主变压器风冷回路是十分重要的，它直接影响机组安全稳定运行。因此在每次检修中，对风冷回路的试验尤其重要。

一是模拟双电源自动切换回路是否正常：将I

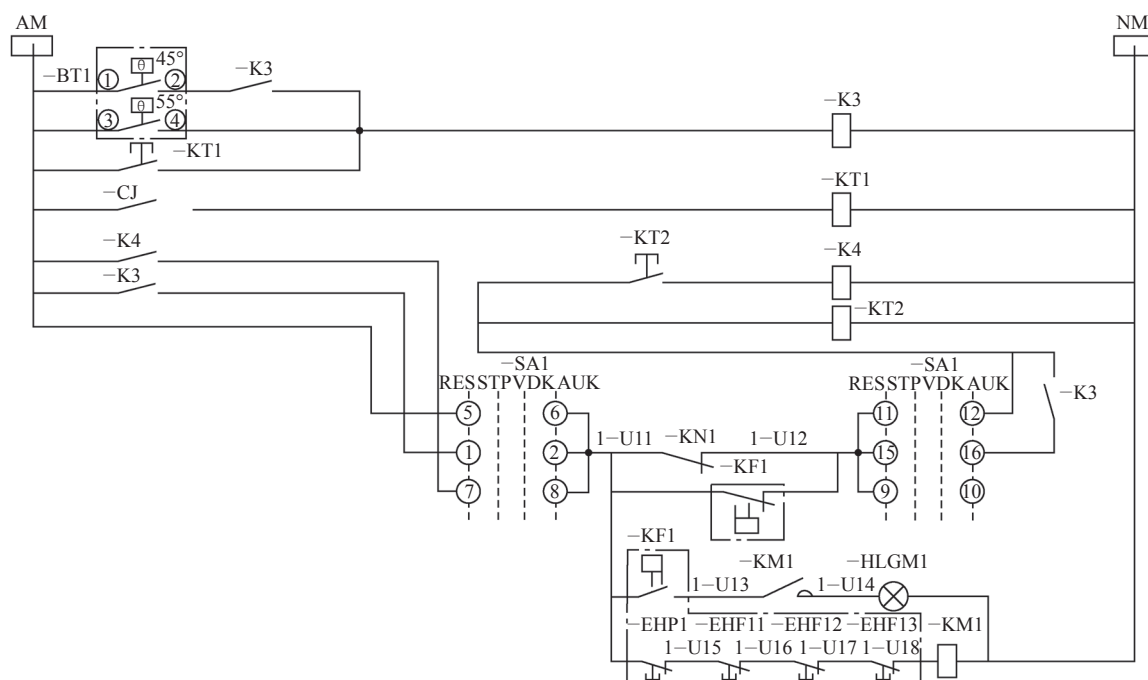


图2 主变压器辅助冷却器和备用冷却器启动回路图

路电源打在“工作”位置，II路电源打在“备用”位置，手动拉开I路电源，看II路电源是否自动投入；反之亦然。二是模拟温度达到55℃以上（同时短接45℃和55℃温度接点），辅助冷却器自动投入；温度低于55℃但高于45℃时（打开55℃温度接点，仍短接45℃温度接点），辅助冷却器继续运行；当温度低于45℃时（将45℃温度接点也打开），辅助冷却器停止运行。三是模拟工作或辅助冷却器跳闸，检查备用冷却器是否能自动投入。

设备环境治理

发变组检修中如发现端子排、接线头和保护压板有积灰，必须用酒精清洁，防止出现爬电导致回路绝缘下降。由于室外端子箱潮气重，线头裸露处容易氧化产生铜绿导致回路绝缘下降，因此氧化的线头必须用砂纸打磨处理。采取清洁措施后，回路绝缘通常会上升。除此之外，空气湿度大及风冷箱内外温差大等原因会使得端子箱出现结露现象，目前已在四台机组主变压器风冷箱

均加装专业除湿器，能自动调节端子箱内温度和湿度，有效遏制端子箱结露发生。同时，对端子箱内加热器加强巡视，及时更换无法正常运行的加热器。

集控操作台的负荷开关和灭磁开关急停按钮在检修中也需重视。由于使用次数少，端子排灰尘较多，接点阻值增大明显，有的高达300Ω，而正常接点阻值才几欧姆。针对这种情况，需利用机组检修机会积极清灰，紧固端子排。对于有卡涩现象的按钮，及时更换，以保证接点阻值和回路绝缘正常。

结束语

本文是作者多年从事电厂发变组二次回路检修工作的总结，从四个方面深入分析提炼发变组二次回路检修的关键工艺点，目的是提高发变组二次回路检修的工艺质量，保障机组安全稳定运行。EA

（收稿日期：2019.05.02）

（编辑：朱金凤）

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告