

火电厂甩负荷未进入 FCB 主要电气设备运行分析

● 杨建清



[摘要] 本论文主要针对火力发电厂甩负荷未进入 FCB 模式的情况下,深入剖析了当时主要电气设备的运行状态。通过研究发电机、高低压开关、变压器等关键电气设备在甩负荷事件中的保护动作、响应特性和异常情况,阐明了甩负荷事件对电气设备的影响。同时提出了优化设计和运行维护电气设备的建议和举措,为火力发电厂在类似工况下的运行安全稳定方面,提供了可靠的理论基础和技术支撑。

[关键词] 火电厂;甩负荷;FCB;电气设备;运行

火电厂在运行过程中,甩负荷事件时有发生,尤其在未进入 FCB 模式时,对主要电气设备的运行稳定性提出了严峻挑战。本文旨在分析火电厂甩负荷未进入 FCB 模式时,主要电气设备的运行状态,探讨如何保障火电厂在类似工况下的安全稳定运行。通过对现有研究的梳理,明确本文的研究目的、意义及方法,为后续分析奠定基础。

Q 火电厂甩负荷未进入 FCB 模式概述

(一)甩负荷概念及原因

1.甩负荷的定义与分类

甩负荷是指电力系统中发电机因各种原因突然失去部分或全部负荷的情况。在火电厂中,这通常意味着汽轮机发电机因外部电网故障、本机电气或汽机系统异常、人为误操作等因素,导致出口开关瞬间断开,发电机瞬间甩掉全部或大部分负荷。甩负荷事件根据负荷甩掉的程度和持续时间,可以分为完全甩负荷和部分甩负荷。完全甩负荷是指发电机出口开关完全断开,发电机失去全部负荷;部分甩负荷则是指发电机仅失去部分负荷,仍保留一定比例的负荷。

2.甩负荷事件的主要原因分析

甩负荷事件的主要原因包括以下几个方面:一是外部电网故障,如输电线路故障、变电站故障等,导致电网与火电厂之间的连接中断。二是火电厂内部电气或汽机系统故障,如发电机励磁系统故障、汽轮机调速系统故障等,导致发电机无法维持正常运行。三是人为误操作,如操作人员误动发电机出口开关、误调整发电机参数等,导致发电机负荷突然变化。此外,还有一些其他因素,如自然灾害、设

备老化等,也可能导致甩负荷事件的发生。

(二)FCB 模式简介

1.FCB 模式的功能与特点

FCB(Fast Cut Back)模式,即快速减负荷模式,是火电厂在发生甩负荷事件时的一种自我保护机制。FCB 模式的主要功能是,在发电机突然甩掉全部或大部分负荷时,迅速降低锅炉出力,实现机组自带厂用电或停机不停炉,从而避免机组的非计划停机。FCB 模式的特点在于其快速响应性和自适应性,能够在极短的时间内对机组进行调整和控制,确保机组在甩负荷事件中的安全稳定运行。

2.FCB 模式在火电厂中的应用场景

FCB 模式在火电厂中的应用场景主要包括以下几个方面:一是电网故障导致发电机与电网解列时,FCB 模式可以迅速降低锅炉出力,维持机组自带厂用电,为电网恢复供电提供支持;二是火电厂内部电气或汽机系统故障导致发电机甩负荷时,FCB 模式可以确保机组在故障期间不停炉,为故障排查和修复提供时间;三是人为误操作导致发电机甩负荷时,FCB 模式可以迅速调整机组状态,避免非计划停机带来的损失。此外,FCB 模式还可以用于机组性能测试、电网稳定性分析等方面。

Q 主要电气设备运行分析

(一)发电机运行分析

1.发电机响应特性

在甩负荷事件中,评估其运行稳定性的关键指标是发电机的动态响应特性。当发电机突然甩掉负荷时,其内部的

电磁场和机械系统就会发生剧烈的变化，从而造成电流、电压、功率等参数的急剧波动。具体而言，发电机电压可能会急剧升高，之后因为励磁系统的调节作用而逐渐恢复到正常数值；电流会因为突然消失的负荷而急剧降低，甚至有减到零的可能；而功率则由于甩掉负荷而迅速减小。这些参数的迅速变化不仅对发电机的设计和制造质量提出了考验，同时也对其控制系统和保护装置提出了严峻的挑战。

2. 发电机保护动作分析

发电机保护装置的配置和工作原理是保证其安全运行的关键所在。发电机保护装置在甩负荷事件中需要具备较快做出反应的能力，并对其采取相应的保护措施。常用的发电机保护装置有过电压保护、过电流保护、欠电压保护、失磁保护等几种形式。通过监测发电机的电压、电流等参数，当参数超过设定阈值时，为了防止设备损坏或事故扩大，保护装置会启动并切断发电机的电源。在甩负荷事件中，由于电压、电流的剧烈波动，发电机保护装置或触发保护动作，此时需要对保护动作的正确性做出快速判断，并对其采取合理的应对措施。

3. 异常情况处理措施

发电机在甩负荷事件中可能会出现一些异常情况，例如电流异常、电压波动过大、功率不平衡等现象。这些异常可能是因控制系统失灵、励磁系统故障、电网失效等多种原因造成的。调节励磁系统的输出电流，可以稳定电压波动过大的情况；电流异常的情况则需要对发电机出口开关、电流互感器等设备进行检查，看其是否处于正常工作状态；对于功率不平衡的情况，则需要检查发电机与电网的连接是否牢固，以及电网的稳定性是否受到影响。在应对这些异常情况时，为保证发电机的安全运行，需快速判断故障原因并采取科学的应对措施。

(二) 变压器运行分析

1. 变压器响应特性

变压器在甩负荷事件中的响应特性同样重要。当发电机甩掉负荷时，变压器的电压、电流等参数也会发生剧烈变化。由于变压器是电力系统中重要的电气设备之一，其运行稳定性直接影响到整个系统的安全性和可靠性。在甩负荷事件中，变压器的电压可能会因负荷的突然消失而升高，导致绝缘材料承受更大的压力；电流则会因负荷的甩掉而减小，但可能因电网的波动而产生瞬时的冲击电流。这些变化都可能对变压器的正常运行产生不利影响。

2. 变压器保护动作分析

变压器保护装置的工作原理和配置具有同等重要的位置。在甩负荷事件中，变压器保护装置必须具备迅速响应并采取相应保护措施的能力。常用的变压器保护装置有：差动保护、电流保护、以及瓦斯保护等。这些保护装置通

过监测变压器的电压、电流等参数以及油箱内的气体压力等状态信息，当参数或状态信息超过设定阈值时，保护装置将启动并切断变压器的电源，以免造成设备损坏或事故扩大的发生。在甩负荷事件当中，由于电压和电流的剧烈波动或油箱内气体发生异常可能会引起变压器保护装置触发保护动作，这就需要迅速对保护动作的正确性做出判断，并且采取科学合理的处理措施。

3. 异常情况处理措施

变压器在甩负荷事件中可能会出现声音异常、油温升高、油位异常等一些变压器不正常的情况。以上异常情况可能由于多种原因引起，例如，绝缘老化、负荷突变、冷却系统失灵等。出现油温升高的情况，需要对冷却系统工作是否正常进行检查，看其是否存在超负荷运转的现象；出现油位异常的情况，则需检查油箱是否存在漏油或油位指示器发生故障；出现声音异常，则需检查变压器内部是否有松动或损坏的部件。在应对这些异常情况时，为保证变压器的安全运行，需要快速判断故障原因并采取相应的应对措施。

(三) 厂用变压器运行分析

厂用变压器作为火电厂内部的重要电气设备之一，其运行稳定性同样重要。在甩负荷事件中，厂用变压器可能会因负荷的突然变化而受到影响。与主变压器相比，厂用变压器通常容量较小、数量较多，且分散在火电厂的各个角落。因此，在甩负荷事件中，需要特别关注厂用变压器的运行状态和异常情况。一旦发现异常情况，需要迅速判断故障原因并采取相应的处理措施，以确保厂用变压器的安全运行和火电厂的正常生产。

(四) 高低压开关运行分析

1. 高低压开关响应特性

高低压开关在甩负荷事件中的响应特性同样重要。当发电机甩掉负荷时，高低压开关需要迅速响应并切断或接通相应的电路。由于高低压开关直接控制着电路的通断，因此其响应速度和可靠性对于保障电力系统的安全性和稳定性至关重要。在甩负荷事件中，高低压开关可能会因电压、电流的剧烈波动而承受更大的压力。此时，需要确保开关的触头、绝缘等部件能够正常工作并承受相应的压力。

2. 高低压开关保护动作分析

高低压开关保护装置的工作原理与配置具有同等重要的作用。在甩负荷事件中，对于高、低压开关保护装置需要达到迅速响应并且采取相应的保护措施。常见的高低压开关保护装置有欠电压保护、过电流保护、接地保护等。这些保护装置会在参数或状态信息超过设定阈值时，通过监测电路的电压、电流等参数和开关的状态信息来启动和切断或接通相应的电路，以防止设备损坏或扩大事故。由于电压电流波动剧烈，高低压开关保护装置可能会在甩负荷事件中

触发保护动作。此时,为保证电力系统的安全运行,需要快速判断保护动作的正确性,并采取相应的应对措施。

3.异常情况处理措施

在甩负荷事件中,高低压开关可能会出现一些异常情况,如触头熔焊、绝缘击穿、操作机构失灵等。这些异常情况可能由多种原因引起,如负荷突变、设备老化、操作不当等。对于触头熔焊的情况,需要检查触头的材料和制造工艺是否符合要求以及负荷是否过大;对于绝缘击穿的情况,需要检查绝缘材料的性能和制造工艺是否符合要求以及电压是否过高;对于操作机构失灵的情况,则需要检查操作机构的机械部件和电气部件是否正常工作以及是否存在松动或损坏的部件。在处理这些异常情况时,需要迅速判断故障原因并采取相应的处理措施,以确保高低压开关的安全运行和电力系统的稳定性。

Q 电气设备优化设计与运行维护建议

(一)设备选型与参数优化

在电力系统中,电气设备的选型和参数设置直接影响到系统的安全性和稳定性。电气设备的响应特性和稳定性在甩负荷事件中尤为重要。因此,在设备选型时,应着重考量甩负荷事件对电气设备的相关要求,选择动态响应特性优异、稳定性强的设备。首先,发电机作为电力系统的核心设备,其选型要以甩负荷事件中的动态响应特性来进行。在选用发电机时,应优先考虑其励磁系统的调节速度、过载能力及故障保护装置的可靠性方面的性能。同时,发电机的参数设置也需进行优化,如调整励磁电流以稳定电压波动,设定合理的功率因数以提高功率因数补偿效果等。其次,变压器作为电力传输和分配的关键设备,其选型应关注其绝缘性能、温升限制以及短路承受能力。在甩负荷事件中,变压器可能会因负荷的突然变化而承受较大的电压和电流冲击。因此,在选型时,应选择具有优良绝缘性能和散热性能的变压器,并合理设置其分接开关的位置以应对电压波动。最后,高低压开关作为电路通断的控制设备,其选型应基于其操作机构的可靠性、触头的耐磨性以及绝缘性能进行。在甩负荷事件中,高低压开关需要迅速响应并切断或接通电路。因此,在选型时,应选择具有快速响应和可靠操作机构的高低压开关,并合理设置其保护参数以提高其故障保护能力。

(二)运行维护措施

需要制定详细的电气设备运行维护计划,以保证电气设备的平稳运行。该计划应包括日常的设备巡视、预防性试验、经常性的检修及故障处理。

首先,电气设备正常运行,常规巡视是根本。巡视人员对设备进行经常性的外观检查、测温、振动监测等,对潜

在的故障隐患要及时发现,及时处理。同时,巡视人员还要注意电压、电流、功率因数等设备的运行状态及参数变化情况,保证在额定范围内运行。其次,电气设备故障的重要预防手段是预防性试验。通过经常性的绝缘电阻测试、耐压测试、局部放电测试等对设备的预防性试验,及时发现设备的绝缘缺陷及潜在故障,从而采取相应的处理措施避免事故的发生。最后,定期检修也是确保电气设备稳定运行的关键。在检修过程中,应对设备的机械部件、电气部件以及控制系统进行全面检查和维护,修复或更换损坏的部件,确保设备的正常运行。

(三)预防性措施

为了应对甩负荷事件对电气设备的影响,需要提前制定应急预案并加强人员培训与演练。首先,应急预案的制定应基于甩负荷事件的实际情况和电气设备的特性进行。预案中应明确甩负荷事件的判断标准、应急响应流程、故障处理措施以及人员分工等内容。同时,应急预案还应定期进行演练和评估,以确保其有效性和可操作性。其次,提升突发事件响应能力的一条重要的途径是人员训练与演练。通过组织定期的培训课程和实践演练,可以提高人员的安全意识、操作技能以及应急处理能力。在演练过程中,可以模拟甩负荷事件的实际场景,让人员熟悉应急预案的流程和操作要求,提高其在紧急情况下的应对能力。

Q 结束语

本文通过对火电厂甩负荷未进入FCB模式时主要电气设备的运行分析,提出了设备优化设计与运行维护建议。未来研究可在此基础上,进一步深化电气设备在甩负荷事件中的运行特性,为火电厂的安全稳定运行提供更为全面的理论支持。

参考文献

- [1]翟鹏霄,樊雅青,纪现凯.发电厂电气设备的运行效率优化策略[J].集成电路应用,2022,39(09):134-135.
- [2]程杉,尚冬冬,代江,等.考虑需求侧响应的电气设备调度混合分散式优化[J].工程科学与技术,2021,53(06):235-243.
- [3]律方成,牛雷雷,王胜辉,等.基于优化YOLOv4的主要电气设备智能检测及调参策略[J].电工技术学报,2021,36(22):4837-4848.
- [4]宋学平,安静,孟昊,等.浮船式取水泵站电气设备布置的优化设计[J].吉林水利,2021(10):28-32,46.

作者简介:

杨建清(1968—),男,汉族,安徽芜湖人,本科,高级工程师,中国能源建设集团安徽电力建设第二工程有限公司,研究方向:电力工程施工。