

风电机组短路故障问题与安全应对方法

岳文豪

新疆龙源风力发电有限公司

[摘要] 为了提升风电机组应用质量, 要着重处理机组短路故障问题, 明确机理和危害的同时, 打造更加可控规范的控制机制, 实现经济效益和安全效益的和谐统一。本文分析了风电机组短路故障问题, 并从安全电器参数整定、增加无保护区、强化安全电器运行维护质量等方面整合安全应对方法。

[关键词] 风电机组; 短路故障; 安全应对

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.09.1548

随着风电机组项目的全面发展, 其运行工况也受到了广泛关注, 要对电弧短路或者是电弧短路与金属短路同时发生等情况予以重视, 展开更加系统化的控制方案, 为风电行业全面发展予以支持。

一、风电机组短路故障问题

对于风电机组而言, 短路是较为严重的电气系统故障工况, 常见的是金属性短路和电弧短路, 而目前风电机组会依据智能断路器和熔断器保护系统评估短路情况, 并完成快速切断短路电流的方式, 确保整定数值和风电机组运行特性相匹配。

(一) 计算短路电流

1、计算风电机组金属性短路电流

在系统短路故障出现后, 电网侧容量一般记为无限大,

忽略较短导线的阻抗数值, 按照 $I_{SC} = \frac{S_n \times 100}{\sqrt{3} \times U_e \times U_k\%}$ 进行计算,

其中, S_n 表示的是箱式变压器额定容量、 U_e 表示的是箱式变压器低压侧额定电压、 $U_k\%$ 表示的是箱式变压器短路阻抗百分比。结合风电机组的相关参数, 就能评估短路电流的具体数值, 一旦短路故障在机舱内发生, 因为机舱会利用电缆和塔基连接模式, 所以, 要综合考量电缆阻抗数值, 配合ETAP电气模型完成计算分析^[1]。

2. 极短风电机组电弧短路电流

结合风场实际参数建立对应电气分析工作, 选取适配的电弧部位, 判定电气间隙的实际参数, 电压取值为典型数值, AC690V, 计算获得的典型电弧短路电流则为16.5kA。为了有效进行对应的处理工作, 就要验证电弧短路电流。主要是借助风电机组故障时记录的相关数据和波形, 这种模式与计算机舱发生短路时接入系统等效阻抗的方式相类似, 及时对接头阻抗, 并分析研究电网、高压侧线路、高压侧熔断器等信息, 确保能仿真计算出短路电流数值。具体风电场等效电路原理见图1。

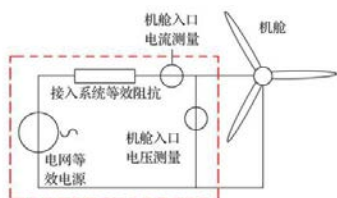


图1 风电场等效原理

(二) 电弧短路危害

在明确电弧电路情况的基础上, 分析风电机组中机舱电器柜内最容易出现电弧短路的位置。

第一, 影响电柜门, 低压系统中出现电弧短路, 此时, 空气会出现立即电离的情况, 形成等离子体, 在5ms以后, 电弧结构的周围就会出现急剧升高的气体压力。而在15ms以后, 气体的压力参数达到峰值, 并且在相对密封的电气柜环境中形成相应的稳定气压, 约为2bar到3bar。需要注意的是, 电弧短路最常发生的位置对应的电柜门面积约为0.5m²。依据2bar电压进行后续计算, 若是出现电弧短路, 则柜门位置会产生10kN以上作用力, 一旦泄弧门和特殊防护处理没有到位, 电气柜门就会敞开, 产生安全隐患。

第二, 影响可燃部件。在常出现电路短路情况的PVC包裹区域, 绝缘板和电弧中心的距离一般在55mm以内, 电弧短路时间则要结合机组电气保护的实际行动时间予以判定。假设为240ms, 就能计算出U型可燃材料产生的对应能量, 此时, 也能分析出PVC最低电弧耐受能力和极限耐受能力。另外, 透明绝缘板的基本作用就是避免异物接触带电母排, 电弧产生的能量一旦达到了PVC材料的耐受最低要求, 就基本不会发生燃烧问题^[2]。

第三, 影响机舱罩, 在整个风电机组结构中, 机舱罩一般距离电弧中心约为450mm, 柜门若是敞开, 机舱罩会直接面对电弧结构, 而多数机舱罩主要采取的是玻璃纤维增强树脂材料, 属于热固性聚酯, 其实际的电弧耐受能量在22Cal/cm²左右, 电弧在240ms以内一般无法直接引燃整个机舱罩。

除此之外, 不同的短路时间也会对整个系统产生不同程度的影响。在短路时间为200ms时, 可燃材料处于安全应用状态, 而在时间达到300ms时, 可燃物件也会处于临界引燃点, 而在500ms时, 机舱罩和柜门等可燃材料处于安全状态。因此, 前文假设的短路时间240ms状态下, 部件损坏较为严重, 要进行全部更换处理。

二、风电机组电气安全保护区划分

在风电机组电气安全控制体系中, 要依据实际情况完成安全保护区的区分处理, 从而维持整体应用控制效果。

第一, 空间层面无保护区。依据安装空间的实际情况, 风电机组电气柜的布局非常紧凑, 这就使得柜内的一些电气间隙不足20mm, AC熔断器的标准长度仅仅为50mm^[3]。正是因

为电弧作用半径短,就使得熔断器自身缺陷或者是异物侵入引发的电弧短路问题在熔断器保护区域内,依旧造成前端电弧短路,甚至造成短路故障问题直接进入到主断路器的保护区域。与此同时,有限空间范围内,主电路母排电气间隙约为50mm,电弧作用半径范围内使得发电机连接的母排结构出现电弧短路。

第二,时间层面无保护区。多数兆瓦级风电机组在常规化运行环境中会采取电子式智能断路器,并且,断路器分为4个基础曲线结构,每段都要借助独立算法完成计算,而电流和延迟时间均能满足设定数值条件完成跳闸。也就是说,故障电流幅值在固定范围内有较大波动,使得保护曲线在延迟时间范围内需要多次清零或者是重新计算时间,必然会存在较为明显的保护时间延迟现象。另外,断路器是较为复杂的机械电子设备结构,失效概率参数常见,在高压侧安全电气完成后保护操作后,低压侧电气故障会造成高压侧动作延迟,时间约为200ms,都会造成电气保护不足^[4]。

三、风电机组短路故障安全应对方法

在全面分析风电机组短路故障问题情况后,就要结合实际内容落实更加科学合理的控制措施,确保及时应对故障现象,提升风电机组应用效能。

(一) 整定安全电器参数

风电机组常规化运行环境中,电气安全保护设计主要集中在安全电器保护参数计算整定工作方面,以保证能依据计算结果和数据完成选型处理,并进一步提升机组工作管理效果,将相关参数维持在电气安全边界范围内,减少电气火灾产生。

1. 断路器整定值

在电弧短路出现后,要在8个半波周期内完成电路的处理。而在我国电网公司十八项电网重大反事故要求体系中,针对发生电气短路问题的断路器,要在60ms时间内有效完成电路的切断控制,一般推荐的切断时间要低于50ms。正是因为断路器发生短路的电流数值会受到多元因素的影响,所以,在实际整定计算分析过程中,要从可靠性折算角度分析,充分关注机组运行的电路结构以及风电场最小短路容量,真正意义上评估短路问题对电网电压产生的影响,从而确保处理效果满足标准^[5]。比如,A型机组中,计算的最小短路电流理论数值是16.5kA,断路器测量误差约为15%,则可靠性折算后约为14.3kA。智能断路器的最小短路电流若是设置14.3kA,则一旦电路出现短路故障,断路器就能实现70ms内完成电路的切断,为整定效果的优化予以支持。

2. 优选高压侧熔断器

机械电子装置的应用能配合智能技术及时进行线路的处理,并且,在使用周期范围内提升可靠性,为了发挥相应设备的应用优势,就要结合实际标准完成选型优化工作。

(二) 增设无保护区辅助保护功能

为了提升保护区应用管理控制的合理性和规范性,就

要匹配具体的安全电气保护处理机制。

第一,合理化增加泄弧口,受到空间情况的限制,有限空间距离范围内最常出现的就是机舱罩或者是油脂泄漏,因此,要依据设计标准和应用情况优化泄弧口的处理,在电弧短路发生后,避免电气柜内结构出现较大的变化,保证电路短路故障能集中在电气柜内部,减少对周围的影响,最大程度上提高处理的效果和及时性^[6]。

第二,在无保护区铺设防火布,并且保证其厚度参数能满足应用要求,着重提升区域性安全管理控制效果,最大程度上限制电弧结构产生的危害,提高无保护区辅助保护效果。

(三) 强化运行维护力度

在整个风电机组运行过程中,熔断器作为静止性设施,其基本工作内容都会按照物理规则依次开展,在正规化选型基础上,熔断器产生的保护效能能达到99%以上,尽管如此,依旧需要相关人员定期对其运行情况进行检查分析,保证电气连接紧固效果满足标准,并且确保无积尘、无异物。

另外,要依据电力系统具体规定内容和要求,对电器进行运行维护管理,维持常态化监督控制的合理性和规范性,并且及时更换失效的零部件,为短路故障状态下安全电器的应用效果提供支持^[7]。

结束语

总而言之,风电机组运行安全管理工作具有重要的实践意义,要整合具体工作内容,按照标准化流程完成短路故障分析工作,并针对可能存在的问题落实相应的处理方案,提升保护区管理水平,利用常态化运行维护管理及时发现问题并纠正,为风电机组规范化运行奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 李水冰. 探究风电机组短路故障及安全应对措施[J]. 科学与财富, 2019(27): 48.
- [2] 盛万兴, 马静, 张瑜, 等. 基于故障等值网络的双馈风电机组三相短路电流计算方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(1): 7-14.
- [3] 王友深. 风电机组短路故障及应对策略研究[J]. 电力系统装备, 2019(10): 129-130.
- [4] 张元林, 赵燕峰, 郭锐, 等. 风电机组短路故障与安全保护对策[J]. 大功率变流技术, 2019(1): 43-48.
- [5] 陈伟伟, 吕盼, 张增强, 等. 计及LVRT控制的直驱风电机组三相短路故障特性研究[J]. 四川电力技术, 2018, 41(3): 31-37.
- [6] 于雪雪. 风电机组短路故障特性及其对继电保护的影响研究[D]. 湖北: 三峡大学, 2017.
- [7] 韩刚, 张琛, 蔡旭. 电网短路故障引发的全功率风电机组频率失稳机理与控制方法[J]. 电工技术学报, 2018, 33(10): 2167-2175.