

双馈异步发电机定子匝间短路故障诊断研究

宋鲁锋

中广核(枣庄)风力发电有限公司 山东 枣庄 277299

摘要:近年来,由于新能源技术蓬勃发展以及国家提倡碳达峰、碳中和口号的提倡。中国的风力发电获得爆棚式的发展,目前风力发电机主要使用二类发电机:永磁体材料同步发电机和双馈异步发电机。由于双馈异步风力发电机具有完整的滑差控制系统、功率输出饱满、投资较小、维护简便的优势。双馈异步风力发电机的应用也越来越广泛,其结构主要由转子、定子、轴承所、滑环等组成。因为双馈式风力发电机的输出电压面临着不平衡的问题,所以通过设计为双馈型异步风力发电机提出了多回路模型,这样就能够随着时间的变化测算出双馈异步风力发电机所要求的电力容量。

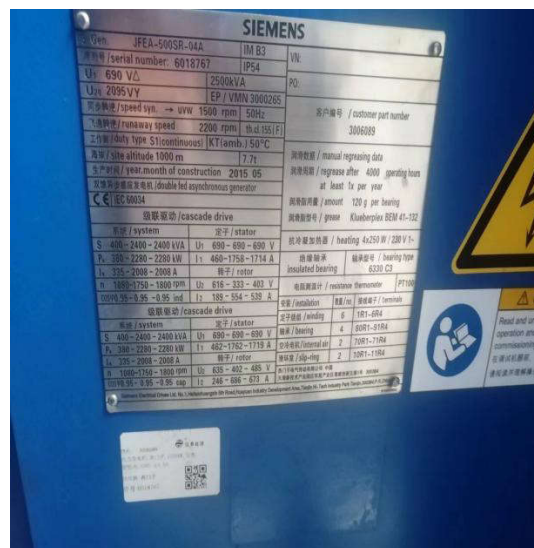
关键词:双馈绕线式发电机;转子绕组;匝间短路

引言:虽然双馈发电机以其价格优势在风力发电行业中的应用较为普遍,但因为其运行环境复杂多变,而风力发电行业中通常对发电机的现场监控和故障诊断方面的工艺都不够重视,所以双馈风力发电机也很易发生各种事故。根据统计,定子绕组事故大约占全部双馈型风力发电机电气事故的百分之三十七以上,主要包括匝间故障、相间短路和相对地故障。其中,因为相邻的导线匝之间绝缘损坏,而导致不同匝线圈发生交叉故障而导致的匝间事

故,由于其不易发觉而危害程度较大。由于在定子及绕组的导线内产生了高温环流,引起温度增高,从而破坏绕绝系统,也因此可能引起更多匝线圈的短路,亦或者引起相间短路以及相对的短路。所以,通过对双馈风力发电机定子及绕组匝间的故障问题开展深入研究,可以获得事故特征信息,对有利于防止和早期发现问题,并及时给出处理措施,有着重大价值。



双馈发电机如图一所示



双馈发电机名牌如图二所示

1 双馈绕线式发电机概述

1.1 双馈绕线式发电机优缺点

产品特征:双馈发电机(Doubly—Fed Induction Generator, 简称DFIG)最初的概念来自于—位英国专家,他在自级联异步电机的基础上发明出来的。它在结构上与绕制的同步电机比较重要,但由于其转子和定子两个

部分之间都有同时馈入或馈出的电能(不通顺),故得类似,又称为“双馈”,但由于双馈的发电机都是利用通过定子来产生的磁能,所以,双馈式发电机又被形象的叫做交换励磁发电机。双馈型发电机的内部通常都是包括了转子、定子和气隙三部分的。在双馈型电机定子的铁心上,均匀的遍布了同形的凹槽,它的主要功能是

通过嵌入定子绕组,使通过定子的三相电流可以形成旋转磁场,同理,在定子上也可嵌入由绝缘电缆所组成的三相绕组,从定子上引出的三相线先连到位于转臂上的集电环上,然后再通过电容膜引出。通常情况下,定子可以直接到工频电网上,而副定子则经过转换器直接链接在电网上,也可以作为定子的交换或励磁用^[1]。

主要缺点:大容量异步发电机需要和同步发电机串联工作或并联供电工作,由同步发电机或电网供给自身需要的励磁无功,所以异步发电机是电网的无功负载。虽然从理论上来看,异步发电机也能够使用电容器孤立地工作于自激态,但是在这种工作状况下,发电机的调压功能较弱,并且一旦发电机超过了临界压力,就会造成控制系统的崩溃。异步发电机的励磁通常可由同步发电机,或者电网的静态电容器完成^[2]。具体的励磁供给方法根据发电厂特性和系统工作要求确定。它也会对发电厂的设备产生良好的经济效益。

1.2 双馈绕线式发电机系统

双馈电机和一般的卷线体感应电器很相似,所使用的发电机一般都是定子双馈发电机,定子绕组和电网直接相通,而定子的电压则是由电力变频器所供出的,频率、幅度、相位和相序均可变化的三相低频励磁电压。不管速度出现了什么样的改变,当定子的转速发生变化之后,就可以利用电机控制定子的励磁电流频率从而改变定子磁势的旋转速率,并且和定子磁势有关的定子输出电流的速度也一直都是相同的,同时定子感应电势的速率也一直达到了的要求水平,而在速度也达到了要求的水平时(以二对极电机为例,需要大于1500rad)才能直接从定子上的切割磁力线,又或是可以通过双向自动化电源直接向电网馈电。在整个发电过程中,都是能够实现变速与恒频控制的。而此种型式的发电机也正是因为能够通过调节发电机滑差频率的调节,而完成对汽轮机的双馈调速^[3]。而且由于其运行过程是在汽轮机的定子上进行的,因此系统也比较易于使用和调整。这种采用交流或励磁双馈发电机的管理方法除能够实现变速恒频管理,减少了电源变频器的作用范围之外,还可控制励磁电流的相位,从而实现了通过控制功率角使发电机平稳运行的目的,从而还能获得更多无功功率管理,完成了整个供电系统的无功功率控制管理工作,从而克服了电源中负载电流过大的现象,因而改善了电力的质量、电能效益和安全性^[4]。缺点是,交流励磁发电机中还具有滑环和电容膜,且手刷与滑环之间的轴承若损坏将降低发电机的寿命,因此必须定期维修,但这种风力发电机的设计现已商业化,可制造出MW型风力发电系统。

双馈式异步发电机的基本原理:是依靠牙轮将风能转换为电机转矩,再通过电机传动链,当通过齿轮盒增加至异步发电机转速时,再依靠励磁变流器励磁而将发电机的定子功率并入电网。一旦超过与汽轮机的相同转速,则定子就达到了发电功率,由变流机直接向电网馈电。而双馈汽轮机正是利用将叶片经齿轮箱变速,带动以获得定子侧同样的工频,同时当超同步转速时,定子侧还能同步产生相同输入电流,因此达到了最高的风能效益^[5]。

2 多回路理论建立电机模型

在构建双馈异步风力发电机数学模型的过程中,其建立发电机的思路就是根据定子的绕组和转子的绕组内部的实际电路完成对双馈异步风力发电机的电压和磁链的选择。在进行双馈异步风力发电机运用多回路理论进行试验的过程中,必须对双馈异步风力发电机的回路参数进行测算,也就是必须对所有双馈异步风力发电机的每一条导线的参数进行运算,而在对所有双馈异步风力发电机导线的参数进行运算的过程中,也可以选择所有双馈异步风力发电机中的一个导线开始进行电路参数的运算,得到双馈异步风力发电机中每个线圈电路参数的情况下,就必须根据双馈异步风力发电机中各个电路实际的构成状况,从而可以完成对双馈异步风力发电机中线圈电路参数的统计工作,也可以从一定意义上提高对双馈异步风力发电机线圈中的数据资料的精度。在对双馈异步风力发电机实现工作的过程中,对双馈异步风力发电机中的定子与转子之间是由相对运动的,在对双馈异步风力发电机中的互相感应运动是随着时间而改变的,这样就可通过时间的改变测算出对双馈异步风力发电机工作所要求的最大电力容量^[6]。在对双馈异步风力发电机形成多电源回路模式的过程中,要根据双馈异步风力发电机运用的实际状况加以调研分析。对双馈异步风力发电机中的定子绕组进行实验的过程中,而对于定子绕组每一条相串联支路的数量是二,而对于每一个相串联支路线圈的数量是六个,这就解释了在双馈异步风力发电机中支路的数量为6条;如对双馈异步风力发电机中的定子进行试验的过程中,而对定子绕组每一条相串联支路的数量均为一,而对每一个相串联支路线圈的数量则为八条,这就表示出在双馈异步风力发电机中,支路的数量均为三条。四故障对发电机在不同运转情况的气隙产生磁密的谐波,分析定子匝间短接故障选取短路度小于百分之之一的情况^[7]。在电网三相电压不平衡情况下,取电流的不平衡率达百分之六点一,最低电压穿越工况的电流下降达百分之二十三,导致发电机气隙内电

流磁密曲线出现了严重失真，为便于研究。

3 风电场电压升高原因

3.1 风电场本身产生的电压上升

在电网一般状况下，风电场也可以因为劳而无功电压调节能量不够、电容器投切不良、错误运行等产生电压骤升。电网正常工作下，负荷的突然变动会导致风电场电压的上升。据统计风电场三十五kV母线基本采取经小电流接地或直接接地运行方法，如果某条集导线发生单相接地也不发生电压上升的问题。同样是两相之间接地发生的非故障相电压。因此可见，由于风电场压力的骤升问题普遍存在，因此研究双馈风机的HVRT特性对于整个风能装置的平稳运转，作用重大^[8]。

3.2 多回路理论建立电机模型

在建立双馈异步风力发电机数学模型的方法中，其建立发电机的基本方法就是通过比较定子的变压器和转子的变压器之间的实际线路，进行了双馈异步风力发电机的绕组和磁链的确定。在进行对双馈异步风力发电机采用多回路技术进行实验研究的过程中，还需要对双馈异步风力发电机的回路数据进行统计分析，这可以从一定意义上提升对双馈异步风力发电机线圈回路参数数据的准确性^[9]。

在双馈异步风力发电机的实际运行的过程中，因为双馈异步风力发电机中的定子和转子间是有相对运动的，而由于定子和转子磁场存在也是由相对运动引起的，所以这对双馈异步风力发电机间的互相反应也是随着时间而变化的，这就可以利用时间的变化计算出双馈异步风力发电机所需要的最大电力容量。在对双馈或非同步风力发电机建立多电源回路模型的过程中，还必须根据双馈或异步风力发电机运行的实际情况，进行理论探索。在电网三相电压的不平衡状态下，可取电流密度的最大不平衡度至百分之六，低电压时穿越工况的电流下降至百分之二十三，导致发电机气隙内电流磁密曲线出现了严重失真，便于进一步研究^[10]。

结语

综上所述，双馈型风力发电机在实现正常工作的同

时，其谐波驱动电流的变化并不会因为定子电流和转子电流的改变而做出相应的改变，但一旦发电机在实现正常工作时发生了匝间故障的情况，则会出现匝数数量下降的情况，就会出现匝数数量下降的情况，其中的电动势也就产生不均匀的情况，在对双馈异步风力发电机采用多电源的技术进行试验的过程中，必须对双馈异步风力发电机的输出电路数据加以测算。

参考文献

- [1]王伟,李可人,王亚娟.大型汽轮发电机定子端部复合材料大锥环的设计与制造[J].内燃机与配件,2019(05):189-190.
- [2]何孔德,何雪辉,陈志超,方子帆,谢旭光.海上风力发电机浮式基础稳定性研究[J].内燃机与配件,2019(03):198-202.
- [3]河海大学.一种诊断双馈异步风力发电机定子匝间短路故障的方法:中国,CN201810038587.3[P].2018-06-15.
- [4]王旭红,陈艳,彭建春.在线监测电机定子绕组匝间短路故障的新方法[J].高电压技术,2003,29(1):28-30.
- [5]俞胜,仇新宏,李哲,等.基于负序电压分布的发电机定子匝间短路保护[J].电力自动化设备,2010,30(9):72-74.
- [6]方红伟,夏长亮,修杰.定子绕组匝间短路时发电机电磁转矩分析[J].中国电机工程学报,2007,27(15):83-87.
- [7]方红伟,夏长亮,李国平.同步发电机定子绕组匝间短路下电磁转矩和振动分析[J].天津大学学报,2009,40(4):322-326.
- [8]万书亭,李和明,许兆凤,等.定子绕组匝间短路对发电机振动特性的影响[J].中国电机工程学报,2004,24(4):161-165.
- [9]夏长亮,金雪峰,方红伟,等.基于R/S分析和小波变化的同步发电机定子绕组匝间短路故障分析[J].电工技术学报,2006,21(6):101-105.
- [10]何玉灵,万书亭,唐贵基,等.定子匝间短路对发电机并联支路环流特性的影响[J].电机与控制学报,2013,17(3):1-7.