

风力发电专用低压万能式断路器研发探讨

近些年来风力发电装置在运行的过程中,经常有触头系统软连接烧毁以及过电流保护误动作的情况出现,并且风电系统中的断路器没有较好的冷却和散热条件,线路容易老化,且容易受到腐蚀。对风电专用断路器当前的社会发展现状进行了简单介绍,并对其电性能特点进行了分析,然后讨论了风电专用低压万能式断路器的使用环境特性,并提出了加强风电专用断路器产品研发的建议,对促进我国风力发电的发展具有重要意义。

李子琦¹ 张森林² 刘超¹/1.浙江天正电气股份有限公司 2.温州艾科电器科技有限公司

0 引言

我国近些年来加大了对清洁能源的开发力度,风力发电作为环保绿色能源之一也得到了快速发展,国内制造风力发电装置的企业也在大量地增加。虽然当前的风电装置制造设备比较先进,能够满足风电装置的制造需求,但是配置的保护电器仅仅对低压万能式断路器进行了细微改动,比如在使用之前适当降容。由于研究风电供电系统的深度不够,且没有进行根本性的改动,从而导致万能式断路器在使用过程中常常出现烧毁的情况^[1]。随着近些年来不断深入研究,人们开始发现风力发电运行环境具备一定的特殊性,与传统陆地使用的万能式断路器相比,风力发电系统中的万能式断路器有很大差异。为了在风电成套装置中更好地应用低压万能式断路器,需要对当前的产品进行充分的改进和完善,衍生出风电专用

低压万能式断路器(简称“风电专用断路器”),保证风电供电系统的安全可靠运行。

1 分析风电专用断路器的当前发展情况

近些年来随着我国经济不断地快速发展,国家越来越重视对新能源的开发和利用。绿色、环保能源政策的不断推进,进一步地加快了国内风力发电装置的制造。由于在运行过程中烧毁触头系统软连接以及过电流保护误动作的情况频繁发生,相关企业开始针对风力发电的特点,研究出了风电专用断路器^[2]。江苏省某公司通过研究风力发电的特性,创造出了可以在低、中、高速永磁风力发电系统中进行应用的断路器,称为CW3F宽频型万能式断路器。还推出了CW3R-1600增强版的万能式断路器,它能够在多电源配电网、新能源配电系统、部分电源的并网操作和保护等方面进行应用。CW3R-1600的主要性能如下表所示。

表 CW3R-1600的主要性能

额定电流 I_n /A (50/60 Hz)		200/400/630/800/1 000/1 250/1 600
I_{cu} /kA	AC 400 V	65
(有效值)	AC 690 V	50
I_{cs} /kA	AC 400 V	55
(有效值)	AC 690 V	42
I_{cw} /kA	AC 400 V/690 V	35
(1 s)		
机械寿命/次		30 000 (免维护)
电气寿命/次		15 000/1 000 ($I_n=1 600$ A)
智能控制	报警	短路短延时、过载长延时和接地保护等
器功能	维护	触头磨损当量、附件检测和脱漏记录等
	测量	电压、电流、频率和功率等



李子琦/工程师

关键词/Keywords

风力发电·
万能式断路器·
建议·

2 风电专用断路器的使用环境特性分析

与普通的用电环境相比,风力发电设备所在的环境要恶劣得多,尤其是海上的风力发电装置,海面上的油雾、潮气、霉雾和盐雾等常常会影响风力发电,所以风电专用断路器在设计时一定要充分考虑装置使用环境的特性。

1) 国内除了东南部沿海发达地区以外,很多地方依然面临着缺电、缺水等问题,在我国的西北高原地带,海拔基本上都是在2 000 m以上,有的地区海拔甚至达到了5 000 m。这种环境会导致断路器温度升高,对断路器的冷却和散热有着较大的影响。

2) 断路器能够正常运行的温度在 $-45\sim 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间。所以风电专用断路器一定要能够满足风力发电环境要求,从而保证断路器在安装结束以后能够成功开启并运行。对于风电专用断路器的材料和润滑剂也应该充分考虑此因素。

3) 在风场时风电成套装置的温度极容易发生较大的变化,特别是海上的风电场变化更大,温度发生较大的差异性变化会导致电器装置发生较大程度的热胀冷缩变化,从而使材料的老化速度加快^[3]。在绝缘材料的选择上,要保证材料能够承受 $-70\sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度。

4) 为了更好地适应海上风力发电环境,产品的设计需要满足防腐要求,对于通过弱电来进行控制的电路,一定要保证辅助触头接触的可靠性。

3 风电专用断路器性能特性分析

通常情况下,断路器的额定电压设置为690 V,而风电专用断路器的额定工作电压有 $+20\%$ 左右的波动,可以达到1 000 V。所以,风电专用断路器的额定工作电压应该是900 V或者1 000 V。

风力发电机电源的输出频率是不断波动的,尤其是直驱式的风力发电机,输出的电源频率在 $10\sim 200\text{ Hz}$ 之间,有时甚至低于 10 Hz ,输出电源的频率波动对断路器的性能有着较大的影响。

风力发电在通过变频器后输出的电源频率为 $50\text{ Hz}/60\text{ Hz}$,然后会与公用的大电网进行并网,而并网的保护断路器其操作次数有时能超过 20次/h ,已经

超过了相关规定的标准限值。

断路器一般都会配备智能控制器,当断路器发生故障跳闸时,不但将发生的故障类型向维护人员进行传输,同时能够将控制器的执行元件锁在分闸处^[4]。维护人员再将故障消除并进行复位操作,才可以让断路器合闸。

当风力发电装置中出现一些比较细微的故障时,比如短时电流冲击以及欠电压等都会引起断路器跳闸的情况发生。而在断路器合闸之后,已经没有故障显示,但是相关维护人员仍然需要对智能控制器进行复位操作^[5]。对于风电专用断路器,尤其是用于海上风力发电装置中的风电专用断路器,如果智能控制器具备远程复位功能,不但能够方便维护人员的操作,并且可以达到快速供电的效果。

4 风电专用断路器的产品研发建议

随着国内不断增加的风电装机容量,使得相适应风电专用断路器的需求不断增加,根据不完全统计,国外ABB公司生产的低压万能式断路器更受市场的欢迎,市场的占有率一直很高。国内的企业需要不断地深入研究风电使用环境特性,以便提升和完善自身产品的性能^[6],具体可以从以下几点着手。

(1) 实验条件要能够满足要求

由于风力发电的电源频率不断变化,对产品的顺利实验造成了不小的阻挡。当电源的频率上升时会产生趋肤效应,从而导致导电回路的发热量不断增加,进而引起断路器的温度持续上升以及实际载流量下降。实际情况下,断路器结构的差异会导致电流修正值不同。对于一些制造断路器的企业来说,要保证温升实验在可变频率的大电流低压设备上进行,只有通过这样一种实验方式才能对该频率下产品的实际额定电流进行确定。当前能够变频的大电流低压实验设备只能提供 100 A 的电流,无法满足风电专用断路器的实验电流要求,所以需要不断地完善实验条件。

(2) 温升实验要在高原地区进行

在高原海拔超过 $2\text{ }000\text{ m}$ 的地区,风力发电的发展速度非常快,随着海拔不断地增加,断路器的温

度也会跟着上升,很多企业都是通过降容的方法来保证断路器的安全使用,但是需要降容多少才算安全并不能确定,有待进一步的实验来确定。比如某企业智能型万能式断路器的额定电流为1 600 A,当海拔在4 500 m时,温升值相比于海拔为0时的温升值提高了7%左右,而额定电流为2 500 A时温升值能够增加18%左右,所以电流容量的结构和大小对断路器的降容修正值有着较大的影响。想要确定降容的修正值大小需要在高原地区进行实验。

(3) 重视断路器的自动复位问题

当前的很多产品仍然缺乏自动复位的性能,在风力发电现场,如果有断路器跳闸故障的发生,智能控制器并不能及时进行复位。只有解决供电网络的故障之后,被智能控制器成功地识别出来,才能够按照事先编制的程序进行自动复位,然后合闸。所以一定要不断完善产品的自动复位性能,让其能够无条件地自动复位,保证断路器的正常有效使用。

5 结束语

风力发电装置的快速发展也促进了风电专用

断路器的发展。通过不断深入研究风力发电的特点,对风电专用断路器的使用环境以及性能特性进行分析,提升并完善风电专用断路器的性能。

参考文献

- [1] 陈培国. 低压万能式断路器研发现状及思索 [J]. 电器与能效管理技术, 2015 (2): 23-27.
- [2] 王燕妮, 杨乐. 万能式断路器失(欠)压脱扣器的使用分析 [J]. 工业, 2015 (8): 104-104.
- [3] 朱立明. 万能式断路器温升影响因素及降温升方法探讨 [J]. 电器与能效管理技术, 2016 (24): 20-25.
- [4] 何平, 邱志强, 张蕾琼, 等. 低压并网专用断路器的研究与应用 [J]. 电器与能效管理技术, 2016 (6): 66-68.
- [5] 余定辉. 低压万能式断路器电能质量监测的研究与实现 [J]. 电工电气, 2015 (4): 31-34.
- [6] 郭文瑞. 直驱型永磁风力发电系统低电压穿越技术研究 [D]. 北京: 华北电力大学, 2016: 19-21.

(收稿日期: 2017-02-10) EA

(上接第82页)

4 结束语

本文提出了一种应用在双向DC-DC变换器中的变频控制策略,通过搭建实验样机对变换器分别工作在定频控制策略和变频控制策略下的工作特性进行了对比实验和效率测试。实验结果表明,使用拟合曲线的方式来确定不同负载情况下变换器的开关频率是可行的;在轻载情况下,双向DC-DC变换器使用变频控制策略的效率更高,验证了该策略的正确性。

参考文献

- [1] Wong Pit-Leong, Xu Peng, Yang Bo, et al. Performance improvements of interleaving VRMs with coupling inductors [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2001, 16 (4): 499-507.

- [2] Yu Wensong, Lai Jih-Sheng. Ultra high efficiency bidirectional DC-DC converter with multi-frequency pulse width modulation [C]. Applied Power Electronics Conference and Exposition, Twenty-Third Annual IEEE, 2008: 1079-1084.
- [3] Pal Andreassen, Giuseppe Guidi, Tore M Undeland. Digital variable frequency control for zero voltage switching and interleaving of synchronous buck converters [C]. Power Electronics and Motion Control Conference, 12th International, 2006: 184-188.
- [4] Liu Xuechao, Zhang Bo, Yu Jiansheng, et al. A non-isolated voltage regulator module with integrating coupled-inductor [C]. IEEE 36th Power Electronics Specialists Conference, 2005: 438-442.

(收稿日期: 2016-07-12) EA