

基于风电场系统联络线 故障时单相重合闸对系统影响的研究

王银萍¹, 王维庆¹, 常喜强²

(1. 新疆大学电气工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830008; 2. 新疆电力调度通信中心, 新疆 乌鲁木齐 830001)

摘要: 随着风电场的接入, 为减少故障对风电场和系统的影响, 目前在联络线发生故障时直接切除线路。而系统发生单相故障时, 如果发生的是瞬时性故障, 采用重合闸是有效提高风电场的安全稳定性和风能的利用率。通过对不同类型的风机组成的风电场、不同容量的风电场与系统的联络线发生单相瞬时接地故障时, 对采用单相重合闸后的系统特性进行了分析, 找出了其中的规律, 并通过电力系统分析综合程序 PSASP 进行了仿真验证, 为不同类型风电机组组成的不同容量的风电场联络线采用重合闸提供了技术参考, 也为风电场故障时的事故分析提供了借鉴。

关键词: 单相故障; 联络线; 单相重合闸; PSASP 仿真

Abstract: With the access of wind farms, in order to reduce the impact of fault on the wind farm and system, at present, the line will be directly removed when there is fault in the link line. When the system has a single-phase fault, if it is an instantaneous fault, the reclosing will be adopted to effectively improve the security and stability of wind farms and the utilization of wind energy. Through the single-phase instantaneous earth fault occurring between wind farms of the different types and different capacities and the link line of system, the system characteristics after adopting the single-phase reclosing are analyzed, the regular pattern is found out, which has been verified by the simulation of power system analysis software package (PSASP). It provides a technical reference for the link line of wind farms with different capacities and different wind turbines to adopt the reclosing, and also provides a reference for the accident analysis during the fault of wind farms.

Key words: single-phase fault; link line; single-phase reclosing; simulation of PSASP

中图分类号: TM712 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2012)05-0008-03

0 引言

随着电力系统的发展, 风机容量不断地增加, 使电网可靠、稳定运行的要求更高。为了提高风电场风能的利用率, 特别是在系统发生单相瞬时性故障时, 使风电场不被脱网, 可采用单相综合重合闸, 发生瞬时性故障时, 切除故障相重合故障相, 发生永久性故障时, 切除三相, 这里基于风电场与系统的联络线发生单相瞬时故障时, 采用单相重合闸方式进行了分析, 通过对不同类型风机组成的风电场、不同容量的风电场进行了深入的研究, 找出了其中的问题及规律, 并通过仿真程序验证了相关的结论。找出同容量下何种机型产生的冲击比较小以及同种机型情况下容量和冲击之间的关系。

1 重合闸概述^[1]

1.1 概念及作用

• 8 •

重合闸就是线路非永久性故障时(如雷击、树枝碰线跳闸等等)保护动作断路器切断故障线路后经过一定时限后又再次合闸, 为线路重新供电, 提高供电可靠性及系统稳定性。通常输电线路的故障大都是瞬时性的, 当故障消失后, 进行一次重合闸, 就可能恢复供电。重合闸对电力系统供电可靠性起了很大作用。

1.2 单相重合闸

所谓单相重合闸, 是指线路上发生单相接地故障时, 保护只跳开故障相的断路器, 然后进行单相重合。重合成功, 即可恢复三相供电; 不成功, 则跳三相不重合。若是相间故障, 则跳三相不重合。

单相重合闸的适用范围: ①由于输电线路的故障大都是瞬时性的, 因此输电线路主要采用单相重合闸, 提高系统的稳定性; ②电网发生单相接地故障时, 使用三相重合闸不能保证系统稳定的线路, 常采用单相重合闸; ③330 kV、500 kV 及并联回路数等

于及小于3回的220 kV回路,采用单相重合闸;④在双侧电源的联络线上采用单相重合闸,可以在故障时大大加强两个系统之间的联系,从而提高系统并列运行的可靠性。

2 风电场目前采用的重合闸方式

按照中国《3~110 kV电网继电保护装置运行整定规程》,对于110 kV双端电源线路上网重合闸方式选择,原则上大电源侧选用“检线路无压”方式,小电源侧选用“检同期”方式^[6]。

3 风电场与系统联络线发生单相重合闸的机理分析

当风电场与系统联络线发生单相故障时,保护只跳开故障相的断路器,然后进行单相重合,在重合的瞬间会产生冲击,下面对最大冲击电流进行分析。不考虑负荷的影响,首先根据系统等值线路接线,选择实际可能的运行方式,再根据非同期时两个系统之间的等值电抗,由式(1)算出最大冲击电流 $I_{cj \cdot \max}$ 。^[4]

$$I_{cj \cdot \max} = \frac{E''_{x1} + E''_{x2}}{x_{1\Sigma}} = \frac{2 \times 1.05U_e}{x_{1\Sigma}} \quad (1)$$

式中, E''_{x1} 、 E''_{x2} 为线路两侧系统的等值电势; U_e 为线路额定线电压; $x_{1\Sigma}$ 为非同期并列的两侧等值系统间的等值串联阻抗。

在计算时,一般采用标幺值,此时式(1)式可化为

$$I_{cj \cdot \max} = \frac{2.1}{x_{1\Sigma}} \quad (2)$$

从式(2)式可以明显看出,对于同一个系统图,最大冲击电流 $I_{cj \cdot \max}$ 与 $x_{1\Sigma}$ 成反比。当发生故障的联络线位置固定、发电机的容量和类型改变时, $x_{1\Sigma}$ 会随着发电机电抗值 X_c 的变化而变化。

若统一选定的基准电压和基准功率分别为 V_B 和 S_B ,那么以此为基准的标幺电抗值为^[3]

$$X_{(B)*} = X_{(有名值)} \frac{S_B}{V_B^2} = X_{(N)*} \frac{V_N^2}{S_N} \times \frac{S_B}{V_B^2} \quad (3)$$

式中, S_B 为功率基准值; V_B 为电压基准值; S_N 为额定功率; V_N 为额定电压; $X_{(N)*}$ 为额定电压下电抗的标幺值。

由式(3)可以看出,基准值的发电机标幺电抗

值主要由发电机电抗和发电机容量决定,与发电机电抗成正比、发电机容量成反比。由此可得出,最大冲击电流 $I_{cj \cdot \max}$ 与发电机电抗和发电机容量相关。由于不同风机的电抗值不同,因此需要对不同的风机类型进行讨论。另外,当负荷发生变化时,风机的容量一般也会随之变化,也需要对其不同容量的风机进行讨论。

4 风力发电机常见类型

风力发电机常用的发电机有异步发电机、双馈异步发电机、直驱式永磁同步发电机等类型。

4.1 异步发电机^[2]

异步发电机主要是转子转速高于旋转磁场的同步转速,转差率为负值。此时电磁转矩为制动状态,以此来实现机械能向电能的转化。鼠笼式风力发电机系统结构如图1。

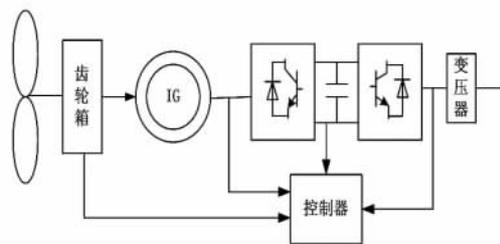


图1 鼠笼式风力发电机系统结构

4.2 双馈异步发电机

双馈异步发电机本质上是一种绕线式异步发电机,应用的是交流励磁变频恒频双馈风力发电技术。定子侧绕组产生的工频交流电直接馈入电网,转子侧的功率通过变换器接入电网,实现双向功率控制。双馈异步发电机系统结构如图2。

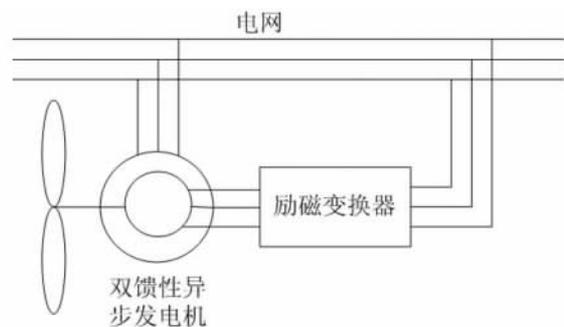


图2 双馈异步发电机系统结构

4.3 直驱式风力发电机

直驱式风力发电机属于变桨宽带调速同步风力发电机组,无齿轮箱。目前国际先进的无齿轮直驱

式风力发电机多沿用低速多级永磁发电机。直驱型永磁同步发电机系统结构如图3。

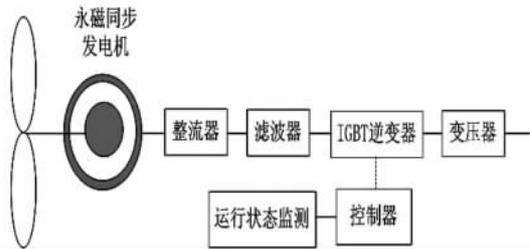


图3 直驱型永磁同步发电机系统结构

5 风机单相重合闸仿真分析

5.1 系统仿真图

基于上述理论,这里选择研究对系统进行A相短路接地,之后再对A相进行重合闸,观察其重合闸冲击电流的大小。系统图如图4所示:双侧电源线路,其中G1为风力发电机组,G2为平衡机,端电压均为10.5kV;两台变压器T1、T2均为升压变压器,把电压从10.5kV升到115kV;4个负荷分别在母线G1、B2、B3、B4上。在线路3上发生A相短路接地,短路点接近母线B1。

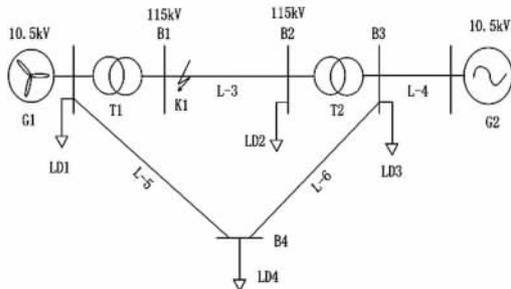


图4 系统仿真图

5.2 不同容量系统的仿真

以鼠笼异步风力发电机为例,在短路线路传输容量为69.7MW不变的前提下,改变风机的装机容量以及负荷的容量对系统进行A相重合闸仿真。其中A相短路接地时间为1.1~2s,A相断线时间为1.22~2.22s。电流仿真图形为图5。由于改变风机的装机容量和负荷的容量,得到的图形大致一样,现只给出一个图形,并用图6给出不同情况下的冲击电流值的比较。其中,1是基准情况;2是增加发电机容量的情况;3是增加负荷的情况;4是发电机容量和负荷同时增加的情况。

分析:从图6中可看出随着风机容量的增加,重合闸冲击电流增加;随着负荷容量的增加,重合闸冲击

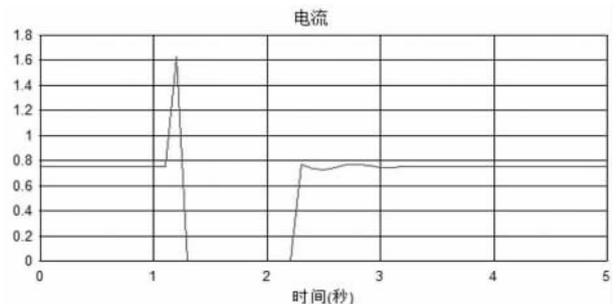


图5 电流仿真图

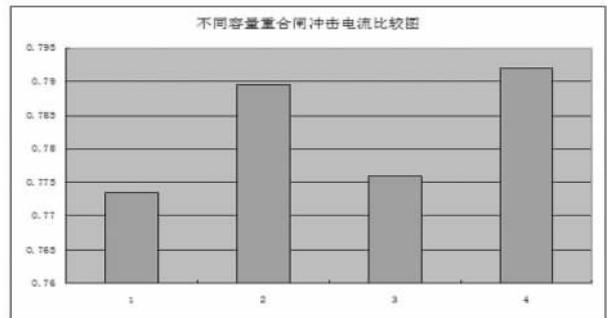


图6 不同情况下的冲击电流值的比较

击电流增加,但增加的很少;当风机容量和负荷容量都增加时,重合闸冲击电流增加。这是因为当风机容量增加时,基准值的发电机标么电抗值减小,等值阻抗减小,使得冲击电流增大;当负荷容量增加时,风力发电机的容量不变,平衡机的发电量增加,同样使得等值电抗减小,冲击电流增大,由于故障点离平衡机比风机远,因此,产生的影响相对小点,所以,第3种情况比第2种情况增加的少。

5.3 不同机型系统的仿真

在短路线路传输容量为69.7MW不变的前提下,分别用同容量的鼠笼式风力发电机、双馈直驱通用风力发电机对系统进行A相重合闸仿真。其中A相短路接地时间为1.1~2s,A相断线时间为1.22~2.22s。鼠笼异步风力发电机的电流仿真图形为图7,双馈直驱通用风力发电机的电流仿真图形为图8,为了可以明显地看出两者冲击电流的大小,对两者进行对比,即图9。

分析:通过对图9可以明显地看出,在重合闸的瞬间用鼠笼式风力发电机系统的重合闸冲击电流比用双馈直驱通用风力发电机系统的重合闸冲击电流大。因为从风机工作原理上来看,鼠笼式风力发电机属于异步发电机,直驱式风力发电机属于同步发电机,而双馈式风力发电机的结构类似异步发电机,但工作原理接近于同步发电机。同步发电机的励磁

(下转第27页)

国电力出版社, 2007.

- [8] 彭显刚, 胡松峰, 吕大勇. 基于 RBF 神经网络的短期负荷预测方法综述 [J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(17): 144 - 148.
- [9] 陈刚, 周杰, 张雪君, 等. 基于 BP 与 RBF 级联神经网络的日负荷预测 [J]. 电网技术, 2009, 33(12): 118 - 123.
- [10] 周虎, 江岳春, 陈旭, 等. 模糊聚类分析和代数算法结合的短期负荷预测 [J]. 电力系统及其自动化学报,

2011, 23(3): 101 - 105.

作者简介:

张莉 (1962), 女, 工程师, 从事电网运行管理及负荷预测;

蒲晓瑛 (1978), 女, 工程师, 从事电网调度运行方式管理;

卢政尧 (1957), 男, 高级工程师, 从事电网调度运行管理。

(收稿日期: 2012-06-18)

(上接第 10 页)

系统在电力系统突然短路或负荷突然增、减时, 对发电机进行强行励磁或者强行减磁, 以此来提高电力

6 结 语

通过仿真得出了重合闸冲击电流在鼠笼式风机下与风机容量以及负荷容量的关系, 即随着风机容量以及负荷容量的增加, 重合闸冲击电流增加。然后比较了鼠笼式风机类型和双馈直驱通用风机类型对重合闸冲击电流的影响, 即鼠笼式风力发电机系统的重合闸冲击电流比双馈直驱通用风力发电机系统的重合闸冲击电流大。仿真的结果与理论分析相一致, 为研究继电保护重合闸提供了更为可靠的理论依据。

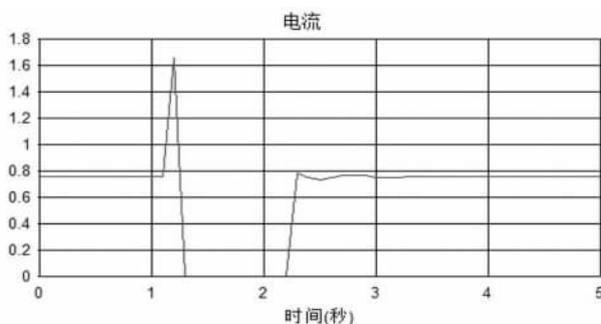


图 7 鼠笼式风力发电机的电流仿真图

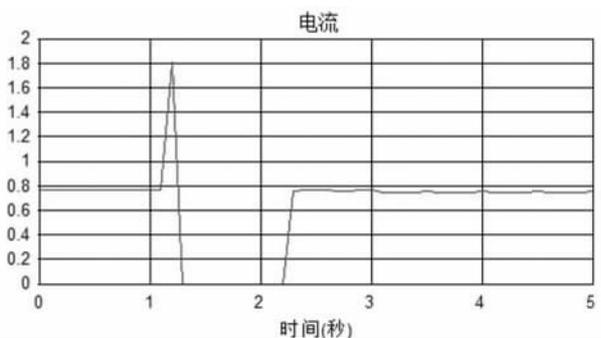


图 8 双馈直驱通用风力发电机的电流仿真图

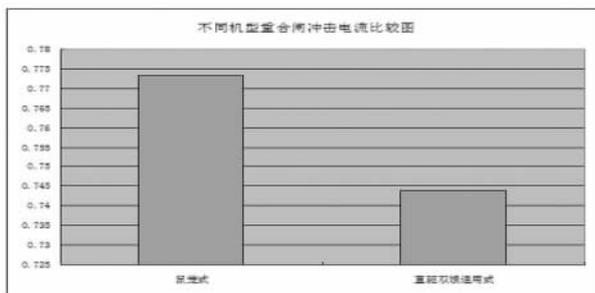


图 9 不同机型重合闸冲击电流比较图

系统的稳定性^[5], 因此在重合时比异步发电机产生的波动相对小, 产生的冲击也相对较小。故鼠笼式风力发电机系统的重合闸冲击电流比双馈直驱通用风力发电机系统的重合闸冲击电流大。

参考文献

- [1] 张保会, 尹项根. 继电保护(第2版) [M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [2] 辜承林, 陈乔夫. 电机学(第2版) [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2005.
- [3] 何仰赞, 温增银. 电力系统分析(第3版) [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002.
- [4] 崔家佩, 孟庆岩, 等. 电力系统继电保护与安全自动装置整定计算(第一版) [M]. 北京: 中国电力出版社, 1993.
- [5] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护实用技术问答(第一版) [M]. 北京: 中国电力出版社, 1997.
- [6] 宋少群, 付超, 张兰英, 等. 风电场并网线路重合闸的合理配合方式 [J]. 电力系统自动化, 2010, 34(20): 77 - 79.

作者简介:

王银萍 (1987), 女, 硕士研究生, 研究方向为风机控制与继电保护;

王维庆 (1959), 男, 博士生导师, 研究方向为风机继电保护及并网技术;

常喜强 (1976), 男, 高级工程师, 研究方向为电力系统稳定与控制及风力发电技术。

(收稿日期: 2012-05-30)