

计及 LVRT 控制的直驱风电机组三相短路故障特性研究

陈伟伟, 吕盼, 张增强, 宋新甫, 刘明红, 翟旭京, 卫俊辰
(国网新疆电力有限公司经济技术研究院 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要: 直驱风力发电机由于其优越性成为了主流机型并广泛应用于风电场, 而其具备低电压穿越能力后故障特征将发生很大变化, 目前对此尚无系统的研究。研究分析了直驱风电机组的数学模型和控制策略, 在此基础上结合提出的 LVRT 方法搭建了直驱风电场仿真模型, 验证了其低电压穿越能力, 并仿真对比分析了计及低穿控制策略下的机组三相短路故障特性, 研究了影响其三相短路故障特性的相关因素。指出风电场中以电流大小为动作判据的涉网保护在配置整定时需要考虑上述因素的影响。

关键词: 直驱风电机组; 低电压穿越; 三相短路; 故障特性; 影响因素

中图分类号: TM614 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2018)03-0031-07

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2018.03.007

Research of Three - phase Short - circuit Fault Characteristics for Direct - driven Wind Turbine with Low - voltage Ride - through Capability

Chen Weiwei, Lv Pan, Zhang Zengqiang, Song Xinfu, Liu Minghong, Zhai Xujing, Wei Junchen
(State Grid Economic and Technology Research Institute of Xinjiang
Electric Power Company, Urumqi 830000, Xinjiang, China)

Abstract: Direct - driven wind turbine generator is widely used in wind farm because of its superiority. Its fault characteristics will be changed greatly because of low - voltage ride - through (LVRT) capability, but there is no systematic analysis and research about it. The PMSG topology structure and control strategy are studied and analyzed. The direct - driven wind farm model is established in PSCAD platform to verify its LVRT capability, and its three - phase short - circuit fault characteristics are simulated and compared considering LVRT strategy. The relevant factors that affect the three - phase short - circuit fault characteristics also are analyzed. It is pointed out that the above - mentioned factors need to be considered in the protection setting.

Key words: direct - driven wind turbine; low - voltage ride - through(LVRT); three - phase short circuit; fault characteristics; influencing factor

0 引言

随着能源与环境问题的日益加剧, 在国家政策大力支持风电发展的背景下, 风电发展迅猛, 风电容量的不断增长给系统的安全稳定运行、风电保护配置带来巨大挑战。近年来中国甘肃、新疆等风电基地发生多次脱网事故, 印证了风电对电网的不利影响^[1-4]。为此要求风电并网需具备低电压穿越(low

- voltage ride - through, LVRT) 能力。直驱风力发电机由于其优越性成为了主流机型并广泛应用于风电场, 而其具备 LVRT 能力后其故障特征将发生很大变化, 对此尚无系统的分析研究, 这将对保护配置和整定影响较大。

目前故障特征研究关注点主要集中在不具备 LVRT 的风电机组, 但是对具有 LVRT 能力的风电机组的故障特征缺乏研究, 特别是关于直驱风电机组的故障特征仍然没有得到深入充分的研究。

下面研究分析了直驱风电机组的数学模型和控制策略^[5-7],并基于直驱风电机组常采用的LVRT策略在PSCAD仿真软件中建模,仿真验证机组低电压穿越能力。在此基础上仿真对比分析了直驱风电机组三相短路故障特性,并仿真分析了影响其三相短路故障特性的相关因素,这对风电场以电流大小为动作判据的保护配置及整定值修改提供了一定依据。

1 直驱风电机组建模

1.1 直驱风电机组数学模型

直驱永磁同步风电机组主要由风力机、永磁同步发电机、全功率变流器(机侧PWM变流器和网侧PWM变流器)及控制系统4部分组成,其拓扑结构如图1所示。

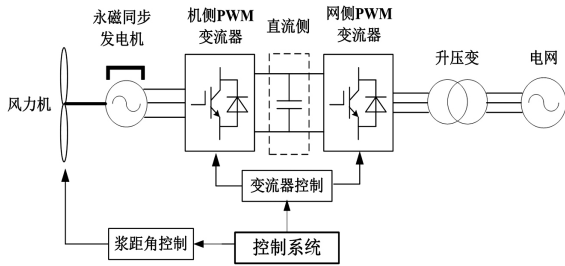


图1 直驱风力发电机系统结构
永磁同步发电机在 d, q 坐标轴下的模型为

$$\begin{cases} U_d = -R_s i_d - \omega_r \psi_q + \frac{d\psi_d}{dt} \\ U_q = -R_s i_q - \omega_r \psi_d + \frac{d\psi_q}{dt} \end{cases} \quad (1)$$

在 d, q 坐标系下定子磁场的磁链方程为

$$\begin{cases} \psi_d = \psi_f + L_d i_d \\ \psi_q = L_q i_q \end{cases} \quad (2)$$

联立以上两式得

$$\begin{cases} U_d = -R_s i_d - \omega_r L_q i_q + L_d \frac{di_d}{dt} \\ U_q = -R_s i_q - \omega_r L_d i_d + L_q \frac{di_q}{dt} + \omega_r \psi_f \end{cases} \quad (3)$$

式中: U_d, U_q 分别为机端电压的 d, q 轴分量; L_d, L_q 分别为定子电感 d, q 轴分量; i_d, i_q 分别为机端电流的 d, q 轴分量; ω_r 为发电机电磁转速; ψ_f 为磁通; R_s 为定子电阻。

1.2 直驱风电机组变流器控制策略

1.2.1 机侧变流器控制策略

发电机侧整流器采用转子磁场定向矢量控制,

通过调节定子侧 d, q 轴电流对有功、无功进行解耦控制,实现发电机转速的控制。

由式(3)可得其定子稳态电压方程为

$$\begin{cases} u_{sd} = R_s i_{sd} - \omega_s L_s i_{sq} \\ u_{sq} = R_s i_{sq} + \omega_s L_s i_{sd} + \omega_s \psi \end{cases} \quad (4)$$

式中: u_{sd}, i_{sd} 和 u_{sq}, i_{sq} 分别为 d 轴和 q 轴定子电压、电流分量; R_s, L_s 分别为发电机定子的电阻和电感; ω_s 为发电机转速; ψ 为转子永磁体磁链。

风电机组机侧变流器采用三相电压型变流器,其简化数学模型如式(5)。

$$\begin{bmatrix} \frac{di_d}{dt} \\ \frac{di_q}{dt} \\ \frac{du_{dc}}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R}{L} & \omega & -\frac{S_d}{L} \\ \omega & -\frac{R}{L} & -\frac{S_q}{L} \\ \frac{S_d}{C} & \frac{S_q}{C} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \\ u_{dc} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{L} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_d \\ u_q \\ i_L \end{bmatrix} \quad (5)$$

机侧变流器采用外环转速控制,实现对发电机最佳转速的跟踪;采用内环电流控制实现机组单位功率因数运行^[8]。控制策略如图2所示。

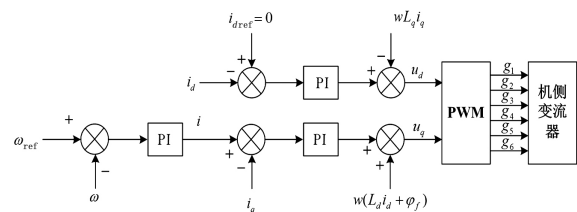


图2 机侧变流器控制策略

1.2.2 网侧变流器控制策略

网侧变流器在 d, q 坐标系下输出的有功功率和无功功率分别为

$$\begin{cases} P_g = u_{gd} i_{gd} + u_{gq} i_{gq} = u_{gd} i_{gd} \\ Q_g = u_{gq} i_{gd} - u_{gd} i_{gq} = -u_{gd} i_{gq} \end{cases} \quad (6)$$

将 d 轴定向在电网电压 E_g 上,则 d 轴电压分量为 E_g , q 轴分量为 0。式(6)可改写为

$$\begin{cases} P_g = E_g i_{gd} \\ Q_g = -E_g i_{gq} \end{cases} \quad (7)$$

式中: i_{gd}, i_{gq} 分别为电流有功和无功分量。可以看出,电网侧PWM逆变器通过调节网侧的 d 轴和 q 轴电流,可以保持直流侧电压稳定。

风电机组网侧变流器采用三相电压型变流器,其简化数学模型为

$$\begin{bmatrix} \frac{di'_d}{dt} \\ \frac{di'_q}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R}{L} & \omega & \frac{S'_d}{L} \\ -\omega & -\frac{R}{L} & \frac{S'_q}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i'_d \\ i'_q \\ u_{dc} \end{bmatrix} - \frac{1}{L} \begin{bmatrix} u'_d \\ u'_q \end{bmatrix} \quad (8)$$

网侧变流器采用基于电网电压的定向矢量控制^[9],采用电压外环、电流内环,可实现风电机组单位功率因数运行。控制策略如图3所示。

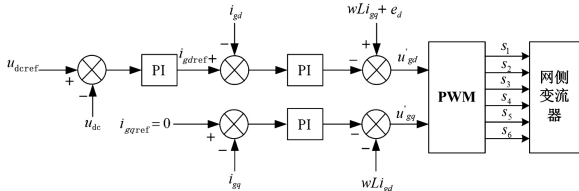


图3 网侧变流器控制策略

2 直驱风电机组低电压穿越

2.1 直驱风电机组低电压穿越策略

结合机组结构特点,提出适合直驱风电机组的LVRT策略——“直流卸荷电路保护+网侧无功控制策略+SVC无功补偿”,LVRT策略如图4所示。

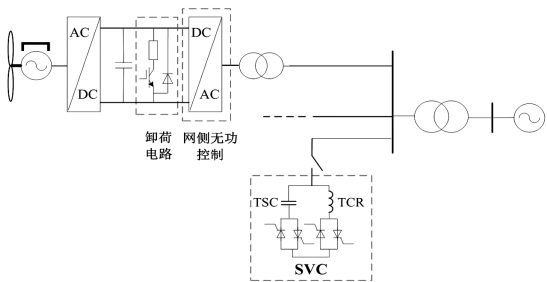


图4 PMSG 低电压穿越策略

直流卸荷电路^[10-11]:由绝缘栅双极型晶体管(insulated gate bipolar transistor,IGBT)和卸荷电阻串联构成,并联在直流侧电容两侧。当直流侧电压大于允许值时,IGBT 导通卸荷电阻快速投入;当直流侧电压小于允许值时,IGBT 关断卸荷电路退出运行。直流卸荷电路的控制框图如图5所示。

$$\Delta P = \frac{1}{2} C \frac{d(U_{dc}^2)}{dt} = P_g - P_s \quad (7)$$

$$R = \frac{U_{dcmax}^2}{\Delta P} \quad (8)$$

网侧无功控制策略^[12]:正常并网时,机组无功电流的给定值为 $i_{1q} = 0$,只向电网发出有功功率;当电网发生故障时,网侧变流器立即切换为静止无功补偿模式,向电网发出一定的无功,从而稳定电网电

压,有助于风电机组的低电压穿越。具体工作原理为:电压检测电路实时检测网侧电压幅值,当检测到电压跌落到一定范围时,网侧变流器立即切换为无功支持模式,见图6所示。

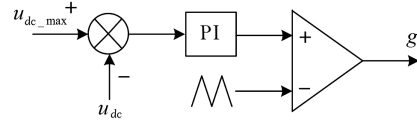


图5 直流卸荷电路的控制

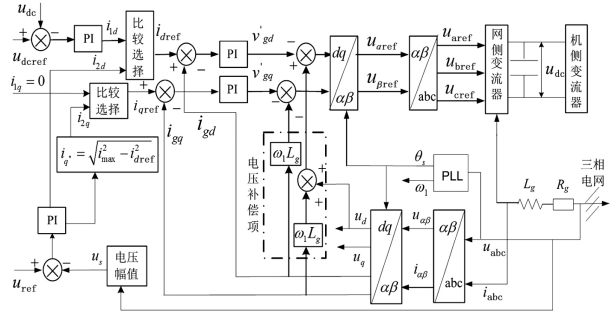


图6 PMSG 网侧无功控制策略

SVC 无功补偿:由晶闸管投切的并联电容器组 TSC 和晶闸管控制的并联电抗器 TCR 组成。其中电容器组的电容器由晶闸管控制分组投入或切除,并联电抗器通过晶闸管进行平滑控制改变其电抗值。当系统电压发生变化时,通过测量接入点电压与 SVC 运行电压进行比较,计算出相应参数,通过晶闸管控制投入或切除相应数量的 TSC,实现动态调整 SVC 向系统注入的无功功率,从而控制 SVC 所连接母线的电压。SVC 结构及控制见图7所示。

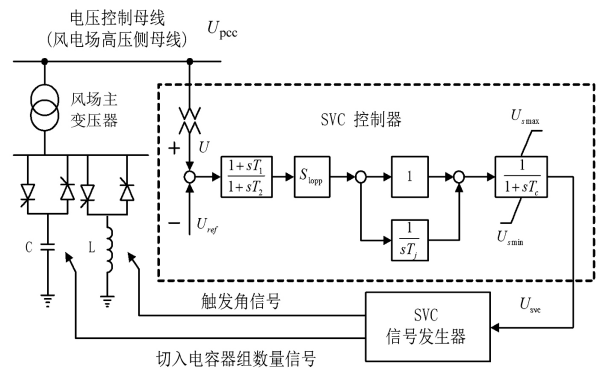


图7 静态无功补偿器 SVC 结构及控制器

SVC 输出的无功功率为

$$Q_{SVC} = Q_C - Q_L = \left(\omega C - \frac{2\beta - \sin 2\beta}{\pi \omega L} \right) U^2 \quad (9)$$

式中 β 为晶闸管的导通角 $\beta = \pi - \alpha$ α 为触发角。

2.2 直驱风电机组的 LVRT 能力验证

基于低电压穿越策略,如图8在 PSCAD 中搭建

了4台单机容量为1.5 MW的直驱风电机组(相关参数见表1),主变压器侧无功补偿容量为1.5 MVA,仿真验证风电机组的低电压穿越能力。仿真算例中 $t=2.0$ s时风电场升压变压器高压侧电压跌落至0.2 p.u.,电压跌落持续时间为0.625 s,仿真结果如图9所示。

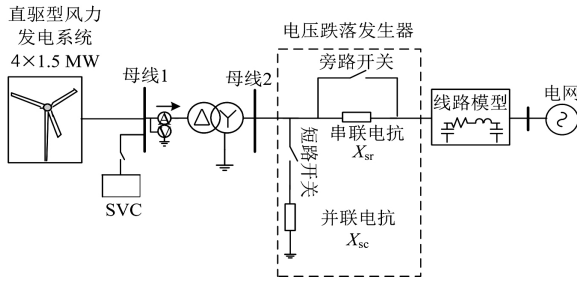


图8 直驱风电系统LVRT仿真模型

表1 直驱风电机组参数

额定容量 /MW	额定频率 /Hz	额定风速 $/(m \cdot s^{-1})$	定子电阻 $/(p.u.)$
1.5	50	12	0.005 876
转子电阻 $/(p.u.)$	定子电抗 $/(p.u.)$	转子电抗 $/(p.u.)$	互感电抗 $/(p.u.)$
0.006 613	0.976	0.163 4	5.136

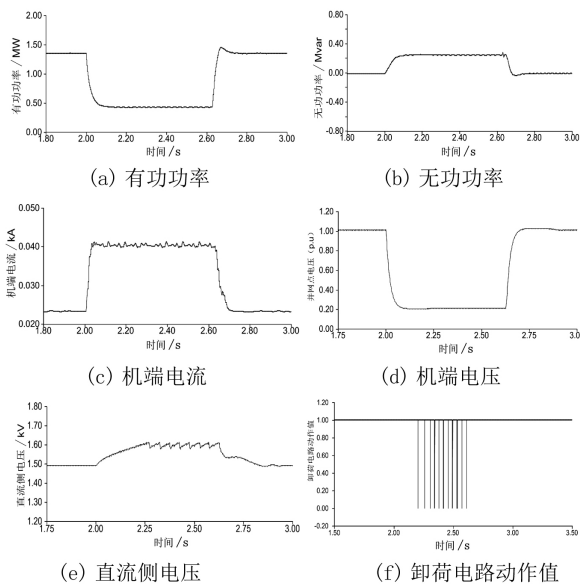


图9 直驱机组低电压穿越特性

仿真结果表明:发生电压跌落时,直流母线电压升高,在卸荷电路作用下,直流母线电压未超限;跌落期间机组发出无功;在电压跌落结束后,从电网吸收部分无功,随后机组有功无功恢复到正常水平。所提策略满足风电并网规程对风电机组低电压穿越要求,验证了直驱风电机组具备低电压穿越能力^[13]。

3 直驱风电机组的三相短路特性

基于上述仿真模型,仿真在 $t=2.0$ s时风电场升压变压器高压侧发生三相短路故障,故障持续时间为0.1 s,仿真结果如图10所示。

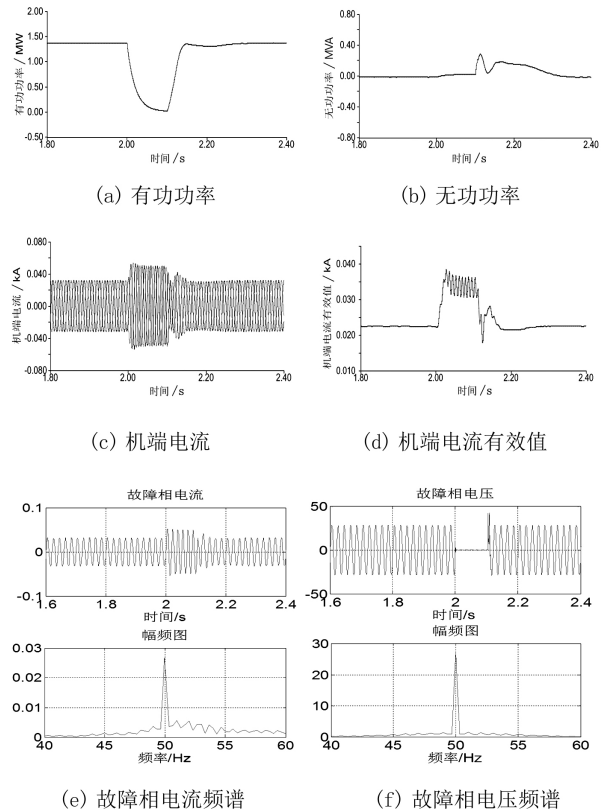


图10 三相短路特性

由仿真结果对比可知:直驱风电机组具备低电压穿越能力后,其故障电压特性和频率特性无明显变化,而其电流特性存在明显变化且故障电流显著增大。具备低电压穿越能力的直驱风电机组机端故障电流值约为额定电流的1.79倍,而不具备低电压穿越能力的直驱风电机组故障电流约为额定电流的1.5倍^[14],故障电流大小相差0.29倍左右,这会影响到以电流大小为动作判据的保护动作特性,下节将对此展开详细分析。

4 影响机组三相短路故障特性的因素

从风电机组运行、控制和并网角度出发,分析风速、运行方式、无功控制策略、无功补偿、低电压穿越策略等因素对机组三相短路故障特性的影响。仿真条件:在 $t=2.0$ s时风电场升压变压器高压侧发生

三相短路故障,故障持续时间为0.1 s。

4.1 风速变化

直驱风电机组分别在风速为9 m/s、11 m/s和13 m/s下运行,不同风速下风机出口短路电流及故障电流频率如图11所示。

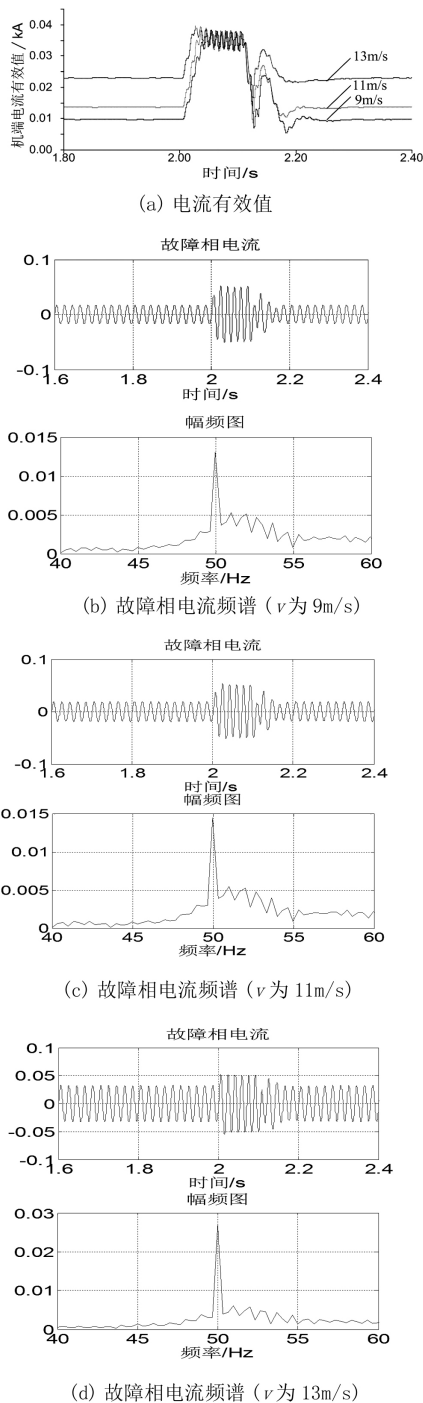


图11 不同风速下的故障电流

由仿真结果可知,当风电场升压变压器高压侧发生三相短路故障时,运行在不同风速下的风电机组出口短路电流大小一样,且在故障期间运行在不同风速下的风电机组故障电流频率仍为工频,不受

故障前后风速大小的影响。因此可知风速对风电机组故障电流幅值大小及频率均无影响,只影响故障前机组电流的大小。

4.2 运行方式

考虑到风电出力、风电投切机组数目及检修停运等因素造成风电场运行方式的多变,故在以下3个方式下仿真比较分析风电场在不同运行方式下的风电机组三相短路电流特性,找出影响其故障电流特性的主要原因,仿真结果如图12所示。

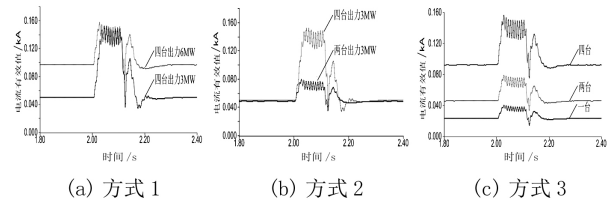


图12 不同运行方式下的故障电流

方式1: 相同风电机组数目下不同风电出力; 方式2: 相同风电出力下不同风电机组数目; 方式3: 不同风电机组数目下不同风电出力。

当风电场升压变压器高压侧发生三相短路故障时,由图12(a)可知,在相同风电机组数目、不同风电出力的方式下,风电机组出口短路电流大小一样;由图12(b)可知,在相同风电出力、不同风电机组数目的方式下,短路电流随着风电投运机组数目的增加而增加;由图12(c)可知,在不同风电机组数目、不同风电出力的方式下,风电机组数目不同短路电流大小也不一样。综上所述可知,在运行方式的变化中影响短路电流特性的主导因素是风电投运机组数目,这与风电场自身运行及检修方式有关,短路电流大小并不受风电出力大小的变化而变化。

4.3 无功控制策略

直驱风电机组在额定风速下运行,仿真比较故障时风电机组网侧变流器采用不同功率因数时的直驱风电机组出口短路电流,仿真结果如图13所示。

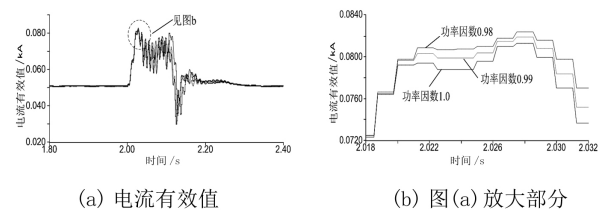


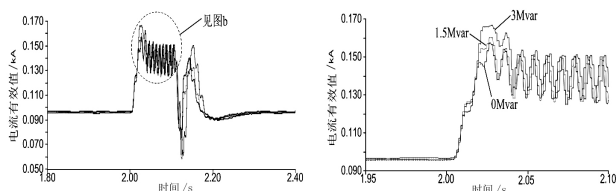
图13 不同无功控制策略下的故障电流

由仿真结果可知,当风电场升压变压器高压侧发生三相短路故障时,运行在不同功率因数下的风

电机组出口短路电流大小不一,短路电流大小随着功率因数的降低而逐渐增大,对于风电场整体而言其对故障电流的影响不容忽视。

4.4 无功补偿

直驱风电机组在额定风速下运行,仿真比较风电场无功补偿容量分别为 0 MVA、1.5 MVA、3 MVA 时直驱风电机组出口短路电流,仿真结果如图 14 所示。

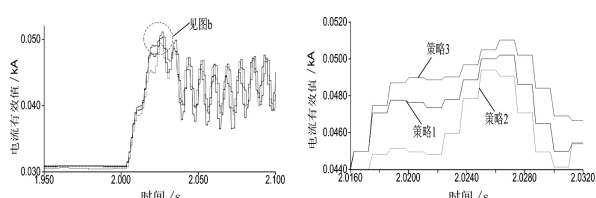


(a) 电流有效值 (b) 图(a)放大部分
图 14 不同无功补偿容量下的故障电流

由仿真结果可知,风电场升压变压器高压侧发生三相短路故障时,风电场无功补偿容量为 0 MVA 时,风电机组短路电流最大值为 0.156 kA;风电场无功补偿容量为 1.5 MVA 时,风电机组短路电流最大值为 0.16 kA;风电场无功补偿容量为 3 MVA 时,风电机组短路电流最大值为 0.166 kA。由此可知风电机组短路电流随着风电场无功补偿容量的增加而增加。对于风电场整体而言其对故障电流的影响同样不容忽视^[15]。

4.5 低电压穿越策略

直驱风电机组在额定风速下运行,仿真比较采取不同低电压穿越策略下的直驱风电机组出口短路电流,仿真结果如图 15 所示。



(a) 电流有效值 (b) 图(a)放大部分

图 15 不同低电压穿越策略下的故障电流

策略 1: 风电机组采用“直流卸荷电路 + 无功补偿”策略。

策略 2: 风电机组采用“直流卸荷电路 + 网侧变流器发无功控制”策略。

策略 3: 风电机组采用“直流卸荷电路 + 网侧变流器发无功控制 + 无功补偿”策略。

由仿真结果可知,风电场升压变压器高压侧发生三相短路故障时,风电机组采用不同的低电压穿

越控制策略,其提供的故障电流大小也不同。由此可知风电机组采取的低电压穿越策略也是影响风电场短路电流特性的因素之一。

5 结 语

结合直驱机组结构特点,提出适合直驱风电机组的 LVRT 策略——“直流卸荷电路保护 + 网侧无功控制策略 + SVC 无功补偿”。系统全面地分析了直驱风电机组的低电压穿越特性及故障特性,研究表明直驱风电机组具备低电压穿越能力前后,其故障电压特性和频率特性无明显变化,而其故障电流特性存在差异且电流幅值明显增大。分别从风电场运行风速、机组无功控制策略、风电场运行方式、机组低电压穿越策略、风电场无功补偿 5 个方面,研究了影响其三相短路故障特性的因素,并指出其三相短路故障特性主要受运行方式、无功控制策略、LVRT 策略以及无功补偿等因素的影响。这对风电场保护及涉网保护的整定产生一定的影响,同样会对保护动作特性产生影响,特别是会影响以电流为动作判据的保护动作特性。在风电场保护整定分析中应考虑上述影响,尤其是大规模接入的风电基地。

参考文献

- [1] 焦在强. 大规模风电接入的继电保护问题综述[J]. 电网技术, 2012, 36(7): 195-201.
- [2] 何世恩, 姚旭, 徐善飞. 大规模风电接入对继电保护的影响与对策[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(1): 21-27.
- [3] 刘闯, 晁勤, 袁铁江, 等. 不同风电机组的短路特性及对接入网继电保护的影响[J]. 可再生能源, 2013, 31(2): 24-29.
- [4] 乔新亮. 直驱机组风电场对电网继电保护影响的研[D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2013.
- [5] 阎智, 林雪峰. 直驱风电机组的风电场建模及联络线故障研究[J]. 电力勘察设计, 2015, 2(2): 73-77.
- [6] 张保会, 李光辉, 王进, 等. 风电接入电力系统故障电流的影响因素分析及对继电保护的影响[J]. 电力自动化设备, 2012, 32(2): 1-8.
- [7] 阎智, 林雪峰. 具有低电压穿越能力的双馈风电场故障特性分析[J]. 电力勘察设计, 2015, 5(5): 75-80.
- [8] 尹明, 李庚银, 张建成等. 直驱式永磁同步风力发电机组建模及其控制策略[J]. 电网技术, 2007, 31(15): 61-65.
- [9] 蔺红, 晁勤. 电网故障下直驱式风电机组建模与控制

仿真研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(21): 189-195.

[10] 张谦, 李凤婷, 蒋俊凤. 一种 PMSG 低电压穿越综合控制策略[J]. 电力电容器与无功补偿, 2016, 37(4): 123-129.

[11] 李凤婷, 张谦, 黄蓉等. 机组参与调节的双馈机组低电压穿越综合控制策略[J]. 中国电力, 2016, 49(3): 141-147.

[12] 齐尚敏, 李凤婷, 何世恩等. 具有低电压穿越能力的集群接入风电场故障特性仿真研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(14): 55-62.

[13] 胡书举, 李建林, 许洪华. 永磁直驱风电系统低电压

运行特性的分析[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(17): 73-77.

[14] 栗然, 高起山, 刘伟. 直驱永磁同步风电机组的三相短路故障特性[J]. 电网技术, 2011, 35(10): 153-158.

[15] 熊小伏, 张涵轶, 欧阳金鑫. 含 SVC 双馈风电机组暂态输出特性仿真分析[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(19): 89-93.

作者简介:

陈伟伟(1989), 硕士, 研究方向为可再生能源并网技术与电力系统规划设计。

(收稿日期: 2018-01-15)

(上接第 11 页)

对改进算法的下垂控制波形图与未经过改进的下垂控制图形进行比较可知,改进后 3 台逆变器的电流基本保持一致,并联逆变器间基本无环流,输出的有功和无功基本均衡。

5 结 语

由于实际微电网的逆变器输出阻抗不同,其到公共并网点的距离长短不一,在实现阻感性或者纯阻性线路的逆变器有功、无功功率的均分时各逆变器的电压幅值和相位不一致,容量与线路阻抗成反比,采用传统下垂控制策略,很难实现逆变器的功率均分。

前面通过对传统下垂控制算法的有功、无功分析,设计了引入虚拟阻抗的电压电流双环控制策略;提出一种改进型多逆变器并联的微电网改进型下垂控制算法。实验仿真结果表明,改进型多逆变器并联的微电网改进型下垂控制算法提高了多逆变器的并联性能,有效减小了多逆变器并联运行环流问题,大大提高了多逆变器并联运行的无功均衡效果。

参考文献

[1] 黄宜平, 马晓轩. 微电网技术综述(英文)[J]. 电工技术学报, 2015(S1): 320-328.

[2] 李霞林, 郭力, 王成山, 等. 直流微电网关键技术研究综述[J]. 中国电机工程学报, 2016, 36(1): 2-17.

[3] 杨新法, 苏剑, 吕志鹏, 等. 微电网技术综述[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(1): 57-70.

[4] 吴玖蓉, 陶顺, 肖湘宁. 某海岛微电网的孤岛协调控制策略研究[J]. 电气应用, 2015, 34(9): 22-27.

[5] 马伟, 王维庆, 王海云. 微电网在孤岛模式运行时的下垂控制策略研究[J]. 电气传动, 2017, 47(1): 18-22.

[6] 徐晓龙. 微电网逆变器运行控制策略的研究[D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2016.

[7] 杨琦, 马世英, 李胜, 等. 微型电网运行及控制设计[J]. 电工技术学报, 2011, 39(S1): 1-5.

[8] 李红萍, 杨洪耕, 曾巧燕. 孤岛型微电网中逆变器并联运行控制策略[J]. 电测与仪表, 2016, 53(6): 62-68.

[9] 鲍薇, 胡学浩, 李光辉, 等. 独立型微电网中基于虚拟阻抗的改进下垂控制[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(16): 7-13.

[10] 支娜, 张辉, 肖曦. 提高直流微电网动态特性的改进下垂控制策略研究[J]. 电工技术学报, 2016, 31(3): 31-39.

[11] 闫俊丽, 彭春华, 陈臣. 动态虚拟阻抗的低压微电网下垂控制策略[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(21): 1-6.

[12] 郭诚, 顾军, 张武, 等. 孤岛微电网中基于虚拟负阻抗的改进下垂控制[J]. 电气传动, 2016, 46(6): 49-53.

[13] 张平, 石健将, 李荣贵, 等. 低压微电网逆变器的“虚拟负阻抗”控制策略[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(12): 1844-1852.

[14] 天兵, 雷金勇, 许爱东, 等. 低压微电网孤岛模式下改进下垂控制策略[J]. 水电能源科学, 34(3): 204-208.

[15] 高春风, 杨仁刚, 王江波, 等. 基于虚拟频率的微电网下垂控制策略设计[J]. 电网技术, 2013, 37(12): 3331-3335.

作者简介:

刘树伟(1988), 硕士研究生, 研究方向为新能源并网与发电。

(收稿日期: 2018-01-15)