

## 双馈风机改善电力系统阻尼特性的研究

陈凡<sup>1</sup>,戴中华<sup>2</sup>,桂国亮<sup>2</sup>

(1.东南大学电气工程学院,江苏南京 210096;2.安徽省电力科学研究所,安徽合肥 230601)

**摘要:**风电装机容量的快速增长使其对电力系统的影响更加显著,因此,研究风电对电力系统阻尼特性的影响具有重要意义。文中建立了含双馈风机的多机系统小干扰稳定分析模型,提出了在双馈风机转子侧控制器中引入附加阻尼控制环节用以改善电力系统阻尼。最后以 WSCC 3机9节点系统为算例,采用特征值分析法对附加阻尼控制环节引入前后系统的阻尼特性进行了分析,并给出了时域仿真验证。研究表明附加阻尼控制环节对系统阻尼特性具有良好地改善作用。

**关键词:**双馈风机;阻尼特性;小干扰稳定;附加阻尼控制;特征值分析;时域仿真

**中图分类号:** TM614

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-0665(2012)06-0022-04

近年来,风力发电装机容量在电力系统中所占的比例不断增加,其对电力系统的影响也日趋显著,且研究风电机组对电力系统的影响已成为一个备受关注的课题<sup>[1,2]</sup>。风电场多位于远离负荷中心的偏远地区,一般通过远距离输电线路并网发电,并且风力发电功率具有较大的波动性,因此大容量风电场接入对电力系统的小干扰稳定性会带来较大冲击<sup>[3,4]</sup>。

目前,国内外学者就双馈风机对电力系统小干扰稳定性影响的研究相对较少,很多文献在研究此问题时忽略了变频器控制系统<sup>[5,6]</sup>,或者只针对单机系统进行线性化建模<sup>[4,7]</sup>,而对于考虑变频器控制系统特性的多机系统线性化建模研究较少。同时,双馈风机改善电力系统阻尼的研究已经引起了关注,文献<sup>[8,9]</sup>在双馈风机转子侧变频器中附加控制环节用以改善系统阻尼,文献<sup>[10,11]</sup>在转子侧变频器中引入 PSS 模块,并对 PSS 的作用效果进行了时域仿真验证。本文在建模时考虑了风机的变频器控制系统,建立了含双馈风机的多机系统小干扰稳定分析模型,在双馈风机转子侧控制器中引入附加阻尼控制环节用以改善电力系统阻尼。最后在 MATLAB 中,对 WSCC 3机9节点系统进行了特征值分析,并给出了时域仿真结果,验证了该附加阻尼控制环节对系统阻尼的改善效果。

## 1 双馈风力发电机组模型

双馈风力发电系统结构如图 1 所示,其发电机定子直接与电网相连,转子通过背靠背 PWM 变换器与电网相连。双馈风机发电机组模型包括机械传动部分、DFIG 和变换器 3 个部分,以下进行建模。

为合理简化模型,本文在建模时做如下假设:

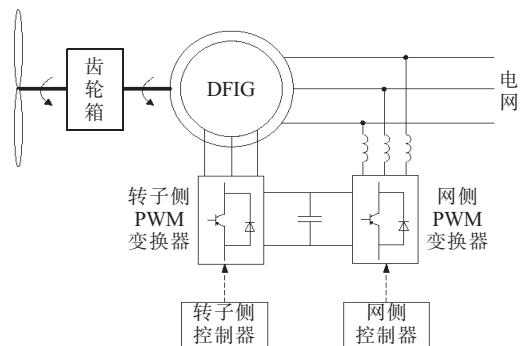


图1 双馈风机结构

(1) 所有风机接在同一母线上并网发电,并且采用平均风速模型,因此,可忽略桨距角变化和输入机械转矩变化;(2) 风力机机械传动部分采用单质量块模型,即采用一个一阶惯性环节模拟传动特性;(3) 忽略定子磁链暂态过程和定子电阻;(4) 风机以恒功率因数( $\cos \varphi=0$ )方式运行,同时电网侧变频器输出无功为0;(5) 网侧变换器为理想变换器,并且直流母线电压保持恒定。

诸多文献已对双馈风电系统的基本方程进行过详细介绍<sup>[4,12]</sup>,下文直接给出经过整理的双馈风机动态模型。

### 1.1 机械传动模型

采用单质量块模型,可得到机械传动模型,即转子运动方程为:

$$T_J \frac{ds}{dt} = T_e - T_m \quad (1)$$

式(1)中: $T_J$ 为风力机单质量块模型的惯性时间常数; $s$ 为转差率; $t$ 为风机电磁转矩; $T_m$ 为风力机捕获的机械转矩。

### 1.2 DFIG 模型

双馈风力发电机的基本微分方程为:

$$T_0' \frac{dE_q'}{dt} = -E_q' + (X_s - X')i_{ds} + \frac{\omega_s T_0' L_m}{L_r} v_{dr} - s\omega_s T_0' E_d' \quad (2)$$

$$T_0' \frac{dE_q'}{dt} = -E_d' - (X_s - X')i_{qs} - \frac{\omega_s T_0' L_m}{L_{rr}} v_{qr} + s\omega_s T_0' E_q' \quad (3)$$

式(2,3)中:下标  $d$  和  $q$  分别为  $d$  轴和  $q$  轴分量;下标  $r$  和  $s$  分别为转子量和定子量; $\omega_s$  为风机同步转速; $L_{ss}, L_{rr}, L_m$  分别为定子自感、转子自感和定转子互感; $R_r$  为转子电阻; $T_0' = L_{rr} / R_r$ ;  $X_s = \omega_s L_{rr}$ ;  $E_d' = -\omega_s L_m \psi_{qr} / L_{rr}$ ;  $E_q' = \omega_s L_m \psi_{dr} / L_{rr}$ ;  $X' = \omega_s (L_{ss} L_{rr} - L_m^2) / L_{rr}$ 。

### 1.3 变换器模型

双馈风机的变换器部分包括转子侧变换器、网侧变换器、各自的控制器以及直流电容。由前文所作假设,认为网侧变换器为理想变换器,直流电容母线电压恒定,因此,只需对转子侧变换器进行建模。转子侧变换器控制系统的结构如图2所示。

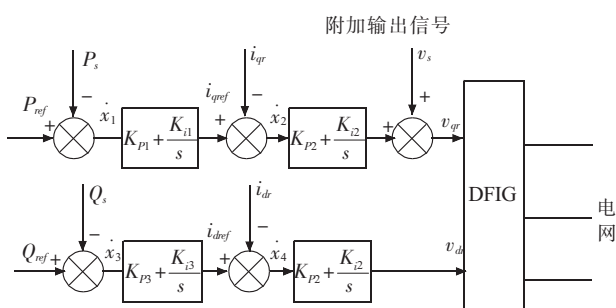


图2 转子侧控制器结构

引入  $x_1, x_2, x_3, x_4$  4 个中间变量,得到转子侧变换器控制系统状态方程:

$$\frac{dx_1}{dt} = P_{ref} - P_s \quad (4)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = K_{p1}(P_{ref} - P_s) + K_{i1}x_1 - i_{qr} \quad (5)$$

$$\frac{dx_3}{dt} = Q_{ref} - Q_s \quad (6)$$

$$\frac{dx_4}{dt} = K_{p3}(Q_{ref} - Q_s) + K_{i3}x_3 - i_{dr} \quad (7)$$

在采用定子电压定向控制的基础上,式(1—7)即构成了单台双馈风力发电机组的七阶模型。由前文假设可知,风电场由多台相同风机并联在同一母线上发电,因此可将风电场等效为一台等值机,等值机参数可由单台风机参数换算得到<sup>[13,14]</sup>。

## 2 含双馈风机的多机系统线性化模型

为了对电力系统进行小干扰稳定性分析,需要将系统中各动态元件的方程进行线性化,以获取系统的状态矩阵。下面推导含双馈风机的多机系统的线性化方程。

(1) 首先对双馈风机的七阶模型在系统稳态值附近进行线性化,消去中间代数量,得到风机的线性化方程:

$$\frac{d\Delta x_w}{dt} = \bar{A}_w \Delta x_w + \bar{B}_{lw} \Delta I_{dqw} + \bar{B}_{Vw} \Delta V_{dqw} \quad (8)$$

$$\Delta V_{dqw} = \bar{P}_w \Delta x_w + \bar{Z}_w \Delta I_{dqw} \quad (9)$$

式(8,9)中: $\Delta V_{dqw} = [\Delta V_{sd}, \Delta V_{sq}]^T$ ;  $\Delta I_{dqw} = [\Delta I_{sd}, \Delta I_{sq}]^T$ ;  $\Delta x_w = [\Delta s, \Delta E_d', \Delta E_q', \Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3, \Delta x_4]$ 。

记  $d-q$  坐标系和  $x-y$  坐标系之间的转换矩阵为  $T_w$ ,两坐标系的夹角( $q$  轴超前  $x$  轴的角度)为  $\delta_w$ ,则有如下关系:

$$T_w = \begin{bmatrix} \sin \delta_w & -\cos \delta_w \\ \cos \delta_w & \sin \delta_w \end{bmatrix} \quad (10)$$

由前文假设可忽略  $\delta_w$  的变化,因此,可以得到以下关系:

$$\begin{cases} \Delta V_{dqw} = T_w \Delta V_w \\ \Delta I_{dqw} = T_w \Delta I_w \end{cases} \quad (11)$$

式(11)中: $\Delta V_w = [\Delta V_x, \Delta V_y]^T$ ;  $\Delta I_w = [\Delta I_x, \Delta I_y]^T$ 。

式(10)和式(11)是风机本身  $d-q$  坐标系下的表达式,在多机系统中必须把它们转换成统一的同步旋转  $x-y$  坐标系下的表达式,以便与电力网络联系起来。将式(11)代入式(8,9)中消去  $\Delta V_{dqw}$  和  $\Delta I_{dqw}$  后,整理可以得到:

$$\frac{d\Delta x_w}{dt} = A_w \Delta x_w + B_w \Delta V_w \quad (12)$$

$$\Delta I_w = C_w \Delta x_w + D_w \Delta V_w \quad (13)$$

式(12,13)中: $A_w = \bar{A}_w - \bar{B}_{lw} \bar{Z}_w^{-1} \bar{P}_w$ ;  $B_w = \bar{B}_{lw} \bar{Z}_w^{-1} T_w + \bar{B}_{Vw} T_w$ ;  $C_w = -T_w^T \bar{Z}_w^{-1} \bar{P}_w$ ;  $D_w = T_w^T \bar{Z}_w^{-1} T_w$ 。

式(12)和式(13)就是双馈风电系统的独立线性化模型。

(2) 考虑包含传统同步发电机和双馈风机这两种动态元件的多机系统,消去负荷节点后全系统的网络方程为:

$$\begin{bmatrix} \Delta I_g \\ \Delta I_w \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{gg} & Y_{gw} & Y_{gl} \\ Y_{wg} & Y_{ww} & Y_{wl} \\ Y_{lg} & Y_{lw} & Y_{ll} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta V_g \\ \Delta V_w \\ \Delta V_l \end{bmatrix} \quad (14)$$

式(14)中: $\Delta V_g, \Delta V_w, \Delta V_l$  分别为同步发电机节点、风机节点和其他联络节点的电压偏差; $\Delta I_g, \Delta I_w$  分别为发电机节点和风机节点的注入电流偏差,以不同下标表示发电机、风机和输电线路之间的导纳分块矩阵。假设同步发电机组的独立线性化模型为:

$$\frac{d\Delta x_g}{dt} = A_g \Delta x_g + B_g \Delta V_g \quad (15)$$

$$\Delta I_g = C_g \Delta x_g + D_g \Delta V_g \quad (16)$$

$$\text{记 } \tilde{A} = \begin{bmatrix} A_g & 0 \\ 0 & A_w \end{bmatrix}, \tilde{B} = \begin{bmatrix} B_g & 0 & 0 \\ 0 & B_w & 0 \end{bmatrix}, \tilde{C} =$$

$\begin{bmatrix} -C_g & 0 \\ 0 & -C_w \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \tilde{D} = \begin{bmatrix} Y_{gg} - D_g & Y_{gw} & Y_{gl} \\ Y_{wg} & Y_{ww} - D_w & Y_{wl} \\ Y_{lg} & Y_{lw} & Y_{ll} \end{bmatrix}$ ,可以得到全系统的状态矩阵如下<sup>[15]</sup>:

$$A = \tilde{A} - \tilde{B}\tilde{D}^{-1}\tilde{C} \quad (17)$$

获取了含双馈风机的多机系统状态矩阵后,可以计算出全系统的特征根和特征向量,利用特征值分析法研究系统的小干扰稳定性和阻尼特性。

### 3 双馈风机附加阻尼控制环节

#### 3.1 附加阻尼控制环节作用原理

当电力系统中接入的风电场容量达到一定规模后,可以通过在风电场内配置适当的控制器来改善系统的阻尼<sup>[8-11]</sup>。本文在双馈风机转子侧变换器的有功控制回路中引入了附加阻尼控制环节,其内部结构如图3所示。

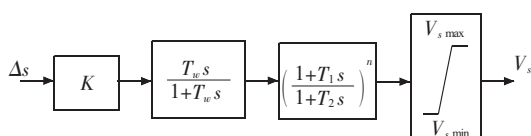


图3 附加阻尼控制环节

附加阻尼控制环节以转差率偏差  $\Delta_s$  作为输入信号,通过增益、隔直、超前滞后、限幅四个环节处理后,输出一个附加输出信号  $V_s$  作用到转子电压  $q$  轴分量  $V_{dr}$  上,如图2所示。在忽略定子磁链变化的情况下,通过调节  $V_{dr}$  的大小可以间接调节风机注入系统的电磁功率<sup>[4]</sup>。在系统发生功率振荡时,转差率会发生振荡,附加阻尼控制环节将对  $V_{dr}$  大小进行调节,从而输出阻尼功率削弱系统的功率振荡。

#### 3.2 附加阻尼控制环节参数设计

(1) 隔直环节的时间参数  $T_w$  一般取  $5 \sim 10$  s,用以滤除输入信号中的直流成分。

(2) 超前滞后环节的参数设计采用相位补偿法。针对阻尼较弱的某个振荡模式(假设频率为  $\omega_x$ ),利用测试信号法获取系统的相位滞后角度  $\varphi$ <sup>[16]</sup>。一个超前滞后环节的补偿角度通常为  $30^\circ \sim 40^\circ$ ,在确定补偿环节个数  $n$  之后,一般先选定  $T_2=0.05 \sim 0.10$ ,再计算出  $T_1$ ,使得满足如下关系:

$$\arg\left(\frac{1+j\omega_x T_1}{1+j\omega_x T_2}\right)^n = \varphi \quad (18)$$

(3) 增益设计。其他参数整定完毕后,通过改变增益大小观察系统阻尼比变化,当阻尼比变化率很小时,表明附加阻尼控制环节已向系统提供了足够的阻尼。

### 4 算例分析

本文以 WSCC 3 机 9 节点电力系统作为基本构架,双馈型风电场接在新加的 10 号节点处,系统结构如图4所示。系统基准容量为  $100 \text{ MV}\cdot\text{A}$ ,基准电压为  $230 \text{ kV}$ ,频率为  $60 \text{ Hz}$ 。3 机 9 节点系统参数

见文献[15],单台双馈风机参数见文献[4]。风电场采用参数和运行状态相同的 40 台双馈风机(单机容量为  $1.5 \text{ MW}$ )接在同一母线上向电网发电,并采用一台等值机对风电场进行等效。同步发电机  $G_1$  采用三阶模型, $G_2$  和  $G_3$  采用双轴模型,3 台机励磁系统均采用一阶惯性环节模拟。节点 5,6,8 为负荷节点,采用恒阻抗模型等效。

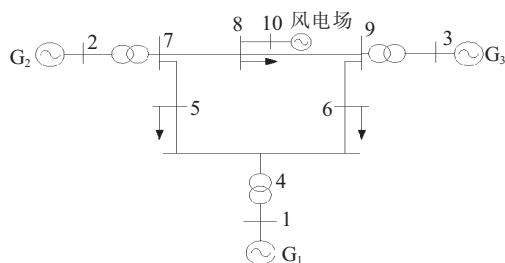


图4 接入风电场的3机9节点系统结构图

#### 4.1 特征值分析

在 MATLAB 中编写特征值分析程序,分析双馈风机出力满发工况下,WSCC 3 机 9 节点系统的小干扰稳定性。3 机 9 节点系统在未接入风电场前,由特征值分析程序计算得到该系统具有两个低频振荡模式:  $-1.232 \pm j13.116$  ( $2.09 \text{ Hz}$ ) 和  $-0.317 \pm j8.532$  ( $1.36 \text{ Hz}$ )。在接入双馈型风电场后,计算得到系统的主要振荡模式如表1所示。

表1 接入风电后系统主要振荡模式

| 特征值                   | 频率 /Hz | 参与因子                    |
|-----------------------|--------|-------------------------|
| $-1.355 \pm j15.029$  | 2.39   | 机电振荡模式,与 G3 强相关         |
| $-0.433 \pm j11.074$  | 1.76   | 机电振荡模式,与 G2 强相关         |
| $-25.147 \pm j14.532$ | 2.31   | 非机电振荡模式,与 G1 励磁强相关      |
| $-0.316 \pm j6.982$   | 1.11   | 非机电振荡模式,与 DFIG 转子侧控制强相关 |

由表1可以看出,风电场接入后并没有引入新的机电振荡模式,但使原系统两个低频振荡模式的频率发生部分偏移,特征根实部均往虚平面左边有所移动,表明这两个模式的阻尼有所提高。但  $-0.433 \pm j11.074$  振荡模式的阻尼比仍小于  $5\%$ ,属于弱阻尼模式。为进一步改善系统的阻尼特性,针对该振荡模式,在转子侧变换器有功控制回路引入附加阻尼控制环节,该控制环节整定后的传递函数如下:

$$G(s) = 100 \times \frac{5s}{1+5s} \times \left(\frac{1+0.32s}{1+0.05s}\right)^2 \quad (19)$$

计算附加阻尼控制环节引入后的系统特征值,得到对比结果如表2所示。

由表2可以看到,附加阻尼控制环节引入之后,两个低频振荡模式的特征根实部均往虚平面的左边



表2 控制环节引入前后系统阻尼变化

| 控制环节 | 特征值                  | 频率/Hz | 阻尼比     |
|------|----------------------|-------|---------|
| 引入前  | $-1.355 \pm j15.029$ | 2.39  | 0.089 8 |
|      | $-0.433 \pm j11.074$ | 1.76  | 0.039 0 |
| 引入后  | $-1.493 \pm j14.445$ | 2.30  | 0.102 8 |
|      | $-0.979 \pm j10.613$ | 1.69  | 0.091 8 |

发生了移动,阻尼比均达到了5%以上,系统的阻尼得到较好改善。

#### 4.2 时域仿真

设置节点7和8之间的线路在 $t=0.2$ s时发生三相短路故障,故障持续0.1s后自动切除,验证附加阻尼控制环节引入前后的作用效果。风机出力满发时,同步发电机功角差和风机转差率变化曲线如图5所示。

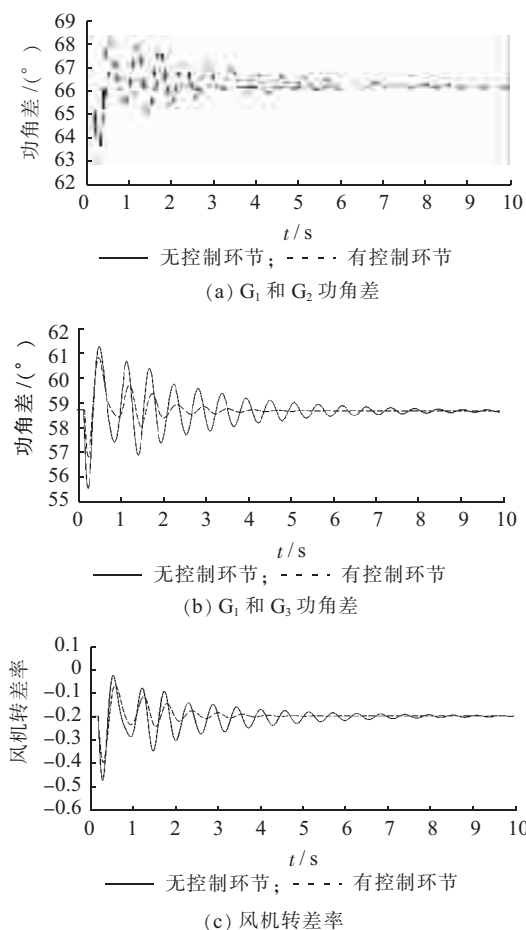


图5 功角差和转差率变化

由图5可以看到,附加阻尼控制环节引入后,能够较好改善系统的阻尼,有效抑制系统的低频振荡。

## 5 结束语

本文建立了含双馈风机的多机系统线性化模型,并将附加阻尼控制环节引入到双馈风机转子侧控制器中。以WSCC 3机9节点系统作为研究对象,对系统的特征值进行了分析,并进行了时域仿

真,验证附加阻尼控制环节的作用效果。仿真结果表明,该附加阻尼控制环节能够有效改善系统阻尼。

#### 参考文献:

- [1] 杨黎晖,马西奎. 双馈风电机组对电力系统低频振荡特性的影响[J]. 中国电机工程学报, 2011, 31(10): 19-25.
- [2] KAYIKCI M, MILANOVIĆ J V. Dynamic Contribute on of DFIG-based Wind Plants to System Frequency Disturbance[J]. IEEE Transactions on Power System, 1999, 14(4): 1545-1554.
- [3] TEBASH A, IRAVANI R. Small-signal Dynamic Model and Analysis of a Fixed-speed Wind Farm: a Frequency Response Approach[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2006, 21(2): 778-787.
- [4] 关宏亮. 大规模风电场接入电力系统的小干扰稳定性研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2008.
- [5] 洪敏, 李兴源. 双馈风力发电机的小信号稳定分析及其控制研究[J]. 继电器, 2007, 35(14): 1-6.
- [6] MICHAEL H F, OLIMPO A L, NICHOLAS J, et al. Control of DFIG-based Wind Generation for Power Network Support[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2005, 20(4): 1958-1966.
- [7] 王国民. 双馈电机电力系统稳定器发送系统阻尼的研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2011.
- [8] MICHAEL H F, OLIMPO A L. A Power System Stabilizer for DFIG-based Wind Generation[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2006, 21(2): 763-772.
- [9] ELIKINGTON K, GHANDHARI M. Using Power System Stabilizers in Doubly Fed Induction Generators[J]. AUPEC, 2008: 1-6.
- [10] 张子泳, 胡志坚, 李勇汇, 等. 大型双馈风力发电系统小信号动态建模及附加阻尼控制器设计[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(18): 127-133.
- [11] 关宏亮, 迟永宁, 戴慧珠, 等. 并网风电场改善系统阻尼的仿真[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(13): 81-85.
- [12] 赵仁德. 变速恒频双馈风力发电机交流励磁电源研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2005.
- [13] 刘苏琴, 高山. 计及双馈风力发电机内部等值电路的电力系统随机潮流计算[J]. 江苏电机工程, 2007, 26(4): 13-16.
- [14] 刘力卿, 李秀锦, 余洋, 等. 变速恒频双馈风电机组风电场动态出力特性建模方法[J]. 电力科学与工程, 2011, 27(12): 7-11.
- [15] 王锡凡, 方万良, 杜正春. 现代电力系统分析[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [16] 徐政. 交直流电力系统动态行为分析[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.

#### 作者简介:

陈凡(1988),男,安徽铜陵人,硕士研究生,研究方向为电力系统运行控制;

戴中华(1984),男,安徽池州人,工程师,从事电网协调试验研究工作;

桂国亮(1978),男,安徽桐城人,工程师,从事电网协调试验研究工作。

受现场条件限制较小。交流法一次通流试验受现场条件、工程进度等限制,但能对二次回路的接线、极性、相序、TA 变比等进行整组测试。在政平换流站调试工程的应用,证明了该方法的可行性和有效性。

#### 参考文献:

- [1] 国家电网公司标准,Q\_GDW 118—2005 直流换流站二次电气设备交接试验规程[S].
- [2] 国家电力调度通信中心. 国家电网公司继电保护培训教材(下册)[M]. 北京:中国电力出版社,2009.
- [3] 邓清清,项巍. 500 kV 主变一次通流试验模型及方案的研究[J]. 继电器,2008,36(7):92-95
- [4] 徐灵洁,周琦,周永佳,等. 电流互感器基本误差现场检定一次升流方法的研究[J]. 浙江电力,2010(5):15-17.
- [5] 吴建辉,郑新才,刘艳玲. 变压器套管电流互感器试验方法探讨[J]. 变压器,2010,47(6):42-43.
- [6] 王昌荣,周惠安,刘清培,等. 电流互感器极性、变比、相序正确性试验方法[J]. 青海电力,2011(30):45-48.

- [7] 袁季修,盛和乐,吴聚业. 保护用电流互感器应用指南[M]. 北京:中国电力出版社,2004.
- [8] 王正茂,阎治安,崔新艺,等. 电机学[M]. 西安:西安交通大学出版社,2009.
- [9] 李光琦. 电力系统暂态分析[M]. 北京:中国电力出版社,1995.
- [10] 陈珩. 电力系统稳态分析[M]. 北京:中国电力出版社,1995.

#### 作者简介:

李鹏(1982),男,陕西周至人,工程师,从事继电保护工作;  
袁宇波(1975),男,江苏丹阳人,高级工程师,从事继电保护工作;  
黄浩声(1979),男,浙江温岭人,工程师,从事继电保护工作;  
张佳敏(1986),男,江苏靖江人,工程师,从事继电保护工作;  
高磊(1982),男,山东青岛人,高级工程师,从事继电保护工作。

## Research and Application on One Time Through-Flow Test Methods of HVDC Converter Rheological

LI Peng, YUAN Yu-bo, HUANG Hao-shen, ZHANG Jia-min, GAO Lei

(Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China)

**Abstract:** It is a complicated and difficult job to make sure the polarity of the bushing current transformers (TA) and correctness of its secondary circuit in HVDC converter transformer protection debugging. Combined with practical engineering applications, the method that uses one time through-flow to check secondary circuit of converter transformer bushing TA with DC and AC is proposed in this paper. On the basis of the introduction about the side of the same name and polarity of transformer, the theory that uses one time through-flow to check secondary circuit of converter transformer bushing TA with DC and AC is analyzed, and the key problems and complete implementation on methods and site applications is given in this paper. Taking advantage of renovation debugging on the zhengping converter transformer protection, the method that uses one time through-flow to check secondary circuit of converter transformer bushing TA with DC and AC is applied to the practical work to check the correct and integrity of secondary current loop polarity and wiring. The effectiveness of this program is verified with starting the test with a load test in spot.

**Key words:** HVDC converter rheological; secondary circuit of TA; one time through-flow test; converter transformer protection

(上接第 25 页)

## Research on Increasing Power System Damping with Wind Turbine-driven Doubly-fed Induction Generator

CHEN Fan<sup>1</sup>, DAI Shen-hua<sup>2</sup>, GUI Guo-liang<sup>2</sup>

(1.School of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China;

2.Electrical Power Research Institute of Anhui Power Company, Hefei 230601, China)

**Abstract:** The wind power has more significant influence on the power grid because of its growing installed capacity. So it is of importance to study the influence of wind power on the power system damping. A multi-machine system model with wind turbine-driven doubly-fed induction generator (DFIG) was built for the small signal stability analysis. To increase the power system damping, an additional damping control was applied into the controller in the rotor side of the DFIG. The change of system damping after the additional damping control was added was got by eigenvalue analysis and proved by time domain simulations in the WSCC 3-generator-9-bus system. The results showed that the additional damping control has good effect on the system damping.

**Key words:** DFIG; damping; signal stability; additional damping control; eigenvalue analysis; time domain simulations