



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102684209 B

(45) 授权公告日 2014. 09. 10

(21) 申请号 201210044345. 8

CN 102255325 A, 2011. 11. 23, 全文.

(22) 申请日 2012. 06. 18

EP 2461452 A, 2012. 06. 06, 全文.

(73) 专利权人 中国电力科学研究院
地址 100192 北京市海淀区清河小营东路
15 号
专利权人 国家电网公司

毕天姝. 大规模风电外送中的次同步振荡问题. 《电力科学与技术学报》. 2012, 第 27 卷 (第 1 期), 第 10-15 页.

审查员 韩静静

(72) 发明人 郑超 雷虹云 宋云亭 马世英

(74) 专利代理机构 北京安博达知识产权代理有限公司 11271

代理人 徐国文

(51) Int. Cl.

H02J 3/24 (2006. 01)

H02J 3/18 (2006. 01)

H02P 21/14 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102035211 A, 2011. 04. 27, 全文.

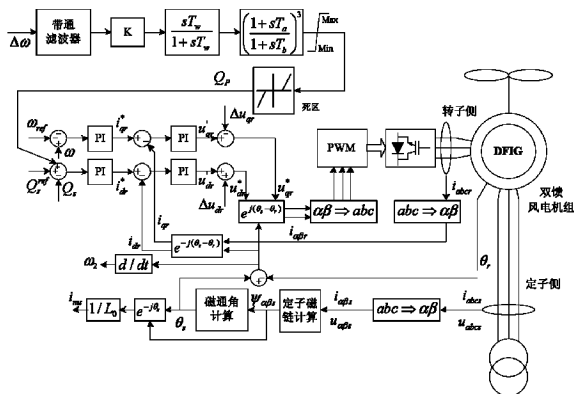
权利要求书3页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

利用风机附加控制器提高火电机组 SS0 阻尼的方法

(57) 摘要

本发明属于电力系统领域, 具体涉及一种利用附加控制器调制风电机组无功出力, 提高风火打捆串补外送系统中火电机组次同步振荡阻尼的方法。本发明依据双馈风电机组转子电流有功、无功解耦控制原理, 引入打捆外送火电机组轴系转速偏差为特征信号设计阻尼控制器, 阻尼控制器输出为转子无功功率控制的调制分量; 通过对风电机组无功功率的调节, 达到增强打捆外送火电机组次同步振荡阻尼的效果。将本发明应用于大容量风火打捆串联电容补偿外送场景, 能够提升火电机组次同步振荡阻尼特性, 保障新能源电力安全、连续、可靠外送和电力系统安全稳定运行。



1. 一种利用风机附加控制器提高火电机组 SS0 阻尼的方法,其特征在于,所述方法包括以下步骤:

(1). 建立风电机组与火电机组经串联补偿的外送仿真系统,并网外送系统包括火电机组、双馈风电机组以及串联补偿输电线路,所述双馈风电机组包括转子无功功率控制回路;

(2). 在所述转子无功功率控制回路中次同步频率的无功参考指令信号 ΔQ ,进行数值仿真直到所述外送系统进入稳态,记录所述火电机组的电磁转矩扰动信号 ΔT_e ,并得到 ΔT_e 与 ΔQ 之间的相频特性曲线;

(3). 在所述风电机组中设置阻尼控制器,用于消除所述外送系统的次同步振荡;

(4). 校验抑制发电机次同步振荡的效果;

(5). 微调所述阻尼控制器的参数,优化所述火电机组次同步振荡阻尼特性。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,在所述步骤 (1) 中,采用电力系统电磁暂态仿真计算工具,建立所述风电机组与所述火电机组的外送系统。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,在所述步骤 (2) 中,利用傅里叶分解得到 ΔT_e 与 ΔQ 间的相频特性曲线;所述信号 ΔQ 为次同步频率的无功参考指令信号。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,在所述步骤 (3) 中,所述阻尼控制器,通过对所述风电机组中的发电机转速偏差信号进行放大和移相,产生控制信号来调节所述风电机组的无功出力,使所述风电机组在次频域内为所述火电机组提供正电气阻尼,消除次同步振荡。

5. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,在所述步骤 (4) 中,对所述并网外送系统施加扰动,校验所述阻尼控制器抑制发电机次同步振荡的效果。

6. 根据权利要求 1-5 所述的方法,其特征在于,在所述步骤 (1) 中,所述风电机组包括风功率系统或风力发电机或风力发电机控制系统;所述火电机组计及轴系多质量块动态特性;风力发电机控制系统包括:并列设置的转子侧控制系统和定子侧控制系统。

7. 根据权利要求 6 所述的方法,其特征在于,所述风电机组为双馈变速恒频率风电机组。

8. 根据权利要求 7 所述的方法,其特征在于,所述转子侧控制系统采用基于定子磁链定向的功率解耦控制器;所述定子侧控制系统采用基于电网电压定向的功率解耦控制器。

9. 根据权利要求 1-5 所述的方法,其特征在于,在所述步骤 (2) 中,在风电机组的无功功率控制回路中,将频率范围为 5 至 55Hz 或增量为 1Hz 的次同步频率的无功参考指令信号 ΔQ 叠加至参考指令值 Q_{ref} 上,即:

$$\Delta Q = \sum_{k=5}^{55} \Delta Q_k \cos(k\omega_0 t + \varphi_k)$$

启动仿真计算直至系统进入稳态,提取公共周期内 ΔQ 变化数据和发电机组电磁转矩 T_e 数据,对 ΔQ 和 T_e 进行傅里叶分解,得到不同频率下的无功参考指令相量信号 $\Delta \dot{Q}(k\omega_0)$ 和火电机组电磁转矩相量信号 $\Delta \dot{T}_e(k\omega_0)$;计算出相频特性,即:

$$\varphi(k\omega_0) = \arg\left(\frac{\Delta \dot{T}_e(k\omega_0)}{\Delta \dot{Q}(k\omega_0)}\right)$$

根据相频特性,确定发电机次同步振荡威胁频率点 f_x 以及所述阻尼控制器在该频率下的补偿相位 φ ;应用参数整定公式,确定阻尼控制器相关时间常数,所述参数整定公式如下:

$$\begin{cases} a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \\ T_a = \frac{1}{2\pi f_x \sqrt{a}} \\ T_b = aT_a \end{cases}$$

对所述阻尼控制器参数进行整定,所述阻尼控制器参数包括放大系数 K 、隔直环节时间常数 T_w 和超前滞后环节时间常数 T_a 、 T_b 。

10. 根据权利要求 1 - 5 所述的方法,其特征在于,在所述步骤 (3) 中,在风电与火电打捆外送系统中,校验所述阻尼控制器抑制发电机次同步振荡的有效性;或是在所述外送系统发生大扰动时,仿真校验阻尼控制器抑制发电机次同步振荡的有效性。

11. 根据权利要求 9 所述的方法,其特征在于,求取所述阻尼控制器参数,对所述次同步振荡的威胁频率点 f_x 进行相位及幅值补偿。

12. 根据权利要求 7 所述的方法,其特征在于,所述风功率系统包括:依次设置的风速模拟系统、风轮机组特性模拟单元以及叶片角控制单元;所述风功率系统输出为风力发电机输入机械转矩。

13. 根据权利要求 7 所述的方法,其特征在于,所述风力机组采用双馈感应发电机;所述风力组机转子回路通过换流器与电网互联;所述风力组机转子电压 u_{rd} 与 u_{rq} 不等于 0,双馈感应发电机通过控制所述风力组机转子外界电压,可控制风电机组输出的有功和无功功率;同步旋转 d_{q0} 坐标系下双馈感应发电机的电压方程为:

$$u_{sd} = \frac{d\psi_{sd}}{dt} - \omega_N \psi_{sq} + R_s i_{sd}$$

$$u_{sq} = \frac{d\psi_{sq}}{dt} + \omega_N \psi_{sd} + R_s i_{sq}$$

$$\bar{u}_{rd} = \frac{d\psi_{rd}}{dt} - s\psi_{rq} + R_r i_{rd}$$

$$u_{rq} = \frac{d\psi_{rq}}{dt} + s\psi_{rd} + R_r i_{rd}$$

所述电压方程中 u_{sd} 、 u_{sq} 、 u_{rd} 、 u_{rq} 分别为定子绕组和转子绕组电压的 d 轴和 q 轴分量; R_s 和 R_r 分别为定子绕组和转子绕组相电阻; i_{sd} 、 i_{sq} 、 i_{rd} 、 i_{rq} 分别为定子绕组和转子绕组电流的 d 轴和 q 轴分量; ω_N 为同步旋转速度; s 为转子滑差; ψ_{sd} 、 ψ_{sq} 、 ψ_{rd} 、 ψ_{rq} 分别为定子和转子 d 轴和 q 轴的磁链;

风力发电机组的磁链方程为:

$$\Psi_{sd} = (L_{ss} + L_m) i_{sd} + L_m i_{rd}$$

$$\Psi_{sq} = (L_{ss} + L_m) i_{sq} + L_m i_{rq}$$

$$\Psi_{rd} = (L_{rr} + L_m) i_{rd} + L_m i_{sd}$$

$$\Psi_{rq} = (L_{rr} + L_m) i_{rq} + L_m i_{sq}$$

其中, L_{ss} 、 L_{rr} 、 L_m 分别为定子和转子的每相漏感、以及定子与转子间的互感。

14. 根据权利要求 7 所述的方法,其特征在于,所述风力发电机控制系统分为两层:第一层为风力机最优风功率跟踪控制单元及风电机组无功功率控制单元,所述风力机最优风功率跟踪根据实时风速确定风机转子最优转速;所述风电机组无功功率控制根据无功功率控制策略确定风电机组的无功参考值;第二层为功率解耦控制单元,以第一层控制所确定的最优转速及无功功率参考值为控制目标,实现定子侧和转子侧变频器的有功和无功解耦控制。

利用风机附加控制器提高火电机组 SSO 阻尼的方法

技术领域

[0001] 本发明属于电力系统领域,具体涉及一种利用风机附加控制器提高并网火电机组次同步振荡(Subsynchronous Oscillation, SSO) 阻尼的方法。

[0002] 背景技术

[0003] 风能利用的潜力巨大,陆地和海上风能的可开发装机总容量达到大约 7 ~ 12 亿千瓦,最新评估报告提出的数据甚至可达 25 亿千瓦以上。随着风电场的大规模发展,风电机组的研究、制造与应用水平也在不断发展,从过去对风能利用效率不高的恒速风机发展到追求风能最大转换效率的变速恒频风电机组。其中,基于双馈感应发电机的兆瓦级风电机组因其在运行方面表现的诸多优点,已成为当前风电市场的主流机型。

[0004] 在地域幅员辽阔的国家中,风电一般采用“大规模、高集中”的开发模式和“大容量、高电压、远距离”的输送模式。可将具有丰富的风力资源的地区的风电与火电打捆外送,这样可以弥补风功率出力的不确定性所造成的大容量外送输电通道设备利用效率偏低的不利影响,保证了能源供应的稳定性和电力系统运营经济性。但是,目前风资源丰富地区的电力系统主网架较为薄弱,通过外送通道加装串联补偿,提升风火打捆外送能力和输电效率,是一种可行的技术措施。

[0005] 将风火打捆串补外送,在提高新能源外送能力和输电效率的同时,会增大送端火电机组次同步振荡的威胁,并对电网安全稳定运行带来不利影响。

[0006] 发明内容

[0007] 为克服上述缺陷,本发明提供了一种利用风机附加控制器提高火电机组 SSO 阻尼的方法,利用附加控制器调制双馈风电机组无功出力,提高了外送系统中火电机组次同步振荡阻尼的效果。

[0008] 为实现上述目的,本发明提供一种利用风机附加控制器提高火电机组 SSO 阻尼的方法,其改进之处在于,所述方法包括以下步骤:

[0009] (1). 建立风电机组与火电机组经串联补偿的外送仿真系统,所述并网外送系统包括火电机组、双馈风电机组以及串联补偿输电线路,所述双馈风电机组包括转子无功功率控制回路;

[0010] (2). 在所述转子无功功率控制回路中次同步频率的无功参考指令信号 ΔQ ,进行数值仿真直到所述外送系统进入稳态,记录所述火电机组的电磁转矩扰动信号 ΔT_e ,并得到 ΔT_e 与 ΔQ 之间的相频特性曲线;

[0011] (3). 在所述风电机组中设置阻尼控制器,用于消除所述外送系统的次同步振荡;

[0012] (4). 校验抑制发电机次同步振荡的效果;

[0013] (5). 微调所述阻尼控制器的参数,优化所述火电机组次同步振荡阻尼特性。

[0014] 本发明提供的优选技术方案中,在所述步骤 1 中,采用电力系统电磁暂态仿真计算工具,建立所述风电机组与所述火电机组的外送系统。

[0015] 本发明提供的第二优选技术方案中,在所述步骤 2 中,利用傅里叶分解得到 ΔT_e 与 ΔQ 间的相频特性曲线;所述信号 ΔQ 为次同步频率的无功参考指令信号。

[0016] 本发明提供的第三优选技术方案中,在所述步骤 3 中,所述阻尼控制器,通过对所述风电机组中的发电机转速偏差信号进行放大和移相,产生控制信号来调节所述风电机组的无功出力,使所述风电机组在次频域内为所述火电机组提供正电气阻尼,消除次同步振荡。

[0017] 本发明提供的第四优选技术方案中,在所述步骤 4 中,对所述风火打捆外送系统施加扰动,校验所述阻尼控制器抑制发电机次同步振荡的效果。

[0018] 本发明提供的第五优选技术方案中,在所述步骤 1 中,所述风电机组包括风功率系统、风力发电机及风力发电机控制系统;所述火电机组计及轴系多质量块动态特性;风力发电机控制系统包括:并列设置的转子侧控制系统和定子侧控制系统。

[0019] 本发明提供的第六优选技术方案中,所述风电机组为双馈变速恒频率风电机组。

[0020] 本发明提供的第七优选技术方案中,所述转子侧控制系统采用基于定子磁链定向的功率解耦控制器;所述定子侧控制系统采用基于电网电压定向的功率解耦控制器。

[0021] 本发明提供的第八优选技术方案中,在所述步骤 2 中,在风电机组的无功功率控制回路中,将频率范围为 5 至 55Hz、增量为 1Hz 的次频域振荡信号 ΔQ 叠加至参考指令值 Q_{ref} 上,即:

[0022]

$$\Delta Q = \sum_{k=5}^{55} \Delta Q_k \cos(k\omega_0 t + \varphi_k)$$

[0023] 启动仿真计算直至系统进入稳态,提取公共周期内 ΔQ 变化数据和发电机组电磁转矩 T_e 数据,对 ΔQ 和 T_e 进行傅里叶分解,得到不同频率下的无功参考指令相量信号 $\Delta Q(k\omega_0)$ 和火电机组电磁转矩相量信号 $\Delta T_e(k\omega_0)$,计算出相频特性,即:

[0024]

$$\varphi(k\omega_0) = \arg\left(\frac{\Delta T_e(k\omega_0)}{\Delta Q(k\omega_0)}\right)$$

[0025] 根据相频特性,确定发电机次同步振荡威胁频率点 f_x 以及所述阻尼控制器在该频率下的补偿相位 φ ;应用参数整定公式,确定阻尼控制器相关时间常数,所述参数整定公式如下:

[0026]

$$\begin{cases} a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \\ T_a = \frac{1}{2\pi f_x \sqrt{a}} \\ T_b = aT_a \end{cases}$$

[0027] 对所述阻尼控制器参数进行整定,所述阻尼控制器参数包括放大系数 K 、隔直环节时间常数 T_w 和超前滞后环节时间常数 T_a 、 T_b 。

[0028] 本发明提供的第九优选技术方案中,在所述步骤 3 中,在风电与火电打捆外送系统中,校验所述阻尼控制器抑制发电机次同步振荡的有效性;在所述外送系统发生大扰动时,仿真校验阻尼控制器抑制发电机次同步振荡的有效性。

[0029] 本发明提供的第十优选技术方案中,求取所述阻尼控制器参数,对所述次同步振荡的威胁频率点 f_x 进行相位及幅值补偿。

[0030] 本发明提供的较优选技术方案中,所述风功率系统包括:依次设置的风速模拟系统、风轮机组特性模拟单元以及叶片角控制单元;所述风功率系统输出为风力发电机输入机械转矩。

[0031] 本发明提供的第二较优选技术方案中,所述风力发电机组采用双馈感应发电机;所述风力发电机转子回路通过换流器与电网互联;所述风力发电机转子电压 u_{rd} 与 u_{rq} 不等于 0,双馈感应发电机通过控制所述风力发电机转子外界电压,可控制风电机组输出的有功和无功功率;同步旋转 d_{q0} 坐标系下双馈感应发电机的电压方程为:

$$[0032] \quad u_{sd} = \frac{d\psi_{sd}}{dt} - \omega_N \psi_{sq} + R_s i_{sd}$$

$$[0033] \quad u_{sq} = \frac{d\psi_{sq}}{dt} + \omega_N \psi_{sd} + R_s i_{sq}$$

$$[0034] \quad u_{rd} = \frac{d\psi_{rd}}{dt} - s\psi_{rq} + R_r i_{rd}$$

$$[0035] \quad u_{rq} = \frac{d\psi_{rq}}{dt} + s\psi_{rd} + R_r i_{rd}$$

[0036] 所述电压方程中 u_{sd} 、 u_{sq} 、 u_{rd} 、 u_{rq} 分别为定子绕组和转子绕组电压的 d 轴和 q 轴分量; R_s 和 R_r 分别为定子绕组和转子绕组相电阻; i_{sd} 、 i_{sq} 、 i_{rd} 、 i_{rq} 分别为定子绕组和转子绕组的 d 轴和 q 轴分量; ω_N 为同步旋转速度; s 为转子滑差; ψ_{sd} 、 ψ_{sq} 、 ψ_{rd} 、 ψ_{rq} 分别为定子和转子 d 轴和 q 轴的磁链;

[0037] 风力发电机组的磁链方程为:

$$[0038] \quad \psi_{sd} = (L_{ss} + L_m) i_{sd} + L_m i_{rd}$$

$$[0039] \quad \psi_{sq} = (L_{ss} + L_m) i_{sq} + L_m i_{rq}$$

$$[0040] \quad \psi_{rd} = (L_{rr} + L_m) i_{rd} + L_m i_{sd}$$

$$[0041] \quad \psi_{rq} = (L_{rr} + L_m) i_{rq} + L_m i_{sq}$$

[0042] 其中, L_{ss} 、 L_{rr} 、 L_m 分别为定子和转子的每相漏感、以及定子与转子间的互感。

[0043] 本发明提供的第三较优选技术方案中,所述风机控制系统分为两层:第一层为风力机最优风功率跟踪控制单元及风电机组无功功率控制单元,所述风力机最优风功率跟踪根据实时风速确定风机转子最优转速;所述风电机组无功功率控制根据无功功率控制策略确定风电机组的无功参考值;第二层为功率解耦控制单元,以第一层控制所确定的最优转速及无功功率参考值为控制目标,实现定子侧和转子侧变频器的有功和无功解耦控制。

[0044] 与现有技术比,本发明提供了一种利用风机附加控制器提高火电机组 SSO 阻尼的方法,依据双馈风电机组转子电流解耦控制的基本原理,引入为并网火电机组转速偏差信号设计的阻尼控制器,阻尼控制器输出为风机无功功率设定值调制分量,通过对风机无功出力调节,达到增强发电机组次同步振荡阻尼的效果;双馈风电机组通过对转子电流进行控制,具有快速的有功功率和无功功率调节能力,在送端风火打捆系统中,充分利用风电机组的功率调节控制,改善了火电机组次同步振荡阻尼特性,抑制轴系振荡,具有较好的经济性和应用前景。

附图说明

- [0045] 图 1 为风电机组附的阻尼控制器原理框图。
- [0046] 图 2 为双馈电机控制逻辑示意图。
- [0047] 图 3 为转子侧变频器控制框图。
- [0048] 图 4 为风火打捆串补外送测试系统。
- [0049] 图 5 为是风火打捆串补外送测试系统风机转子无功功率控制输入端与发电机电磁转矩间相频特性示意图。
- [0050] 图 6 为风电场出力 33% 条件下, 无风机附加控制发电机轴系发散振荡示意图。
- [0051] 图 7 为风电场出力 33% 条件下, 有风机附加控制发电机轴系收敛振荡示意图。
- [0052] 图 8 为风电场出力 33% 条件下, 有风机附加控制发电机电磁转矩示意图。
- [0053] 图 9 为风电场出力 33% 条件下, 有风机附加控制风电场有功和无功功率示意图。
- [0054] 图 10 为风电场出力 67% 条件下, 无风机附加控制发电机轴系发散振荡示意图。
- [0055] 图 11 为风电场出力 67% 条件下, 有风机附加控制发电机轴系收敛振荡示意图。
- [0056] 图 12 为风电场出力 67% 条件下, 有风机附加控制发电机电磁转矩示意图。
- [0057] 图 13 为风电场出力 67% 条件下, 有风机附加控制风电场有功和无功功率示意图。

具体实施方式

[0058] 下面结合附图对本发明的具体实施方式做进一步的详细说明。

[0059] (1) 风火打捆串补外送系统详细建模

[0060] 采用电力系统电磁暂态仿真工具, 建立风电机组和风电场仿真模型, 以及轴系多质量动态模拟的火电机组模型、串补输电系统模型。其中, 图 1 是风电机组附加控制器原理框图, 图 2 是双馈风机的控制系统原理图, 转子侧变频器控制目标分别为风机输出无功功率以及对应实时风速的转子最优转速; 定子侧变频器控制目标为变频器直流侧电压以及交流无功功率。双馈风电机组的转子侧变频器控制系统如图 3 所示, 阻尼控制器的输出为转子无功功率控制的调制信号。

[0061] (2) 图 4 为风火打捆串补外送测试系统, 其中送端区域接入一个大型风电场, 风电场有 100 台双馈风电机组, 单机额定容量为 1.5MW, 通过两级升压变压器接入电网。

[0062] 在风机转子无功功率控制参考设定值处施加一系列 5-55Hz 的小信号 ΔQ , 所述信号 ΔQ 为小幅值次同步频率的无功参考指令信号, 即:

[0063]

$$\Delta Q = \sum_{k=5}^{55} \Delta Q_k \cos(k\omega_0 t + \varphi_k)$$

[0064] 启动仿真计算直至系统进入稳态, 提取公共周期内 ΔQ 变化数据和发电机电磁转矩 T_e 数据, 对 ΔQ 和 T_e 进行傅里叶分解, 并计算相频特性:

[0065]

$$\varphi(k\omega_0) = \arg\left(\frac{\Delta T_e(k\omega_0)}{\Delta Q(k\omega_0)}\right)$$

[0066] (3) 根据如图 5 所示相频特性, 确定发电机次同步振荡威胁频率点 f_x 以及次同步振荡阻尼控制器在该频率下的补偿相位 φ , 分别为 32Hz 和 50° 。

[0067] 应用附加控制器参数整定公式,并结合时域仿真计算效果,确定附加控制器参数 $K = 2, T_w = 10, T_a = 0.0074, T_b = 0.0032$;其中,放大系数 K 、隔直环节时间常数 T_w 和超前滞后环节时间常数 $T_a、T_b$ 。

[0068] 所述参数整定公式如下:

[0069]

$$\begin{cases} a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \\ T_a = \frac{1}{2\pi f_x \sqrt{a}} \\ T_b = aT_a \end{cases}$$

[0070] 所述阻尼控制器参数包括放大系数 K 、隔直环节时间常数 T_w 和超前滞后环节时间常数 $T_a、T_b$ 。

[0071] (4) 风电场不同运行条件下,验证其抑制发电机次同步振荡的有效性。

[0072] 通过改变风速,考察风电场不同运行出力水平下,风机附加控制器抑制发电机次同步振荡的效果。

[0073] 在输电线路上设置三相瞬时短路故障,取其发电机角速度偏差信号为风机附加控制器的输入信号,输出信号 Q_p 叠加至参考设定值 Q_{ref1} 之上。改变风速大小,使风电场出力分别为 50MW、100MW。

[0074] 图 6- 图 9 为风电场出力 50MW 条件下,无风机附加控制时发电机轴系发散振荡和配置阻尼控制器后轴系收敛振荡曲线,以及发电机电磁转矩、风电场有功和无功功率等曲线。从图中可以看到,引入阻尼控制器对风电场无功功率调制,可以显著增强发电机组的次同步振荡阻尼,维持轴系的稳定。

[0075] 图 10- 图 13 为风电场出力 100MW 条件下,无风机附加控制时发电机轴系发散振荡和配置阻尼控制器后轴系收敛振荡曲线,以及发电机电磁转矩、风电场有功和无功功率等曲线。从图中可以看到,引入阻尼控制器对风电场无功功率调制,可以显著增强发电机组的次同步振荡阻尼,维持轴系的稳定。

[0076] 需要声明的是,本发明内容及具体实施方式意在证明本发明所提供技术方案的实际应用,不应解释为对本发明保护范围的限定。本领域技术人员在本发明的精神和原理启发下,可作各种修改、等同替换、或改进。但这些变更或修改均在申请待批的保护范围内。

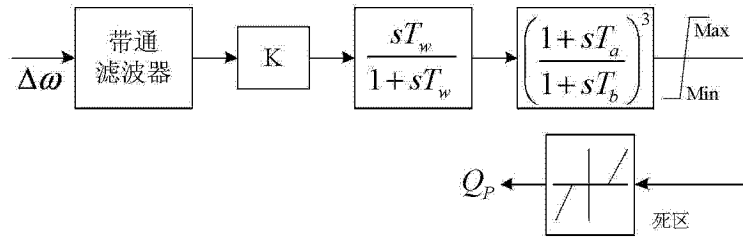


图 1

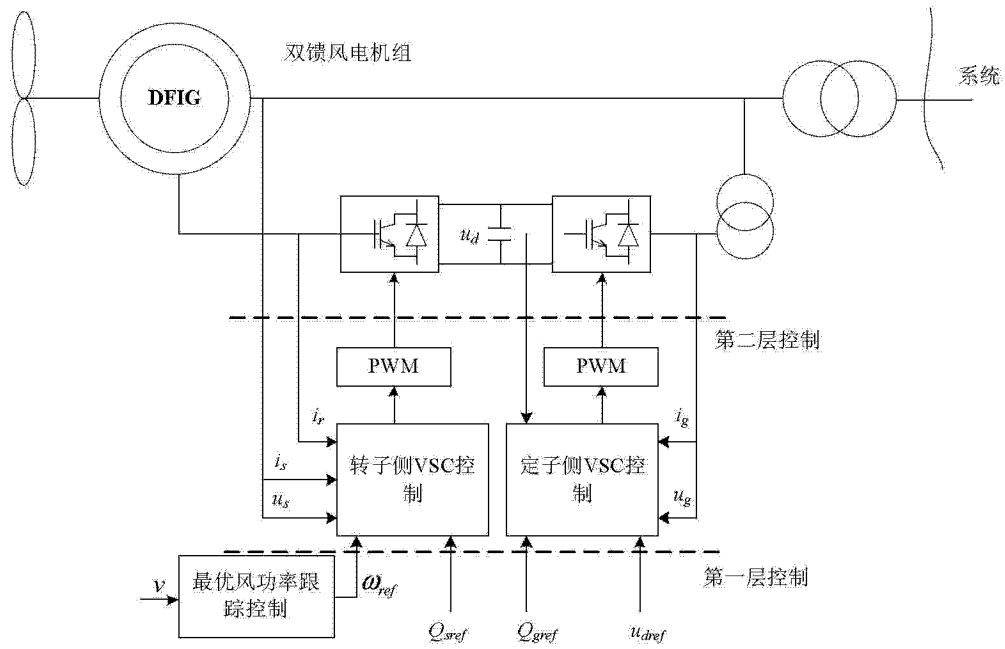


图 2

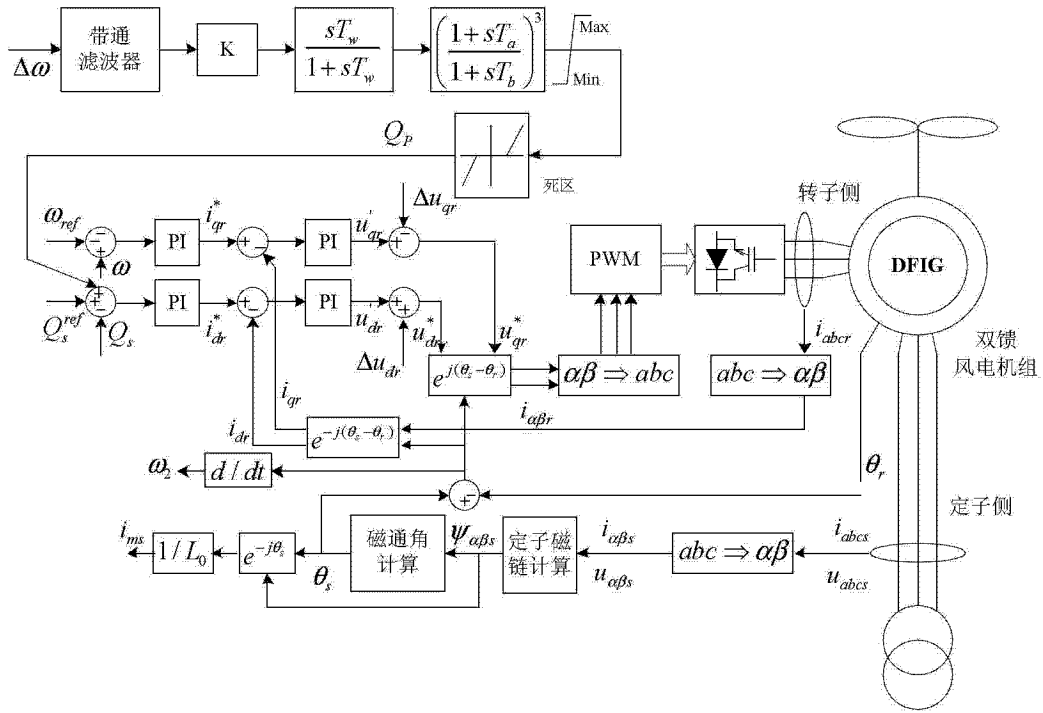


图 3

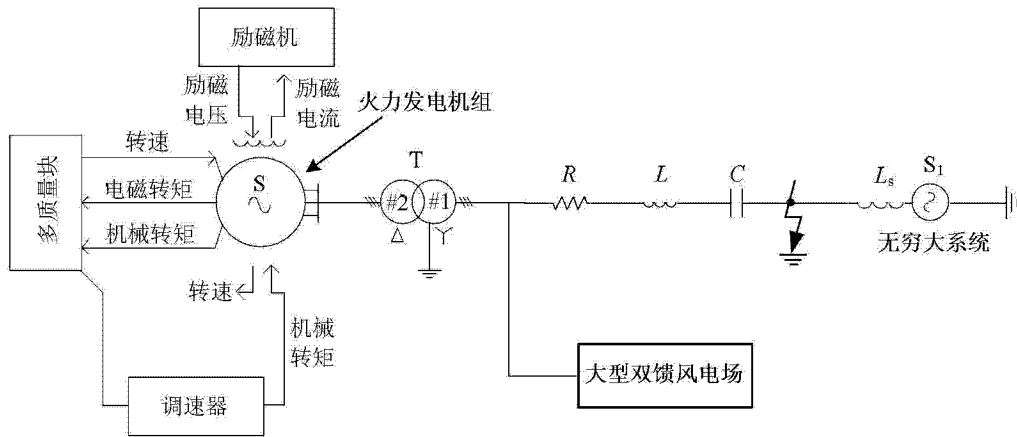


图 4

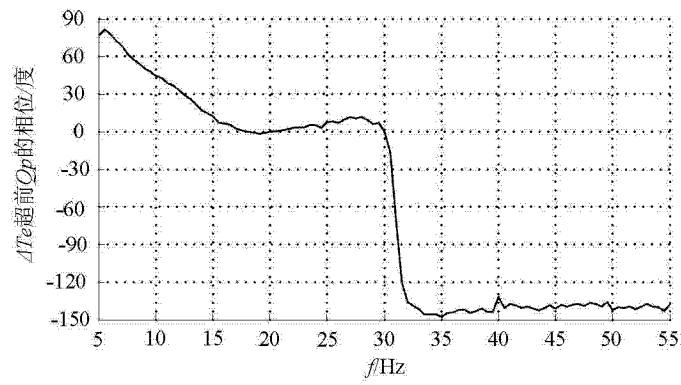


图 5

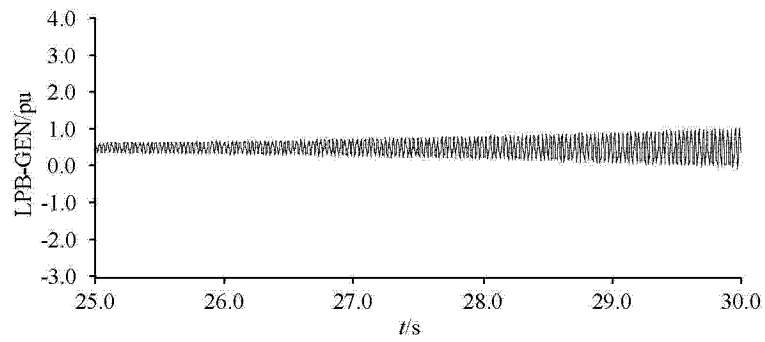


图 6

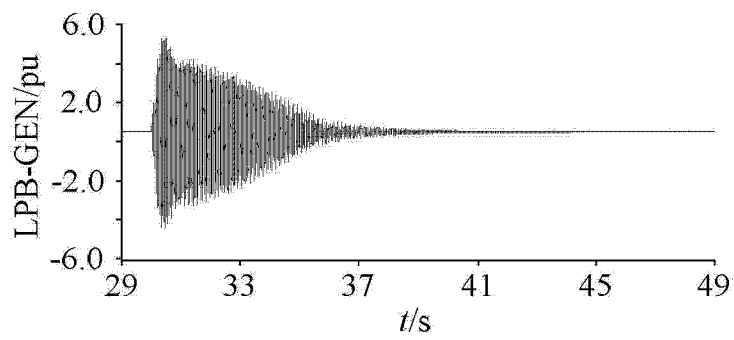


图 7

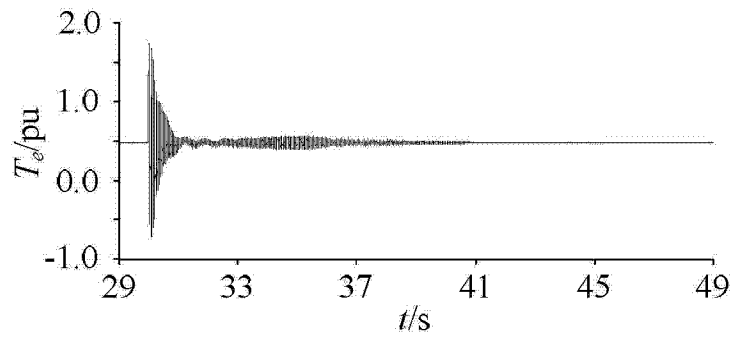


图 8

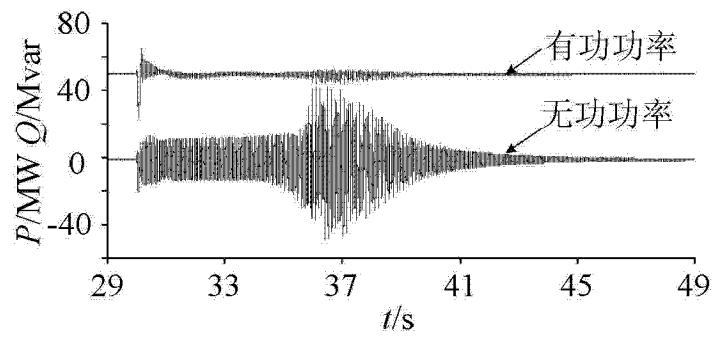


图 9

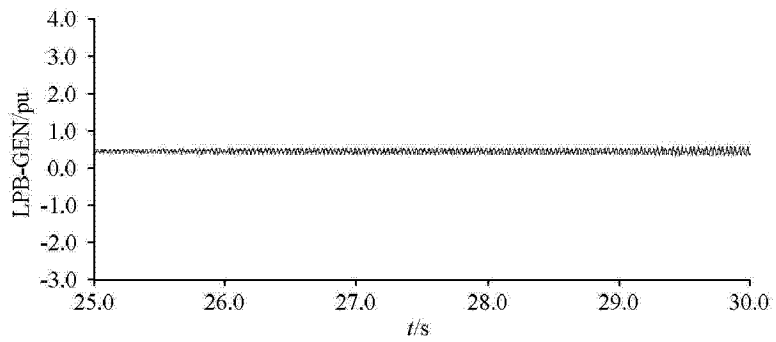


图 10

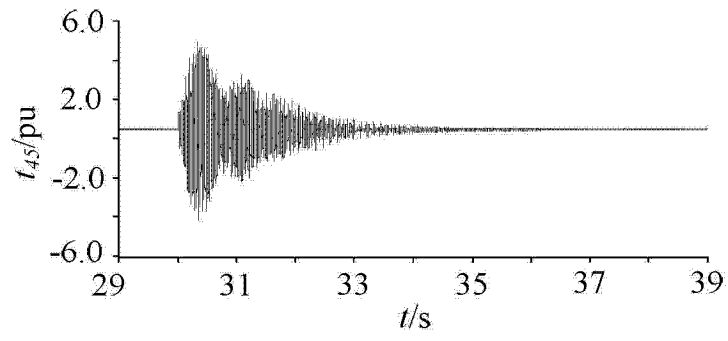


图 11

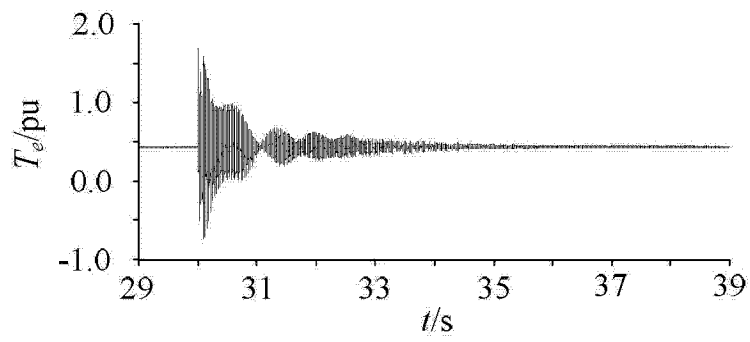


图 12

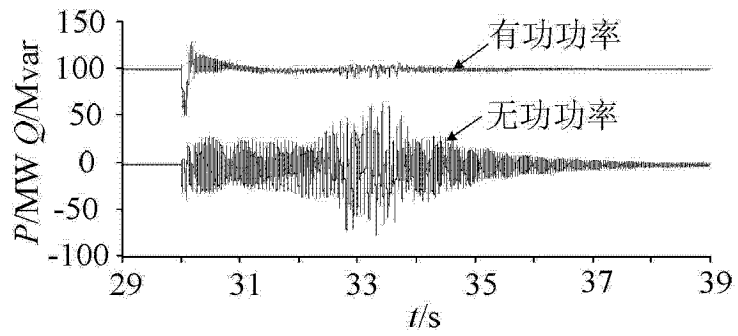


图 13