

基于转子串电阻的双馈风电低电压 穿越暂态功率优化控制

张文娟, 张飞鸽

(宝鸡文理学院电子电气工程学院, 宝鸡 721016)

摘 要: 针对双馈风力发电机转子串电阻低电压穿越控制, 提出一种动态功率优化控制策略, 根据电网电压跌落深度的前馈控制, 实时改变双馈电机有功功率给定值, 进而快速有效地控制双馈电机的功率输出, 实现转子变流器两侧的功率平衡; 利用转子串电阻低电压穿越期间双馈电机的可控性, 在确保系统稳定和转子变流器电流不越限的情况下, 为电网提供尽可能多的无功支撑, 促使电网故障电压快速恢复。基于 10 kW 的双馈风力发电模拟平台实验结果表明, 该算法在无需添加额外硬件设备的同时, 可基本实现系统的安全、稳定、零电压穿越运行, 且可降低系统的成本, 具有一定实用性。

关键词: 风能; 功率控制; 优化; 低电压穿越; 转子串电阻; 双馈风力机

中图分类号: TM614

文献标志码: A

0 引 言

变速恒频双馈风力发电机是目前商业化最为广泛的一种风力发电机型。随着装机容量的增多和自身的结构特点, 现代电力规范要求风电机组在外部电网故障导致机端电压跌落时, 仍具有一定时间的不间断并网运行能力, 即具备低电压穿越 (low voltage ride through, LVRT) 能力^[1-2]。目前双馈异步风力发电机 (DFIG) 的 LVRT 控制策略大致可分为硬件改进措施、软件改进措施和硬软件结合综合改进措施 3 类。硬件改进方面, 工业现场常采用在双馈电机的转子侧附加合适的撬棒保护电路来抑制 LVRT 期间的转子变流器过电流^[3]。该方法不仅增加成本, 而且 LVRT 期间 DFIG 处于失控状态, 不能及时提供跌落电压恢复所需的无功电流^[4-5]。文献[5-6]采用定子串联电抗的方式实现了 LVRT, 但是未考虑到定子串联电抗对 DFIG 电磁转矩振荡过程的负面影响。文献[7]提出一种转子串联电阻低电压穿越功率协调控制策略。在优化转子电阻值的同时, 使双馈电机工作在无功支持模式, 优先向电网输出一定的感性无功功率, 从而有助于电网电压的快速恢复。

软件改进措施方面: 为了减小转子过电流, 文献[8-9]根据“电流调节器-RSC-DFIG 模型”的传递函数, 提出虚拟阻抗的 LVRT 方案, 但仅适用于电网电压跌落幅度较小的情况。硬软件结合的综合改进措施一方面采用在定子串联电抗的方式来抑制转子电流, 另一方面通过改进的转子变流器控制策略来抵消定子串联电抗导致电磁转矩振荡时间延长的负面影响, 并在转子变流器控制中附加故障期间的无功补偿目标, 以充分发挥 DFIG 定子侧的无功输出能力, 取得较好的 LVRT 效果^[10-11]。

综合上述理论研究成果, 其共同点均是如何减少 LVRT 产生的多余能量, 即如何将 LVRT 期间的转子过电压、过电流在附加的硬件电路及软件控制下限制在安全范围内, 这是一种被动的保护方式。基于此, 本文在文献[7]基础上, 利用转子串电阻 LVRT 期间 DFIG 的可控性, 提出一种基于动态功率优化的双馈电机 LVRT 控制策略, 即根据电网电压跌落深度的前馈量动态减小 LVRT 期间 DFIG 的有功功率给定值, 从源头上减小 LVRT 带给 DFIG 的输入输出能量不平衡, 进而主动抑制转子过电压和过电流, 稳定直流母线电压。设计的

收稿日期: 2018-01-24

基金项目: 国家自然科学基金(51207002); 陕西省教育厅专项研究计划(17JK0049); 宝鸡文理学院重点科研计划(ZK2018067; ZK16029); 宝鸡市科技计划(2017JH2-08; 2017JH2-09)

通信作者: 张飞鸽(1986—), 女, 硕士、讲师, 主要从事无线通信系统方面的研究。zhangfeige12345@126.com

10 kW 双馈风力发电模拟实验平台验证了所提算法的有效性。

1 故障期间转子电流突变理论分析

DFIG 在三相 ABC 坐标系的数学模型可写为^[12]:

$$\begin{cases} u_s = R_s i_s + \frac{d\psi_s}{dt} \\ u_r = R_r i_r + \frac{d\psi_r}{dt} - j\omega_r \psi_r \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \psi_s = L_s i_s + L_m i_r \\ \psi_r = L_m i_s + L_r i_r \end{cases} \quad (2)$$

式中, u_s ——定子电压矢量; u_r ——转子电压矢量; i_s ——定子电流矢量; i_r ——转子电流矢量; ψ_s ——定子磁链矢量; ψ_r ——转子磁链矢量; L_s ——定子自感; L_r ——转子自感; L_m ——互感; R_s ——定子电阻; R_r ——转子电阻; ω_s ——同步角速度; ω_r ——转子角速度。

假设故障前, 稳态运行时定子电压幅值为 U_0 , 在 $t=0$ 时电网发生跌落深度为 p 的对称故障, 则跌落前后定子电压可写为^[13]:

$$u_s = \begin{cases} U_0 e^{j\omega_s t}, & t < t_0 \\ (1-p)U_0 e^{j\omega_s t}, & t \geq t_0 \end{cases} \quad (3)$$

根据磁链与电压的关系, 忽略定子电阻, 则根据式(1), 故障前后定子稳态磁链可写为:

$$\psi_{st} = \begin{cases} \frac{U_0 e^{j\omega_s t}}{j\omega_s}, & t < t_0 \\ \frac{(1-p)U_0 e^{j\omega_s t}}{j\omega_s}, & t \geq t_0 \end{cases} \quad (4)$$

为了分析定子磁链及转子电流在故障期间的暂态变化情况, 先假设转子开路, 即 $i_r = 0$, 据式(1)及式(2)可得定子磁链微分方程为:

$$\frac{d\psi_s}{dt} = u_s - \frac{R_s}{L_s} \psi_s \quad (5)$$

电网电压跌落前后, 定子磁链不能突变, 则上述定子磁链微分方程的解可分解为两部分^[14]: 一部分为以同步速旋转的定子磁链分量, 其幅值大小由定子电压幅值决定; 另一部分为定子电压突然跌落引起的定子磁链直流分量, 该直流分量在空间保持静止, 并以一定的时间常数衰减。据上述分析, 结合式(4), 得出故障期间定子磁链暂态表达式为^[15]:

$$\psi_s = \frac{(1-p)U_0 e^{j\omega_s t}}{j\omega_s} + \frac{pU_0 e^{-\frac{R_s}{L_s} t}}{j\omega_s} \quad (6)$$

令 $\sigma = \frac{L_s L_r - L_m^2}{L_s L_r}$, 将式(2)中的定子磁链代入转子磁链中, 可得:

$$\psi_r = \frac{L_m}{L_s} \psi_s - \sigma L_r i_r \quad (7)$$

将故障期间定子磁链暂态表达式(6)和式(7)代入式(1)中的转子电压方程得关于转子电压的一阶微分方程:

$$u_r = \frac{L_m}{L_s} \left(\frac{d}{dt} - d\omega_r \right) \psi_s + \left[R_r + \sigma L_r \left(\frac{d}{dt} - j\omega_r \right) \right] i_r \quad (8)$$

进而得出并网点电压跌落时, 转子电流骤升的动态表达式为:

$$\sigma L_r \frac{di_r}{dt} = u_r - \frac{L_m}{L_s} \left(\frac{d}{dt} - j\omega_r \right) \psi_s - R_r i_r + j\sigma L_r \omega_r i_r \quad (9)$$

从式(9)可知, LVRT 期间, 转子电流骤升的变化率与转子电阻 R_r 的大小有关, R_r 越大, 电流变化率越小, 反之则越大。采用转子串电阻的双馈风电机组结构如图 1 所示^[7]。图 1 中, R_{rs} 为转子所串的旁路限流电阻。电网电压跌落之前, IGBT 管导通, R_{rs} 被旁路; 故障发生之后, IGBT 关断, R_{rs} 串联于转子侧限制骤升的转子电流。

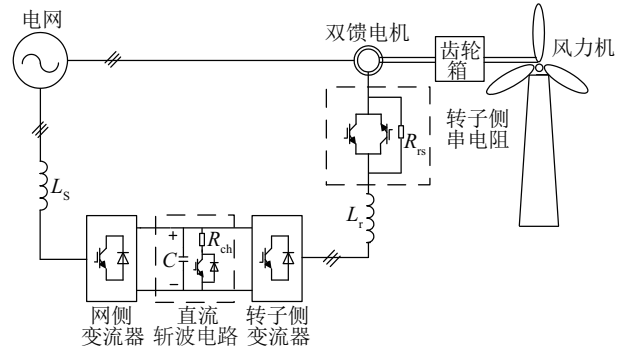


图1 双馈风电机组转子串电阻结构框图

Fig. 1 Block diagram of DFIG wind turbine with rotor series resistor

2 暂态功率优化低电压穿越控制策略

上述理论分析表明, LVRT 期间除转子电阻 R_{rs} 外, 转子电流骤升的变化率还与转子电压 u_r 及转子角速度 ω_r 有关。一方面, DFIG 的转速取决于其输入功率与输出功率之差, 对于转子串电阻 LVRT, 由于 DFIG 的可控性, LVRT 期间 DFIG 控制大多仍采用故障前的定子磁链定向矢量控制, 即功率外环、电流内环的控制方式, 且为了最大限度利用风能, 有功功率的给定值通常保持在最大风能捕获功率点 $P_{1-\max}$ ^[16]。当跌落故障发生时, 风

力机及 DFIG 的输入有功功率仍保持不变,但 DFIG 的输出功率即送至电网的有功功率减少,两者之间的不平衡功率差必将导致 DFIG 转速 ω_r 升高,据式(9)可知, ω_r 的升高增大了转子电流骤升率。同时,双馈变流器之间也因为能量不平衡引起中间的直流母线电压升高。另一方面,根据 DFIG 定子磁链定向矢量控制算法分析可知,实现有功、无功功率解耦后,转子电流的有功、无功分量分别取决于 DFIG 的有功、无功功率给定。在转子串电阻 LVRT 期间,若 DFIG 有功功率给定值仍保持在故障前的最大风能捕获点,这无疑将增大故障期间转子电流。

综上所述,转子串电阻 LVRT 期间,应对 DFIG 控制的有功功率给定值进行优化,进而从源头上减少 LVRT 多余功率的产生,从而抑制定、转子过电流及直流母线过电压。

2.1 暂态有功功率优化控制策略

转子串电阻 LVRT 暂态功率优化控制算法的主要思想为:当电网电压发生跌落故障时,为了尽可能地维持功率平衡,DFIG 有功功率给定不能再保持之前的最大风能捕获值 $P_{1-\max}$ 不变,考虑在给定值的基础上,前馈一个与电网电压跌落深度相关的优化量,主动减少有功功率给定值,进而减少 LVRT 期间 DFIG 输入能量,具体的控制策略如图 2 所示。

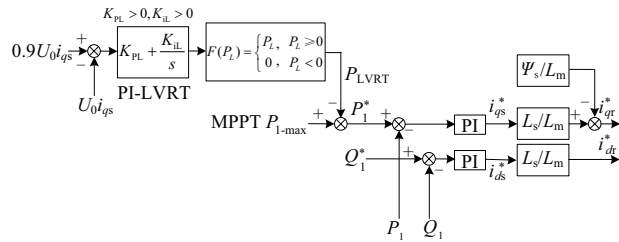


图2 暂态功率优化控制框图

Fig. 2 Block diagram of transient power optimization

优化后的 DFIG 输入有功功率给定值定义为 P_1^* , 则:

$$P_1^* = P_{1-\max} - P_{LVRT} \quad (10)$$

式中, $P_{1-\max}$ ——根据最大风能捕获计算得到的功率值; P_{LVRT} ——反映电网电压跌落的动态功率前馈量。

DFIG 采用定子磁链定向矢量控制算法后, dq 坐标系下的定子有功电流 i_{qs} 、无功电流 i_{ds} 实现了解耦控制。将 LVRT 期间功率的变化量反映至电压的跌落幅度上,电网电压跌落幅值与正常运行时的电压幅值 U_0 相比较,当跌落幅度不超过 10% 时, LVRT 动态功率前

馈量 P_{LVRT} 为零,定子有功功率给定 P_1^* 保持故障前的最大风能捕获值 $P_{1-\max}$ 不变;当电压跌落至 $0.9U_0$ 以下时,动态功率前馈量 P_{LVRT} 大于零,定子有功功率给定 P_1^* 相当于在 $P_{1-\max}$ 基础上减小了 P_{LVRT} ,通过 PI 调节后,定子有功电流给定值 i_{qs}^* 减小,转子有功电流给定值 i_{qr}^* 减小,从而达到平衡 DFIG 输入输出功率的目的,起到减小 LVRT 期间转子电流幅值以及直流母线电压升高的作用。

2.2 暂态无功功率优化控制策略

根据上述优化方案,设转子变流器的限流上限值为 $I_{rot\ or\ -\ max}$,则优化后的转子无功电流给定值 i_{qr}^* 应满足如下条件:

$$|i_{qr}^*| \leq \sqrt{I_{rot\ or\ -\ max}^2 - i_{qr}^{*2}} \quad (11)$$

大规模风电场接入电网技术规定要求: LVRT 期间 DFIG 应向电网输送一定的无功功率以促使故障电网的快速恢复。按要求,故障期间 DFIG 定子无功电流给定值 i_{ds}^* 应满足^[17]:

$$|i_{ds}^*| = 1.5(0.9 - U_0) \quad (12)$$

据图 2 定子有功电流与转子有功电流的关系得:

$$|i_{dr}^*| = 1.5 \frac{L_s}{L_m} (0.9 - U_0) \quad (13)$$

发送的无功大小也应考虑 DFIG 的暂态稳定性约束。据李雅普诺夫稳定性判据,保持 DFIG 暂态稳定性的必要条件为^[18]:

$$|i_{dr}^*| < \frac{2\psi_s}{L_m} = \frac{2U_0}{\omega_s L_m} \quad (14)$$

综合式(11)、式(13)、式(14),可得基于暂态功率优化的转子串电阻 LVRT 期间转子无功电流指令限值为:

$$|i_{dr-\max}| = \min \left\{ \sqrt{I_{rot\ or\ -\ max}^2 - i_{qr}^{*2}}, 1.5 \frac{L_s}{L_m} (0.9 - U_0), \frac{2U_0}{\omega_s L_m} \right\} \quad (15)$$

式中, $\min\{\}$ ——取三者之间取最小值。

3 仿真和实验研究

3.1 仿真研究

为验证所提暂态功率优化算法的正确性,在 Matlab/Simulink 平台上搭建 1.5 MW 双馈风力发电低电压穿越仿真模型。具体参数为:额定功率 $P=1.5$ MW,极对数 $n_p=2$,频率 $f=50$ Hz,定子电阻 $R_s=0.015$ Ω ,定子电抗 $X_s=0.016$ Ω ,转子电阻 $R_r=0.0124$ Ω ;转子电抗 $X_r=0.114$ Ω ;励磁电抗 $X_m=5.35$ Ω ,定子额定电流 $I_s=670$ A,转子额定电流 $I_r=279$ A。电网电压跌落

中 PI-LVRT 的参数为 $K_{pl}=0.3621$, $K_{il}=1.617$ 。为更好地与无暂态功率优化的转子串电阻低穿效果相比较,仿真中各相关量均采用标么值形式。图 3 给出了 $t=4$ s 时电网电压发生 50% 的对称跌落,跌落持续时间为 625 ms 时,在转子串电阻结构基础上,有、无暂态功率优化的低穿对比仿真结果。可看出,无暂态功率优化时,低穿期间 DFIG 输入有功功率给定值保持故障前的最大值不变,但 DFIG 的输出功率即送至电网的有功功率减少,两者之间的不平衡功率差导致 DFIG 转速 n 急剧升高,直流母线电压增大;转速的升高,必然引起转子电流 i_r 过流(超过额定电流的 1.05 倍);而本文所提的暂态功率优化控制,在电网电压跌落,动态功率前馈量 P_{LVRT} 的引入减小了低穿期间 DFIG 输入的有功功率(如图 3d、图 3e 所示),进而减小了输入输出功率差,减小了 DFIG 定子有功电流,使得 DFIG 转速 n 几乎保持不变,并且极大地减小了转子电流、直流母线电压过冲。图 3g 为 2 种控制策略在低穿期间给电网提供的无功功率比较图。可看出,暂态功率优化控制减小了低穿期间定子有功电流,在转子变流器限流上限值不变的情况下,相当于增大了定子无功电流及无功功率,这将有

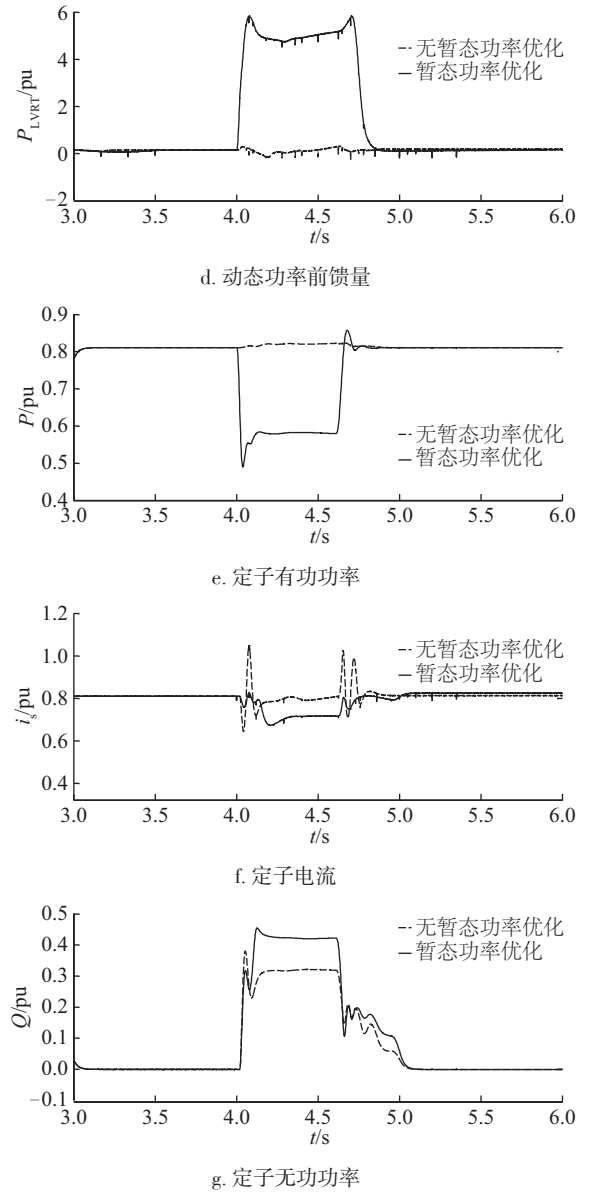
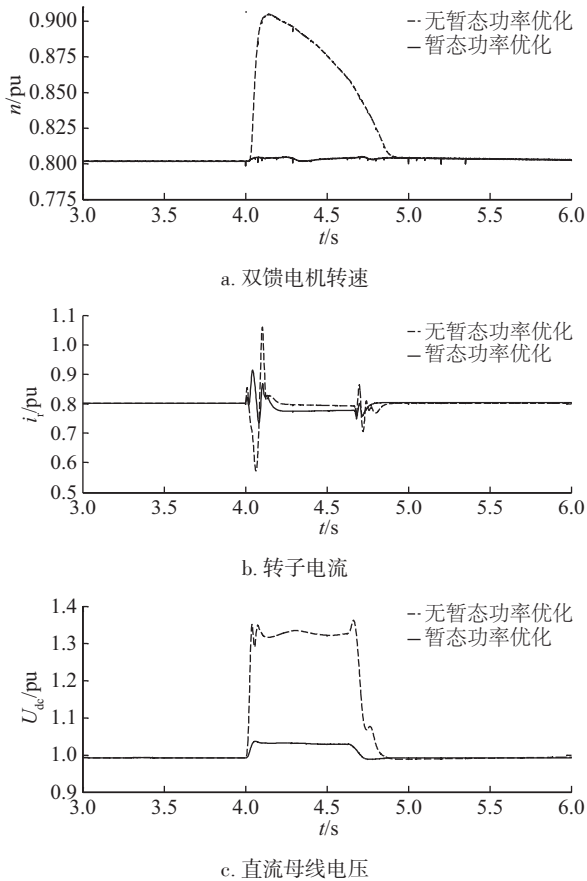


图 3 电网电压跌落到 50% 时仿真波形

Fig. 3 Simulation waveforms of grid voltage drops to 50%

助于电网跌落电压的快速恢复。上述仿真结果与第 2 节中的理论分析基本吻合,验证了所提算法的正确性。

3.2 实验研究

为验证基于暂态功率优化的双馈风力发电系统转子串电阻 LVRT 控制策略有效性,进行实验研究,并与转子串电阻无暂态功率优化低穿实验结果进行比较。图 4 为模拟平台中的直流机与双馈电机机组。图 5 为双馈变流器及其控制系统。图 6 为研制的阻抗型电压跌落发生器。双馈发电机额定功率 $P=10$ kW;极对数 $n_p=3$;频率 $f=50$ Hz;定子联结方式 Y 接,电阻

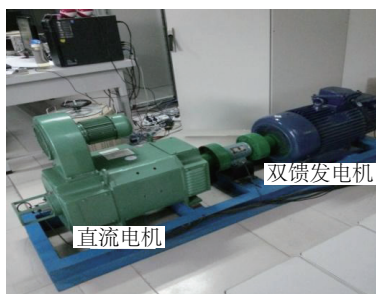


图4 双馈发电机

Fig. 4 Doubly-fed induction generator

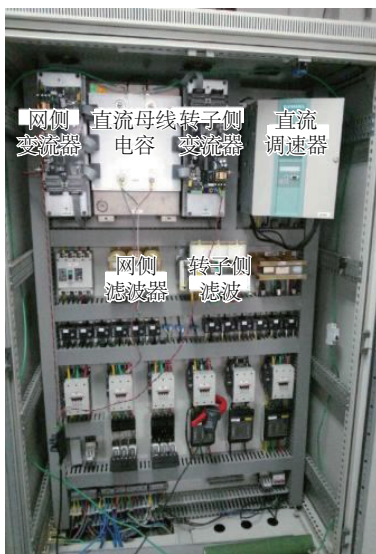


图5 双馈变流器及其控制系统

Fig. 5 Doubly-fed converter and control system

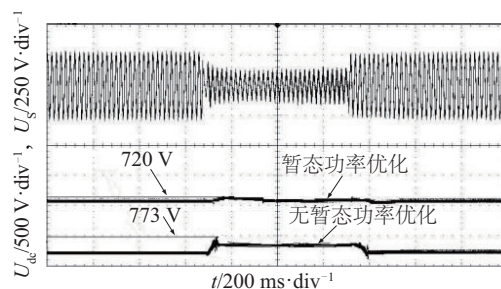


图6 阻抗型电压跌落发生器

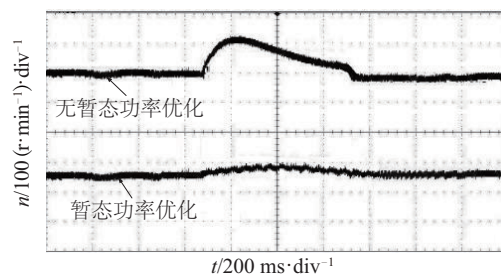
Fig. 6 Voltage sag generator of impedance

$R_s = 0.7 \Omega$; $L_s = 2.1 \text{ mH}$; 转子联结方式 Y 接, 折算到定子侧后, 电阻 $R_r = 0.59 \Omega$; $L_r = 4.1 \text{ mH}$; 互感 $L_m = 72.6 \text{ mH}$, 直流母线电压 $U_{dc} = 690 \text{ V}$ 。采用自制的阻抗型电压跌落发生器模拟电网电压跌落故障, 故障前 DFIG 转速为 917 r/min , 定子侧输出有功功率 8.5 kW 。电网电压跌落中 PI-LVRT 的参数为 $K_{pl} = 0.251$, $K_{il} = 1.524$ 。系统控制采用 Ti 公司 DSP TMS320F28335 芯片实现, 实验波形通过 Tek 公司 DPO 3054 示波器捕获。

图 7 显示了电网电压跌落至故障前的 50%故障持续时间 625 ms 时, 有、无暂态功率优化的 DFIG 转速、直流母线电压、定、转子有功、无功功率、定、转子电流的实验波形。可以看出, 转子串电阻暂态功率优化 LVRT 期间, 由于动态减小了 DFIG 输入的有功功率, 因此直流母线电压只在电压跌落和恢复时有所波动, 波动幅度最大值不超过稳态运行时的 7%, 电机转速几乎保持不变。图 7c~图 7e 显示了动态功率前馈量 P_{LVRT} 、DFIG 定子所发有功、无功功率实验波形。可看出, 电网电压跌落发生后, 动态功率前馈量增加, 它的引入使有功功率由故障前的最大风能捕获值 8.5 kW 降至约 5.5 kW , 无功功率由之前的 0 kvar 增至约 2.0 、 3.5 kvar , 故障电压恢复过程中并未出现二次跌落情况。这说明转子串电阻暂态功率控制策略有力地提供了 LVRT 期间电网所需的无功支撑, 促使电网故障电压的快速恢复。图 7d、图 7e 给出了 LVRT 期间定、转子电流实验波形。可看出, 由于动态减小了 DFIG 的有功功率给定值, 因此, 定、转子电流冲击均未超过额定限值的 1.1 倍, 保障了变流器的安全。



a. 直流母线电压



b. 双馈电机转速

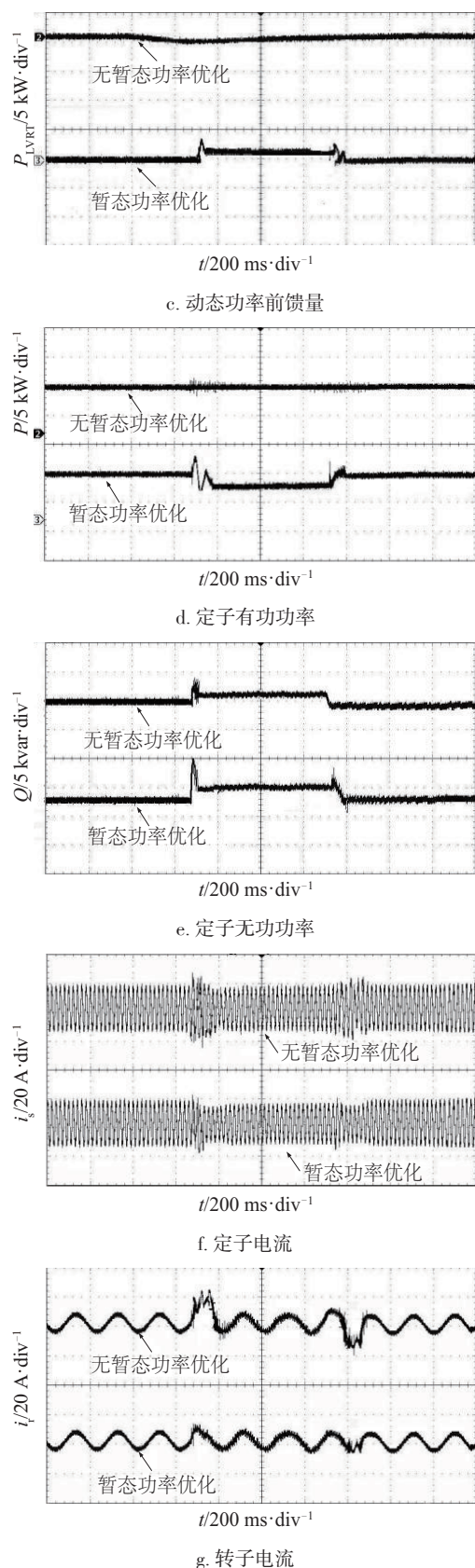


图7 电网电压跌落到50%时实验波形

Fig. 7 Experimental waveforms of grid voltage drops to 50%

4 结 论

本文针对双馈风力发电转子串电阻低电压穿越过程进行了相关研究,在不改变转子串电阻结构和不添加附加保护设备的前提下,提出一种新型的暂态功率优化低电压穿越控制策略。根据电网电压的跌落深度来优化DFIG的有功功率给定值,从而快速有效地控制DFIG两侧输入输出功率平衡,进而抑制直流母线电压升高,定、转子电流过冲;利用转子串电阻时DFIG的可控制,在转子变流器的限流范围内,尽可能提供较多无功支撑,促使电网故障电压的快速恢复,有效提高LVRT性能。本文所提算法控制简单,易于实现,具有一定的工程应用价值。

[参考文献]

- [1] ZHANG W J, MA H M, ZHANG J I, et al. Multi-objective fuzzy-optimization of crowbar resistances for the low-voltage ride-through of doubly fed induction wind turbine generation systems [J]. Journal of power electronics, 2015, 15(4): 1119-1130.
- [2] MOHAMMADI J, AFSHARNIA S, VAEZ-ZADEH S. Efficient fault-ride-through control strategy of DFIG-based wind turbines during the grid faults [J]. Energy conversion and management, 2014, 78(2): 88-95.
- [3] YANG S Y, ZHOU T B, SUN D Y, et al. A SCR crowbar commutated with power converter for DFIG-based wind turbines [J]. International journal of electrical power and energy systems, 2016, 81(10): 87-103.
- [4] SWAIN S, RAY P K. Short circuit fault analysis in a grid connected DFIG based wind energy system with active crowbar protection circuit for ride through capability and power quality improvement [J]. International journal of electrical power and energy systems, 2017, 48(5): 64-75.
- [5] 李凤婷, 陈伟伟, 樊艳芳, 等. 基于电压跌落程度及变阻值的DFIG低电压穿越综合策略[J]. 电网技术, 2015, 39(12): 3408-3413.
LI F T, CHEN W W, FAN Y F, et al. A integrated control strategy for LVRT of DFIG based on voltage dip levels and dynamic resistance [J]. Power system technology, 2015, 39(12): 3408-3413.
- [6] 张琛, 李征, 蔡旭, 等. 采用定子串联阻抗的双馈风电机组低电压主动穿越技术研究[J]. 中国电机工程

- 学报, 2015, 35(12): 2943-2951.
- ZHANG C, LI Z, CAI X, et al. An active low voltage ride through strategy of DFIG-based wind turbine using stator series impedance [J]. Proceedings of the CSEE, 2015, 35(12): 2943-2951.
- [7] 张文娟, 马浩森, 张国慨, 等. 基于转子串联电阻的双馈风力发电机低电压穿越[J]. 电力自动化设备, 2015, 35(12): 28-33.
- ZHANG W J, MA H M, ZHANG G K, et al. Low voltage ride-through of doubly-fed induction generator based on rotor series resistor [J]. Electric power automation equipment, 2015, 35(12): 28-33.
- [8] ZHU R, CHEN Z, WU X, et al. Virtual damping flux-based LVRT control for DFIG-based wind turbine [J]. IEEE transactions on energy conversion, 2015, 30(2): 1-12.
- [9] 杨淑英, 陈银, 周天保, 等. 低电压穿越过程中双馈风电机组虚拟电感暂态自灭磁控制[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(4): 12-18.
- YANG S Y, CHEN Y, ZHOU T B, et al. Virtual inductance based self-demagnetization control for doubly-fed induction generator wind turbines during low voltage ride-through process [J]. Automation of electric power systems, 2015, 39(4): 12-18.
- [10] 姜惠兰, 李天鹏, 吴玉璋. 双馈风力发电机的综合低电压穿越策略[J]. 高电压技术, 2017, 43(6): 2062-2068.
- JIANG H L, LI T P, WU Y Z. Integrated strategy for low voltage ride through of doubly-fed induction generator [J]. High voltage engineering, 2017, 43(6): 2062-2068.
- [11] VRIONIS T D, KOUTIVA X I, VOVOS N A. A genetic algorithm based low voltage ride through control strategy for grid connected doubly fed induction wind generators [J]. IEEE transactions on power system, 2014, 29(3): 1325-1334.
- [12] YANG L, XU Z, OSTERGAARD J, et al. Advanced control strategy of DFIG wind turbines for power system fault ride through [J]. IEEE transactions on power system, 2012, 27(2): 713-722.
- [13] GENG H, LIU C, YANG G. LVRT capability of DFIG-based WECS under asymmetrical grid fault condition [J]. IEEE transactions on industrial electronics, 2013, 60(6): 2495-2509.
- [14] AHAHRIARI S A, MOHAMMADI M, RAOOFAT M. A new method based on state-estimation technique to enhance low-voltage ride-through capability of doubly-fed induction generator wind turbines [J]. International journal of electrical power and energy systems, 2018, 95: 118-127.
- [15] LIANG J, HOWARD D F, RESTREPO J A, et al. Feedforward transient compensation control for DFIG wind turbines during both balanced and unbalanced grid disturbances [J]. IEEE transactions on industrial electronics, 2013, 49(3): 1452-1463.
- [16] LIMA F K A, LUNA A, RODRIGUEZ P, et al. Rotor voltage dynamics in the doubly fed induction generator during grid faults [J]. IEEE transactions on power electronics, 2010, 25(1): 118-130.
- [17] HUANG P, EL MOURSİ M S, HANSEN S A. Novel fault ride-through scheme and control strategy for double fed induction generator-based wind turbine [J]. IEEE transactions on energy conversion, 2015, 30(2): 635-645.
- [18] 徐海亮, 章玮, 陈建生, 等. 考虑动态无功支持的双馈风电机组高电压穿越控制策略[J]. 中国电机工程学报, 2013, 33(36): 112-119.
- XU H L, ZHANG W, CHEN J S, et al. A high-voltage ride-through control strategy for DFIG based wind turbines considering dynamic reactive power support [J]. Proceedings of the CSEE, 2013, 33(36): 112-119.

LOW VOLTAGE RIDE-THROUGH TRANSIENT POWER OPTIMIZATION CONTROL STRATEGY OF DOUBLY-FED INDUCTION GENERATORS BASED ON ROTOR SERIES RESISTOR

Zhang Wenjuan, Zhang Feige

(School of Electron and Electricity Engineering, Baoji University of Arts and Sciences, Baoji 721007, China)

Abstract: To improve the low voltage ride through (LVRT) performance in a doubly-fed induction generator (DFIG) based on rotor series resistor, a dynamic power optimization control strategy is proposed in this paper. This strategy is according to the feed-forward control of the grid voltage dips depth to change the given value of the active power of the DFIG in real time, and control the active power output of the DFIG quickly and effectively, which realizes the power balance between input and output of the DFIG. In the proposed method, the controllability of the DFIG during the LVRT based on rotor series resistor is exploited, on the premise of ensuring the stability of the system and the rotor current of the converter within the acceptable limits, this strategy provides the reactive power support as much as possible and promotes the fast recovery of fault voltage on the power-grid. The experimental results based on a 10kW wind power generation simulation platform indicate that the proposed algorithm does not require any extra hardware equipment, and it basically realizes the safety, stability and zero-voltage ride-through operations of the system. Besides, the cost of the system is reduced. Therefore, it has very good practicability.

Keywords: wind power; power control; optimization; low voltage ride through (LVRT); rotor series resistor; DFIG