

实验三 风电机组故障暂态中低电压穿越控制

一、实验目的

- 1、熟悉风机并网运行的环境，理解主网故障发生后并网系统各元器件暂态动作过程。
- 2、理解低电压穿越控制方法，励磁控制和 Crowbar 电路控制原理。
- 3、熟悉并掌握电压跌落程度与风机转速，励磁电流电流之间的定量关系。
- 4、熟悉并掌握励磁控制和 Crowbar 电路投入控制投入的条件。
- 5、通过分析不同工况下并网点电压、电流、有功功率、无功功率以及励磁电流率的波形和数值变化，理解风机并网系统实现低电压穿越的原理。
- 6、通过观察多电科院与研究所年的积累的真实低电压穿越实验数据域波形，还原当时主网故障可能的工况，并进行虚拟仿真，查阅资料，判断分析的准确性，分析理论与工程的差异及产生差异的原因。

二、实验内容

1、风电机组低电压穿越控制虚拟仿真实验的设计及实现，要求如下：

- 1) 风机并网模式：分散式；
- 2) 负载情况：风机侧有独立负载，主网有独立负载。

2、风电机组低电压穿越控制虚拟仿真实验的建模设计及实现，要求如下：

1)主电路要求

- a) 主网电压：AC110kV/50Hz；
- b) 主网升压变压器：110kV/10kV；
- c) 主网独立负载：三相负载 10MW；
- d) 风机发出电压：690V/50Hz；
- e) 风机并网变压器：690V/10kV；
- f) 风机侧独立负载：三相负载 4.7MW；

2) 控制电路要求

- a) 无低电压穿越控制；
- b) 有低电压穿越控制：励磁控制与 Crowbar 电路控制

通过 MATLAB/SINMULINK 建模，能够实现分散式风机并网运行，可模拟主网故障，实现有低电压穿越和无低电压穿越仿真。

三、实验原理

1. 实验原理

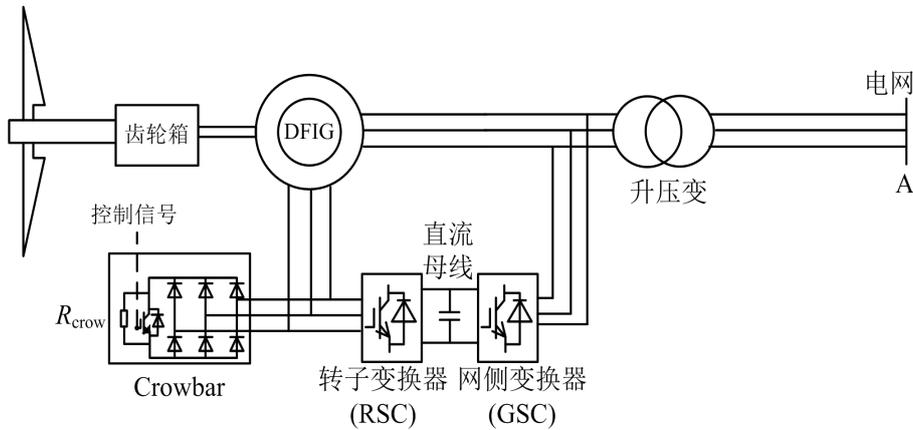


图 1 风机并网原理示意图

2. 低电压穿越公式

根据我国风电机组 LVRT 测试要求，机组在低电压穿越期间向电网提供的无功电流标幺值可表示为：

$$I_Q = 1.5(0.9 - u_G) \quad 0.2pu \leq u_G \leq 0.9pu$$

四、实验步骤及方法

步骤 1、点击“风电机组低电压穿越控制”选项，进入控制室内的系统控制计算机，通过系统控制软件 RT-LAB，学习低电压穿越励磁与 Crowbar 控制原理，以及参数的设置、选取、测试方法；

步骤 2、点击“进入虚拟实验”，选择雷击引起电压跌落程度“0.9pu”，低电压穿越的控制方式“无”；

步骤 3、观察雷击前后系统并网点电流、电压、有功功率和无功功率的波形，记录故障时刻，持续时间及故障前后电气量的变化；观察虚拟风机转速、励磁电流、Crowbar 电流的变化，结合巡线人员播报情况；记录实验结果

步骤 4、点击“继续实验”，选择雷击引起电压跌落程度“0.9pu”，低电压穿越的控制方式“有”；观察实验现象并记录结果；

步骤 5、重复步骤 2~4，选择不同的电压跌落程度，不同的低电压穿越控制方式；确保学生完成：电压跌落在正常范围内、电压跌落可引起低电压穿越励磁控制投入、电压跌落可引起低电压穿越 Crowbar 投入、电压跌落可引起断路器保护启动四种工况；

步骤 6、进入“现场数据还原”实验，点击“选择年份”，通过仿真近三年实际风电场采集的

真实数据；观察故障前后电压、电流、有功功率和无功功率，判断故障类型，分析真实风电场可能采取的低电压穿越控制方法。

五、实验要求

1、将雷击强度以及对应的电气量变化记录在表 3-1（不限于数值，可用文字描述），并分析：

表 3-1 低电压穿越控制实验结果记录表

| 工况 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 低电压穿越控制 | 有 | 无 | 有 | 无 | 有 | 无 | 有 | 无 |
| 故障发生的时间 | | | | | | | | |
| 故障持续的时间 | | | | | | | | |
| 故障期间并网点电压值（平均） | | | | | | | | |
| 故障期间并网点电流值（平均） | | | | | | | | |
| 故障前后励磁电流变化 | | | | | | | | |
| 故障前后并网点有功功率变化 | | | | | | | | |
| 故障前后并网点无功功率变化 | | | | | | | | |

1) 通过虚拟仿真所得结果，定性分析无电压穿越时，主网发生故障后，为什么电压跌落不厉害时风机能够继续并网运行？电能质量有什么变化？

2) 分析有低电压穿越控制时，为什么雷击强度弱时系统电量变化与无低电压穿越几乎一致？此时励磁控制作用了吗？

3) 通过观察虚拟场景与理论分析，励磁控制和 Crowbar 在特定雷击强度时，并网系统的低电压穿越过程中是单独工作还是两者一起作用？分别是如何实现低电压穿越的？

4) 分析风机烧毁的原因，结合实验原理中的公式，做定量分析。

2、将现场数据对应的电气量与实际仿真的电气量记录在表 3-2 里（不限于数值，可用文字描述）。

表 3-2 现场数据和仿真数据结果记录表

| 数据 | 现场 | 仿真 |
|----------------|----|----|
| 故障发生的时间 | | |
| 故障持续的时间 | | |
| 故障期间并网点电压值（平均） | | |
| 故障期间并网点电流值（平均） | | |
| 故障前后励磁电流变化 | | |
| 故障前后并网点有功功率变化 | | |
| 故障前后并网点无功功率变化 | | |

六、思考题

1、普通火电厂、水电厂有低电压穿越现象吗？如果有，与风机低电压穿越有何区别？

2、任选一组工程数据，分析低电压穿越现有的电气量波形图，尝试设计实际系统可能采取的低电压穿越控制方法。