

「电网」

中性点直接接地系统发生单相接地时的Matlab仿真分析

文/锡林郭勒职业学院机械与电力工程学院 全彩霞 胡建栋

利用Matlab仿真软件模拟现场中性点直接接地系统发生单相接地故障的电力网络，通过分析仿真结果，现场可采取预期的安全措施，进而降低事故的发生率，减少电气事故损失和人员伤亡，对提高电力系统暂态稳定具有重要意义。

我国110 kV及以上电网一般采用中性点接地的运行方式，而单相接地短路是系统故障里最为常见的故障之一，也是电力系统中最为关注的短路问题。随着电源容量的日益增长，电网规模不断扩大，电网对中性点直接接地系统发生单相接地时的暂态稳定性要求越来越高。

采用经典的3机9节点模型，对系统发生单相接地短路故障进行仿真，分析系统在这种情况下暂态稳定。发电机模型采用经典的二阶模型，

负荷采用恒定阻抗负荷，在Matlab软件上搭建模型进行调试和运行。

系统结构的确定

采用经典的3机9节点系统的结构示意图如图1所示，基本数据已标示在图1中。

Simulink模型搭建

运用Simulink搭建IEEE 3机9节点系统，如图2

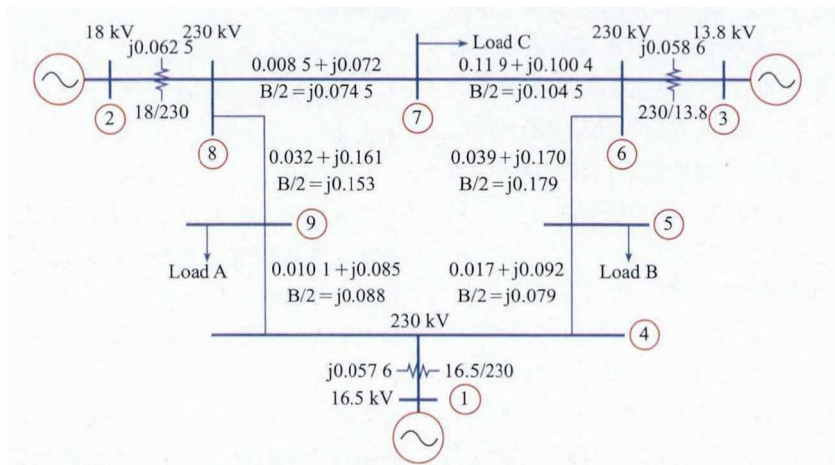


图1 3机9节点系统的结构示意图

基金编号：2015年内蒙古自治区人才开发基金（内人社办发[2015]272号，风力提水机（新能源）提水泵试验中心建设）。

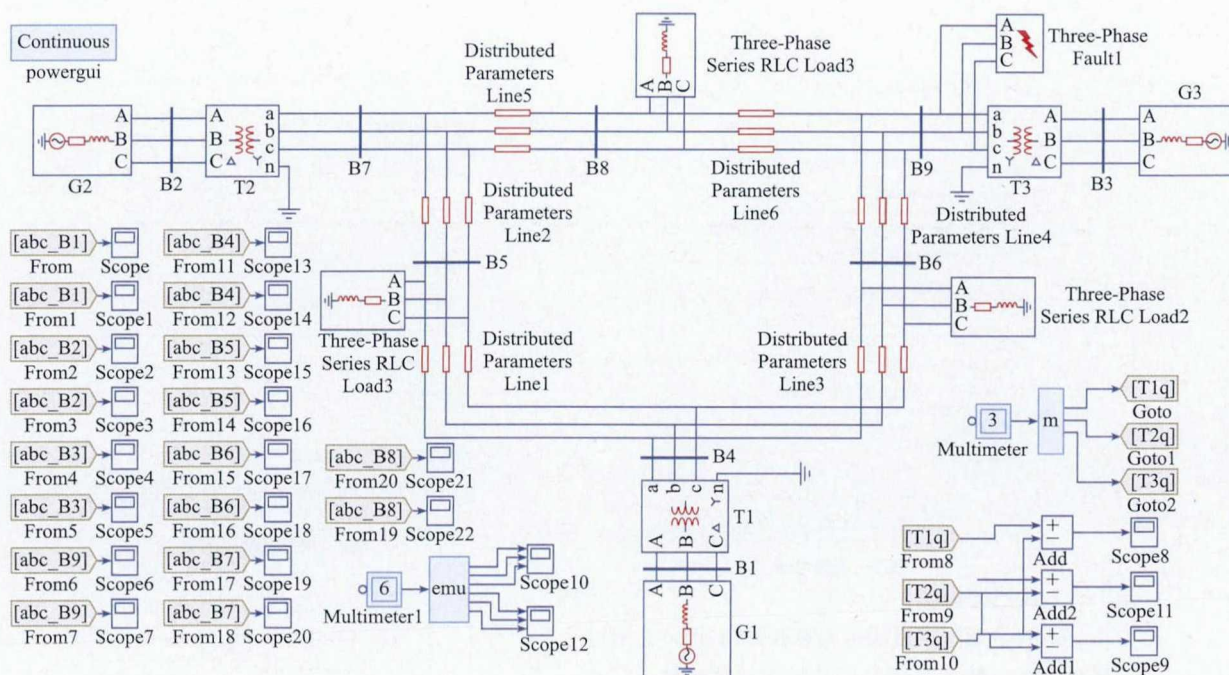


图2 Simulink模型图

所示。

系统参数

系统参数如表1~表4所示。

表1 电源参数

	电源1	电源2	电源3
频率/Hz	50	50	50
额定电压/kV	16.5	18	13.8
内部连接	Yg	Yg	Yg

电抗 (X_T) 的参数计算如下。

$$U_k\% = \frac{\sqrt{3}I_N Z_T}{U_N} \times 100\% = \frac{S_N Z_T}{U_N^2} \times 100\% \quad (1)$$

表3 线路参数

	线路1	线路2	线路3	线路4	线路5	线路6
线路长度/m	100	100	100	100	100	100
频率/Hz	50	50	50	50	50	50
正序电阻/ Ω	0.012 73	0.012 73	0.012 73	0.012 73	0.012 73	0.012 73
正序电感/H	0.933 7	0.933 7	0.933 7	0.933 7	0.933 7	0.933 7
正序电容/F	12.74	12.74	12.74	12.74	12.74	12.74

表4 负荷参数

	负荷1	负荷2	负荷3
频率/Hz	50	50	50
相电压/kV	230	230	230
有功功率/W	125	90	100
无功功率/W	50	50	50

$$Z_T = \frac{U_k\% U_N^2}{100 S_N} \times 10^3 = \frac{U_k\% U_N^2}{S_N} \times 10 \Omega \quad (2)$$

式(1)、式(2)中, U_N 单位为kV, S_N 单位为kV·A, X_T 单位为 Ω 。

表2 变压器参数

	变压器1	变压器2	变压器3
频率/Hz	50	50	50
容量/MV·A	250	250	250
一次侧电压/kV	16.5	18	13.8
二次侧电压/kV	230	230	230
一次侧接线方式	D (D1)	D (D1)	D (D1)
二次侧接线方式	Y	Y	Y
电抗 X_T	0.002	0.002	0.002

模块选择与参数设置

1. 电源模块

选用电源元件及其参数如图3所示, 该模块元件为电压源, 通过设置参数的不同来表示电压的大小。

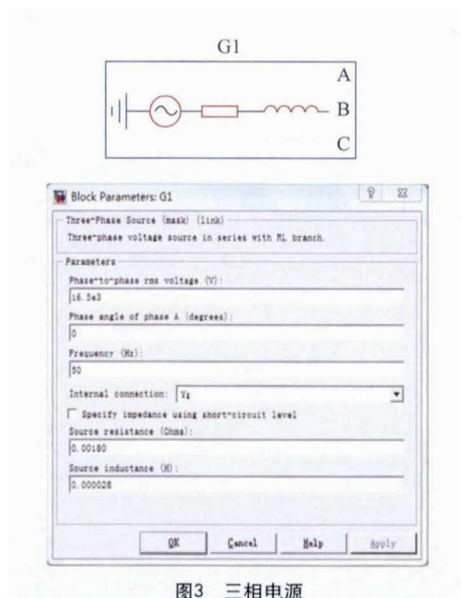


图3 三相电源

2. 变压器模块

双绕组变压器模块及其参数如图4所示。通过变压器的升降压来调整试验时的数据参数，并且设置变压器两端的线圈侧参数来调整一次电压和二次电压进行升压。

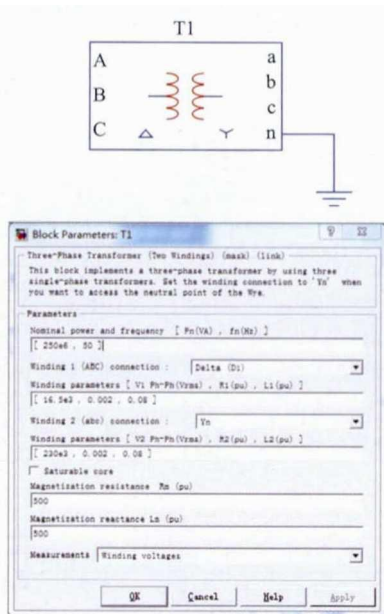


图4 变压器模块及参数

3. 线路模块

线路模块及其参数如图5所示，在电力系统仿真分析中，通过电抗、电阻、电导和电纳的参数来反映输电线路的特点。

4. 故障模块及其参数设置

研究单相故障模块，故障模块及其参数如图6所示。通过设置短路类型，调节故障时间来分析暂态稳定的情况。

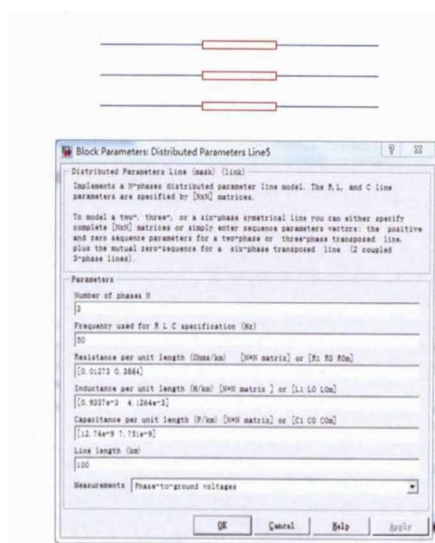


图5 线路模块及参数

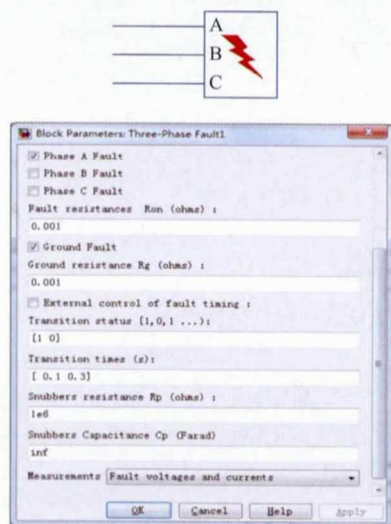


图6 故障模块及参数

5. 负载模块及其参数设置

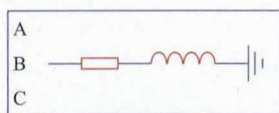
单相接地故障仿真分析中，选用并联RLC负荷模块（Parallel RLC Load），如图7所示，通过数据的修改来改变负载参数要求。

仿真结果及分析

1. A相接地故障

把三相电路故障发生器中的故障相选择为单相接地故障（也就是A相故障），并选择故障相为接地选相，示波器显示短路点电压、电流的波形如图8、图9所示。

从图8、图9短路点的电压和电流的波形图可以看出，在短路的时间段内，短路点的短路A相电压为零，其他两相（B相和C相）基本上是不变



Three-Phase
Series RLC Load2

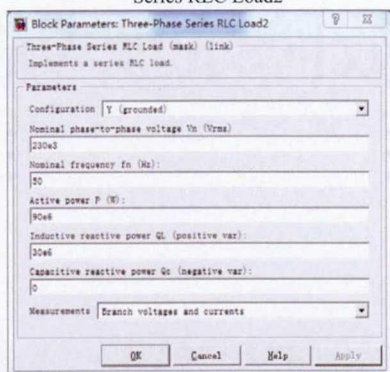


图7 负载模型及参数

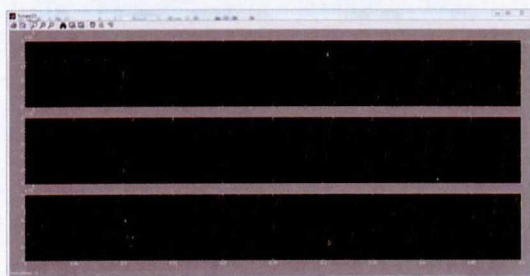


图8 短路点(A相故障)电压波形图

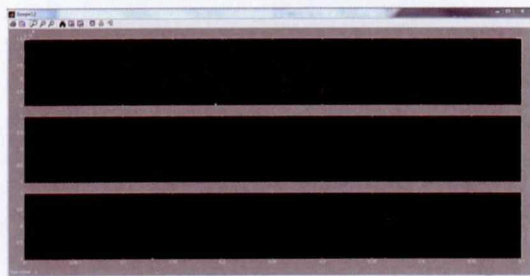


图9 短路点(A相故障)电流波形图

的。短路点的短路A相电流增大明显,但又逐渐减弱,当短路解除后,又恢复正常。

2. 中性点直接接地系统发生单相接地的暂态仿真分析

(1) 变压器的暂态仿真波形图

点击Scope8显示T1变压器的波形显示,如图10所示,点击Scope11显示T2变压器的波形显示,如图11所示。

(2) 变压器三相的 U_{Δ} 两两相减得到的波形图

变压器三相的 U_{Δ} 两两相减得到的波形如图12所示。

点击Scope9显示系统发生三相短路故障时侧,变压器A、B、C三相的 U_{Δ} 两两相减的波形,

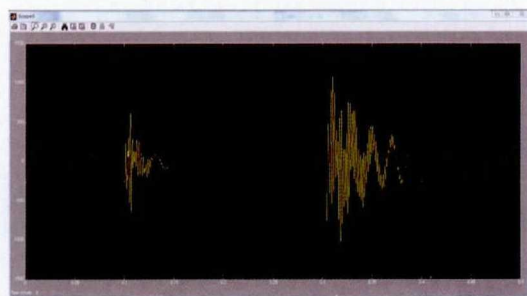


图10 T1变压器的波形图

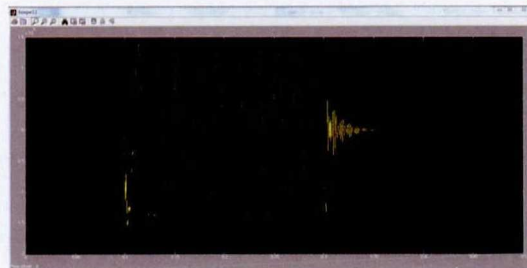


图11 T2变压器的波形

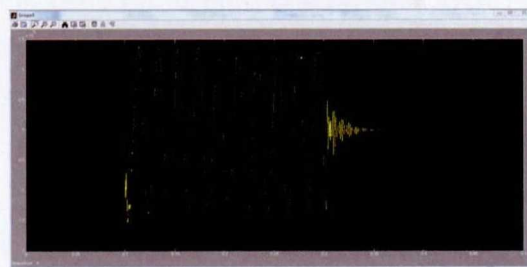


图12 变压器三相的电压 U_{Δ} 两两相减的波形

从波形图可以看出,在稳态时3种波形都处于稳态值在故障发生后系统发生振荡电压差迅速增大,并且逐渐趋于稳定。设置时间为0.5 s,当0.5 s时排除故障,系统再次振荡从而逐渐趋于稳定运行的状态。从以上结论可以看出仿真结果与实际的电力系统情况基本是相同的,所以分析仿真的结论正确并合理。

结束语

利用Matlab/Simulink软件对经典3机9节点的电力系统中性点直接接地系统单相接地故障进行仿真,按照仿真的故障分析要求构建模型,设置参数。对故障电流、电压进行研究,对单相故障点的每一相进行波形和电流、电压幅值与相位的分析及比较,最后分析了是否失去稳定性,并证明了仿真的正确性,并验证了设计仿真分析的结论和原理是一致的。**EA**

(收稿日期:2017.08.16)

(编辑:刘群彦)