适用于扩大内桥接线备自投装置的测试模型设计

张彦兵

（许昌开普检测研究院股份有限公司，河南，许昌 461000）

摘要：常规采样常规输出模式下的扩大内桥备自投装置的模拟量输入通道和开关量输入输出通道数量大，在整机功能测试环节中，采用继电保护测试仪进行测试，工作量大且测试效率低下。基于电力系统实时仿真平台，设计了适用于扩大内桥接线备自投装置的一次系统仿真模型，并搭建了简易的虚拟保护用于配合备自投装置的整机测试工作，并设计了仿真算例进行功能验证。试验结果表明，所提出的测试模型是有效可行的，对备自投装置生产厂家具有一定的参考价值。

关键词：扩大内桥接线；备自投；测试模型；实时仿真

0 引言

随着城市化进程的提高，城区电力负荷日益增加、电能质量和可靠性要求越来越高。“两线三变扩大内桥”接线方式因具备可靠、灵活、经济等优点，在城区 110kV 扩容改造变电站和 110kV 新建变电站工程中均得到了推广应用[1-4]。扩大内桥接线的变电站中安装扩大内桥备自投装置可实现各电压等级的备用电源自动投入功能，以及备自投动作后的过负荷减载功能，大大提高供电可靠性[5-9]。

扩大内桥备自投装置实际运行过程中，需要接入 8 路电压、8 路电流，输入 12 路开关量，输出 11 路开关量，接线工作复杂，故障工况下，需要保护装置的配合联动。传统的备自投装置开发调试环节，多采继电保护测试仪对保护逻辑进行逐一验证，而进行整机装置的系统测试时，难度系数极大。采用电力系统实时仿真的技术手段可以确保多组模拟量、开关量的同步输出，也可以便捷的模拟扩大内桥接线方式的电网系统运行工况，也可以实现复杂工况的组合模拟，为备自投装置提供更加完善的考核试验环境。

仿真模型的建设是备自投装置实时仿真环境建设的核心工作。从一次系统网架结构设计、故障点及故障类型设计、虚拟保护配合等方面触发，进行了适用于扩大内桥备自投装置的测试模型设计，为备自投装置整机测试试验平台建设奠定了基础。

1 模型设计

国家电网公司发布的文件 Q/GDW 10766-2015《10kV～110(66)kV 线路保护及辅助装置标准化设计规范》中，明确了常规采样和常规输出模式下的扩大内桥接线备自投装置的模拟量采集通道、开关量采集通道、开关量输出通道及所适用的局部简易主接线图。而文件中所体现的简易主接线图不具备试验应用条件。以文件所述的“两线三变扩大内桥”接线方式为基础，设计了扩大内桥接线方式的仿真测试模型，如图 1 所示。

其中，S1、S2 分别为电源 1 和电源 2，1DL、2DL 分别为进线 1 断路器和进线 2 断路器，5DL、6DL 分别为进线 1 电源侧断路器和进线 2 电源侧断路器，3DL、4DL 分别为桥 1 断路器和桥 2 断路器。UL1、UL2、U1ABC、U2ABC 分别为进线 1 抽取电压、进线 2 抽取电压、I 母三相电压、II 母三相电压；II、I2、I3、I4 分别为进线 1 电流、进线 2 电流，桥 1 电流、桥 2 电流。K1、K2、K3、K4、K5 分别为进线 1 故障点、进线 2 故障点、1#主变故障点、2#主变故障点、3#主变故障点。

故障触发模块实现 K1～K5 故障点的故障模

拟，故障类型可调，故障时间可控。虚拟保护模块实现进线线路保护及主变变压器保护功能，区内发生故障后正确跳闸隔离故障。断路器控制模块实现系统中个断路器的操作功能，如手动合闸、手动跳闸、保护合闸、保护跳闸等。输入输出模块负责仿真系统电压量、电流量及开关量的输出和备自投装置动作信号的输入。

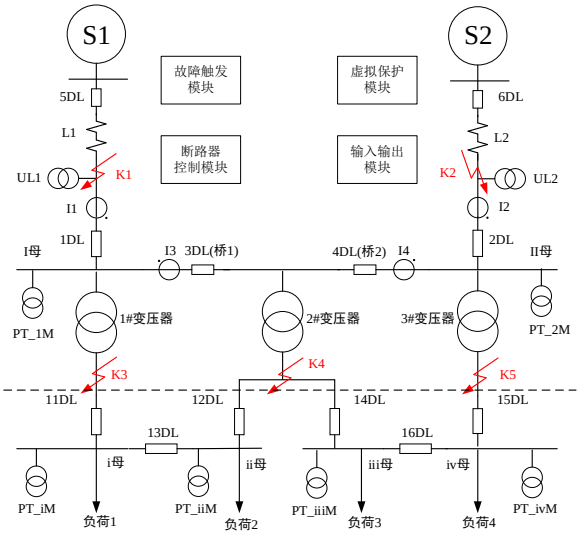

图 1　扩大内桥接线方式系统结构图

2　通道接口

仿真系统向扩大内桥备自投输出系统电压、系统电流，如表 1 所示；向备自投装置提供开关量，如表 2 所示；采集备自投装置是开出信号，如表 3 所示。

表 1　模拟量通道输出

序号	标识	名称
1	UL1A	电源 1 电压
2	UL2A	电 21 电压
3	IL1A	电源 1A 相电流
4	IL2A	电源 2A 相电流
5	U1A	I 段母线 A 相电压
6	U1B	I 段母线 B 相电压
7	U1C	I 段母线 C 相电压
8	U2A	II 段母线 A 相电压
9	U2B	II 段母线 B 相电压
10	U2C	II 段母线 C 相电压
11	IQ1A	内桥 1A 相电流
12	IQ1B	内桥 1B 相电流
13	IQ1C	内桥 1C 相电流
14	IQ2A	内桥 2A 相电流
15	IQ2B	内桥 2B 相电流
16	IQ2C	内桥 2C 相电流

表 2　开关量通道输出

序号	标识	名称
1	TW_Q1	内桥 1 跳位
2	HH_Q1	内桥 1 合后位置
3	TW_Q2	内桥 2 跳位
4	HH_Q2	内桥 2 合后位置
5	TW_S1	电源 1 跳位
6	HH_S1	电源 1 合后位置
7	TW_S2	电源 2 跳位
8	HH_S2	电源 2 合后位置
9	TZ_T1	1#变保护动作
10	TZ_T2	2#变保护动作
11	TZ_T3	3#变保护动作
12	BS_BZT	备自投总闭锁
13	YF	远方操作硬压板
14	JX	检修状态硬压板

表 3　开量通道输入

序号	标识	名称
1	TZQ1	跳内桥 1 断路器
2	HZQ1	合内桥 1 断路器
3	TZQ2	跳内桥 2 断路器
4	HZQ2	合内桥 2 断路器
5	TZS1	跳电源 1 断路器
6	HZS1	合电源 1 断路器
7	TZS2	跳电源 2 断路器
8	HZS2	合电源 2 断路器
9	LQ1	联切 1
10	LQ2	联切 2
11	LQ3	联切 3

12	JZ1	第一轮过负荷减载
13	JZ2	第一轮过负荷减载

3 仿真算例

为验证所设计的仿真测试模型的有效性，在RTDS 实时仿真平台搭建测试模型，配合功率放大器设备完成扩大内桥接线备自投装置整机功能测试环境的建设，并设计仿真算例，进行备自投装置逻辑功能的考核验证。表 4 所示为仿真模型的线路参数。

以备自投装置方式 1（1#进线运行，2#进线备用）运行模式下，模拟 1#主变发生故障，且 1#主变虚拟保护跳闸，隔离故障 1#变压器，考核备自投装置的动作逻辑是否正确。试验录波记录测试过程中模拟量、开关量的动态变化，并分析试验录波，确认模型运行符合系统故障工况的模拟。

表 4 线路模型参数

序号	名称	单位
1	正序电阻	Ω/km
2	正序感抗	Ω/km
3	零序电阻	Ω/km
4	零序感抗	Ω/km

模拟 1#主变区内 K3 点发生三相短路故障，如图 3 所示，FLT1 为故障标志位。t=0s 时刻故障开始，内桥母线电压降低，进线 1 电流增大，约 200ms 主变动作，故障区间隔离，内桥母线失压。备自投装置实时监测系统运行情况，满足动作逻辑条件后，备自投动作，备用电源 2 投入运行，非故障主变恢复供电。

图 3 所示为试验开关量录波，分析波形图可知，故障发生后，备自投装置接收到 1#主变动作信号（TZSig_T1），检测到桥 1 断路器跳位有效（TW_Q1）、进线 1 断路器（TW_S1）跳闸，且进线 2 电压有压，满足备自投动作逻辑。经延时定值后，跳桥 1 断路器，桥 1 断路器跳闸后，经延时，合闸电源 2 进线断路器，2#主变、3#主变恢复供电，备自投动作完成。

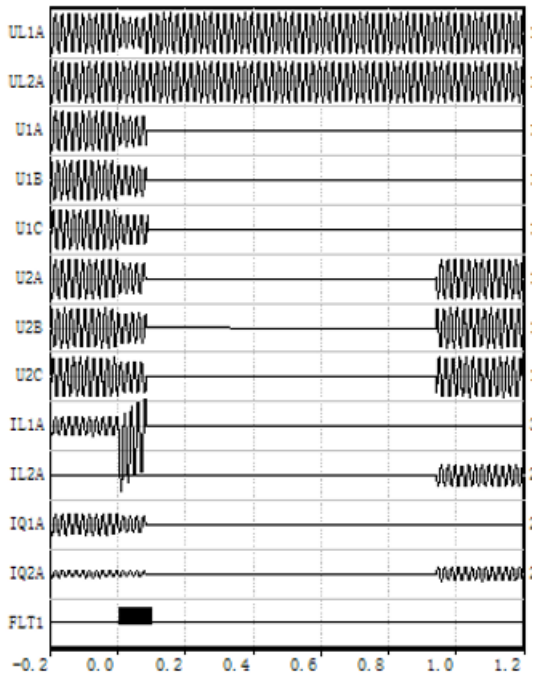

图 2 模拟量录波

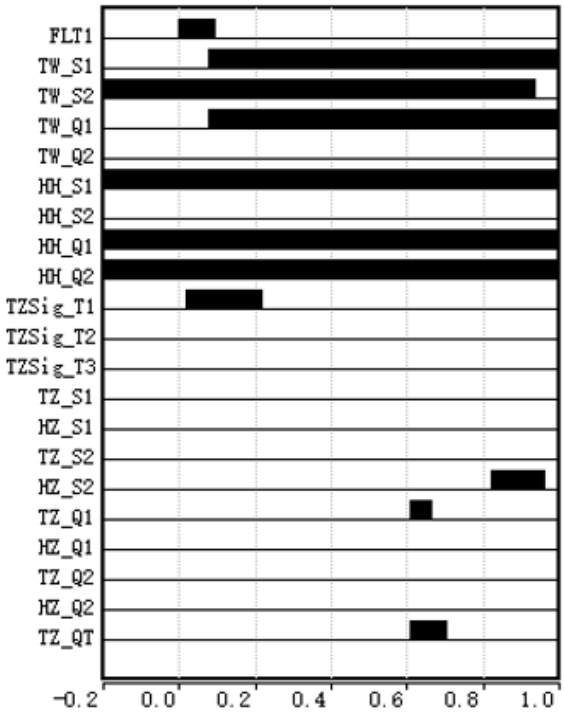

图 3 开关量录波

4 总结

基于电力系统实时仿真平台，搭建了适用于

扩大内桥接线方式备自投装置的整机测试仿真模型，实现了备自投装置模拟量、开关量的同步采集，结合虚拟保护逻辑，完成了扩大内桥接线系统的简单故障模拟及保护动作配合，为备自投装置整机测试提供了友好的测试环境。仿真算例表明，测试模型有效可行，对备自投装置的开发、调试、测试环节，有一定的参考意义。

参考文献

[1] 钟世民,于立涛,陈胜,李辰.110kV 扩大内桥接线变电站运行分析[J].陕西电力,2016,44(12):76-79.

[2] 郭科,王恩宁.110kV 扩大内桥接线方式二次电压切换回路探讨[J].宁夏电力,2017(02):39-42.

[3] 胡晓辉.三进线扩大内桥接线方式备自投逻辑分析[J].河南科技,2018(34):52-54.

[4] 郭碧媛,张丰.110kV 扩大内桥接线备自投逻辑分析[J].电力系统保护与控制,2010,38(07):124-128.

[5] 张建军,姚越兰.基于 110kV 扩大内桥接线的备自投控制策略[J].四川电力技术,2011,34(05):67-70.

[6] 古卫婷,刘高会,等.110 kV 内桥接线进线备自投在实际应用中存在问题分析及改进措施[J].陕西电力,2009,37(06):76-78.

[7] 秦传明,黄璐,冯秋辉,涂刚,朱可.扩大内桥接线备自投和 TV 并列回路的分析[J].自动化应用,2014(08):104-106.

[8] 陈锡磊,鲍聪颖,陆晓红,等.内桥接线变电站进线备自投逻辑改进[J].电力学报,2018,33(03):237-244.

[9] 贾晓峰,刘辉,等.110 kV 变电站单母分段与内桥接线方式对比分析[J].河北电力技术,2018,37(05):28-31.

作者简介：

张彦兵（1989-），男，汉族，硕士，工程师，从事继电保护装置自动化检测技术研究。E-mail: 412048431@qq.com。