

试论电力系统实时仿真技术

孙杰

上海上证数据服务有限责任公司

DOI:10.12238/ems.v4i5.5782

[摘要] 电力系统是推动数据中心行业发展的重要基础保障,在电力系统运行过程中,应用实时仿真技术,能够及时发现电力系统中存在的功能、故障等问题,避免因此类问题影响数据中心的安全运行。数据中心电力管理部门需要加大实时仿真技术分析力度,充分利用直流模拟平台及动态模拟室,强化各项数据分析的准确性,使得电力系统的运行更加安全、稳定。

[关键词] 电力系统; 实时仿真技术; 建立仿真模型

中图分类号: TM715 **文献标识码:** A

Discussion on Real-time Simulation Technology of Power System

Jie Sun

Shanghai Stock Data Service Co., Ltd

[Abstract] The power system is an important basic guarantee to promote the development of the data center industry. During the operation of the power system, the application of real-time simulation technology can timely find functional faults and other problems in the power system, and avoid such problems affecting the safety operation of the data center. The power management department of the data center needs to increase the analysis of real-time simulation technology, make full use of the DC simulation platform and dynamic simulation room, strengthen the accuracy of various data analysis, and make the operation of the power system more secure and stable.

[Key words] power system; real-time simulation technology; establishment of simulation model

引言

对于仿真系统存在的模型储存空间而言,能够直接反映自身的运行能力。人们可以通过对实时仿真技术的利用,按照自身意愿在模型储存空间中创建模型构件,同时能够搭建管控平台模型,实现对系统的控制,进而提高系统运行质量,因此,将实时仿真技术应用于电力系统中,有助于强化系统的可控性及稳定性。

1 电力系统实时仿真技术应用中面临的挑战

1.1 对高频功率变换期间的仿真精度有更高要求

针对一般的低频设备来说,通过实时仿真平台实现硬件在回路的概率较高;而对于一些开关频率在1kHz以上或者达到几十kHz的电力电子设备而言,如有源滤波器、逆变器以及高频PWM整流器等,一定程度上增加了在常规10—50 μ s的实时仿真步长环境下提高精度的难度。主要因为对IGBT门上信号采集的要求较高,需保证精度满足 μ s级以下,如果无法达到以上标准,则难以实现对系统动态响应的模拟,给电力系统的实时仿真带来巨大挑战。

1.2 需要考量每个计算步骤中的时间恒定问题

通常情况下,电力系统实时仿真以定步长的计算方式为主,然而,从实际的角度出发,实时仿真系统的状态变量对应的矩阵特性会随着时间的变化发生改变。针对此种情况,传统的解决方式是结合对发生变化后的状态矩阵进行分析,开展系统矩阵特性的重新计算工作,虽然可以得到较为理想的结果,但需要投入大量的系统资源,并且时间在不断发生变化,无法保证计算时间的恒定性。此外,用来计算的外围物理系统及其他控制器需要按照固定的时间实现基本功能,此种情况下,容易引发时间机制方面的冲突,增加了数据丢失的概率,对电力系统实时仿真的可信度造成不良影响。

1.3 要求考虑大型实时仿真系统的仿真时间步长

通过分析电力系统的典型实时仿真步长时间,发现多数维持在10—50 μ s的范围内,对于小型的系统而言,以上目标的实现难度不高,但是在大型电力系统的实际运行过程中,尤其是涉及到高频电力电子开关器件的综合电力系统,一定程度上增加了实现的难度。为此,需要提高对大型实时仿真系统对应仿真时间步长的分析,进而为电力系统实时仿真平台的搭建提供坚实基础。

2 电力系统实时仿真技术应用中的仿真模型

2.1 输电线路模型特点及运行原理

在电力系统中,实时数字仿真仪较为常用,各种功能的实现主要以行波学说中分散参数输电线路模型为依托,同时将集成参数中 π 模型作为基础。通过比较分析,发现行波学说模型具备很多特点,首先,行波学说模型将分散参数中的竖线线路模型作为主要基础,结合对长线的研究分析,与 π 元件相比,行波学说模型的准确性更高;其次,研究分析准确性长线模型暂态过程及多型号导线之间产生的影响时, π 元件模型对硬件要求较高,而行波学说模型仅利用1—2个微处理设备即可实现运行,无需投入大量资源;最后,依据对导行波传输理念的分析,技术人员可以利用行波学说模型实现不同实时仿真之间的连接,且对于输电线路而言,行波学说模型中的ERG-埃朗线模型在很多常见环境中都体现出较强的适用性。

2.2 各换流站中阀组模型特点及运行原理

针对实时仿真技术而言,包含功能强大的换流站各阀组模型,有关人员可以利用实时仿真中不同的管控元件存储空间,制定合理的直流电管控系统,确保基本功能可以满足设计要求。在构建直流、交流综合性电力传输系统的过程中,需要深度融合阀组管控平台、交流电传输平台以及阀门组模型,进而强化系统的完整性、高效性。与此同时,实时仿真技术还能利用触发脉冲管控实时仿真的阀组。在此基础上,针对连接端口的精确度进行优化,进而有效控制触发脉冲的误差,通常可以保证在55 μm 。由此可见,有关技术人员应加大对实时仿真技术的研究,明确此项技术在各阀组管控方面发挥的作用,进而提高电力系统的运行效率。

2.3 输入输出端口的基本特点及运行原理

与其他数字化仿真技术进行比较分析,实时仿真技术具备很强的实时性,很少受到时间的制约。通过对输入、输出端口的有效利用,能够达到实时仿真与不同设备相连接的目的,同时有助于形成闭环试验平台,最终实现检测被测设备基本功能的目标。应用实时仿真技术的过程中,涉及到的连接端口类型较多,包含触发脉冲连接端口、A/D连接端口及16比特D/A连接端口、相关驱动连接端口等。技术人员针对相关连接设备开展性能检测工作时,为突显实时仿真技术的实际价值,应该加强对检测标准的分析,强化连接端口选择的合理性、科学性。

3 电力系统中实时仿真技术的适用范围

通过分析相关的研究发现,在电力系统中应用实时仿真技术时,设备运行状态的体现方式与直流电磁暂态计算程序相一致,由此可见,实时仿真技术能够应用于电磁暂态过程仿真中,且在动态流程仿真中体现出较强的适用性。实时仿真技术的应用有助于搭建设备持续运行的实时仿真平台,通过实时仿真能够为有关技术人员对电力系统长流程的探索提供便利。针对国内电力系统中实时仿真技术的应用而言,实时仿真系统通常由3—4个支架及合适数量的放大设备构成,需要结合不同的应用环境,明确差异化仿真流程。

4 国内电力系统中实时仿真技术的实际应用

4.1 实时仿真技术应用于大规模交直流互联电网安全稳定仿真研究方面

对于多数地区的电力系统运行而言,避免不了会涉及到电网系统性风险,此类风险体现出较强的隐蔽性,且常见的故障类型较为复杂。如果采用传统仿真方式与技术人员个人经验相结合的方式,不仅无法做到准确分析风险类型,还很难达到深度考察系统风险的目的。为此,某电力试验研究院利用ADPSS平台进行了二次开发,构建大电网安全稳定自动诊断系统,能够实现对联锁故障特性的防范,同时可以针对大电网进行综合风险评估,还具备故障诊断功能,可以为大电网运行机理的分析提供坚实基础,简化复杂电网运行控制流程,让电力系统的安全稳定运行拥有基础保障。

4.2 实时仿真技术应用于继电保护和自动装置等二次设备的闭环试验中

国内很多电力企业将实时仿真技术应用在继电保护和自动装置等二次设备闭环试验中,部分电网企业建立不同类型的机电保护装置,主要有母差保护装置、变压器保护装置、线路保护装置等,针对性建立数字动模试验模型。通过开展数字动模试验,有利于技术人员第一时间发现与处理二次装置中存在的问题,确保在短时间内找到引发装置故障问题的原因,进一步强化保护与安全自动装置实际运行过程中的可靠性,为新设备评估工作的落实奠定良好基础,保证评估结果的准确性。以某电力试验研究所为例,研究人员利用RTDS建立高压线路保护动模试验系统,主要针对WXB—11型线路保护开展动模试验,涉及到的试验内容有动模系统与继电保护装置接口连接、搭建模拟系统等,通过以上不同类型试验的开展,有助于验证系统的基本性能,明确其是否可以满足多元化线路保护测试需求。

4.3 实时仿真技术应用于电网事故的研究分析与重现方面

实时仿真技术还能应用于电网事故分析与重现方面,通常在电力系统的母线、发电机、电抗器以及变压器等元件出现故障问题后,技术人员结合负荷情况录入、系统运行方式等信息,针对故障机理进行分析,通过与故障录波数据的比较,达到故障分析与重现的目的。某电力科学研究院利用ADPSS机电—电磁暂态混合仿真功能,针对一系列电网故障展开分析及重现工作,包含南京电网低频振荡、500kV任庄—上河线路倒塔事故等,得到显著成效,为事故的及时处理提供重要的辅助作用。此外,某电网技术中心对高肇直流“07.1.15”故障进行了针对性的RTDS仿真分析,对比仿真实验结果与实际故障问题,发现无明显差异,减少了故障分析工作的误差,有助于形成完整、可靠的故障综合评估体系。

4.4 实时仿真技术应用于数据中心变电站仿真试验研究方面

现代化发展环境下,很多技术得到改进与创新,形成新型科学技术,为了保证电力运行效率及安全性,很多地区逐渐提高对数据中心变电站的重视,而利用实时仿真技术,可以实现对数据

中心变电站调试及运行过程中重要问题的验证与诊断。电力管理部门需要利用实时仿真技术构建数据中心变电站一次系统模型,加强对专用转接装置的有效利用,落实智能化机电保护、安全自动装置的测试研究工作,通过在系统中输入不同类型的参数,能够达到高精度电磁暂态实时仿真计算的目的,进而实现对数据中心变电站差异化运行方式的模拟,科学设置故障点位置、持续时间等关键参数,构建智能变电站全站级系统测试体系。由此可见,在实验室环境下针对性的进行仿真实验,有助于技术人员及时发现数据中心变电站运行问题,并结合实际情况做好专业化处理,从而达到缩短设备停运时间的目的,不断提高数据中心变电站的现场使用效率。

5 总结

将实时仿真技术应用于电力系统中,有利于实现对不同类型仿真模型的构建,为电力系统的管控提供合理依据。电力管理

部门需要认真分析实时仿真技术的应用范围及要点,编制科学完善的技术应用方案,不断提高电力系统的运行效率,减少故障问题的发生及其带来的负面影响,确保电力系统能够维持安全稳定的运行。

【参考文献】

[1]杨洋,肖湘宁,王昊,等.电力系统数字混合仿真技术综述及展望[J].电力自动化设备,2017,37(03):203-210+223.

[2]张守磊,王小凯,张彦兵.基于实时仿真技术的小量程电流互感器的等效模拟[J].江西电力,2021,45(06):11-12+19.

[3]王子骏,刘杨,鲍远义,等.电力系统安全仿真技术:工程安全、网络安全与信息物理综合安全[J].中国科学:信息科学,2022,52(03):399-429.

[4]刘水,王海群,王致杰,等.电力系统全数字实时仿真技术[J].科技与创新,2017,(18):20-22.