

A Simulation Evaluation Method of Smart Grid Under Unbalanced State

Dong Qi

Hefei Polytechnic University, Hefei

Abstract: This paper introduces a simulation evaluation method of smart grid under unbalanced condition. Through the establishment of the model and the explanation of the principle and method of the model, the feasibility of the simulation method is verified.

Key words: Smart grid; Power flow; Dynamic model; Unbalance

Received: 2020-05-03; Accepted: 2020-05-18; Published: 2020-05-20

一种不平衡状态下智能电网的模拟评价方法

董 琦

合肥工业大学，合肥

邮箱: qd_2012@163.com

摘 要: 本文介绍了智能电网在不平衡状态情况下的一种模拟评价方法。文章通过模型的建立，对该模型的原理与方法的解释，证实了该模拟方法的可行性。

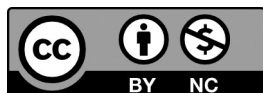
关键词: 智能电网；功率流；动态模型；不平衡

收稿日期：2020-05-03；录用日期：2020-05-18；发表日期：2020-05-20

Copyright © 2020 by author(s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



要整合更多的可再生能源进入电网，就必须有更多的软件控制和各级的稳定电网。智能电网是能源存储通常被称为智能电网的关键组成部分之一，它可以通过不可控制的能量，例如风能、核能来稳定电网，使电网的适应能力更强。

如今,有很多技术可以应用于能量储存,包括超级电容器,飞轮,泵浦水电,燃料电池,电池等。但是这些装置的共同点是需要可控制的电流介入电网。

本文的主题和重点是探寻这种转换器下在常见的不平衡电网条件下,如电压骤降,如何去的一种最优的控制方法。本文采用一种数学模拟方法,找到一种合理的控制方法,使这种智能储能元件可以在故障或者电压不稳等情况下发挥重要的作用,提高设备的效率与电网的性能。

1 PE 系统中 HIL 的仿真问题

由于高额定功率的硬件、系统复杂性连同电网扰动的困难,长时间里系统中断开部分的不现实性,支持智能电网的能量存储测试是困难和昂贵的。最终系统测试的替代方法是建立一个小规模的原型,替代这个昂贵并且费时间的原型,建立使用 HIL 的快速原型仿真工具。HIL 仿真是指替代真正系统中的一个实时的仿真平台系统。在真正系统中表达硬件的数学模型必须足够详细以真实的表现任何瞬间变化或错误。PE 设备包含了许多短时间内控制的开关。开关行为使得电路变得高度非线性。由于这些原因,为了达到可接受的准确度就要求仿真时间的计算最短化。传统上,现有电脑很难达到较小的仿真时间步长,因为其计算方法中没有对 PE 应用进行优化,而且输入/输出(I/O)通信延迟高到无法接受。只有现场可编程门阵列(FPGA)技术可以同时提供超低延迟(ULL)和为 PE 设计的大规模并行处理需要的数字 HIL 仿真器组合。一个 FPGA 处理器可以专门针对特定的应用定制高性能的现代 HIL 模拟器。然而,在 FPGA 上开发模拟模型的主要问题是需要广泛的数字化设计知识、计算机体系结构设计知识、FPGA 设计知识和工具链认证以及详细的 PE 模型技术的理解。另外,FPGA 技术的潜力已被认识到,基于此技术的解决方案也被研究了。在本论文中,提出了一个满足在严重不平衡电网条件下电网代码要求的用于评价所提算法能力的通用 ULL HIL 平台。在真实时间下 FPGA 平台上整个硬件的仿真是在设定的 $1\ \mu\text{s}$ 时间步长下进行的。与其他可用的商业仿真平台相比,ULL 确保了高精度度和更好的瞬间响应。实时仿真器与控制器通过低延迟的 I/O 接口板进行交互。控制算法通过一个基于 TMS320F2812 的数字信号处理器(DSP)来实现。该控制算法

克服了以前算法的相应弊端，为确定动态模型提供了基础。

2 建立混合动态系统模型

PE 系统本质上是对非线性电路功率流的开关控制，用以实现精确的定时开关控制。PE 系统是动态持续时间和离散事件的有机结合，从而自然的建立起了一个的混合动态系统模型。这促使我们接受了自动混合机（GHA）的模型框架，分段的线性动态连续模型。PE 电路可以用被动元件（R，L 和 C），分段线性开关，受控的电源流和一个独立的电压源来表示。模型需要用矩阵（1）和（2）来进行计算模拟：

$$\dot{x}(t) = A_{qi}x(t) + B_{qi}u(t) \quad (1)$$

$$y(t) = C_{qi}x(t) + D_{qi}u(t) \quad (2)$$

其中 $x(t)$ 为连续状态空间向量， $y(t)$ 输出向量， $u(t)$ 为输入向量。 A_{qi} 和 C_{qi} 为空间矩阵。该电路的任何离散状态属于有限的集合 $Q = \{q_1 \cdots q_m\}$ ，这个集合代表了接下来将定义的空间状态。任何一个离散单元都对应着唯一一个模型，除此之外，尽管空间与空间的转换不是一一对应的，任何一个离散单元都定义了向量的方向，可以转换的离散单元可在相应的书籍中进行查询。根据实际条件，线在书籍中进行数据的查询，得出相应的数据带入上面两个矩阵中，输入向量后可以得到向量的方向与大小。使用该种数值分析方法，能够消除直流母线电压振荡，以及大功率的振荡，但是该模型目前不还办法消除无功功率情况下整个系统产生的震荡。但是经过与实际情况的数据对比，数据具有良好的拟合性，证明了基础数学模型与实际情况基本吻合。

为了充分利用模拟方法，计算平台在计算 GHA 时，要求可以进行实时预测，并且保证良好的时序和适用性。严格的实时性要求便转化为对超高速，确定性和可预见的时间模型的需求，以及内存管理和 I/O 通信延迟的技术提高。为了解决这一问题，我们采用了新的模型模拟系统，对不平衡状态下电网的功率进行有效的评价。

数字处理器包括一个阵列的标准化过程（SPC），它可以被认为是 GHA 特定的，专门于应用程序的处理器内核。每个 SPC 都是可以编程的，解决了 GHA

子模型参数化中的交换机数量方面的复杂性和被动存储元件的数量问题。所有SPC同步操作,与此同时,每个人都可以访问其个人资源。数据通讯不再是难题,若连接延迟连接到外部电脑,会有一个专用的控制系统,实现配置和回读总线。

智能电网是建立在普通的物理电网基础之上的,在技术过程中融合进了流行的传感技术与计算机信息技术,能满足用户与厂家度电力的需求,同时节能环保,符合国家政策的要求,但是在模拟过程会产生诸多难题,例如模型的建立,可靠性的分析,与实际轻用电情况的比较等。该模型模拟在原理上基本克服了以上缺点,在理论与实践中有据可依,在将来的智能电网发展中必然占有一席之地。

3 结论

智能电网功率流模型的建立是可行、有效的。模型的计算需要理论完善,同时需要运算速度的提升。PE模型在智能电网中还可以得到更广泛的应用。

参考文献

- [1] 韩丰,尹明,李隽,等.我国智能电网发展相关问题初探[C]//特高压输电技术国际会议,2009.
- [2] 徐政.智能电网中的电力电子技术[M].北京:机械工业出版社,2010.
- [3] 陈树勇,宋书芳,李兰欣,等.智能电网技术综述[M].中国电力科学研究院,2009,33(8).