 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i10.7912

Research on Simulation Method for Power Communication Network System Planning

Xiaogang Li

POWERCHINA Henan Electric Power Engineering Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 450000, China

Abstract

The power communication network is a general term for the power system communication carrier network, which is an important carrier for power system network communication and information transmission. The power communication network includes four levels of networks: national grid, regional grid, provincial grid, and ground grid. According to the principle of "power construction, planning comes first", the construction of communication networks must be guided by planning. At present, communication network planning is mostly carried out manually, by personnel with planning, construction, and design experience, and reviewed by the construction management unit. This paper explores the theoretical basis and methods of communication network planning simulation, as well as the correlation between basic data and simulation models through the study of power communication network planning methods. A communication network planning simulation architecture is proposed, and through model construction, a new approach is provided for the research of communication network planning simulation.

Keywords

power communication; Network planning; System simulation; digitization

电力通信网系统规划仿真模型搭建方法研究

李晓刚

中国电建集团河南省电力勘测设计院有限公司，中国 · 河南 郑州 450000

摘　要

电力通信网络是电力系统通信承载网的统称，是电力系统网络通信和信息传输的重要载体。电力通信网包括国网、地区网、省网、地网四级网络。根据“电力建设，规划先行”的原则，通信网络建设必须以规划引领建设。目前通信网规划多是以人工方式进行，由规划建设和设计经验的人员进行规划，并由建设管理单位进行审查。本论文通过对电力通信网规划方法的研究，探索通信网规划仿真的理论基础和方法，以及基础数据和仿真模型之间的关联，提出一种通信网规划仿真架构，通过模型搭建，为通信网规划仿真的研究提供一种新的思路。

关键词

电力通信；网络规划；系统仿真；数字化

1 引言

电力通信网规划是电力行业规划中的重要组成部分。电网公司需要每五年组织一次全网规划，包括电网一次规划、通信网规划、智能化规划以及其他专项规划等，每年组织滚动规划。为适应电力通信网络规划的发展，确保通信网规划与电网实际发展相适应，支撑新一代电力系统规划建设，本课题开展通信网规划仿真方法以及规划仿真模型的研究。

本文主要研究内容如下：

研究通信网规划指标体系。

研究通信网规划仿真分析的相关方法。

研究通信网规划仿真体系模型。

2 通信网规划的意义

电力通信网作为继电保护、调度自动化、安全稳定控制系统三大支柱的重要承载平台，为电网实时监控提供毫秒级数据传输通道 [1]。随着通信技术的发展，fgOTN/SPN 等新型通信技术不断涌现，对传统 SDH/OTN/PTN 等电力通信技术的替代不断加速，要求规划工作者能更精准的了解和把握通信网整体的发展趋势，以提供更好的规划成果 [2] 。传统的电力通信网规划主要依赖于经验和手动统计计算，随着网络规模的扩大和复杂性的提高，规划从业者逐渐开始利用网络仿真技术进行通信网络规划的辅助工作。网络仿真分析技术是网络规划和设计中的重要技术和工具，借助网络仿真分析技术，可极大的减少规划工作者的工作量，提高规划工作质效。

【作者简介】李晓刚（1987–），男，中国河南漯河人，硕士，工程师，从事电力通信设计研究。

3 规划指标体系研究

通信网规划指标体系是通过建立通信网规划仿真模型的考核指标，为通信网规划提供可量化的评价标准。为了制定科学系统的通信网规划指标体系，需依照相关原则初步选取和制定指标，搭建体系框架；运用数学方法分析筛选和优化指标体系，将不理想的指标进行修正或删除，然后进行指标体系验证，最终确立完备的指标体系。

经过上述步骤的验证筛选，对于通信网规划仿真的指标类型共分为三类，主要包括统计类指标体系、分析类指标体系、评估类指标体系，各类指标体系包括的内容如下：

统计类指标体系

统计类指标体系包括通信网站点、电力光缆规模、业务、光缆覆盖率、双路由率等指标。

分析类指标体系

分析类指标体系是统计分析结果的指标，包括网络区段总数，重路由率、光缆老化水平、设备老化停产占比、国产化水平、自主可控率、IP 电路占比等。

评估类指标体系

评估类指标体系是表示评估结果的指标，是仿真结果的直观显示，该指标可以直接作为成果进行展示。

4 规划指标体系关键研究方法

通信网规划指标体系的研究方法可以指导通信网规划的仿真算法，对仿真模型的建立具有关键指导意义，相关研究方法的好坏优劣对系统仿真结果有较大的影响，因此，规划仿真模型的建立必须选择适配的研究方法。规划仿真体系研究的关键方法，包括专家咨询法、层次分析法、主成份分析法、因子分析法等。

4.1 专家咨询法

德尔菲法 (Delphi Method)，又称专家咨询法。该方法需要调查者按照程序向专家进行征询；被调查对象以匿名方式回复意见，经过反复调查和反馈，意见和建议趋于集中后，根据最终结果集体判断。其本质上是一种反馈匿名函证法，大致流程为：在需要论证的问题征得业主同意后，进站整理、循证和统计，再匿名发给专家，反复这一过程，经过若干论后停止。

4.2 层次分析法

层次分析法是采用层次化结构的指标体系结构，有利于对多种指标进行综合分析，它是美国匹茨堡大学教授萨蒂 (T.L.Saaty) 于上世纪 70 年代初提出的一种多目标综合评价方法，这种方法在对复杂的决策问题进行综合分析的基础上，以较少的定量标准使决策的思维过程数字化，从而为多目标、多准则应用系统构建分析方法，该方法可以应用于完全定量的复杂系统做出多决策的模型和分析方法。层次分析法分为目标层、准则层、指标层，分别代表了指标体系结构中最高层、中间层、最低层。

4.3 主成分分析法

逐层分分析法是一种数字变换的方法，它把相关变量通过线性变换转换成另外一组不想管变量，同时按照顺序进行排列。在数字变化中保持变量的总方法不变，使第一变量具有最大的方差，称为第一主成分，第二变量的方差次大，成为第二主成分，依次类推。

其中 L_i 为 p 维正交化向量，Z_i 之间互不相关且按照方差由大到小排列，则称 Z_i 为 X 的第 I 个主成分。设 X 的协方差矩阵为 Σ，则 Σ 必为半正定对称矩阵，求特征值 λ_i（按从大到小排序）及其特征向量，可以证明，λ_i 所对应的正交化特征向量，即为第 I 个主成分 Z_i 所对应的系数向量 L_i，而 Z_i 的方差贡献率定义为 $\lambda_j / \sum \lambda_j$，通常要求提取的主成分的数量 k 满足 $\sum \lambda_k / \sum \lambda_j > 0.85$。

主成分分析通过线性组合将原变量综合成几个主成分，用较少的综合指标来代替原来较多的变量。在多变量分析中，某些变量间往往存在相关性。

4.4 因子分析法

因子分析法是从研究变量内部相关的依赖关系出发，把一些具有错综复杂关系的变量归结为少数几个综合因子的一种多变量统计分析方法。它的基本想法是将观测变量进行分类，将相关性较高的分在同一类，每一类变量代表一种基本结构，也称为公共因子。对于所研究的问题就是用最少个数的公共因子的线性函数与特殊因子之和来描述原来观测的分量。

4.5 对比分析

专家咨询法侧重于对经验性事务的反复论证，适合做前期的理论验证，不适合建立稳定的结构模型，因此不建议采用；主成分分析法是一种数学变换的方法，它把给定的一组相关变量通过线性变换转成另一组不相关的变量，通过线性组合将原变量综合成几个主成分，用较少的综合指标来代替原来较多的指标 (变量)。该方法可在数据输入环节采用，以减少和过滤与规划无关的无用数据信息。因子分析法是寻找这些公共因子的模型分析方法，它是在主成分的基础上构筑若干意义较为明确的公因子，以它们为框架分解原变量，以此考察原变量间的联系与区别。该方法对原始数据有较为精确的分析，但基于通信网规划庞大的基础数据，已提前进行精细化筛选，因此不采用；层次分析法应用网络系统理论和多目标综合评价方法，提出的一种层次权重决策分析方法，产生一种层次化结构的指标体系结构，有利于对多种指标进行综合分析，最后形成符合指标建立原则的综合指标，比较符合电力通信网规划多任务、多层次、多指标的特征。

综合以上分析，选择层次分析法和主成分分析相结合的方法，比较符合电力通信网规划相关应用场景，指导进行本课题相关的仿真研究和建模。

电力通信网络指标体系目标层主要包括规划建设、运行和管理三项目标；

准则层则根据各关注目标不同对投资性、物理拓扑、网络组织、技术体制、业务性能、管理效率等方面进行具体列举，各准则层则由多项具体指标展现。同时网络的基础数据是构建指标层的重要环节，指标层将对原始数据进行数据处理和挖掘，最终使指标层来源于基础数据，具有实际可操作性。

指标层的建设将是本课题的重点和难点，一方面指标层是指标体系树自上而下的具体分解，另一方面也是基础数据自下而上挖掘、聚合、梳理和科学处理，两方面进行匹配、修正，辅助分析验证初步指标设计的可行性，补充完善指标的计算算法和系统支撑要求，完成通信网络指标层设计。

5 仿真体系业务架构研究

5.1 业务架构

按照业务可视化的思路，梳理通信规划业务的需求，以业务为导向开展功能设计。围绕通信规划业务涉及规划计划业务域，包含电网规划、项目前期、投资计划、规划设计 4 个一级业务职能。以及规划管理、项目前期、投资分析、后评价、带宽仿真分析等多个二级业务架构。

5.2 应用架构

在仿真平台架构中新增通信网规划。主要包含通信拓扑图形管理、规划基础数据管理、骨干通信网规划管理、终端通信网规划管理、独立二次项目库管理 5 大功能模块。

5.3 数据架构

通信网规划数据集中及分析主要使用数据中台完成处理，通过数据中台从源端系统及数据中台共享获取通信规划相关的一次设备数据、二次设备数据、通信网络数据、通信网拓扑数据、站点数据、光缆数据、电路数据、通信设备数据、通道数据等数据，其中由省侧数据中台将数据共享到总部数据中台层和省侧网上电网个性化特色应用。

5.4 技术架构

系统技术架构，遵循相关技术架构规范要求，技术架构自上而下分别是展示层、服务层、技术支撑层、中台支撑层、数据层、基础设施层。具体技术架构如下图。

展现层：前端展示层基于统一应用开发平台 SG-UAP3.1 前端技术开发，包括 SG-UAP 前端组件（数据控件、布局控件、编辑器控件、窗体控件、图表控件、基础展现控件，应用 HTML/JSP、CSS、JavaScript、Ajax 等技术。

服务层：通过 Restful、Webservice 服务接口与前端进行交互。

技术支撑层：数据访问采用 Hibernate、数据库连接池技术、Spring 事务管理；基础框架遵循原有技术路线选用 SG-UAP OSGI 框架。

中台支撑层：包括技术中台的电网 GIS 平台、统一权限（SG-ISC）；数据中台的数据服务、数据分析、数据接入、运营管理、存储计算。

数据层：数据层包括总部业务处理数据库和省公司业务处理数据库。

基础设施层：基础设施包括 weblogic、jdk1.8、J2ee、服务器、网络、存储、操作系统、虚拟机、虚拟机专有网络和容器为网上电网系统的健康、高效运行提供基础的运行环境和物理支撑。云平台包括中间件服务、数据库服务、计算服务、存储服务、网络服务、人工智能服务、安全服务等。

5.5 安全架构

根据业务信息受到破坏时所侵害的客体以及对客体的侵害程度，依据 GB/T 22240-2020《信息安全技术网络安全等级保护定级指南》，安全保护等级为二级，按照等级保护二级要求进行防护。系统安全防护框架体系遵循国家及行业网络安全相关要求。系统范围横跨管理信息大区通过信息安全网络隔离装置实现数据安全隔离 [4] 。

5.6 本章总结

通过对仿真平台以上五层架构的搭建，将通信网规划数据从数据源端系统输入至用户侧的系统应用整体架构，搭建从数据输入到仿真结果展示的多层次通信网规划仿真平台，构建通信网仿真工具的基础架构，从而指导相关仿真工具的开发和应用。

6 成效分析和文章总结

通过对电力通信网规划方法进行解析，进行通信网规划仿真架构设计，提出符合电力通信网规划的应用模型 [3]。可为通信网规划提供一种标准化模式的规划辅助工具模型，以帮助规划辅助工具开发者构架目标明确的仿真体系架构，并将相关信息转化为符合通信网规划相关指标要求的数据。本文从数字化角度开展规划业务需求分析，研究适用于电力通信网络的规划内容、功能与信息框架，研究内容可为通信网规划数字化转型提供理论基础和框架依据。助力规划仿真辅助工具的开发和应用，提高电力通信规划人员的工作效率，减少规划时间，将电力通信网规划的发展模式从人工为主到模式化、精细化、数字化方向转变。同时，相关的研究成果也可以作为其他行业的借鉴，为相关领域的网络规划仿真及全景呈现研究提供理论和技术支撑。

参考文献

[1] 侯颖 刘琳. 继电保护专网与电力通信网的规划思考 [J].上海电气技术。2022 ,15 (03).

[2] 李伟. 地市局电力通信网规划研究 数字通信世界. 2019 (11).

[3] 张铁平 王晓峰 刘学民 张之栋 电力通信网规划策略研究 信息通信 . 2017 (11) .