

# The Research on Analysis of Equipment Failure and Influence Degree of Power Distribution Communication Network

Xingnan Li<sup>1</sup>, Ying Wang<sup>1</sup>, Zhan Shi<sup>1</sup>, Tao Lu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Guangdong Power Grid Company, Guangzhou Guangdong

<sup>2</sup>NARI Group Corporation, Nanjing Jiangsu

Email: 5528061@qq.com

Received: Oct. 21<sup>st</sup>, 2018; accepted: Nov. 4<sup>th</sup>, 2018; published: Nov. 16<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

This paper studies the failure and influence degree analysis method of power distribution communication network equipment. Through the collection, cleaning, storage, correlation, fault analysis, impact analysis and display of the operation data of distribution telecommunication network equipment, the fault of communication equipment and its impact degree are analyzed. Different from the current mode of power communication network fault analysis, the goal of equipment information fault and impact analysis in power distribution communication network is to provide effective information support for the management of power distribution communication network with diversified business forms, complex network formation, intersection of business segments and system independence. Intelligent work management and control provides strong and reliable technical support for the operation and management of power distribution communication.

## Keywords

Power Distribution Communication Network, Fault Analysis, Influence Degree

---

# 配用电通信网设备故障及影响度分析研究

李星南<sup>1</sup>, 汪莹<sup>1</sup>, 施展<sup>1</sup>, 陆涛<sup>2</sup>

<sup>1</sup>广东电网有限责任公司, 广东 广州

<sup>2</sup>南瑞集团有限公司, 江苏 南京

Email: 5528061@qq.com

收稿日期: 2018年10月21日; 录用日期: 2018年11月4日; 发布日期: 2018年11月16日

## 摘要

本文对配用电通信网设备的故障及影响度分析方法进行研究。通过对配用电通信网设备运行数据的采集、清洗、存储、关联、故障分析、影响度分析和展示,分析出通信设备的故障及其影响程度。有别于现在的电力通信网故障分析的模式,配用电通信网设备信息的故障及影响度分析研究的目标,是为了能对业务形态多样化,组网复杂化、业务分段交叉化、系统独立化的配用电通信网管理工作,提供有效的信息化支撑和智能化工作管控,为电力公司配用电通信的运维和管理提供坚强可靠的技术支撑。

## 关键词

配用电通信网, 故障分析, 影响度

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

电力通信系统是电网发展方式转变的重要支撑,配用电通信网作为电力通信网的重要组成部分和骨干通信网的延伸,承担着汇集末端业务应用接入点信息和发送各类控制交互指令的作用,重点强化对智能电网配电、用电环节的业务支撑能力。配用电通信网是保障配用电网安全运行、故障及时响应、资源高效利用、业务实时实现、电力可持续发展的信息通道[1]。随着配用电通信技术飞速发展,整个通信网中设备的种类和数量不断增加,单个通信系统的结构变得越来越复杂,系统之间的相互联系也变得越来越紧密[2]。电网建设的不断推进和新能源的不断发展,对配用电通信系统多业务承载能力、保障能力、集中管控能力提出了更高的要求[3]。

本文将基于配用电通信网设备信息的故障及影响度分析方法引入到电力企业的配用电通信网设备及网络管理,采用数字化、场景化、智能化手段实现对于配用电通信网设备运行数据的格式规范化管理、模块化分析,结合自动化数据采集技术、场景化数据管理技术和模块化分析技术完成跨专业、跨平台的配用电通信网设备运行状态数据的横向协同与纵向分析,实现智能化潜在故障影响度模拟,为电力企业电力配用电通信运行管理提供合理有效的工作管控支撑。

## 2. 现状分析

目前,配用电通信网的管理手段还主要依靠厂家设备网管,虽然也建设了综合网管系统,但由于缺乏相应管理规范,应用深度不足,系统存在以下问题:1) 配用电通信网管理系统与各业务系统之间缺乏交互,导致故障原因和位置分析困难,通信网络故障和配用电终端设备故障之间的界限难以划清。2) 现有配用电通信网设备往往只进行了简单的故障分析,无法有效的实现覆盖全网业务的影响度分析,严重影响了业务和通信部门的运维效率。

本文针对上述问题,重点研究了配用电通信网设备信息的故障及影响度分析方法,在已有的配用电通信网管理系统平台基础上,加入了特有的数据模型,并对原有的配用电通信网设备管理和查询组件进行了功能扩充。在保证配用电通信网运维管理时效性的同时,提高网络管理的智能化和自动化水平,实现全新的智能化、规范化的配用电通信网设备管理模式。

### 3. 配用电通信网设备故障及影响度分析

在电力通信网的运维工作中，快速准确的故障诊断将有利于故障的查找与排除，但是现有通信网络管理系统功能有限，多为设备或线路故障告警[4]。本文在传统告警采集监视的基础上，采用“采集-清洗-存储-关联-故障分析-影响度分析-存储展示”的过程，实现对配用电通信网设备故障及影响度管理。

#### 3.1. 数据采集

提供友好界面，选择资源，形成初始化数据(配用电通信网设备资源、配用电通信网线路资源、配用电通信网业务资源和配用电通信网告警资源)和采集数据(配用电通信网设备资源、配用电通信网线路资源、配用电通信网业务资源和配用电通信网告警资源)，经过数据清洗、抽取和分类，存入数据库，通过有线、无线方式连接实现数据的采集、更新。

#### 3.2. 数据关联

进行各类型入库数据的关联管理，实现配用电通信网各类型资源的有效关联。具体关联原理是配用电通信网线路、设备、业务和告警之间的关系为：资源数据是告警的数据基础，通过空间、设备、网络资源的从属关系和拓扑连接，能够将分散的资源数据有机关联起来，便于运行监视进行故障定性、定位和分析；告警与资源对象进行匹配，以提供对资源的动态保鲜和对设备资源实时状态的展示。

在实际数据关联过程中采用空间和业务属性对各类型配用电通信网配用电通信网资源进行关联，例如在空间关联中设备和线路按照实际空间位置进行关联；在业务属性中则设备、线路等资源则按照不同业务流转进行关联。按照关联模型进行数据关联后系统能够按照空间和业务实现配用电通信网资源的物理拓扑和业务逻辑拓扑，为后期的故障分析、影响度分析和数据展示提供直观、多样的数据支撑。

#### 3.3. 故障分析

按照配用电通信网设备故障确定规则，进行采集入库数据的匹配比对，实现配用电通信网设备故障分析；同时通过设备故障数据与设备承载业务及空间属性的关联，辅助进行故障分析，提升故障分析的准确性。具体方法如图1所示。

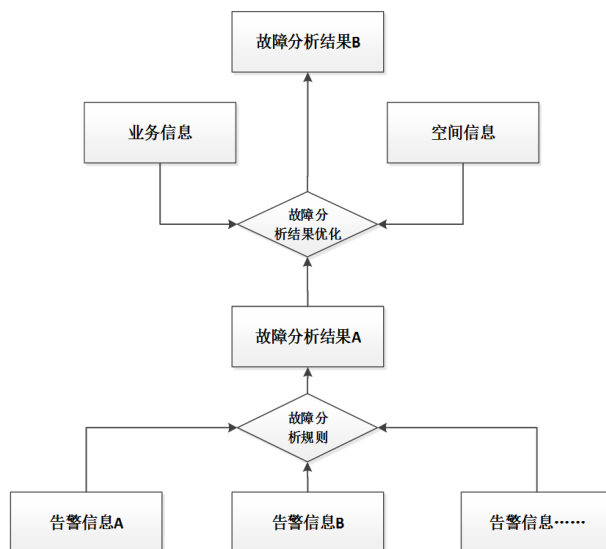


Figure 1. Flow chart of fault analysis  
图1. 故障分析流程图

在计算过程中,先利用采集的设备告警信息进行 FA (故障分析)计算,再将设备承载业务和空间属性信息带入,进行 CCFA (共因故障分析)计算,从而优化故障分析结果。在实际应用过程中此分析过程能够匹配现阶段主流的各种算法进行计算,也可以多种算法在不同结果输出阶段进行交叉使用。

### 3.4. 影响度分析

以配用电通信网设备故障分析结果为依托,结合配用电通信网全网实际网络情况,进行设备故障对全网业务运行的影响度分析;具体比对方法如下:

#### 3.4.1. 影响度分析体系的设置

对配电通信网进行影响度分析的关键问题,是建立一个科学高效的指标体系。层次分析法可以将与决策总是有关的元素分解成目标、准则、方案等层次,在此基础之上进行定性和定量分析。层次分析法比较适合于具有分层交错评价指标的目标系统,而且目标值又难于定量描述的决策问题,特别是对于一些较为专业的指标,采用层次分析法具有较高科学性。

根据评价指标体系构建所遵循的全面性原则、动态与静态相结合的原则、定性定量相结合的原则,经过仔细分析,本文根据配用电通信网运行的特点,确立了4个二级分析指标,22个三级指标,如表1所示。

**Table 1.** Index system of influence degree analysis

**表 1.** 影响度分析指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标
影响度	告警等级	紧急告警	Q1
			.....
			Qn
		主要告警	.....
		次要告警	.....
		提示告警	.....
		纵联网络保护	.....
		高级配电自动化	.....
		储能站监测管理	.....
		分布式能源站	.....
	业务类型	配电自动化	.....
		电动汽车充电站	.....
		用电信息采集	.....
		电力光纤到户	.....
		其他业务	.....
		华为	.....
	生产厂家	中兴	.....
		华三	.....
		泰科	.....
		南瑞	.....
		其他	.....
	运行属性	投运年限	.....
缺陷次数		.....	
调度等级		.....	

### 3.4.2. 层次化模型的建立

基本步骤如下：

步骤一：建立系统的递阶层次结构

通过对目标的系统了解，将其分成三个层次。本文将设备的故障影响度因素作为最终目标层，再将四大类(告警等级、业务类型、生产厂家、运行属性)影响因素作为标准层，一级因素下的次级因素作为方案层，用于后续的评价分析，如图 2 所示。

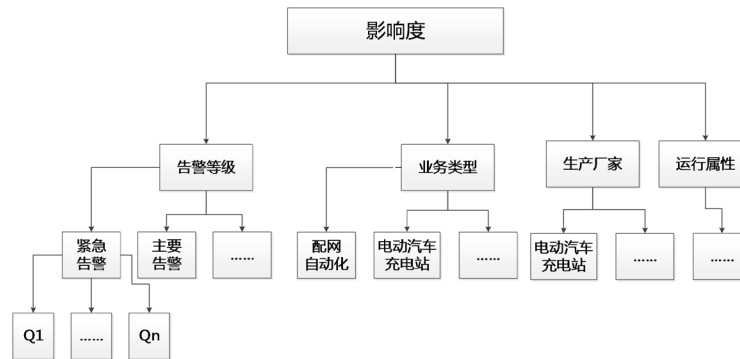


Figure 2. AHP diagram of influence degree  
图 2. 影响度层次分析图

步骤二：构造判断矩阵

某层次元素与上一层元素之间有相对重要性的关系，模糊判断矩阵可以表示这种相对重要性关系。设有方案集  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ ，表示方案  $A_1, A_2, \dots, A_n$  两两比较重要程度的模糊互补判断矩阵为：

$$F = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{21} & a_{2j} & \dots & a_{2n} \\ a_{i1} & a_{i2} & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n1} & a_{nj} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

其中  $0 \leq a_{ij} \leq 1$ ， $a_{ii} = 0.5$ ， $a_{ij} + a_{ji} = 1$ 。 $a_{ij}$  表示方案  $A_i$  比方案  $A_j$  的重要程度， $a_{ij}$  越大，方案  $A_i$  比方案  $A_j$  越重要， $a_{ii} = 0.5$  时表示方案  $A_i$  和方案  $A_j$  同等重要。

为了得到使各元素之间相互比较得出的量化判断矩阵，我们引入了评价标度，标度值及其含义如表 2 所示。

Table 2. Evaluation scale  
表 2. 评价标度

标度 $a_{ij}$	定义
1	两元素相比较，同等重要
3	两元素相比较，一元素比另一元素稍微重要
5	两元素相比较，一元素比另一元素明显重要
7	两元素相比较，一元素比另一元素重要的多
9	两元素相比较，一元素比另一元素极端重要
2, 4, 6, 8	是以上判断之间的中间状态标度值
倒数	若元素 $i$ 与元素 $j$ 的重要性之比为 $a_{ij}$ ，则判断值为 $a_{ji} = 1/a_{ij}$

### 步骤三：计算权重

首先，针对二类评价指标和 4 个二类指标下的三类指标进行两两比较，得到判断矩阵  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$  和  $B_4$  这 4 个评价矩阵，其次，利用 Z-score 方法对矩阵进行归一化，然后将归一化的数据按行求和，将所得向量进行归一化处理得特征向量近似值，即得到四类评价指标的权重  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  和  $P_4$ 。

对于判断矩阵，通过计算可以得到满足  $YX = \lambda_{\max} X$  的特征向量  $X$  和特征根  $\lambda_{\max}$ 。 $X$  为对应于  $\lambda_{\max}$  的归一化特征向量。由 Perron 定理可知，存在唯一的  $\lambda_{\max}$ ，且特征向量  $X$  的分量均为正。指标体系的评价标度及特征向量如表 3 和表 4 所示。

**Table 3.** Influence degree judgment matrix and weight setting

**表 3.** 影响度判决矩阵及权重设置

影响度度	告警等级	业务类型	生产厂家	运行属性	$P$
告警等级	1	3	5	2	0.488
业务类型	1/3	1	2	0.5	0.161
生产厂家	0.2	0.5	1	0.5	0.1
运行属性	0.5	2	2	1	0.251

**Table 4.** Alarm level judgement matrix and weight setting

**表 4.** 告警等级判决矩阵及权重设置

告警等级	紧急告警	主要告警	次要告警	提示告警	$P$
紧急告警	1	3	5	7	0.589
主要告警	1/3	1	2	3	0.219
次要告警	1/5	1/2	1	1.5	0.114
提示告警	1/7	1/3	2/3	1	0.078

### 步骤四：一致性检验

由于判断矩阵是通过专家人为赋予的，而专家的判断具有一定的主观性，所以有可能会出类似“A 比 B 重要，B 比 C 重要，而 C 又比 A 重要”的逻辑错误，因此，有必要通过一致性检验，来评估结果是否具有一致性。一致性检验的步骤如下：

首先，计算一致性指标  $Q$

$$Q = (\lambda_{\max} - z) / (z - 1)$$

$Q$  反映出当前的判断矩阵达到一致性的差距： $Q$  的值越大，表明矩阵偏离一致性的程度越大； $Q$  值越小，表明一致性越强。式中的  $z$  为参与对比的指标数目。一般而言，指标数目越大，由主观判断造成一致性偏离的指标  $Q$  就会越大；而指标数越小，人为造成的一致性偏离就越小。

低阶的平均随机一致性指标可以通过查表得到。由 1~9 阶正互反矩阵计算 1000 次后，可以得到平均随机一致性指标  $RI$  (Random Index)，如表 5 所示。

**Table 5.** Average random index  $RI$

**表 5.** 平均随机指标  $RI$

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R_i$	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

随后, 计算一致性比例  $CR$  (Consistency Ratio)

$$CR = Q/RI$$

当  $CR < 0.1$  时, 可以认为判断矩阵的一致性较高, 重要程度的判断结果可以接受; 当  $CR \geq 0.1$  时, 通常认为判断矩阵的一致性较低, 需要对判断矩阵作出一定的修正, 从而符合一致性检验的条件。

步骤五: 进行总排序

通过以上的计算, 可以得到一组因素对其上一层某个元素的权重向量。为了得到一层元素对于总体目标组合权重和它们与上层元素的相互影响程度, 需要利用该层所有层次单排序的结果, 计算出该层次的组合权重。要实现总排序, 需要从上到下进行逐层排序, 最终计算到最低层次元素, 就可以得出最底层的各因素对整体目标(如系统健康度)的权重排序。

总排序可以指导系统关注关键指标, 将有限资源投入到收效最大的项目中。

#### 4. 分析结果应用

通过设备故障影响度的分析结果, 可以进行设备综合评价、资源预警、状态检修等深入应用, 为配电通信网的监视和运维提供更好的支撑。

- 设备综合评价

提供一个统一的界面, 展示设备的影响度分析评价结果。结果包含设备的综合评分及评价、每项参数的参数值及评分。对于影响度高的设备进行重点关注, 对其进行定期巡视, 并优先处理其告警信息。

- 设备预警

对于影响度高, 且承载重要通信业务较多的设备进行预警, 在通信网络规划中, 重点考虑通过增加冗余设备, 将部分业务迁移到新设备上, 减轻其负担, 以免在其发生故障时, 造成大面积的业务中断。

- 状态检修

智能化状态检修是在资源预警的基础上, 结合通信运行管理中的检修流程, 实现检修业务影响自动分析、动态制定检修计划等功能, 为检修计划的制定提供支撑。

#### 5. 结语

通过对配电通信设备的影响度分析, 有效的解决了现阶段网络故障和影响度分析中存在的不足, 为进一步改善配电通信网络运行状态监测和运维工作方式模式提供了有效地支撑, 提升了企业生产运维的效率, 为企业带来了更好的管理模式和经营效益。

#### 致 谢

感谢广东电网无线资源管理系统开发项目的相关参与方, 感谢南网总调相关专家对本项目的大力支持。

#### 基金项目

本项目由广东电网有限责任公司科技项目资助(项目编号: GDKJXM20161472)。

#### 参考文献

- [1] 雷煜卿, 李建岐, 侯宝索, 等. 面向智能电网的配用电通信网络研究电网技术[J]. 电网技术, 2011, 35(12): 14-19.
- [2] 袁野. 智能配用电通信网性能趋势预测方法及实现[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京邮电大学网络技术研究院, 2014: 1-2.
- [3] 张京娜, 刘柱. 基于 SDN 的可编程配网通信系统关键技术研究[J]. 电力信息与通信技术, 2015, 13(5): 51-56.
- [4] 李温静, 汪玉成, 徐彬, 等. 配用电通信网网络管理与在线监测技术研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2018(4): 27-30.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2161-8763，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[sg@hanspub.org](mailto:sg@hanspub.org)