

电力系统综合评估指标体系的研究

连小洲,沈靖蕾

(国网江西省电力公司培训中心,江西 南昌 330032)

摘要:随着社会用电量的不断增加,对于单一系统的评估,因单个指标的内涵单一,无法反映电力系统的整体状况,所以必须对多个指标进行归一量化和综合比较才能反应各系统的整体性能。基于发电侧、输电侧、配电侧三侧考虑,提出利用RSR法对地区的规划方案进行评估,结果得出该方案在第二年协调性最好,第一年、第三年协调性稍弱,总体协调性良好。

关键词:协调性;评估;多目标;秩比和法

中图分类号:TM73

文献标识码:B

文章编号:1673-0097(2017)03-0080-04

0 引言

电力系统发展协调性是指电力系统发输配各部分电网的兼容程度。电力系统作为一个连接电源和用户的复杂网络,其覆盖范围广,设备数量大、种类多、层次多,其协调性是电力系统安全性和经济性的重要基础,构建与研究电力系统协调性评估指标体系,对提高电力系统不同组成部分之间的协调程度,具有重要意义。

对电力系统协调性评价应该从经济性、可靠性、安全性、环境评估等多个方面考虑^[1-7],然而现阶段对电力系统协调性的评估大多从单一的方向进行,未能对影响电网协调性的各个环节综合考虑。本文根据某省电力系统的特性,基于安全性、可靠性和经济性等多层面的考虑,同时考虑电力系统内部、电力系统与负荷等因素,提出发输配电的多层面协调性的评估指标体系。

1 评估指标体系的构建

1.1 建立评估指标体系的原则

图1所示为评估指标选取的总体研究思路与基本步骤:以地区发输配电系统规划及年鉴数据为主要初始信息,建立模型分析其中的影响因素,以此确定指标;运用数理统计分析等原理和方法,从而确定各指标之间的明确和量化的解析关系,建立关于电力系统的多层面协调性的评估指标体系。

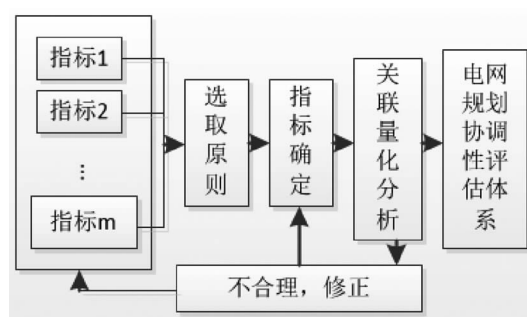


图1 评估指标的选取思路

综合考虑评估指标的合理性和可行性,体系应具有以下特点:

- 1)遵循客观规律,代表意义清楚,可量化。
- 2)具有普遍适用性和典型针对性相结合。
- 3)评估指标全面,但又要注意避免交叉和重复。
- 4)易于实施,具有可操作性。

1.2 电力系统协调性评估指标的选取

根据电力系统协调性评估指标体系建立的原则,建立一个综合指标体系,如图2所示。

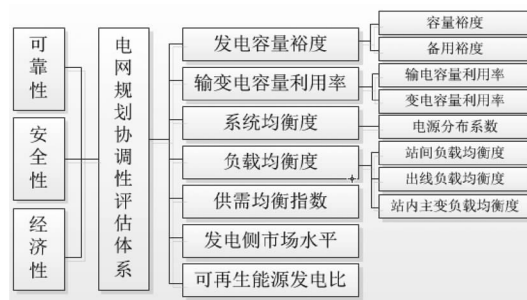


图2 协调性综合评估指标体系

收稿日期:2017-06-14

作者简介:连小洲(1973—),男,江西南昌人,高级讲师,主要研究方向:电力系统分析及仿真。

以下简要说明选取的指标:

根据可靠性、安全性及经济性的原则,选取相应的电力系统评估指标分为以下三个方面。

1.2.1 基于可靠性的指标选取

电力系统可靠性一般分为供电可靠性和系统可靠性两个方面。前者是指要保证用户任意时刻具有安全可靠、优质的电能供应,电力系统的装机容量和电网的输送能力足够满足电力用户的供电需求;后者则是指电力部门为了保证用户的供电可靠性,如何规划协调电网运行的经济性。由于区域资源的逆向分布,从而引起电力供应与负荷的不均衡、造成线路传输限制、电力供给不平衡等情况。因此本文基于发电侧、输电侧、配电侧三侧考虑设计相应的评估指标,设置了发电容量裕度、输变电容量利用率、系统均衡度等评估指标来反映电力系统规划协调性评估体系。

(1)发电容量裕度

发电容量裕度是指发电厂安全可靠地向用户提供持续电力的能力,并在负荷高峰时也能保持足够电量,它表明了系统发电侧在负荷增加时的应急能力和电力交换发电侧的整体水平,包括容量裕度、备用裕度等。

(2)输变电容量利用率

主要反映输变电设备在电力市场运营中规划和运行方面产生的效果,包括了输电容量综合利用率和变电容量综合利用率等。

1.2.2 基于安全性的指标选取

为了避免电力系统在事故状态下引起失控和大面积停电,要充分考虑电力系统结构的协调性,保证整个系统的框架的合理性,反映电力系统的长期协调程度。为此,设计出相应评估指标,主要包括系统均衡度和负载均衡度。

(1)负载均衡度

负载均衡度反映了各种电压等级的负载的平衡程度,它是能保证电力系统稳定经济运行的重要参数,包括了变电站站内主变负载均衡度、变电站站间负载均衡度、各种电压等级的出线负载均衡度等。

(2)系统均衡度

系统均衡度反应系统电源分布相匹配的程度,其主要指标为电源分布系数。

1.2.3 基于经济性的指标选取

(1)电力市场的合理建设是保证市场运行的基础,只有合理的市场机制才能保证电力系统的协调发展。

(2)考虑到现阶段及未来一段时间对电力系统

建设的投资比重,合理规划和建设电力系统基础设施,保证供需的协调性,才能给整个电力系统带来最大效益。

(3)考虑新兴能源的发展,不仅能有效的降低环境带来的负面影响,也能给整个电力系统带来长期有效的利益。

为此,选取以下三个评估指标:

1)供需均衡指数

稳定性的电力系统需要有效的电力供需平衡,甚至是电力供应略大于需求,这里用供需均衡指数来表征电力供需^[8]。

2)发电侧市场力水平

发电侧市场力水平可以通过赫芬达尔-赫希曼指数(HH1)表征,HH1常被用来衡量一个产业的集中程度,进而评价潜在的市场力水平。

3)新能源发电比

新能源是指除传统化石能源和核电以外的可再生能源,主要包括风电、太阳能发电、生物发电、潮汐发电等。新能源发电比指供电电量中新能源发电量占总发电总量的百分比。

2 评估指标的有效性分析

2.1 灰色关联度分析

灰色关联分析方法^[9]弥补了采用数理统计方法作系统分析所导致的缺憾,对样本量的多少和样本有无规律都同样适用,而且计算量小,十分方便,更不会出现量化结果与定性分析结果不符的情况。

灰色关联分析的基本思想是根据序列曲线几何形状的相似程度来判断其联系是否紧密。曲线越接近,相应序列之间的关联度越大,反之就越小。本文主要采用灰色斜率关联度的方法^[10-11]。

假设系统的因素行为序列为

$$x_i(k) = \{x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)\},$$

$$i=1, 2, \dots, m;$$

取其中一个作为参考行为序列,记为

$$x_0(k) = \{x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n)\}$$

对于各个不同的序列,数值大小可能相差很远,甚至量纲不具有可比性,需采用归一处理,计算公式如下:

$$y_i(k) = x_i(k) / x_i(1)$$

首先关联系数为:

$$\xi(k) = \frac{1}{1 + \left| \frac{y_0(k+1) - y_0(k)}{y_0(k+1)} - \frac{y_i(k+1) - y_i(k)}{y_i(k+1)} \right|}$$

则关联度为:

$$y(y_0, y_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \xi(k)$$

其主要是按照因素曲线的平均相对变化态势的接近程度来计算灰色关联度。

2.2 一致性检验

一致性检验^[12]是针对某一指标是否需要或是分解而作的检验。考核指标 x 的一致性定义为:对于任意 x_i, y_i , 若 $|v(x_i x_j) - v(x_i x_j)| < \varepsilon$ 成立, 则说明指标 x 满足一致性。

其中: $X = \{x_i\} i=1, 2, \dots, n, x_i \in X$ 为指标 x 的两个不同指标; $v(x_i x_j)$ 为第 i 项和第 j 项指标的关联系数, 其它符号以此类推; $\varepsilon > 0$ 为一致性检验的阈限值。一般情况下, 阈值选值为 0.2 或 0.1。

2.3 可靠性检验

指标的可靠性检验目的是检验指标的统计稳定性和一致性, 与指标值是否准确无关。目前最常用的可靠性指标是克隆巴赫信度。克隆巴赫系数是检视信度的一种方法, 由李·克隆巴赫在 1951 年提出。它克服了部分折半法的缺点, 是目前社会科学研究最

常使用的信度分析方法。通常情况下克隆巴赫信度系数在 0.6 以上, 被认为可信度较高。

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma^2} \right)$$

其中, k 为统计样本数; $\sum \sigma_i^2$ 和 σ^2 分别表示各样本方差之和以及总体方差。 α 的系数值为 0~1, 越接近 1, 其可信度越高。

3 算例分析

以某地区电网规划为例(如表 1 所示), 对其电力系统协调性进行评估。

根据系统运行的可靠性、安全性和经济性等原则, 选定: 容量裕度、备用裕度、输电容量利用率、变电容量利用率、变电站内负载均衡度、变电站间负载均衡度、变电站出线均衡度、电源分布系数、供需均衡指数、发电侧市场水平、新能源发电比。以上指标经过关联性分析、一致性检验和可靠性检验, 均符合相关标准, 能合理有效地运用于电力系统协调性评估。

3.1 指标的计算结果

表 1 某地区指标计算结果

年份	容量裕度	备用裕度	220kV 出线 负载	110kV 出线 负载	220kV 站间 负载均衡度	110kV 站间 负载均衡度	35kV 站间 负载均衡度	220kV 站内 负载均衡度
2011	36.33%	57.06%	55.71	62.55	13.73	12.34	28.97	0.13
2012	32.14%	47.36%	54.61	60.15	13.42	11.5	27.56	0.12
2013	46.94%	47.36%	52.13	61.34	12.98	11.8	27.89	0.10

年份	110kV 站内负 载均衡度	35kV 站内 负载均衡度	电源分布 系数	供需均衡 指数	新能源 发电比	发电侧 市场水平	输电容量 综合利用率	变电容量 综合利用率
2011	0.25	0.22	448	1.257	40.20%	10000	24.51%	46.22%
2012	0.20	0.31	632	1.179	44.29%	9000	25.20%	46.97%
2013	0.17	0.25	632	1.508	44.81%	10000	19.45%	45.76%

3.2 灰色关联度计算结果

本文采用灰色斜率关联度计算方法进行计算, 当指标的关联度大于 0.5 时, 说明指标对整个系统的影响较大, 应考虑这个指标的影响程度。经过对某地区电网实例进行计算, 可以得出关联度计算结果, 如表 2 所示。

3.3 一致性检验计算结果

本文同时引入了一致性检验的方式对指标是否需要做出检验, 一般情况下采用阈值为 0.2。根据以上关联度分析的计算结果, 利用一致性再对指标进行进一步检验, 通过公式计算可以得出结果, 如表 3

所示。各项指标的关联系数之差最大仅为 0.08, 远小于所要求的阈值, 说明本次选取的指标都通过了一致性检验, 满足一致性的要求, 是分析整个系统协调性的必要指标。

3.4 可靠性检验计算结果

本文利用统计学中描述分析的方法, 计算出各个评估指标的极大值、极小值、均值和标准差, 而后采用克隆巴赫系数检视指标的可信度。一般情况下, 克隆巴赫 α 系数大于 0.6 时, 说明整个样本的选取满足可信度分析, 这个样本的分析结果是可信的。本文中, 电力系统协调性评估指标为 16 项, 因而该样

表 2 灰色斜率关联度计算结果

各指标	关联度	各指标	关联度
容量裕度	0.942	110kV 站内 负载均衡度	0.938
备用裕度	0.957	35kV 站内 负载均衡度	0.956
220kV 出线负载	0.964	电源分布系数	0.966
110kV 出线负载	0.966	供需均衡指数	0.967
220kV 站间 负载均衡度	0.966	新能源发电比	0.967
110kV 站间 负载均衡度	0.966	发电侧 市场水平	0.966
35kV 站间 负载均衡度	0.966	输电容量 综合利用率	0.967
220kV 站内 负载均衡度	0.955	变电容量 综合利用率	0.955

本的项数为 16 项, 计算得出克隆巴赫 α 系数为 0.604, 满足可信度分析的要求, 说明本文评估指标的选取符合可信度, 可以用于电力系统协调性的评估。

4 结束语

本文通过对某电网的发电侧、输电侧和配电侧进行的多层面协调性的分析, 基于可靠性、安全性及经济性的原则构建评估指标体系, 为电力系统规划、改造和运行提供决策和支持, 减少电力系统建设过程中的重复性和盲目性, 最大化电力公司的经济效益和社会效益。提出的电力系统协调性评估体系简单, 具有可操作性, 对电力系统多层面协调性综合评估具有一定的参考价值。

参考文献:

[1] 杨卫红.北京电力系统发展与经济发展协调性评价[J].华东电力,2009,37(10):1627~1630.
[2] 熊威,戴爱英,杨卫红,等.天津电力系统发展与经济发展协调性分析[J].电力建设,2010,31(7):41~45.
[3] 朱庚富. 城市电力系统规划环评中相关规划的协调性分

表 3 一致性检验计算结果

各指标	差值	各指标	差值
容量裕度	0.06	110kV 站内 负载均衡度	0.05
备用裕度	0.04	35kV 站内 负载均衡度	0.08
220kV 出线负载	0.04	电源分布系数	0.08
110kV 出线负载	0.03	供需均衡指数	0.05
220kV 站间 负载均衡度	0.03	新能源发电比	0.04
110kV 站间 负载均衡度	0.03	发电侧 市场水平	0.04
35kV 站间 负载均衡度	0.03	输电容量 综合利用率	0.05
220kV 站内 负载均衡度	0.04	变电容量 综合利用率	0.03

析[J].电力科技与环保,2010,26(3):36~38.
[4] 李金超.基于 GRA 与 PCA 的电力系统发展协调性评估研究[J].电力系统保护与控制,2010,38(18):49~53.
[5] 罗东.电力系统评价指标体系研究[J].安徽电力,2009,26(3):75~79.
[6] 叶彬,葛斐,陈学金,等.配电网发展协调性评估[J].电力系统及其自动化学报,2012,24(5):154~160.
[7] 范明天.中国配电力系统发展战略相关问题研究[M].北京:中国电力出版社,2008.
[8] 刘敦楠,陈雪青,何光宇,等.电力市场评价指标体系的原理和构建方法[J].电力系统自动化,2005,29(23):2~7.
[9] 刘思峰,郭天榜,党耀国,等.灰色系统理论及其应用[M].北京:科学出版社,2000.
[10] 吕锋,刘翔,刘泉.七种灰色系统关联度的比较研究[J].武汉工业大学学报,2000,22(2):41~43.
[11] 李学全.灰色关联度模型的进一步研究[J].系统工程,1995,13(6):58~61.
[12] 黄丹,侯建荣,黄竞彦.绩效评价指标分解的一致性检验[J].工业工程与管理,2007,4:43~46.

[责任编辑 袁 懿]