

A Quantitative Method Assessing Comprehensive Loss Reduction Capacity of Distribution Network

Wei Liu¹, Jiayi Yu¹, Bingzhang Tong¹, Binhe Liu², Qingkun Liu², Yunsi Huang³, Lanlan Chen³

¹Hainan Power Grid Limited Liability Company, Haikou

²Beijing Semeureka Electric Company Limited, Beijing

³North China Electric Power University, Beijing

Email: esasahoang@163.com

Received: Nov. 7th, 2014; revised: Nov. 28th, 2014; accepted: Dec. 5th, 2014

Copyright © 2014 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

Abstract

It has always been that the electric energy loss brought by distribution accounts for a significant proportion of network loss in power system. As a consequence, it's necessary to assess the loss reduction capacity of the distribution network, and to make suitable loss reduction plans. This paper established a model to quantitatively assess the comprehensive loss reduction capacity of distribution network. First, the loss reduction capacity of each loss reduction method was assessed, and then the comprehensive loss reduction capacity of the whole distribution network was achieved by using the model established before. The loss reduction plans based on this model has the advantages of high reliability and pertinence.

Keywords

Distribution Network, Comprehensive Loss Reduction Capacity, Quantitative Assessing

一种配电网综合降损潜力的定量评估方法

刘伟¹, 余加喜¹, 童炳璋¹, 刘彬和², 刘青昆², 黄昀思³, 陈兰兰³

¹海南省电网有限责任公司, 海口

²北京水木源华电气股份有限公司, 北京

³华北电力大学, 北京

Email: [easaahoang@163.com](mailto: easaahoang@163.com)

收稿日期: 2014年11月7日; 修回日期: 2014年11月28日; 录用日期: 2014年12月5日

摘要

一直以来, 配电环节的电能损耗占电力系统总网损的比重最大。因此, 有必要对配电网的降损潜力进行评估, 以制定适当的降损方案来降低网损。本文建立了一套配电网综合降损潜力定量评估模型。首先对每项配电网降损措施单独进行降损潜力评估, 然后通过所建立的综合降损潜力模型计算出配电网的综合降损潜力。基于此模型制定的降损方案具有可靠性高和针对性强等优点。

关键词

配电网, 综合降损潜力, 定量评估

1. 引言

电力系统在发电、输电和配电三个环节中都会产生电能损耗, 其中尤以中低压配电网的电能损耗最大。据统计, 我国 10 kV 配电网长度占电网总长度的 60% 左右, 而配电所产生的损耗占总网损的 80% 左右[1]。所以, 对中低压配电网进行降损潜力评估是至关重要的, 它为今后制定适当的降损措施提供了理论依据, 有利于节能减排目标的实现。

目前, 国内关于配电网降损潜力的研究还不多, 并且大多停留在定性的分析上, 没有对配电网的降损潜力进行定量的评估。文献[2]首先对配电网线损类别进行归纳, 然后通过主客观评估结合的方法量化配电网各网损因子的节能降损空间; 文献[3]分析了基于负荷实测和理论计算的网损计算方法, 开展了某供电公司配电网线损理论计算, 分析了配电网损耗产生机制, 最后提出优化电网结构和运行方式、合理分配电流密度、减少高耗能设备使用、增加无功补偿装置、加强低压线路三项负荷平衡管理和谐波治理等节能降损措施; 文献[4]提出了线路经济负荷电流、最佳线损率、配变经济综合负载率、线路运行区界负荷电流等概念, 对如何做好配电网经济运行工作、提高降损节能效益有一定的指导意义。也有部分文献提出了配电网降损潜力的定量评估, 但局限于各项降损措施的单独评估, 例如, 文献[5]对东莞长安配电网若干典型配电线路进行了 5 个技术手段的分项节能潜力评估, 提出了配电网微观节能潜力评估的方法。

针对以上研究的不足, 本文建立了一套配电网综合降损潜力定量评估模型。首先对每项配电网降损措施单独进行降损潜力评估, 然后通过所建立的综合降损潜力模型计算出配电网的综合降损潜力。这里降损潜力主要指采取降损措施后系统的降损率, 降损措施通常包括变压器的经济运行、网络重构、无功补偿、线路扩径改造、调整三相不平衡以及调整母线电压等措施, 由于前三项措施比较常用, 降损效果也比较好, 所以本文主要考虑这三项技术降损措施。

2. 综合降损潜力定量评估模型

假设各项降损措施的降损潜力为 ε_i , i 代表所采取的降损措施的个数, 则网络的综合降损潜力计算公式如下:

$$\varepsilon_z = [1 - \prod_i (1 - \varepsilon_i)] \zeta \quad (1)$$

式中: ε_z 代表系统的综合降损潜力; ζ 是折扣系数, 用于消除多种降损措施综合作用时所导致的降损效果重叠部分, 根据经验, ζ 一般取 0.7~0.9, 具体取值根据系统的实际特点和参数而定。

对于较大的配电网，可选取若干具有代表性的子网络，计算这些子网络的综合降损潜力，并将其结果按照若干等级分类，每个等级按其中所有子网络降损潜力值的平均值代表其降损潜力，则全网的降损潜力可按如下公式计算：

$$\varepsilon_{\Sigma} = \sum_{k=1}^n \bar{\varepsilon}_{zk} r_k \quad (2)$$

式中： ε_{Σ} 代表全网的降损潜力； n 代表等级的个数； $\bar{\varepsilon}_{zk}$ 代表每个等级降损潜力值的平均值； r_k 是各等级的子网络占全网的比重。

3. 三种降损措施的降损潜力评估

本文考虑的是技术降损潜力，主要研究降损措施作用于系统后能降低多少网损，所以下面直接以降损率代表降损措施的降损潜力。降损率指的是优化前后系统网损降低的百分比，是考察网络降损潜力的最重要指标。其为越大越好型指标。降损率 ε 的计算公式如下：

$$\varepsilon = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100\% \quad (3)$$

式中： L_1 代表优化前的系统网损； L_2 代表优化后的系统网损。

3.1. 变压器经济运行的降损潜力

变压器的经济运行主要包含两个部分：改变变压器的运行方式以及更换损耗较低的变压器。所以，降损潜力应从这两个方面分别讨论。

假设在原始网络中，所有变压器的综合损耗功率为 ΔP_{z1} ，进行变压器运行方式优化后，变压器的综合损耗功率变为 ΔP_{z2} ，则变压器运行方式的改变给网络带来的降损潜力 ε_{T1} 为：

$$\varepsilon_{T1} = \frac{\Delta P_{z1} - \Delta P_{z2}}{\Delta P_{z1}} \times 100\% \quad (4)$$

假设原始网络变压器的综合损耗功率为 ΔP_{z1} ，更换低能耗变压器之后，新型变压器的综合损耗功率为 ΔP_{z3} ，则网络的降损潜力 ε_{T2} 为：

$$\varepsilon_{T2} = \frac{\Delta P_{z1} - \Delta P_{z3}}{\Delta P_{z1}} \times 100\% \quad (5)$$

3.2. 网络重构的降损潜力

配电网网络重构就是在保证配网呈辐射状、满足馈线热容量、电压降落要求等的前提下，改变分段开关、联络开关的组合状态，即选择用户的供电路径，确定使配网某一指标(如配电网网损、负荷均衡或供电电能质量等)最佳的配网运行方式[6]。

假设原始配电网的网损为 ΔP_{l1} ，经过配网重构后，网损降低为 ΔP_{l2} ，则系统的降损潜力 ε_c 为：

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta P_{l1} - \Delta P_{l2}}{\Delta P_{l1}} \times 100\% \quad (6)$$

3.3. 配电网无功补偿的降损潜力

在配电网中大多数负荷和网络元件都需要消耗无功功率。如果负荷和网络元件所需的无功功率都由发电机提供，则需要经过远距离输送，这样会增加电网网损，显然是不合理的。因此考虑在需要大量消

耗无功功率的地方装设无功补偿装置，由补偿装置提供负荷所需无功功率，即无功补偿[7]。

假设原始配电网的网损为 ΔP_{l1} ，在补偿点增设无功补偿装置后，网损降低到 ΔP_{l2} ，则系统的降损潜力 ε_Q 为：

$$\varepsilon_Q = \frac{\Delta P_{l1} - \Delta P_{l2}}{\Delta P_{l1}} \times 100\% \quad (7)$$

可以根据地区配电网的实际情况适当增加需要参加评估的降损措施，以保证评估结果的合理性和准确性。在得到各项降损措施的降损潜力之后，可以通过本文所建的模型计算配电网综合降损潜力为：

$$\varepsilon_Z = [1 - (1 - \varepsilon_T)(1 - \varepsilon_c)(1 - \varepsilon_Q)] \zeta \quad (8)$$

4. 综合降损潜力定量评估流程

配电网综合降损潜力定量评估的主要步骤如下：

- 1) 对子网络的网损现状进行分析，并选取典型子网络；
- 2) 对典型子网络的三项降损潜力分别进行评估；
- 3) 选取合适的折扣系数，计算典型子网络的综合降损潜力；
- 4) 选取适当的降损潜力评估等级，并对典型子网络的综合降损潜力进行分类，取每个等级中所有子网络降损潜力的平均值为该等级的降损潜力；
- 5) 选取合适的权重系数，计算整个配电网的综合降损潜力。

5. 算例分析

选取海南省某城市配电网为例，将该配电网分割成 33 个子网络，抽取 8 个典型子网络进行分析，抽样比率约为 24%。以当前年最大负荷日参数为基础，计算每个典型子网络的三项降损措施的降损潜力，参数 ζ 取 0.8，得到的结果如表 1 所示。

将这 8 个子网络的综合降损潜力按照高、中、低三个等级分类，其中“高”等级包括子网络 W_4 、 W_7 ，“中”等级包括子网络 W_1 、 W_2 、 W_3 ，“低”等级包括子网络 W_5 、 W_6 、 W_8 。计算整个配电网的综合降损潜力如表 2 所示。

以上则定量分析了考虑变压器经济运行、网络重构以及无功补偿时，该城市配电网的综合降损潜力。从计算结果可以看出，该地区在三个方面都有较大的降损潜力，整个配网的综合降损潜力也比较高，可

Table 1. Loss reduction capacity of typical sub-network

表 1. 典型子网络的降损潜力

典型子网络编号	各项降损措施降损潜力/%			综合降损潜力/%
	变压器经济运行	网络重构	无功补偿	
W_1	5.1	10.3	12.5	20.4
W_2	2.4	20.8	17.3	28.9
W_3	2.2	7.8	13.0	17.2
W_4	6.8	30.4	29.8	43.6
W_5	0	4.2	5.9	7.9
W_6	1.6	5.7	5.0	9.5
W_7	10.3	26.5	33.1	44.7
W_8	0.8	0	7.4	6.5

Table 2. Comprehensive loss reduction capacity of distribution network
表 2. 配电网综合降损潜力

降损评估等级	典型子网络个数	平均降损潜力/%	同类型子网络数	综合降损潜力/%
高	2	44.1	6	21.5
中	3	22.2	8	
低	3	8.0	11	

以通过更换更加节能的变压器、改变负荷的供电路径以及在合适的位置添加无功补偿装置来达到降损的效果。

本文以系统的降损率来近似代表系统的降损潜力，所以本算例得到的综合降损潜力表示系统经过三种降损措施同时实施前后网损降低的百分比，实际值会在 21.5%左右，在预期的合理范围之内。

6. 结论

配电网降损潜力分析对于制定节能降损方案至关重要，通过本文所介绍的模型可以对配电网的降损潜力进行定量的分析，使得节能方案的制定更具有可靠性，另外，本文模型还具有很高的灵活性，可以根据地区配电网的不同实际情况决定参与评估的降损措施，从而在制定降损方案时更具有针对性。

本文的局限性在于参数 ζ 的选择依赖方案制定人员的经验，有较大的随机性，可靠性较低，今后可以考虑通过建立一个综合多种降损措施的模型，然后对这个综合降损措施来进行降损潜力评估，这样就可以避免对参数 ζ 的选择。

参考文献 (References)

- [1] 李婷婷 (2010) 10kV 配电网节能降损研究. 华南理工大学, 广州.
- [2] 邱泽晶, 向铁元, 陈红坤等 (2013) 改进灰关联的配电网降损潜力评估. *中国农村水利水电*, **4**, 106-108.
- [3] 张恺凯, 杨秀媛, 卜从容等 (2013) 基于负荷实测的配电网理论线损分析及降损对策. *中国电机工程学报*, **33**.
- [4] 廖学琦 (1998) 配电网经济运行及降损效果分析. *中国电力*, **9**, 47-50.
- [5] 李鹏, 张勇军, 谭伟聪等 (2009) 长安配网节能降耗潜力评估研究. *电力系统保护与控制*, **37**, 97-100.
- [6] 夏媚珠 (2004) 基于改进遗传算法配电网重构的研究. 广西大学, 南宁.
- [7] 赵志杰 (2008) 配电网变压器经济运行控制方式的研究. 重庆大学, 重庆.