
THE DESIGN OF SUBSTATION VOLTAGE REACTIVE INTEGRATED CONTROL SYSTEM

As the scale of modern power system becomes larger, to ensure people's lives, the quality of production of electricity are becoming increasingly important. Reactive power compensation is the basic condition of power quality to ensure the stability of power system, reduce line losses, and enhance economic efficiency. The control of voltage and reactive power is a important measure to ensure power quality and safe and stable power system, therefore, using excellent voltage and reactive power control method can improve the quality of power supply.

The main feature of domestic transformer substation is equipped with load voltage regulating transformer and shunt capacitors, and the way to improve voltage quality and reasonable compensation of reactive power is adjusting transformer taps reasonably and switching capacitors. So, the target of voltage and reactive power integrated control system is to reduce the number of adjusting on the basis of qualified voltage and the almost balance of reactive power regulation.

Firstly, this paper introduces that nine zones voltage and reactive power strategy is firstly proposed. Then, with the development of society, its drawbacks gradually appeared. Nextly, the new methods have been presented in the world. The malfunction of devices and oscillation is likely occurred in the critical region in the actual running time. So other improved strategies are proposed like 13 zones, 15 zones and 17 zones, etc. Also it elaborates the analysis of the state of the voltage stability index in the voltage and reactive power system. Finally, this paper introduces the voltage and reactive power integrated control strategy which is based on the calculated variables, and the corresponding circuit design and system adjustment program.

Key words: reactive power compensation; voltage reactive control; variable calculation
VQC strategy

1. 绪论	1
1.1 课题研究背景及意义	1
1.2 国内外发展现状及发展趋势	1
1.3 论文的组织结构	4
2. 变电站电压—无功综合控制策略	5
2.1 变电站电压无功综合控制的基本原理	5
2.2 变电站电压无功控制策略	10
2.2.1 基于九区图的变电站电压无功控制策略	10
2.2.2 变电站电压无功控制的新策略	11
2.3 无功补偿容量的计算	15
3. 变电站电压无功综合控制系统的设计	17
3.1 电压无功综合控制系统的设计要求	17
3.2 基于电压稳定指标的电压无功控制系统	19
3.2.1 电压失稳的机理分析	19
3.2.2 基于相量测量的就地电压稳定指标	21
3.2.3 电压无功综合控制系统的硬件设计	22
3.2.4 电压无功综合控制系统的软件设计	27
结束语	30
致谢	31
参考文献	32

1. 绪论

1.1 课题研究背景及意义

现代社会电能质量的好坏直接响影人们的生产和生活。电压是衡量电能质量的一个重要指标。电压质量关系到电力系统的安全经济运行,日常生活中用户的安全稳定用电,以及生产作业时使用的设备的安全与寿命。所以说,电力系统运行调整的关键问题便是保证电压能够接近额定值。每一电力设备都有其设计好的额定值,当其额定电压偏移其额定值后,不仅会对正常的用电造成影响,而且会使得网络损耗增大,甚至会威胁到系统的稳定运行。经过分析知道,无功功率与电压质量之间相互影响,造成电压质量下降的主要原因便有无功功率不足以及无功功率分布不合理两个,无功不足会降低电压水平,增加网损;无功过剩会提高电压降低设备寿命和系统稳定性和输送容量,以及给调度带来不便^[1]。因此调整无功功率分布以及补偿无功功率是调整电压的两个重要方面。可采取的方法有,使用有载调压变压器切换分接头来改变变压器的变比以调整电压降低损耗和投切电容器组。还可以采取合理配置无功功率补偿容量,改善功率因素、无功潮流分布等措施来进行,从而减少网损。补偿装置,其本身可产生无功功率,可以同时补偿系统无功和改变无功分布,却不能解决电压水平下降的问题;调压的方法不能在无功分布不足时提高电压水平。于是只有把两种方法有机地结合起来才能够达到最理想的电压质量控制。

应用了这两种方法的控制系统在过去主要是通过工人的手动操作来进行控制,但这种人工控制是有局限性的。根据系统调度下达的电压无功控制计划和运行情况进行,会加重值班员负担并且人为判断与操作难于保证电压无功在规定范围内正常运行。于是现在研究电压无功综合自动控制系统是符合现在社会发展趋势,满足人们日常需要的必要手段,自动化设备取代手动设备是一个必然的发展之路。

1.2 国内外发展现状及发展趋势

(1) 国外发展现状及趋势

在国外,在1968年,日本Kyushu电力公司首先在AGC系统(即自动发电量控制系统)上增加了系统电压自动控制功能,电压无功控制系统第一次出现在世人的面前。

随后，以“先导节点”和“控制区域”为基础的二级电压无功控制结构被 Bertiny 等人在 1972 年提出，在国际大电网会议上。而现在，国外主要的电压无功控制方式主要有两种，一种是以德国 RWE 电力公司为代表的两级控制模式，另一种则是以法国 EDF 电力公司为代表的三级控制模式。第一种两级控制模式的控制系统将最优化潮流的优化计算结果直接发到各电厂来进行控制，其缺陷是对系统软硬件的要求非常高，这加大了研究与设计的难度，电网的安全协调也同时存在问题，并且，此模式复杂，响应时间长，不是特别适用于现代化要求。因而现在国外的先进电力公司大多采用第二种三级控制的方法^[2]。而现在国外提高电能质量的方式又有了新的突破，电压无功控制系统使用了自换相变流器，以及带有有源滤波器和带电压源逆变器的无功功率控制器等应用程序^[3]。

(2) 国内发展现状及趋势

我国是一个幅员辽阔的国家，地形也是相当的复杂多样，因而电力系统网络结构也就相对复杂，需要三级控制模式来完成对电能质量的保证。在区域电压中，一级控制是自动化主站，主要是实现集中、保证负荷母线电压质量的变电站；二级控制是区域的控制协调；准三级控制是基于全网实时潮流的网损灵敏度对设备进行在线优化。我国电网电压无功控制的建设模式已经由集中控制模式逐渐代替就地控制模式。就地控制模式主要是基于当地的电压无功实时信息来选择调节方式。EMS 系统外挂 AVC 系统模式以及 AVC 集成于 EMS 高级应用模式因地制宜地应用到不同地区^[4]。我国的电压无功控制系统在其产生的一段时间内都是主要装设在变电站上的，但从近几年的发展可以看出，此控制已经不能满足人们的需求，于是便提出了在整个电网上实行电压无功的调节控制的构想，并付诸于实践，将无功优化问题也进一步解决，从开环控制向闭环控制发展。由点到面的控制系统的发展是社会都喜闻乐见的突破。

在电压无功控制系统方面的研究，我国近几年也都有许多的创新。例如基于 15 区域图的变电站电压无功控制系统的问世，此控制系统较于九区图控制系统，精确度得到了很大的提高，并解决了无功调节与电压之间互相影响所造成的问题，同时相对于 17 区域图控制系统在因定值与实际间误差而产生误动作的问题上有了改进。基于 15 区图变电站的 VQC 软件还能够实现从离线处理到实时处理，避免了手动投切响应慢、误操作以及工作量大等各种弊端，同时省去了用人力来监控系统。电压水平得到提高，网损也尽可能地降到最低了^[5]。

后来，基于 RTU 功能变电站的电压无功控制系统的研究也开展了。这项控制系统的优势在于使用了 RTU 装置，即变电站远程终端单元。将 VQC 控制系统集成在 RTU

中的 VQC 功能应用软件上, 实现采集信息的资源共享, 相应程序与此同时会对电压无功控制动作进行判断。使用 RTU 功能可以提高现有设备的利用了, 节约资源, 减少管理环节和设备维护, 降低故障率^[6]。

现当今社会中, 智能化水平不断得到提高, 而将智能化运用到电压无功控制系统中的手段也不断推陈出新。比如说在调度端实现智能区域电压无功控制^[8], 该系统的核心是 SCADA 系统, 也叫做数据采集与监控控制系统。该系统功能与电网软件功能相结合可以实现区域和变电站的协调控制。还有基于变电站逻辑自适应算法的电压无功控制系统, 这是一个主站控制系统。再来还有基于 Q-TBC 方式的控制系统。Q-TBC 方式是将电网以主干系统母线为中心加上连接其的电源及负荷系统所构成的块的无功功率达到平衡来控制主干系统电压。电力系统优化调度本就具有分层、分区特点, 利用这一特点, 采用相应分层结构, 实施分散协调优化控制。

近两三年内, 理论与技术创新更进一步, 基于模糊理论的变电站电压无功控制系统^[8]以及基于多 Agent 的微电网电压无功控制系统^[9]相继问世。基于模糊理论的控制系统的优点是成本低, 能够保证电压和无功调整的平稳性及实时动作的可靠性和准确性, 并可以提高系统的安全性^[8]。微电网, 这是一个在能源与环境亟待保护的压力下提出的一个新名词, 它具有分布式、多控制数据与控制方式等特点。基于多 Agent 技术的电压无功控制灵活、开放, 智能化程度较高^[8]。

正如前文中有提到我国将电压无功控制系统的应用范围从变电站控制转移到配电网全网的控制。这是因为随着电力系统规模的不断扩大, 地区电网之间的相互联系愈加的紧密, 系统也应随着电网的复杂变化而提高其复杂程度, 于是电压无功优化控制规模也就越来越大了。在变电站装设控制装置局无法达实现地区电网的全局最优, 要求以整个电网个节点的全局角度出发来考虑设计控制系统。在配电网全网实施电压无功控制^[10]是具有许多难点与问题的, 但这并不能影响其发展进程。于是在现阶段中, 变电站电压无功控制的相关研究已经有了很多的理论基础与相关的数据设备, 如何将变电站电压无功控制系统的相关方法理论应用到配电网全网控制是现在需要解决的一项难题。或者不是照搬老方法, 而是在现有的理论上进行创新, 开辟一条新的更加适应现代要求的控制系统道路。电压无功控制的研究仍然具有相当大的空间。在为了人们日常生活提高更优良的电能质量的愿望下, 变电站电压无功控制系统的设计具有很重要的地位。

1.3 论文的组织结构

本文首先介绍该篇论文的背景意义以及该领域研究的现状及发展远景, 接着对该项

设计的原理和相关涉及到得控制策略原理进行了阐述，并对设计的要求和计算方法做了介绍。然后一个大的部分就是该变电站电压无功控制系统设计所涉及到的软件和硬件的设计要求与设计内容，最后的部分就是对这些设计出的软件进行模拟运行，检测运行结果是否满足设计理念。涉及到的参考文献和最后的结论都总结在论文的最后。

第一章为本文的绪论，介绍了本文选题的背景和意义一阶现下的国内外研究状况。

第二章主要为变电站电压无功综合控制的相关原理介绍，包括控制原理以及设计策略的原理。

第三章是本文的核心部分，系统的设计。包括电压失稳分析，软件、硬件的设计和基于相量测量的就地电压稳定指标。

最后论文对本课题的设计做出总结。

2. 变电站电压—无功综合控制策略

2.1 变电站电压无功综合控制的基本原理

变电站电压无功控制可以简称为 VQC (Synthetic and Automatic Control of Voltage and Reactive Power in Substation), 是指在变电站中采用有载调压变压器 (OLTC) 和并联补

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/68714406065006146>