

# 电力受端系统的稳定问题及其对策分析

夏向阳<sup>1,2</sup>, 张一斌<sup>1</sup>, 蔡灏<sup>1</sup>

(1. 长沙理工大学电气与信息工程学院, 湖南 长沙 410077; 2. 湖南大学电气与信息工程学院, 湖南 长沙 410082)

**摘要:** 电网可分为送端系统、受端系统和输电网络三个部分。其中,受端系统是整个电力系统的核心,受端系统的安全稳定性关乎着全系统的安全稳定性。该文首先指出了我国电力受端系统中存在的一些普遍的稳定性问题。然后针对这些问题提出了一系列增强受端系统稳定性的对策,最后指出加强最高一级电压的网络建设和提高电压支撑水平是加强受端系统稳定性最根本性的措施。

**关键词:** 受端系统; 短路电流; 电压支撑; 低频减载

**中图分类号:** TM712 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)17-0074-05

## 1 当前受端系统存在的问题

在《电力系统安全稳定导则》<sup>[1]</sup>中受端系统的定义是“指以负荷集中地区为中心,包括区内和邻近电厂在内,用较密集的电力网络将负荷和这些电源联接在一起的电力系统。受端系统通过接受外部及远方电源输入的有功电力和电能,以实现供需平衡。”

2020年以前,由于能源资源分布与能源消费之间的矛盾,可能促使我国出现四大能源基地(西南水电、“三西”火电、内蒙古中东火电和黔桂水火电)向五大受端电网(华东、东北、华中、粤闽琼和京津冀鲁)送电,从而形成“西电东送、南北互供”的联网格局。西南水电和“三西”火电外送规模可能达 50 GW 左右;五大受端电网的受电规模可能都在 10 GW 以上,其中华东电网的受电规模可能超过 20 GW<sup>[2]</sup>。

由于受端系统的用电负荷增长十分迅猛,最高用电负荷占全网的比重逐渐增加,而受端系统内主力电厂建设不足,大量的电能需要由 500 kV 和 220 kV 线路进行远距离输送,导致受端电网在  $N-1$  原则下可靠性较低、电压支撑较弱和短路电流过大等一系列问题,严重威胁着电网的稳定运行。

### 1) $N-1$ 原则下电网可靠性较低

“ $N-1$  原则是衡量电网安全运行的准则。目前电网建设发展较快,网架结构加强了许多,安全稳定水平也有所提高,但电网网络结构方面的大电源、大机组、弱受端以及互联电网之间弱联接的局面并未得到根本改善,部分地区与主网联系仍极为薄弱。

在正常运行方式下,电网的稳定问题并不突出,但当某一线路,特别是重要的干线停电检修时,电网的稳定问题就显得十分突出。此时,电网安全运行依赖于安全自动装置。发生  $N-1$  故障时,安全自动装置正确动作,能保证电网安全稳定运行;安全自动装置故障拒动则有可能造成系统振荡、受端电压崩溃和更大面积的停电等重大事故<sup>[3,4]</sup>。

### 2) 电网缺乏强有力的电压支撑

受电地区电源支撑和电压稳定问题一直为运行人员所关注。随着大容量的发电厂、高压输电线路和集中负荷构成大型电力系统的出现,电压不仅是电能质量问题,也是电力系统安全运行和经济运行的重要问题。

多年来,随着国民经济的快速发展,电力需求保持着强劲的增长势头,国内外电力系统都出现了受端集中负荷急剧增加情况。而在负荷中心建发电厂因受动力资源、土地资源、水资源、输出走廊、水陆路运输、环境保护和高额投资等限制,就造成了大功率远距离、跨越大角、大电压降落输电的现状。由于电源远离负荷中心,负荷中心缺少足够的电压支持,所以当系统受到干扰时,受端系统非常容易失去同步稳定和电压稳定。若此时受端没有采取必要的和强制性措施,来维持受端系统一定的电压水平,势必造成电压崩溃使系统失去稳定运行,从而发生大面积停电事故。

另外,近年来在受端系统中广泛应用高压直流输电技术(HVDC-High Voltage Direct Current)、带负荷调分头变压器(OLTC-On-Load Tap Changing)及并联电容器等也带来严重的电压稳定性隐患。HVDC是解决同步稳定的重要的输电方式,同时也是电网互联,尤其是不同频率的电网互联的方法,

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60474041)

HVDC的整流和逆变环节都要消耗大量的无功(约为直流传输功率的50%~60%),其与弱交流系统相联,对电压稳定产生非常不利的影响;OLTC在系统低电压时的负调压作用或连续调节是电压失稳的主要原因之一,低电压时,OLTC动作使次级电压升高,初级电压下降;OLTC的连续动作,引起初级电压的不断下降,可能导致电压失稳或崩溃;并联电容器容许其附近的发电机接近单位功率因数运行,以使发电机具有最大的快速作用的无功储备,但是,在电压紧急情况下,并联电容器不象串联电容器那样具有自调节能力,它的无功出力随电压的平方下降<sup>[5]</sup>。

在我国严重缺电和负荷特性不良也是可能造成电压不稳定、崩溃的重大隐患。我国大部分地区在严寒和酷暑季节的温控负荷很重。以湖南省电网为例,2003年夏季长株潭地区的空调负荷估计在1200MW左右,约为其最大负荷的1/3以上。空调负荷的特性非常不利于电压稳定<sup>[6]</sup>。日本东京电网1987年7月23日损失负荷8168MW的电压失稳事故,就与大量空调设备在低电压时吸收更多电流(特别是无功电流)的负荷特性密切相关。

总体上看我国电网结构、企业的技术水平和管理水平都有一定的基础。但随着用电负荷的增加,在电网建设没有同步发展的情况下,远距离输电线路的输送容量不断增大,受端电网对外来电力的依赖程度也不断提高,使得受端电网电压稳定问题日益突出。在电网运行中,仅仅解决频率稳定和暂态稳定,提高系统抗冲击能力是不够的,必须研究电力系统特别是受端系统电压稳定的问题并采取积极而有效的措施,以确保将来电网的安全稳定运行。

### 3) 短路电流太大

随着电力系统不断扩大,受端负荷中心的负荷密度不断增大,使得500kV变电站更加密集。我国几个500kV电网在2010年前后将相继出现密集的双/多环网。例如上海周围180km的一个双环网,接入了8个变电站,平均站距不到23km;北京周围270km的双环网,接入6个变电站,平均站距45km;湖北鄂东和辽宁辽阳双环网周长分别为340km和425km,接入了6个和7个变电站,平均站距也仅50~60km<sup>[7]</sup>。

网络的加强,在使系统的联系更加紧密的同时也使短路电流相应增大。而且目前在500kV变电站大量使用500kV自耦变压器,中性点均为直接死接地。由于制造上的原因,降压型自耦变压器的中

压侧电抗常为零或接近于零,这使得母线的短路电流大大升高。另外,规模巨大的500kV变电站,其低压侧电抗急剧降低,引起220kV侧的零序等效电抗下降,也会导致短路电流升高。

目前我国500kV输电网络还未形成,通常与原有220kV电压电网形成高低压环网运行。在这种情况下220kV电网的短路电流水平将大量增加,使得断路器断流容量不足和限制短路电流的问题将成为迫切需要解决的问题<sup>[8]</sup>。而且由于各种原因,新增的大容量机组和电厂还在不断接入500kV电网,耦合自耦变压器的容量也将不断增加,更使现有220kV电网的短路电流水平增长过快,导致大批既投220kV断路器,甚至整个变电站的设备和设施,在断流容量和动热稳定方面都将满足不了短路水平增大的要求,形成了严重的技术经济问题。

## 2 受端系统稳定问题的对策

上述电力受端系统存在的问题不是孤立的问题,为了防止这些问题需要从系统规划、设计、设备选用和运行等全方位考虑、研究与处理。目前加强受端系统稳定的措施有以下几种。

### 1) 加强受端系统网络的建设

坚强的电网是保证电网安全经济稳定运行的重要物质基础,电网的稳定运行问题必须靠发展来解决。我国“北煤南水西气”的能源特点,以及电源布局 and 负荷分布不均的状况,决定了电网“西电东送、南北水火调剂运行”的特点,这就要求电网建设必须以资源优化配置为原则,实现电网与电源、送端电网与受端电网的协调发展。一个大电网一般具有三个组成部分,即受端系统网络、电源送入系统和系统间联络线,其中一个坚强、可靠的受端系统是构筑一个坚强网架的核心和关键。加强受端电网结构应满足如下基本要求<sup>[1,9]</sup>。

a 分散电源接入:外部电源不在送端连接,而采用相对独立的送电回路直接接入受端系统,而且尽量避免送电回路落点过于集中;每一组送电回路的最大输送功率所占受端系统总负荷的比例不宜过大;根据发电厂在系统中的地位和作用,不同规模的发电厂应分别接入相应的电压网络。

b 满足分层和分区原则:合理分层是指将不同规模的发电厂和负荷接到相适应的电压网络上;合理分区是指以受端系统为核心,将外部电源连接到受端系统,形成一个供需基本平衡的区域,并经联络线与相邻区域相连。合理分区带来的好处是,使一

些本来很复杂的电网稳定问题,变成了单机对无穷大系统方式的比较直观的问题,处理起来比较容易。随着高一级电压电网的建设,下级电压电网应逐步实现分区运行,相邻分区之间保持互为备用。应避免和消除严重影响电网安全稳定的不同电压等级的电磁环网,发电厂不宜装设构成电磁环网的联络变压器。分区电网应尽可能简化,以有效限制短路电流和简化继电保护的配置。

c 加强受端系统内部最高一级电压的网络联系:这样不仅使受端阻抗进一步降低,使受端系统有更有利的电压支撑,而且简化了网络,减小了短路容量。

d 受端系统发电厂运行方式改变,不应影响正常受电能力:在正常运行方式(含计划检修方式,下同)下,系统中任一元件(发电机、线路、变压器、母线)发生单一故障时,不应导致主系统非同步运行,不应发生频率崩溃和电压崩溃。低一级电网中的任何元件(包括线路、母线、变压器等)发生各种类型的单一故障均不得影响高一级电压电网的稳定运行。

总之,合理的电网结构是电力系统安全稳定运行的基础。受端系统是整个电力系统的重要组成部分,应作为实现合理的电网结构的一个关键环节予以加强,从根本上提高整个电力系统的安全稳定水平。

## 2) 建设主力电厂

在经济合理与建设条件可行的前提下,尽早在负荷中心建立起直接接入高等级电压的主力电厂,给这一地区电网以强有力的支持,加强受端系统的电压支撑和运行的灵活性。受端系统的联系愈强,电压支撑能力愈大,就愈有能力接受外部远方大容量电厂送入的大量电力,从而使受端系统真正形成整个电网的核心<sup>[9]</sup>。

国内外电网建设的经验表明,从提高电网的稳定性与灵活性、合理与充分发挥各级电压的作用以及简化电厂接线来看,将大容量电厂直接接入相适应的高压电网,使之成为全网共同电源,并由高压电网向地区负荷供电,是世界发展的共同趋势。这些电源点的建设使以城市为中心的受端系统提高了其稳定运行的可靠性和安全性,即所谓的小阻抗、大惯性<sup>[10]</sup>。

## 3) 加强无功平衡和提高补偿裕量

随着社会经济的快速发展,电网规模日益扩大。由于超高压电网的电压高,送电距离长,线路的充电

无功很大。以 500 kV 超高压输电线路为例,每百 km 的充电功率是 100 Mvar,当双回线中一回断开时,其功率转移到另一回线上,线路无功损耗会增加 1 倍(因电抗增加 1 倍),同时还损失了断开线路的充电功率;如果 500 kV 线路与 220 kV 线路构成电磁环网运行,则 500 kV 线路断开时,它的功率将转移到 220 kV 线路上,电网总的无功损耗会增加得更大。这两种情况都可能使受端电网因突然失去大量容性无功功率使电压急剧降低,并有可能造成电压崩溃现象,瑞典 1983 年 12 月 17 日的大停电事故就是起因于主输电线路的跳闸,受端无功补偿能力不足,最终引起受端系统大停电的例子。华北电力调度局在对北京地区 1.19 事故分析中也认为:“纵观国内外几次大停电事故,有一点是共同的——受端没有足够的紧急事故备用和无功容量”<sup>[11]</sup>。

为保证受端系统发生突然失去一回重载线路或一台大容量机组(包括发电机失磁)等事故时保持电压稳定和正常供电,不致出现电压崩溃,受端系统中应采用如下两个措施:

力求实现无功功率分层分区就地平衡。受端系统要有足够的无功补偿容量,尽量减少大量无功远距离输送。这样即使线路故障跳闸,受端电压也不会有太大影响,如果线路输送无功功率太大,则事故发生后受端电网电压骤降,容易发生电压崩溃。

确保充足的无功功率事故紧急备用容量。无功功率的事故紧急备用容量是为了保持事故后的电压水平,使电网不致发生电压崩溃、稳定破坏。此备用容量必须随时保持足够,并能自动地在电压降低后无时滞地调出。发电机和同步相机是有源无功补偿容量,正好具有这种优良的动态调节性能。在正常运行时,受端电网尽量多地投入并联电容器,而把发电机和调相机低励磁运行,这样一旦发生故障,受端可以快速输出大量紧急备用无功。当该地有一定容量的电厂时,在受端枢纽变电所也可研究装设静止补偿器作为快速的无功功率调节手段<sup>[16,12]</sup>。

## 4) 采用低频减载装置,防止电力系统崩溃

随着电力系统规模的日益扩大,互联系统运行的可靠性和经济性得到显著提高,但系统在大扰动下维持频率稳定的能力却在不断恶化。低频减载装置是在整个系统或解列后的局部出现功率缺额时,能够有计划地按频率下降情况自动切除部分次要负荷,保住重点,防止发生电压崩溃,提高受端系统抗干扰能力。当受端电网尚缺乏强有力的电压支持时,在受端电网中配置必要的低频和低压减载装置

以及连切负荷装置,在故障时切除部分负荷,是确保整个大电网的稳定运行的必要措施。

一个好的低频减载(UFLS)系统既要能防止频率跌落到危险点以下,同时在恢复系统频率至安全范围过程中,减载量应尽可能少,以尽可能多地给用户供应电力。简单的低频减载方案,通过预先频率值和延时的设定逐级跳所带负荷,以恢复频率至正常值。这种方案采用简单的低阶系统频率响应模型,往往不能准确预测频率的动态过程,也不能真实反映系统低频减载装置的动作情况<sup>[13]</sup>。近些年不少研究人员提出了自适应减载方案,包括使用频率下降率作为系统功率缺额的一个快速指示。但考虑到现阶段电力系统通信能力,以及频率下降率作为特征量本身存在的振荡问题等,这种方案的现实意义不大。文献[14]中针对孤立小受端系统,通过仿真表明在大有功缺额扰动下此类系统极易出现低电压问题,从而很大程度上影响了频率行为,并影响了低频减载装置的动作。通过比较不同的并联电容投切模式对频率过程的影响,提出了一个综合考虑多种因素的基于本地频率偏移信息来合理减载的方案,以更有效地恢复系统频率和电压。

#### 5) 加强系统运行和管理措施

“8·14”美加大停电提示我们,在事故时电网的统一调度指挥,可以增强系统应对故障的能力,尽可能地避免由于调整手段不足造成的停电事故<sup>[11]</sup>。针对目前我国电网的运行情况,主要还应在以下几个方面进行加强。

a 目前系统的无功调度和电压调整主要通过下发季度电压曲线来完成,通过变电站和发电厂实现对系统电压的监控和调整。作为电网调度部门,并没有针对性的监控。如果能够建立完善的电网电压报警机制,将电网中电压比较薄弱或者有电压问题的厂站及时地提示给调度人员,可以帮助调度管理部门加强对无功和电压调整的管理。

b 建立无功调度裕度的概念。在日常的电网调度运行中往往比较关注系统有功潮流的控制,对于系统无功的调整没有一个比较量化的概念。当电网无功负荷及电压变化较大时,调度人员只能被动地参与调整,调整的手段主要是督促相关发电厂和变电站调整其无功容量,但对于厂站调整的大小并没有数量上的掌握。在建立无功调整裕度的概念后,调度人员可以根据电网运行情况事先进行调整,保证电网有充足的无功备用容量,以提高系统抵抗事故冲击的能力<sup>[15]</sup>。

c 区域互联及网间联络线的无功潮流应得到重视。在日常调度运行中主要监视联络线有功潮流的运行情况,对无功潮流基本上没有关注,特别是在冬季无功小负荷时,控制好联络线的无功潮流对于电网的电压稳定至关重要。

d 大用户无功负荷的不可控因素应得到改进。一方面,一些大的无功负荷用户大量地吸收系统的无功,造成高负荷期间负荷中心部分地区电压过低;另一方面,用户部分的电容器也是不可控的,一些地区用户电容器与电力电容器相比,占到了补偿容量的50%,造成了这些地区低谷时段的高电压。用户无功负荷的不可控原因是多方面的,作为电网的管理层,可以考虑采用电力市场中无功管理的模式,引入无功电价的概念,以电压质量来考核,对各个时段用户无功负荷对系统的利弊给予相应惩罚或奖励,从而将其对电网的影响降到最低程度。

e 建立系统事故时的应急处理机制,进一步完善突发事故处理预案以及尽快恢复系统供电的方案,缩短停电时间。重点部门和单位要配置可靠的备用电源,保证在紧急情况下能够正常运转,最大限度地减少损失。坚持“安全第一、预防为主”的方针,把防止电网瓦解和大面积停电作为反事故措施的重点。要根据具体情况不断调整和完善。针对电网的薄弱环节,开展反事故演习,提高事故处理能力和速度,一旦发生事故,能够将事故损失减少到最小。制订完备的“黑启动”预案,一旦发生大面积停电事故,能够在最短时间内恢复。同时还必须重视对电力调度及其运行人员、点检人员、检修人员的选拔和培训,使他们具有较强的应急处理能力,不断提高调度人员和生产一线人员应付电网突发事故的能力。

#### 6) 降低短路电流的措施

随着电力系统容量的持续增长和负荷密度的增加,电网中短路故障电流的水平日益增高。较大的短路电流给电力系统的安全稳定运行带来诸多威胁,限制了线路输电能力的发挥和电网的优化运行;短路电流开断也面临严重困难。因此,短路电流过大已成为制约电网发展的重要因素。更换设备(主要是高压开关)是最根本的解决方法,但其费用昂贵。或者将电网解列分片运行和母线分段运行,但又容易造成系统运行的不稳定。

传统的限制短路电流措施是:采用高阻抗设备(如高阻抗发电机、变压器);加装限流电抗器;变电站母线分段运行;在交流系统中部分采用直流系统。

但这些措施是以增加设备成本和降低系统稳定性为代价,换取短路电流水平的降低<sup>[7]</sup>。

在70年代人们开始研制短路电流限制器 SCCL (Short Circuit Current Limiter),即利用电力电子开关快速切断或转移短路电流。这种方法主要的问题是受到电力电子器件的技术制约,至今还未能超高压电网中应用,但却是今后的发展方向<sup>[16,17]</sup>。

### 3 结论和建议

受端系统是在供电区划分的基础上,以集中负荷地区(一般为大、中城市)为中心,包括区内和邻近的电厂在内的输变电网络。受端系统是整个电力系统的核心,只要通过加强最高一级电压的网络建设和提高电压支撑水平,使得受端系统安全稳定,全系统的安全稳定也就有了保证。

#### 参考文献:

- [1] DL755-2001,电力系统安全稳定导则[S].  
DL755-2001, Code for Power System Safty and Stability [S].
- [2] 郭剑波,姚国灿,徐征雄,等.我国未来大区电网互联可能出现或应该注意的若干技术问题[J].电网技术,1998,22(6):63-67.  
GUO Jian-bo, YAO Guo-can, XU Zheng-xiong, et al Some Technical Problems Concerned with the Future Chinese Interconnected Power Systems [J]. Power System Technology, 1998, 22(6): 63-67.
- [3] 刘军.用“N-1”原则浅析广西电网各网区的运行稳定性[J].广西电力技术,2002,(1):63-65.  
LU Jun The Operation Stability of Guangxi Power Network Based on “N-1” Principle [J]. Guangxi Electric Power Technology, 2002, (1): 63-65.
- [4] 张希载,朱万里,张瑞林.加强云南电网主要受端系统(昆明电网)建设的建议[J].云南电力技术,1999,(1):1-4.  
ZHANG Xi-zai, ZHU Wan-li, ZHANG Rui-lin The Suggestion Strengthening Construction of the Main Receiver System in Yunnan Power Network [J]. Yunnan Electric Power Technology, 1999, (1): 1-4.
- [5] Miller T J E Reactive Power Control in Electric Systems [M]. New York: John Wiley and Sons, 1982.
- [6] 成连生.湖南电网的电压稳定分析与对策.湖南电力,2004,24(4):1-5.  
CHENG Lian-sheng Analysis and Countemeasures for Voltage Stability of Hunan Electric Power Network [J]. Hunan Electric Power, 2004, 24(4): 1-5.
- [7] 朱天游.500 kV自耦变压器中性点经小电抗接地方式在电力系统中的应用[J].电网技术,1999,23(4):15-18.  
ZHU Tian-you Application of Autotransformer Neutral Grounding by Small Reactance in 500 kV Power System [J]. Power System Technology, 1999, 23(4): 15-18.
- [8] 王梅义,吴竞昌,蒙定中.大电网系统技术[M].中国电力出版社,1995.  
WANG Mei-yi, WU Jing-chang, MENG Ding-zhong Larger Power Network System Technology [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1995.
- [9] 孙金华,杨列奎.山东电网网架评析[J].山东电力技术,1998,(6):14-16.  
SUN Jin-hua, YANG Lie-luan Evaluation and Analysis of Shandong Electric Power Grid [J]. Shandong Electric Power Technology, 1998, (6): 14-16.
- [10] 郭佳,吴晓蓉,付光,等.东北、华北联网使东北电网内部稳定水平下降的原因[J].吉林电力,2000,(4):11-13.  
GUO Jia, WU Xiao-rong, FU Guang, et al Descending of Inner Stability Level for Northeast Grid Connected with North China Grid [J]. Jilin Electric Power, 2000, (4): 11-13.
- [11] 蓝海波,杨健.从“8.14”美加大停电谈华北电网无功调度和电压调整[J].华北电力技术,2004,(7):23-25.  
LAN Hai-bo, YANG Jian Analysis of Reactive Power Dispatching and Voltage Regulation in North China Network Viewed from “8.14” Blackout in USA & Canada [J]. North China Electric Power Technology, 2004, (7): 23-25.
- [12] Taylor C W. Power System Voltage Stability [M]. New York: McGraw-Hill, Inc, 1994.
- [13] Anderson P M, Morchedar M. A Low-order System Frequency Response Model [J]. IEEE Trans on Power Systems, 1990, 5(3): 720-729.
- [14] 时伯年,黄志刚,韩英铎.并联电容投切对孤立系统低频减载设计的影响[J].电力系统自动化,2002,26(17):41-44.  
SHI Bo-nian, HUANG Zhi-gang, HAN Ying-duo Effect of Shunt Capacitor Switching on ULS Design for Isolated System [J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(17): 41-44.
- [15] Bourgin F, Testud G, Heilbronn B, et al Present Practices and Trends on the French Power System to Prevent Voltage Collapse [J]. IEEE Trans on Power Systems, 1993, 17(8): 778-788.
- [16] 董力,李庆民,刘卫东,等.两次电流转移型短路电流限制器的研究[J].电工技术学报,2004,19(3):21-24.

(下转第 84 页 continued on page 84)

- [18] 胡敏强. 运用新理论、新技术构筑 DSM 决策支持系统 [J]. 电力需求侧管理, 2001, 3(1): 18-19.  
HU Min-qiang Applying New Theory and Technology in Building up the DSM Decision Supporting System [J]. Power DSM, 2001, 3(1): 18-19.
- [19] 崔学祖. 电力电子技术在电力发展中的新应用 [J]. 能源技术, 2002, 23(6): 268-270.  
CUI Xue-zu The New Application of Power Electronic Technology in Power Development [J]. Energy Source Technology, 2002, 23(6): 268-270.
- [20] 汤玉东. 基于 DSM 的分时电价研究 [J]. 电力需求侧管理, 2000, 2(3): 14-19.  
TANG Yu-dong Research of TOU Price on DSM [J]. Power DSM, 2000, 2(3): 14-19.
- [21] 丁宁. 基于 DSM 的峰谷时段划分及分时电价研究

[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(24): 9-12  
DING Ning Research of Peak and Valley Time Period Partition Approach and TOU Price on DSM [J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(24): 9-12

收稿日期: 2004-12-15; 修回日期: 2005-01-21  
作者简介:

谭亲跃 (1974 - ), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统自动化技术; E-mail: tanqy - 001@126.com

王少荣 (1960 - ), 男, 副教授, 主要研究方向为电力系统的运行和控制;

程时杰 (1945 - ), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为电力系统运行及控制、人工智能在电力系统中的应用和低压电力网载波通讯。

### Survey on power demand side management

TAN Qin-yue, WANG Shao-rong, CHENG Shi-jie

(Dept of Electrical Engineering, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** Some basic knowledge and basic situation implemented abroad about power demand side management are introduced. The urgent necessity and abundant feasibility of popularizing power demand side management in our country are explained. Mechanism environment and technology measure of implementing power demand side management in our country are analyzed. Some problems needed to be deeply studied are also put forward.

**Key words:** power demand side management (PDSM); flexible load; system engineering; sustainable development

(上接第 78 页 continued from page 78)

DONG Li, LI Qing-min, LU Wei-dong, et al Investigation of a Double Current-transferring Type Short Circuit Current Limiter [J]. Transaction on Electrician Technology, 2004, 19(3): 21-24.

- [17] SCCL-Short-Circuit Current Limitation with FACTS in High-Voltage Systems: Application & Features-V2 PID H16-H1 PD/Re[Z].

收稿日期: 2004-12-13; 修回日期: 2005-03-26

作者简介:

夏向阳 (1968 - ), 男, 博士研究生, 讲师, 主要研究方向为电力系统稳定性和有源滤波系统的研究与开发。E-mail: summer719@sohu.com

### Problems and countermeasures of power receiver system stability

XIA Xiang-yang<sup>1,2</sup>, ZHANG Yi-bin<sup>1</sup>, CAI Hao<sup>1</sup>

(1. College of Electrical and Electronic Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410077, China;

2. College of Electrical and Electronic Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

**Abstract:** Power network can be divided into transmitter system, receiver system and power transmission network, among which receiver system is the nucleus of the whole power system. The stability of the receiver system contributes much to that of the whole power system. This paper discusses the stability problems in China's receiver power system. Furthermore, some countermeasures are introduced to enhance its stability. Finally, the paper points out that strengthening the voltage network construction of the higher level and improving the supporting capacity are the basic measures to enhance the stability of the power receiver system.

**Key words:** receiver system; short circuit current; voltage support; low frequency load shedding