

# 区域系统安全自动装置专题研究报告

唐艳茹

(西北电力设计院系统处, 陕西 西安 710032)

**【摘要】** 本文是对近年来所做的“区域系统安全自动装置专题设计”的一个初步总结, 归纳为以下四个主要部分, 即系统研究, 稳定计算和安全自动装置配置, 通信通道组织。

**【关键词】** 区域系统; 安全自动装置; 专题研究; 报告

## 1 引言

当一个较大的发电厂、变电所接入系统时, 当系统间联网时, 都必然会引起相关系统的稳定系数的变化和在一定范围内的系统潮流再分配, 从而引起区域系统性质的改变。很多情况下电网的建设速度远低于电源的建设速度, 致使电网中一些区域结构薄弱, 稳定问题比较突出, 对某一区域电力系统紧急状态时的稳定问题和保证系统稳定运行的实时控制措施的研究作为“区域系统安全自动装置专题研究”工作正广泛开展。每个工程都有各自的特点, 但基本都可概括为如下四个主要部分。

## 2 系统研究

要作好一个区域系统安全自动装置的专题设计, 首先应根据系统设计和规划等基础资料, 对所研究的系统进行分析归类, 对系统特别是所研究的区域系统周围的负荷情况及通信通道组织情况应充分了解, 根据本系统的特点, 有侧重、有目标地进行系统安全自动装置的稳定计算和方案论证。

### 2.1 系统基本分类:

一般区域系统可分为如下几种类型:

2.1.1 大、小系统联网, 稳定问题多出现在联络线上, 特别是当联络线较薄弱时, 较严重故障可能引起系统间的失步振荡。

(1) 若小系统为受电端, 联络线故障断开后, 小系统有功率缺额, 可能出现电压和频率失稳, 联络线输送容量较大时, 大系统也可能出现过电压和高周率。

(2) 若小系统为送电端, 一般是小系统内有较大容量机组, 联络线故障断开后, 小系统功率过剩, 机组加速、甚至失步, 联络线输送容量较大时, 大系统可能出现电压、频率失稳。

2.1.2 容量相当的系统间联网, 如下图所示, 重点

在联络线上, 当联络线发生较严重故障时, 很容易引起系统间的电压、频率及失步振荡。

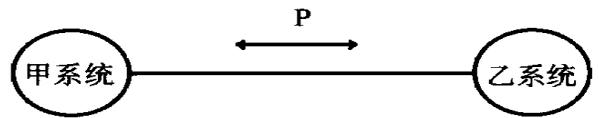


图1 两系统联网

(1) 两系统联网, 如图1所示, 联络线故障断开后, 受端系统有功率缺额, 可能出现电压和频率失稳, 送端系统将会出现过电压和高周率。

(2) 多系统联网, 如图2所示为三系统联网, 由于系统间的相互关联, 不再是简单的送、受端关系, 联络线故障断开后的情况与系统运行方式, 联络线投退状态有关, 应视具体情况而定。

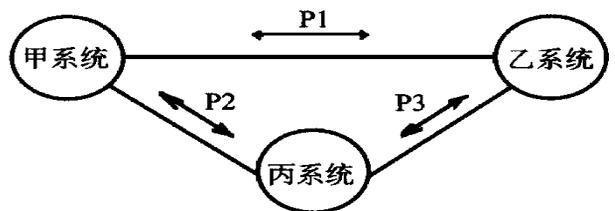


图2 三系统联网

2.1.3 电厂接入系统: 可分为几种情况:

(1) 电厂处于较大系统的中心, 一般稳定问题较轻, 或者说基本没有稳定问题。

(2) 电厂处于网间联络线之间的支撑点上, 如图3所示, 电厂对联网系统起电压支撑作用, 电厂出线的故障将引起两系统间功率交换的改变, 正常运行时电厂的接入对提高网间联系强度和联络线的输送功率, 提高系统运行电压都十分有利, 但当电厂发生严重故障时将引起系统电压和频率失稳, 甚至引起电压和频率振荡及至失步解列, 联络线故障将引起电厂出线上功率的改变, 限制电厂功率的送出, 使电厂窝出力, 因此, 计算的重点应在发电厂的出线和

联络线上。

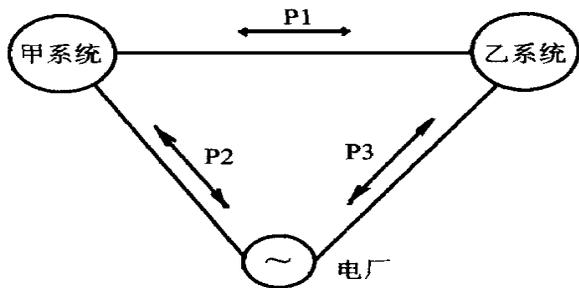


图3 电厂接入系统

(3) 远端电厂接入系统,一般采用较高的电压等级,以较长的输电线路接入系统,联系薄弱,稳定问题较突出,稳定问题主要在电厂侧及送出线路上。

当受端系统较大可近似为单机对无穷大系统时,电厂及送出线故障将引起电厂窝出力或电厂与系统失步,而系统侧电压和频率的变化不大。

当受端系统较小不能近似为单机对无穷大系统时,电厂及送出线故障将引起电厂窝出力,电厂与系统失步的同时,也将导致系统侧电压和频率的大幅度下降。

## 2.2 负荷情况

全面掌握系统负荷情况,能够使稳定计算及实施采取切负荷的措施更合理,更切合实际,负荷情况应包括负荷分布、负荷类型、负荷的重要等级及低压网络的分裂点、自动投切方式等。

还应包括所在系统负荷模拟的经验值。

## 2.3 通道组织

通道组织情况包括现有通道情况和设计水平年的通道发展情况,掌握这些情况对确定稳定措施的实施方案和计算中各种措施的时间整定都有非常重要的意义。

## 3 稳定计算

### 3.1 稳定计算原则

确定合理的计算原则对避免不必要和重复计算,减少计算工作量,提高计算结果利用率非常重要。

根据《电力系统安全稳定导则》中“三道防线”和“四级扰动”的规定,结合《电力系统安全自动装置设计内容深度规定》确定所研究系统的安全自动装置稳定计算的主要扰动等级。

对于系统一次网架应该满足的扰动等级一般不再重复计算,重点是“二级扰动”和较易发生的“三级

扰动”,对于所研究系统不可能或非常罕见的故障方式不作计算,而应把计算的重点放在“可能的较严重故障上”。

根据《电力系统安全稳定导则》和《电力系统暂态稳定计算暂行规定》确定稳定判据,特别是关于一般情况下发电机与基准机之间的相角差不大于 $180^\circ$ ,特殊条件下,比如所在系统为惯性系数较大的大系统,即使相角差超过 $180^\circ$ ,但仍能恢复作同步衰减,而逐渐稳定,也认为主系统是稳定的这一稳定判据对于大系统安全自动装置稳定计算非常实用(参见《电力系统暂态稳定计算暂行规定》)。

### 3.2 负荷模型

根据掌握的系统负荷构成情况合理划分各类模拟负荷——异步电动机负荷、恒定阻抗负荷、恒定功率负荷等的比例分配,结合采用的计算程序特点和系统计算经验值确定较切合实际的负荷模型。

### 3.3 潮流方式

根据系统一次报告和所研究系统类型选定稳定计算的基本潮流方式,包括正常方式和必要的检修方式,应是运行时间长,而故障时稳定问题比较突出的方式,而不是所有运行方式或极限运行方式。

### 3.4 计算内容

根据上述系统分析和稳定计算原则确定出合理的、必要的计算内容:概括起来主要是以下几项,实际工程中的计算内容应根据需要具体确定。

- (1) 电厂或变电所单回出线的单相永久故障
- (2) 电厂或变电所单回出线的三相短路,不重合或重合于永久故障
- (3) 电厂或变电所双回出线,一回检修,另一回单相永久故障
- (4) 电厂或变电所双回出线中一回单相或三相短路,遇断路器单相拒动
- (5) 电厂或变电所双回出线中一回单相短路,遇主保护拒动
- (6) 失去大电源
- (7) 单回联络线单相永久故障
- (8) 单回联络线无故障断开
- (9) 单回联络线三相短路
- (10) 单回联络线单相或三相短路,遇断路器单相拒动
- (11) 单回联络线单相短路,遇主保护拒动
- (12) 双回联络线之一单相或三相短路,遇断路器单相拒动
- (13) 双回联络线之一单相短路,遇主保护拒动

(14) 电厂或变电所某一母线检修,另一母线故障

(15) 重要变电所主变保护动作切断某些重要线路与主系统的联系

(16) 高压厂、站低压侧故障

### 3.5 稳定计算分两步

(1) 初步计算,只是定性的计算,对所确定的计算内容做全面普算,筛选出存在较严重稳定问题的线路和故障点,故障类型和定性的稳定措施,如切机、切负荷、投制动、压出力等,给下一步更详尽的计算打下基础,缩小计算范围,减少计算量。

(2) 结合负荷分布情况和通道组织现状和规划,对初步计算选出的故障做进一步的切合实际的定量计算。

比如:在《平凉电厂系统安全自动装置专题研究》中有一个算例,某一严重故障时,初算结果是需要切除兰州东变230MW负荷,分析认为兰州东变负荷中重要负荷较多,在一定时间内可切负荷在180MW以内,按以上结果是必有一部分重要负荷被切除,造成较大的经济损失,通过分析认为相邻的白银变有将近200MW负荷在一定时间内可切,这样我们最后采用的结果是,分别切兰州东变和白银变各150MW负荷,虽然这一方案切负荷总量多于前一方案,但却保证了重要负荷的供电,应该说后一个结果更可取、更切合实际。

## 4 安全自动装置配置

根据《电力系统安全稳定导则》电力系统“三道防线”的规定,安全自动装置配置可考虑,第一道防线由一次电力设施、发电机和电网控制装置及保护装置的正确动作实现,第二道防线由防止系统稳定破坏和运行参数严重越限的控制装置实现,第三道防线由防止事故连锁扩大避免大规模停电的控制装置实现。

因此,根据系统研究和稳定计算结果,结合实际电网设施的可控性及现有安全稳定控制装置生产和应用情况,提出实际、合理、易实现、能有效解决所研究系统安全稳定问题的区域系统安全自动装置配置方案。建立一个以中央稳定控制主站为中心,有关厂、站为子站,远方切机,切负荷等末级厂、站为终端站的稳定控制系统。在主站和较重要的子站配置以微机型稳定控制装置为主、失步解列装置等为后备的稳定控制柜。其他子站和终端站适当配置解列、切机,集中切负荷,低频、低压减载等控制装置。通

常主站和重要子站宜采用双重化配置。

### 4.1 大、小系统联网,大系统为送电端,小系统为受电端

(1) 联络线输送容量较大的情况,需建立以联络线两侧厂、站为主站,两侧系统相邻厂、站为子站和终端站的稳定控制系统,联络线作为主要监控点、大系统侧稳控措施以失步解列、切机、压出力、电气制动等为主,小系统侧以失步解列、切负荷、自投备用电源等为主。以便必要时解列互联系统,并维持各自的稳定运行。

(2) 联络线输送容量不是很大的情况,则构成小系统入口厂、站为主站,相邻厂、站为子站和终端站的稳定控制系统,以失步解列、切负荷、自投备用电源等为主要措施,以联络线为监控点,大系统侧设置配合实现联络线失步解列的装置。

### 4.2 大、小系统联网,大系统为受电端,小系统为送电端

应构成以小系统侧大容量电厂为主站,电厂送出线和联络线为主要监控对象的稳定控制系统,对电厂实行切机、压出力等措施,大系统侧设置配合实现联络线失步解列的装置及必要的切负荷装置。

### 4.3 容量相当系统的联网

无论是几个系统联网,系统稳定程度都与联络线的交换功率有关,稳定控制的重点在联络线及其两端的端口厂、站,需建立以联络线为中心,端口厂、站为主站,相邻厂、站为子站,远端切机、切负荷等末级厂、站为终端站的安全稳定控制系统,对联络线实施实时监控。受端有关厂、站稳定措施以失步解列、切负荷、自投备用电源等为主,送端以失步解列、切机、压出力、投制动等稳定措施为主。

由于系统送、受端并不总是固定的,受运行方式、联络线投退状态影响,有关厂、站稳定措施失步解列、切机、切负荷、压出力、投制动、自投备用电源等稳定措施都需统筹考虑。

### 4.4 电厂接入系统

(1) 电厂处于较大系统中心时,一般来讲稳定问题不大,可视计算情况在电厂或变电所及相邻厂、站配置以本电厂为主站,相邻厂、站为子站的安全稳定控制系统。

(2) 电厂处于网间联络线的支撑点上,电厂出线和联络线上的严重故障都将引起电厂及相关系统的严重失稳,特别是电厂送出线和母线不仅承担着本厂发电机功率的送出,还肩负着两系统间的功率交换,应建立以电厂为主站,电厂送出线和联络线为

联合监控中心,联络线送受端端口厂、站为子站,远方切机、切负荷厂、站为终端的安全稳定控制系统。

#### 4.5 远端电厂接入系统

当受端系统较大可近似为单机对无穷大系统时,系统稳定措施应以电厂为主,建立以电厂为主站,联络线为主要监控点的安全稳定控制系统,受端设置配合电厂失步解列联络线的装置。

当受端系统与电厂容量相比较不能近似为单机对无穷大系统时,应建立以远端电厂和受端端口厂、站为主站,联络线为监控点,受端系统有关厂、站为子站和终端站的稳定控制系统。

4.6 对于 4.3 和 4.4(2) 条所述情况,由于其稳定控制系统涉及面广,安全性和可靠性都要求较高,不仅是主站和主要子站的稳控装置需考虑双重化配置,对通道组织亦应有较高要求,若条件允许可以考虑通信通道的双重化。

#### 4.7 解列措施

当发生较严重故障时系统可能产生失步和振荡,应在适当的地点设置解列点和解列装置,对于弱联系的系统,特别是小系统与大系统间失步后解列对保证大系统的稳定效果较好,但对于远端电厂接入系统及网间联络线较复杂的系统,解列措施定值应慎重考虑并有足够的延时,应按《电力系统安全稳定导则》中“在满足规定条件的前提下,允许局部系统作短时间的非同步运行”的规定严格控制,对系统网架、设备等校核后综合考虑,而更重要的是要深入研究落实系统解列后,保证各分系统稳定运行及尽快恢复联网运行的措施。

#### 4.8 分散减载

系统发生较严重故障时,受端系统或长联络线的中部低压点,较易出现电压、频率失稳,仅靠集中切负荷,有时为保持系统稳定则很难保证重要用户供电,造成较大的经济和社会影响,为此,系统中特别是以受电为主的系统应在大部分变电所设置低压、低频减载和自投备用电源等装置,作为集中稳控系统的辅助。

### 5 通信通道组织

安全自动装置作为电力系统的“特殊保护”,比一般的继电保护影响范围更大,其安全性和可靠性十分重要,实践证明通信通道和通道接口装置是其中重要的也是较薄弱的环节,因此,安全自动装置的通道和通道接口装置的安全性和可靠性标准应不低于远方保护通道和接口装置。

安全自动装置通道分为命令通道和数据通道,所有命令通道均为双向工作,用于主站向子站下达命令和子站向主站传送主要开关量信息,根据电网的实际情况和技术、经济等因素,考虑到稳控系统并不是采集所有子站的全部信息,仅在几个关键子站与主站之间设置数据通道。

由于系统中载波通道已经很拥挤,并且载波数字接口目前还不够成熟,因此,工程中应尽量用微波、光纤通道,少用载波通道,如用光缆一定要确保质量。

通道接口装置最好采用安全性高的数字式接口装置,受条件限制必须用载波通道时,也可采用音频接口装置或收发信机。

安全性较好的微波和光纤通道可采用“二取一”方式,若需要也可采用“二取二”方式,载波通道最好采用“二取二”方式,特殊情况可转为“二取一”或“一取一”方式。

具体工程中的通道组织应根据所在系统的实际条件,现有设施可利用情况,投资能力综合考虑。

### 6 结论

(1) 作好系统研究是区域系统安全自动装置设计的基础。

(2) 稳定计算分步进行,先筛选出重点故障方式,再作详细计算能有效减少计算工作量。

(3) 区域系统安全自动装置按电力系统“三道防线”配置。

(4) 保证系统解列后的分网稳定运行和迅速恢复联网运行措施必须予以高度重视。

(5) 通信通道和接口装置是安全自动装置安全、可靠运行重要的也是较薄弱的环节,其安全性和可靠性标准应不低于远方保护通道和接口装置。

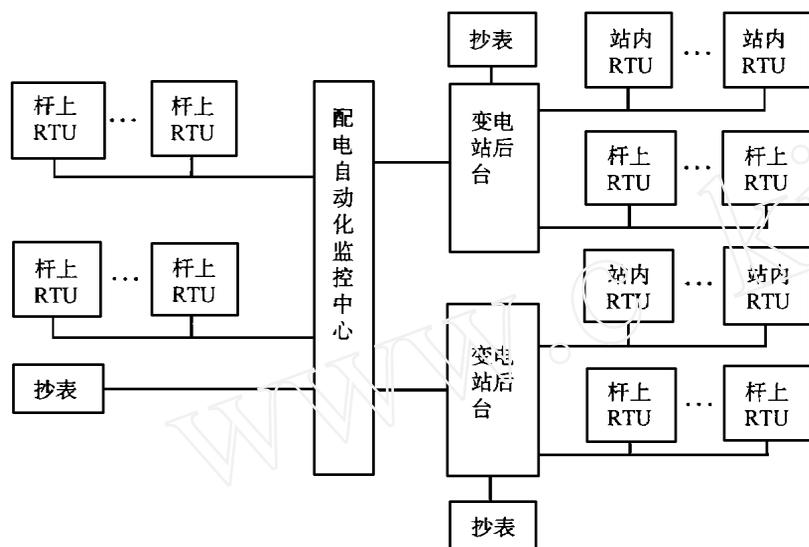
#### [参考文献]

- [1] 电力系统安全自动装置设计技术规定(送审稿). 电力工业部东北电力设计院,1998.6.
- [2] 电力系统安全稳定控制开发应用及重点问题的调查综述. 电力部电力系统安全稳定控制调查组,1998.2.
- [3] 国外电力系统安全稳定控制资料汇编. 电力部电力系统安全稳定控制调查组,1998.2.
- [4] 平凉电厂系统安全自动装置可行性研究专题报告. 国家电力公司西北电力设计院,1998.6.
- [5] 延安—榆林—神木接入系统专题研究(二次部分). 电力工业部西北电力设计院,1994.1.
- [6] 电力系统暂态稳定计算暂行规定. 水利电力部电力生产司,1987.11.

(下转第 37 页)

通信可根据用户的实际情况采用不同的方式,如光缆、专用通信线、载波、微波等。

故障的自动诊断、隔离及网络重构。  
电压无功优化及控制。



负荷控制和管理。  
配网仿真系统。  
基于地理信息的远方抄表。  
基于地理信息的用户电话投诉处理。  
基于 Internet 技术的系统集成和信息共享。  
总之,我国的配电自动化正处在起步和发展阶段,是电力系统的一场技术革命,它的发展完善将给电力企业带来巨大的经济效益和社会效益。

[参考文献]

- [1] 配电自动化. 美国电气电子工程师学会继续工程教育教材.
- [2] 徐腊元. 配电网自动化设备优选指南. 水利水电出版社.

图 10 配电网自动化示意图

配电自动化系统应结合其设备种类多、数量大、数据信息传输繁重等特点,突出其基于地理信息的应用功能,做到简单、实用、可靠,其基本功能如下:

地理信息系统:实现对所有配电设备及供电负荷、用户和供电区域的综合地理信息管理。

基于地理信息的配电网运行监控系统(SCADA/ GIS)。

收稿日期:1998—12—23

作者简介:苏宏勋(1963 - ),男,高级工程师,现从事电力系统自动化产品的设计研究工作;白菊花(1965 - ),女,工程师,现从事电力系统自动化、线路保护、主设备保护等产品的标准化工作;黄利军(1969 - ),男,工程师,现从事电力系统自动化产品的设计研究工作。

ANALYSIS ON DISTRIBUTION AUTOMATION

SU Hong-xun, BAI Ju-hua, HUANG Li-jun, ZHANG Jing-an, ZHAO Wei-jie, LI Guo-jie

(Xuchang Relay Research Institute, Henan Xuchang 461000, China)

**Abstract** This paper analyzes the content and functions of distribution automation, summarises the types of distribution network, presents and compares some schemes of distribution automation in connection with the developing state of distribution automation at home and abroad.

**Keywords** distribution automation; recloser; sectionalizer; feeder automation; distribution network

(上接第 33 页)

收稿日期:1998—12—11

作者简介:唐艳茹(1962 - ),女,大学本科,高级工程师,研究方向为电力系统继电保护及电力系统安全自动装置。

STUDY REPORT ON THE REGIONAL SYSTEM SECURITY AUTOMATIC DEVICE

TANG Yan-ru

(Northwest Electric Power Design Institute, Xi an 710032, China)

**Abstract** It is a primary summa on the design of regional system security automatic device, which is divided into four main parts: system research, stability calculation, security automatic device arrangement, and communication channel organization.

**Keywords** regional system; security automation device; research; report