

电力系统稳定性监测装置现状及展望

西安交通大学 张保会 葛耀中

摘要

本文对二十多年来电力系统稳定性监测装置的发展进行简要回顾,提出两种分类方法,叙述并评价了各种原理的稳定性监测装置的优缺点,报导了该领域的最新水平,指出发展动态,结合我国的实际情况提出对发展安全自动装置的看法。

一、前言

自1961年5月英国南部系统发生约150万瓩的停电事故以来,美国、日本、加拿大等国相继发生了一系列的重大停电事故。逐渐地,各国都充分认识到大型电力系统的崩溃事故对国民经济的灾难性影响。一系列反事故措施的研究积极开展起来并逐渐形成一个新的领域。目前各国对之尚无统一的名称,我国称之为系统安全自动装置。主要的研究内容是:把整个电力系统看作被保护的目标,在一系列的扰动冲击下,通过这种装置的自动作用,维持系统的稳定运行或将系统解列成几部分运行,并尽快并网恢复负荷。

文献〔36〕报导,在苏联的联合动力系统中如果不使用安全自动装置,一次事故就会引起用户的最大计算损失达一亿卢布,增加用户平均损失为(1000~1500)万卢布/年。现有的系统安全自动装置提高了苏联联合动力系统的传输能力为数百万瓩,而投资仅占建造同等输送能力电网投资的十分之一。据1984年国际大电网会议资料报导,挪威、巴西、爱尔兰等国不惜以切除全国最大负荷的10%以上来维持系统的稳定运行,并冒着事故检测装置误动的风险,以换取在重大事故下正确动作的可能性。

在我国,1981年水电部在大连召开电网稳定工作会议,并修订颁发了“电力系统安全稳定导则”,之后水电部科技司、生产司接连召开了三次全国电力系统安全自动装置工作会议,有力地推动了系统稳定和安全自动装置研究工作的开展。

系统安全自动装置从保证电力系统安全稳定运行的作用来看,包括相当广泛的内容,但基本上由三部分组成:测量或起动部件,控制及执行部件。其中测量或起动部件的作用是对电网的异常状态及发展趋势进行监测,特别是对系统的稳定性进行监测,为控制提供必要的依据。本文的目的是在分析、综述国内外电力系统稳定性监测装置的基础上,指出其发展动向,提出发展我国电力系统安全自动装置的看法,推动安全自动装置的发展。

二、稳定性监测装置的分类

目前国内外对电力系统安全自动装置尚无统一的分类方法,为便于理解和应用,提

出如下二种分类方法。

(一) 按监测装置的原理分类

1. 反应功角及其函数的监测装置：其原理是直接或间接反应系统的功角及其变化率，如文献〔7〕中报道的直接反应功角及其变化率；文献〔3〕、〔4〕、〔5〕、反应系统振荡中心电压；文献〔9〕、〔27〕、〔31〕反应视在阻抗或其电阻分量。

2. 反应有功功率及其变化量，变化率的稳定性监测装置〔3〕〔8〕〔14〕、〔16〕、〔17〕：监测扰动前发电厂或输电线的有功功率及其在扰动中的功率变化量，构成暂态稳定性破坏的预测装置。

3. 反应系统的频率及其变化率的监测装置〔3〕、〔15〕、〔22〕、〔23〕：以系统的频率为稳定运行的又一个指标，防止系统的频率偏离正常值，构成事故预测及负荷控制装置。

4. 多状态量的综合监测装置：利用扰动中多种电气量的变化特征如过负荷、低电压、功率波动、频率波动等起不同的控制措施，日本的稳定性控制装置（SSC）和事故预防系统（BSPC）及挪威的网络保护都属此类。

5. 其它稳定性监测装置：文献〔18〕、〔28〕、〔34〕、〔35〕等介绍了用“图象识别”、“灾难理论（catastrophe theory）”“李雅普诺夫直接法”等理论构成稳定性监测装置。

(二) 按检测装置的功能分类

这种分类便于根据不同的要求选用不同类型的装置。

1. 防止稳定性破坏的稳定性预测装置：这类装置反应带有“超前”作用的状态量，如功角、功率、频率等的变化率，能在失步前发出失步预报，及时采取措施避免失步。

2. 稳定性破坏的监测装置：在系统已失步的条件下给出稳定破坏的信号，使系统解列或使系统尽快恢复同步，防止事故的进一步扩大。

3. 电压和频率的危险上升或降低的监测装置：一般在系统解列后起作用，以防出现电压或频率的崩溃，使有利于网络的恢复。

4. 正常运行恢复的监视装置：对系统正常运行的恢复进行监视，及时并网，恢复负荷。

三、稳定性监测装置的原理及评价

按本文的第一种分类进行叙述和评价。

(一) 反应功角及其函数的监测装置

电力系统的运行功角是唯一与系统中扰动的大小、种类等无关直接反应系统稳定性的状态量，但功角的测量较麻烦，目前使用更多的是反应功角的函数如振荡中心电压，视在阻抗等。

1. 反应功角及其变化率的失步预测装置〔7〕：

对于等值的单机—无限个系统，失步继电器的动作条件为：

$$\left. \begin{aligned} \delta + T\dot{\delta} &\geq \delta_{zd} \\ \dot{\delta} &> 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

其中 δ_{zd} 为系统不稳定时最小功角、整定值， $\dot{\delta}$ 功角变化率，T时间常数。

在 $\dot{\delta}$ 为匀速情况，继电器可在功角达 δ_{zd} 前T秒动作。

2. 反应视在阻抗的失步判别装置

在简单的双机系统中，假定两侧电势幅值相等，继电器测量阻抗随功角变化的关系为：

$$Z_{j.M} = \left(\frac{1}{2} Z_{\Sigma} - Z_M \right) - j \frac{1}{2} Z_{\Sigma} \operatorname{ctg} \delta / 2 \quad (2)$$

其中 Z_{Σ} 为系统总联系阻抗， Z_M 为保护安装侧的系统阻抗。

测量阻抗是功角的函数，因便于实现目前得到广泛应用，动作特性如图1所示。

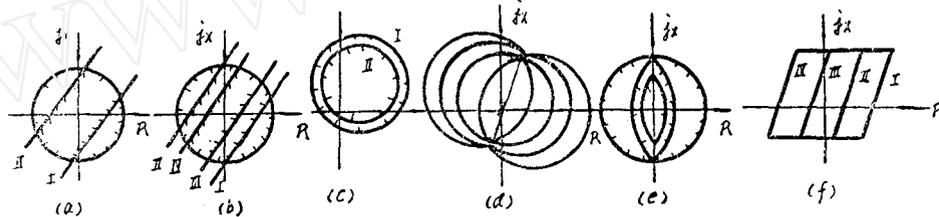


图1

这类装置一般由起动元件、短路与振荡的区分元件、失步测量元件组成。最外层圆或直线为起动元件，外层圆和内层圆或直线构成短路与振荡区分元件。其基本原理是依据两特性的动作时间差 Δt ，短路时 Δt 极小，振荡时则较大。最内层的圆或直线为失步测量元件，一般整定在功角为 120° 左右，当它们动作后即判为失步。根据各直线或圆的动作和返回次序，还可以构成装置安装侧系统相对于对端系统“起前”或“滞后”失步的判别。

3. 反应测量阻抗中电阻分量及其变化率的监测装置 [7]、[27]、[37]：

忽略等值双机系统中阻抗的电阻分量，当两侧电势相等时，测量阻抗中电阻分量与功角的关系为：

$$R = \frac{1}{2} \operatorname{ctg} (\delta / 2) \cdot X_{\Sigma} \quad (3)$$

$$\dot{R} = -\frac{1}{4} \operatorname{csc}^2 (\delta / 2) \cdot X_{\Sigma} \cdot \dot{\delta} \quad (4)$$

其中 X_{Σ} 为系统总的联系阻抗。

对于图2(a)中直线特性，动作方程为：

$$\left. \begin{aligned} R + T\dot{R} &\leq R_{zd} \\ \dot{R} &< 0 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

其中 R_{zd} 整定值常数, T 时间常数。



图 2

直线I、II的动作时间差构成短路与失步的区分, 直线II的动作判别为失步。据C. W. Taylor的研究, (b)的折线特性可以更好地区分不失步的摇摆与失步。III、IV发出失去稳定的辅助信号, V动作发出失步信号。

4. 反应振荡中心电压及其变化率的监测装置〔3〕、〔30〕, 在两机系统中, 振荡中心电压与功角的关系可以简化为:

$$U_z = E \cos(\delta/2) \quad (6)$$

$$\dot{U}_z = -\frac{1}{2} E \sin(\delta/2) \cdot \dot{\delta} \quad (7)$$

当功角在 $0^\circ \sim 180^\circ$ 范围内变化时, 振荡中心电压变化率与功角变化率反符号。

文献〔30〕介绍BBC公司对振荡检测的改进, 既可用于距离保护的振荡闭锁, 也可用于系统失步的判别, 特性如图3(b)。文献〔3〕介绍西安交大研制的失步预测继电器, 特性如图3(a), 动作方程为:

$$U_z + K \dot{U}_z \leq A \quad (8)$$

其中 A 为当 $\dot{U}_z = 0$ 失步时振荡中心的最低电压, K 为时间常数。

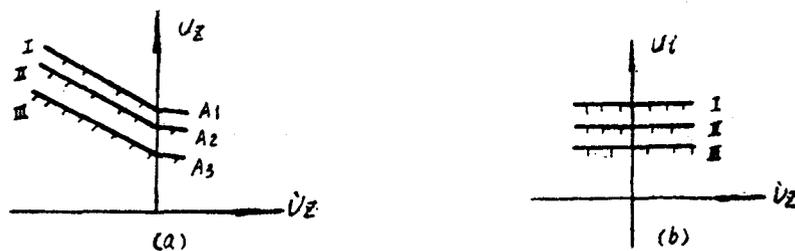


图 3

5. 对这一类失步检测装置的评价

这一类装置直接或间接反应系统的功角, 可以反应任何原因造成的失步事故。对于阻抗型振荡检测装置在动作特性、实现技术、运行维护等方面有较好的经验。反应电阻分量的装置区分不失步的摇摆与失步的能力较阻抗型略高。反应振荡中心电压的装置在稳定性丧失的边缘区段动作灵敏度高, 除可以预测失步外还可以给出静态稳定储备不足的警告。加入变化率 $\dot{\delta}$ 、 \dot{R} 、 \dot{U}_z 的作用后, 产生失步预测的能力, 能在失步前发出失步

信号以便极早采取避免失步的稳定措施。

存在的主要问题：

(1) 单纯反应 δ 、 Z 、 R 、 U_z 的装置只能在系统失步时发出失步信号，对于为维持暂态稳定性投入诸如切机，汽门快关等措施说来为时太迟，失去意义。其改进方法是加入变化率。

(2) 加入变化率虽然改善了动作迟的缺点，因 $\dot{\delta}$ 、 \dot{R} 、 \dot{U}_z 都不是 t 的线性函数，特别在故障期间常伴有网络的操作及扰动转换，时间常数取的太小预测作用不强，取的偏大冒有误动的风险。

(3) δ_{zd} 、 R_{zd} 、 Λ 等整定值是常数，使之不能严格区分不失步的摇摆与振荡。系统不失步允许的最大摇摆角与扰动前的起始功角、扰动大小、扰动后网络的传输能力等因素有关，统一按某一定值整定显然存在问题。

(二) 反应有功功率及其变化量的监测装置

引起系统暂态稳定性破坏的扰动首先表现为发电机组输入机械功率与输出电磁功率的不平衡，利用检测扰动前发电厂或输电线的有功功率及扰动后瞬间的有功功率可以预测系统的稳定性。

1. 用有功功率及其变化量的积分预测失步 [14]

1965年加拿大R.D.Brown等提出用功率及其变化量的积分来预测发电机的不稳定，并用霍耳测功元件和运算放大器加以实现，用于切机和投入电气制动。依据方程式：

$$\delta_0 + \Delta\delta + T_1 \cdot \Delta\omega \geq \delta_{zd} \quad (9)$$

各项的近似表达式：

$$\delta_0 = K_1 P_0 + K_0 \quad (10)$$

$$\Delta\delta = K_1 \int_0^t \int_0^t \Delta p dt^2 \quad (11)$$

$$\Delta\omega = K_3 \int_0^t \Delta p dt \quad (12)$$

整理后失步判据为：

$$K p_0 + K_1 \int_0^t \int_0^t \Delta p dt^2 + T_1 \int_0^t \Delta p dt \geq \Lambda \quad (13)$$

2. 用事故前有功功率及功率变化量预测失步 [3]：

在简单系统中，“面积定则”可以用来预测系统暂态稳定的破坏事故。1977年为解决西北330kV系统因联系阻抗突然增大造成的失步问题，西安交大研制了一个动作特性为：

$$P_0 + K \Delta P \geq P_{max} \quad (14)$$

的失步预测继电器，其中 P_0 事故前线路有功功率、 ΔP 功率突变量、 P_{max} 扰动后网络的极限传输功率， K 为常系数。动作特性如图4(a)，其中 P'_0 为功率小于某值后闭锁， P''_0 为单相重合闸过程闭锁， $\Delta P'$ 为扰动量起动元件，装置用集成电路实现。

3. 用功率突变量及事故前功率的函数预测失步 [8]：

在简单系统中,依据“面积定则”经离线计算可以作出图4(b)的稳定域。其中曲线A为系统发生一次故障切换时暂态稳定极限、B为 ΔP 的极限、C为切除双回送电线任一回路后的静稳极限、D为多相短路切除一回线后的暂态稳定极限。E为单相永久故障切除一回线后暂稳极限。据此可以实现稳定性的预测。

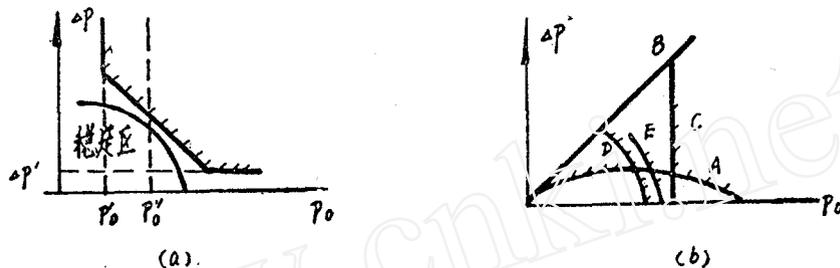


图4

4. 用事故前功率及开关操作逻辑预测失步 [17]、[4]:

根据系统的运行经验和离线计算,知道在一定的运行条件下若某些输电线因故三相跳开肯定造成失步事故。据此组成一定的逻辑回路如华东系统使用的“三跳切机”,华中系统使用的“远方切机”都属此类。美国、日本亦先后使用过这类装置,动作特性可归结为图5。

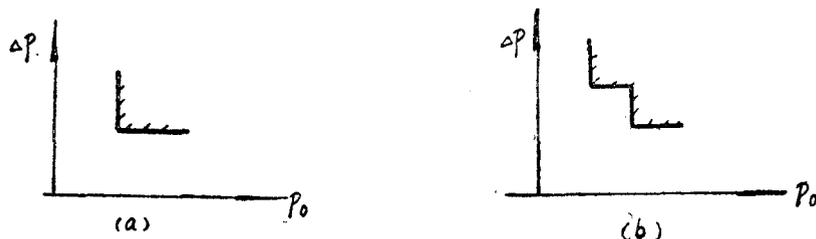


图5

5. 对这一类失步预测装置的评价

对某些重大扰动引起的失步事故能够快速作出反应,原理上可以在扰动瞬间给出预测结果,快速投入稳定控制措施。在某些重大事故下对改进系统稳定性有明显效果。

存在的主要问题:

- (1) 仅能反应简单系统中某些暂态稳定的破坏事故,在较复杂网络中应用存在一定困难。
 - (2) 难于考虑故障转换及网络的多次切换,例如重合闸过程。判据不能严格提出。
 - (3) 当暂态稳定性要破坏时,不能给出控制措施的定量数值。
 - (4) 不能反应静态稳定及动态稳定的破坏。
- (三) 反应系统频率及其变化率的稳定性监测装置。

发电机转子的运动方程可以简单表示为:

$$H \frac{df}{dt} = \Delta P \quad (15)$$

其中H惯性常数、 ΔP 净的加(减)速功率、f频率各量均为标么值。

$\frac{df}{dt}$ 与 ΔP 同时出现,是失步的“起前”量加速度、用频率和频率变化率预测失步,动作速度可以大为提高。

1. 用 $\frac{df}{dt}$ 加速度继电器监测系统稳定性 [15]、[25]、[42]。

1969年美国Denues开垦局搞了个加速度继电器为数据记录系统服务,安装后发现用加速度继电器来切除送电端部分发电机和受电端部分负荷维持系统稳定运行存在极大潜力,同时指出利用本地的加速度信号“允许”远方信号切机可以大大提高切机回路可靠性。文献[23]报道巴西的网络保护中频率保护的内容,由f、 $\frac{df}{dt}$ 组合后形成三级切负荷,切机、调相改发电控制。

2. 用频率偏差和频率变化率预测失步 [3] [44]

1977年西安交通大学研制了一个预测装置动作特性为:

$$\frac{df}{dt} + K \Delta f \geq A \quad (16)$$

其中 Δf 为对额定频率的偏差, K常数、A整定值, K、A通用系统稳定计算给出。

文献[44]报道爱迪生公司研制的切负荷装置以频率和它的变化率线性组合。特性如图6所示。

3. 用 $\frac{\Delta f}{\Delta t}$ 或频率降低原理的低周减载装置

日本曾利用 $\frac{\Delta f}{\Delta t}$ 装置起动减负荷,动作条件为:

$$\left. \begin{aligned} f < F_2 \\ \frac{\Delta f}{\Delta t} < \frac{F_2 - F_1}{\Delta T} \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

其中 F_1 、 F_2 为高低不同的频率值, ΔT 为固定的时间差,当频率的下降速度大于预定值时动作。

其余的按频率减负荷装置已相当普遍。

4. 对这一类装置的评价

频率变化率是加速度信号,可直接反应扰动对装置安装处的影响,反应速度快。用频率继电器完成低周减载或高周切机保持系统频率较为有效且有一定经验, $\frac{\Delta f}{\Delta t}$ 代替 $\frac{df}{dt}$ 提高了动作可靠性,是目前负荷控制的主要手段之一。

存在的主要问题

(1) 只能对某些重大的系统失步事故进行预测,难于计及故障转换及网络操作。

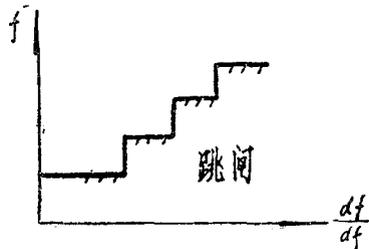


图6

(2) $\frac{df}{dt}$ 继电器用于稳定预测其整定值的计算比较麻烦,目前只能根据大量的离线计算结果归纳出来且难于严格区分不失步的摇摆与失步。

(3) $\frac{df}{dt}$ 的测量精度、抗干扰,装置的可靠性等还未取得人们的广泛信任。

(4) 文献〔25〕提出在系统容量很大、约几个GW/HZ的系统中,即使失去几台容量很大的发电机对系统的频率几乎没有影响,发电量或负荷的控制就很难用频率继电器来完成。

(四) 多状态量的综合监测装置

1. 电力系统事故监测、预防、控制系统〔26〕

据报导它安装于日本的各电力系统,一般由多台微机 and 微波通道构成系统,配有潮流、电压、频率波动检测,同时监测失步。上一级的主控制装置完成多环路互联系统间的失步预防控制,协调安装于不同厂站的辅助预防控制装置应采取的控制措施和控制量。辅助控制装置检测各关键厂站的状态量并进行数据的预处理,通过微波与主控制装置交换信息,接收命令、执行控制任务。

2. 网络保护〔24〕

在挪威、巴西等以水电为主的国家中,正在发展由几个微机协同工作的网络保护,功能包括:重要输电线跳闸时起动网络解列或切机;潮流波动大于一定数值后延时起动减少发电量;频率波动起动HV DC线路的功率快速控制和切负荷;低电压起动切负荷同时控制HV DC线路功率;阻尼低频振荡的PSS。

3. 对这类装置的评价

能收集较大范围的运行状态量,多层设防,控制方式比较有效,保护系统整体的思想体现的较为充分。

主要不足:

在稳定性监测方面没有是否失稳的判据,仅靠各种简单的波动检测采取重大的诸如切机、切负荷措施,有时会不必要地牺牲局部利益。扰动后控制措施的投入速度远不如前几种装置高。电力系统必须能够提供大量可靠的通讯设备,且需要较高的运行管理水平。

(五) 其它稳定性监测理论和方法的应用

作为投入稳定性控制措施的起动信号,扰动后的检测和计算时间只有几到几十毫秒,要进行全系统状态量的在线计算这段时间往往是很不够的,运算量较大、比较复杂严密的稳定性识别方法难于得到实际应用。近年来不少学者在努力探索取用少量的故障后特征量经简单判断、运算后在极短时间内得出系统是否稳定的结论。

1. 用图象识别法监测暂态稳定性〔18〕

对电力系统进行大量的故障冲击下稳定性计算,称为图象样本集。预先知道哪些图象是稳定或不稳定的,经一系列处理抽出少量可以描述图象稳定或不稳定的分类情况的特征量,并由它们构成一个或几个简单的稳定性识别函数,当系统发生事故时将这些特

征量如关键厂站的电压、角度、功率等代入识别函数，快速区分系统是稳定或不稳定的。目前该方法应用的主要困难是：为获得精度较高的识别函数，需要大量的稳定计算，特征量的个数不可能减到很少，当系统庞大结构复杂时难于找到一个清楚的是否稳定的分界面。

2. 用灾难理论 (catastrophe theory) 监测系统稳定性[28]

这种方法以灾难理论为工具，构造了几个灾难函数簇，取用系统中的某些状态量，产生一个连续、直观的三维图象监视稳定储备情况，并就单机——无限大系统进行试验，结果虽不令人满意，但属一种全新的方法。

3. 李雅普诺夫直接法在稳定性监测装置中的应用[45]、[34]、[35]

文献[45]对李雅普诺夫直接法在电力系统中的应用作了回顾和前瞻。直接法用于启动稳定措施和网络切换方面除[34]、[35]的报导外，尚属空白。

[34]、[35]报导美国丹佛大学用李雅普诺夫直接法实现发电机失步预测继电器的原理方案。准备用于图6的简单系统，主要完成在系统遭受故障一回线切除时的稳定性预测。

用能量度规算法 (Energy Metric Algorithm) 得到的标量V函数为：

$$V(x) = \frac{1}{M} \sqrt{2} P_{e, \max} [\cos \delta_{r, s} - \cos(X_1 + \delta_{r, s})] - \frac{1}{M} P_m X_1 + \frac{1}{2} X_2^2 \quad (18)$$

其中， $X_1 = \delta - \delta_{r, s}$ ，

$$X_2 = \dot{X}_1$$

稳定域的边界方程

$$V(X) - b = 0 \quad (19)$$

$$\text{其中: } b = V(x) \Big|_{\substack{x_1 = \delta_{m, s} - \delta_{r, s} \\ x_2 = 0}} = \frac{1}{M} \left[r_2 P_{e, \max} (\cos \delta_{r, s} - \cos \delta_{m, s}) - p_m (\delta_{m, s} - \delta_{r, s}) \right]$$

各量的意义为：M等值惯性常数； $p_{e, \max}$ 双回线运行时的极限传输功率； $r_2 P_{e, \max}$ 切除一回线后的极限传输功率； p_m 事故前机械功率； $\delta_{r, s}$ 切除一回线后稳定平衡点的功角； $\delta_{m, s}$ 不稳定平衡点的功角。

文献[35]研究了线路电阻，发电机端电压变化、阻尼常数等对稳定域的影响，并提出了可以考虑机端电压变化的继电器方案。两种方案，原理上在故障的极限切除时刻发出失去稳定的信号。

四、稳定性监测装置的发展趋势

电力系统稳定性监测装置作为系统安全紧急控制的起动部件，对动作速度和可靠性要求极高。围绕“防止系统重大失步事故的发生，限制事故的波及范围、利于网络和负荷的尽快恢复”这一目标，目前对系统安全自动装置的研究主要集中在：

1. 发展严格的事故预测判据。

对不正常状态的监测是采取安全控制的基础，为保证在系统遭受扰动后安全运行又使局部损失最小，发展严格的失步预测判据的研究是使安全自动装置提高到新阶段的首

要课题。不同的系统结构应当使用不同的失步预测判据越来越被越来越多的人认识到。苏联、美国等无不在此点上进行大量工作，这涉及到电力系统运行的许多方面，需要继电保护工作者和系统运行方式、稳定性研究者的紧密合作，共同努力。

2. 以电力系统安全运行为目标的分层微机事故预防和控制系统迅速发展

以日本为代表的事故预防、控制系统随着微机的发展而迅速掘起，由多台微机构成一个预防、控制网络，克服分散安装、局部控制的不足，正在被更多的国家和电力系统效仿，趋势已蔓延到苏联、巴西、爱尔兰等国家，堪称发展潮流所向。

3. 寻找能对电力系统稳定事故实时控制的新理论及方法

结合稳定性控制对扰动后系统的计算时间要求极短的特点，找寻能满足速度、运算量要求的稳定性识别理论和方法，或将已有的理论在电力系统中合理应用是目前许多学者颇有兴趣的课题，正在架设理论上在线控制到实时控制的桥梁。

根据我国目前通讯技术尚不发达，远方信息的收集比较困难，新建电厂窝电严重的局面，提高现有网络的输电能力，开展以下几方面的研究具有迫切的现实意义。

1. 充分利用本地量的稳定性预测，控制装置的研究：

首先发展充分利用本地的电压电流量的装置以解决微波未上去、载波拥挤的矛盾，安装于终端发电厂，用于切机和汽门快关，缓和窝电矛盾。

2. 稳定性预测控制装置的系统研究和系列化研究：

各种监测原理互有长短，失步事故的不同阶段亦有不同的特征，考虑到最严重情况应当发展像继电保护那样的由辅助、主、后备监测系统，对稳定性的监视层层设防，互为补充，研究一些典型产品如送电端发电量控制、受端负荷控制、联络线功率控制、网络解列等系列化产品。

3. 大力开展对稳定性监测原理和方法的研究，在充分利用本地量的基础上加之少量远方信号构成较为严格的失步判据，并逐步开展对复杂系统的稳定性识别实用判据研究，由分散的局部控制向经全局协调的分层控制过渡。

4. 进一步开展计算机、微型机在安全自动装置中的应用研究，为保证起到安全自动装置的作用，对计算机的适应性和可靠性应特别重视。

参 考 文 献

1. M.Γ波尔特维伊等《电力系统稳定性的控制》 张余诚等译 电力工业出版社 1982年
2. [日] 供电常设委员会 《电力系统的分层控制》 杨蔚百等译 电力工业出版社 1980年
3. 冯载生 《刘家峡电厂的稳定控制装置》 第二次继电保护及自动装置年会论文集 1979年
4. 冯载生 《论电力系统的稳定监测装置》 第二次全国稳定工作会议资料 1983年
5. 西安交大发电教研室 《PXWK-1型电力系统稳定控制屏原理及动模实验》 西安交大科技情报室 1984年元月
6. H.TAO 《Microprocessor based protection for large generator》ph.D 1984年
7. 袁季修等《电力系统稳定控制的起动装置》 第三次继电保护及自动装置年会论文 1984年
8. 沈国荣 《SBJ-1型失步解列装置说明书》 第三次稳定工作会议资料 1984年

9. 蒙定中《1970~1980年全国电网稳定破坏事故的分析》总工程师电网研究班讲义 1981年
10. 郑奎璋等《我国电力系统中若干稳定措施的应用问题》电网技术 1983年 3—4期
11. 谢宝炎等《对我国目前一些电力系统中若干稳定措施选用方法的意见》电网技术 1983年 3—4期
12. 西安交大发电教研室译《用在网络中切换的方法改进动力系统稳定性》西安交大科技参考资料1977年8月
13. 《一个预测发电机不稳定的功率摇摆继电器》 出处同12。
14. 《一个为动力系统应用的加速度继电器》 出处同12。
15. 《一个为动力系统应用的功率变化率继电器》 出处同12。
16. 林甘川《新安江电厂系统稳定控制装置及运行概况》华东电力 1982年第2期
17. 唐国庆《应用图象识别法实行电力系统暂态安全分析》电力技术通讯 1979年8期
18. 吴青华等《发电机制动电阻的微型机控制》电力系统自动化 1985年第2期
19. 辻俊彦《对电力系统的控制》三菱关联企业科学技术讨论会 1984年10月北京
20. Juichi Saito等《Emergency prevention Control system for bulk power system》Hitach Review 1982.No.4
21. W.W.Price等《Detection and Control of power system emergencies》CIGRE 1984 39--07,
22. X.vieira F°等《National scheme for controlling emergencies in the BRAZIL IAN interconnected system》CIGRE 1984,34--04
23. T.O.berntsen等《Network protection schemes for emergency control in the norwegian power system》CIGRE 1984,34--06
24. V.narayan等《Network decoupling, load shedding and automatic network restoration due to disturbances》CIGRE 1984,34--03
25. S.matuoka等《The protective relaying system for preventing power failure-ension in bulk power systems》CIGRE 1982,34--03
26. C.W.taylor等《A new out-of-step relay with rate of change of apparent resistance augmentation》IEEE PAS-102,NO.3 1983
27. A.A.Sallam等《Catastrophe theory as a tool for determining synchronous power system dynamic stability》IEEE PAS-102, NO.3 1983
28. R.D.Brown等《A power swing relay for predicting generation instability》IEEE PAS-84, NO.2 1965
29. F.ilar等《Innovations in the detection of power swings in electric network》BBC-NO.2 1981
30. J.A.imhof 《out-of-step relaying for generators》working group report IEEE PAS-96, NO.5, 1977
31. R.Billinton《pretection system modeling in a probabilistic assessmant of transient stability》IEEE PAS-100, NO.5 1981
32. C.W.taylor 《Northwest power pool transient stability and load shedding controls for generation load imbalance》IEEE PAS-100, JULY 1981
33. W.R.Roemish等《A new synchronous generator out-of-step relay scheme part I》IEEE PAS-104, NO.3
34. W.R.Roemish等《A new synchronous generator out-of-step relay scheme part I Complete version》IEEE PAS-104, NO.3 1985
35. 《ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ АВТОМАТИКА И СЛОЖНЫЕ АВАРИЙНЫЕ ПРОДЕС-СЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКHX СИСТЕМАХ》ЭЛЕКТРИЧЕСТВО Ю.3 1984

36. 高中德《微机距离保护振荡闭锁装置研究》 继电保护分会论文 1985年

37. F.R.schleif 《A swing relay for the Eastwest intertie》 IEEE PAS-88, NO.6 1969

38. 《loss of synchrnoism protection for modern synchronous generators》 IEEE PAS-94, No.5 1975

39. 服部俊树《微机功率振幅继电器的功能与应用》 电气计算 1984 7月号

40. T.D.Brosnan等《system response during frequency dependent automatic load restoration》 CIGRE 1984 34-11

41. D.W.Smaha等《Coordination of Load conservtion with turbine-generator underfr-
equecy protection》 IEEE PAS-99, NO.3 1980

42. F.S.prabhakars等《A simplified detemination of transient stability regions for
Lyapunov methods》 IEEE PAS-94, NO.2 1975

43. B.C.widrevitz等《A digital rate-of-change underfrequency protective relay for
powersystem》 IEEE PAS--94, No.5, 1977

44. 邵洪祥《李准普洛夫直接法应用于电力系统稳定性分析中的回顾与前瞻》 全国高校电力系统及自动化专业首届学术讨论会论文 1985年

近期期刊题录

1. 对三相输电线路保护系统与故障定位系统的测量原理及技术的研究 《江西电力》86. 3
2. (1) 隐极机的运行功角与同步电抗
(2) 纵差保护电流互感器二次回路断线闭锁装置研究 《吉林电力技术》87.1
3. 电力系统微机保护用多路输出直流电源 《华北电力学院学报》87.1
4. (1) 远距离大容量交直流输电问题——高于500千伏的交流电压等级的探讨
(2) 500千伏直流输电线上的过电压研究
(3) 国外特高压输电发展的概况分析 《电网技术》87.1.
5. (1) 微机型高压线路保护装置即将投入系统试运行
(2) 高洲坝500千伏开关站, 电抗变压器保护装置动作情况简析。
(3) 远方保护音频复用通道 《电力自动化设备》86.3-4
6. (1) 345~300千伏超高压系统继电保护
(2) 输电和变电所保护和控制一体化利弊的探讨
(3) 日立FM电流差动高频保护装置
(4) 改善极化姆欧式距离继电器的输入信号
(5) UZ₉₁和UZ₉₂型高阻抗继电器的输入信号
(6) 输电线路保护继电器
(7) 东芝母线保护继电器系统——高阻抗电流差动电路
(8) 用于输电线路三段式方向接地距离保护的CXG₁D型方向距离继电器
(9) 用于输电线路三段式方向接地距离保护的CXSID型方向距离继电器
(10)GBT₂D—BT₄.GBT₃D—BT₃和GBT₄D—BT₁型差运继电器
《电力自动化设备》(译文专辑)86.2
7. (1) 345~800千伏超高压系统继电保护(连载)
(2) 500千伏主干线系统中的数字式继电保护装置的研究及引用实例
(3) 用于电气设备的继电保护装置 《电力自动化设备》(译文专辑)86.1
8. 谈相差高频保护角误差试验 《黑龙江电力技术》86.2.
(赵彦龙提供)