

苏联电力系统反事故自动装置的进展

西安交通大学 葛耀宁

一、前言

在顺利完成第六个五年计划的基础上我国开始了第七个五年计划。目前我国已拥有六大电网,其中装机容量超过1千万瓩者已有四个,由于联合电网具有能合理使用能源、提高供电可靠性和加速电力建设等一系列优点,大力发展电网已成为必然的趋势。现在西欧已形成跨国电网,苏联电网不仅全国已基本上连成一片,而且也东欧等国进行了联网,美国电力工业管理分散,但电网也连在一起。我国各大电网进一步发展和连结也在逐步进行。大电网和联合系统的出现也带来了新的问题:某一局部性故障如未及时消除,可能波及甚至危害整个联合系统,引起大面积停电。法国全国停电事故,美国纽约市大停电事故充分说明了这一问题的严重性。保证电网安全运行是一个综合性的任务,防止大面积停电事故的有效措施之一是采用反事故自动装置(我国称为安全自动装置),它是在已形成的电网中预防和消除事故及其发展的有效方法。

苏联地大物博,我国在电网发展方向与它有相似之处。苏联在电力系统建设初期,系统中唯一的反事故自动装置是继电保护,用它发现和切除故障部分以保证安全供电。在四十年代开始在系统中采用了诸如自动调节励磁、自动重合闸、备用电源自动投入和低周减载等自动装置,对系统的安全稳定运行起到了良好的效果。在五十年代,苏联建成了400—500kV远距离输电线路,开始形成统一电网。统一电网的出现对反事故控制系统提出了更高的要求,于是导致了建立一个新的技术领域——反事故自动装置。现代电网和联合系统复杂的内部联系和相互影响具有大系统的特点,最近十年来,控制论的方法已渗入这一领域,在苏联的电网中采用了反事故自动控制系统,在保证电网安全运行上起着十分重要的作用。

我国电力工业发展较快,但电网结构薄弱,加上缺乏必要的技术措施和运行管理上存在的问题,在七十年代系统稳定破坏事故曾多次发生,损失严重。81年7月水电部在大连召开了全国稳定工作会议,总结了我国的经验,讨论修订了“电力系统安全稳定导则”,近年来在加强电网规划和改善运行管理以及电力系统安全自动装置的研制方面作了大量工作,系统稳定破坏事故已大幅度降低。当前进一步开展系统安全自动装置的研究以适应电网发展的要求仍然是一项极为重要并具有重大效益的任务。本文的目的是介绍苏联电力系统反事故自动装置方面的观点和发展情况,可供我国开展安全自动装置工作的参考。

二、反事故自动装置及其作用

现代电力系统必须满足供电可靠性的要求和电能质量指标，系统自动装置为上述目的服务。反事故自动装置作为一种系统自动装置涉及系统的稳态性和暂态分析、提高系统稳定性和可靠性采取的措施以及自动装置的原理和构成等内容。电力系统大部分时间处于正常运行状态，但电力系统中的大、小扰动却是经常出现的。在系统具有必要的稳定储备条件下，小的扰动一般不致引起稳定性破坏。如果系统稳定储备不足或自动调节及控制装置不能满足要求，小的扰动也会引起稳定性破坏。大的扰动通常由短路、切除线路、变压器或发电机以及大的用电枢纽引起，大扰动对稳定性更具有危险性。在系统中出现以下状态即为事故状态：如短路、异步运行、频率或电压的危险升高和降低及设备严重过负荷等。在事故状态下已不能保证向用户正常供电，而且存在着事故向临近地区进一步发展和扩大的危险。为了消除事故并防止其发展，采用以下类型的反事故自动装置：

1. 发电机励磁自动调节装置。用它提高系统静态和动态稳定性，并在正常运行条件下保持经济运行条件的电压。
2. 发电机的有功功率自动调节装置，用它防止输电线路过载和防止稳定性破坏，并在正常运行条件下保持频率和有功经济分配。
3. 继电保护装置，用它检出故障设备并切除之。
4. 自动重合闸和备用电源自动投入装置。用以保证恢复正常供电。
5. 水轮发电机的切机、汽轮发电机的快关减载装置和切负荷装置。前者用于功率过剩系统，后者用于功率短缺系统。
6. 解列装置，在出现异步运行时，将系统分成不同步运行的部分。
7. 低周波自动减载装置，在系统中出现功率短缺时切除部分负载以防止系统崩溃。
8. 保自用电装置、在系统频率下降时，划出部分发电机组（通常是汽轮机组）专供自用电，以防受频率下降影响进一步减少出力。
9. 水轮发电机自启动、工作在同步补偿机或水泵方式下的水轮机组转换为发电机运行及发电机加载装置，用以防止频率下降。
10. 在解列部分系统中，由于水轮机组功率过剩出现频率升高，危及并联运行的汽轮机组时，切除水轮发电机的自动装置。
11. 并联电抗器的投入和切除输电线路的自动装置。用在330kV以上的系统中防止出现危险的过电压。
12. 按频率自动重合闸装置，在频率恢复正常后，使被低周减载切除的用户自动投入以恢复供电。
13. 具有同期检定和无电压检定的自动重合闸装置，用以恢复解列系统的并列运行。

以上列举的反事故自动装置在系统扰动后的不同状态发出作用，防止事故的发展和

尽快恢复正常运行。

电力系统的事故及其发展往往是一连串偶然事件相继作用的结果，各种反事故自动装置都能在一定阶段下起作用或互为备用，而每一装置的作用都在一定程度上影响事故的发展，它们作用之间的合理协调是一个相当复杂的问题，但每一装置有其特殊的适应范围。

例如继电保护和自动重合闸是防止系统稳定破坏的简单有效措施。继电保护装置可以说是反事故的先锋，在反事故中占有无可争议的重要地位。当由于某些原因出现系统稳定性破坏，系统转入异步运行时，再同步和解列装置的作用就突出出来，失步现象的检出和解列有着十分重要的意义。解列后的系统内的有功和无功平衡要由上述其它一系列自动装置承担，最后是重新投入被切负荷和恢复系统并列运行。

上述各种反事故自动装置各有其不同作用，但都在为统一的目标——反事故服务，为了适应现代系统和复杂事故过程千变万化的特点，孤立分散的装置已不能满足要求，于是反事故自动装置发展成为反事故自动控制系统。

反事故自动装置不仅与电网的安全稳定运行密切相关，而且还会对电网的规划设计产生不可忽视的影响。反之，电网的规划设计也会为反事故自动装置的合理应用和发展创造条件，为了保证电网的可靠性和供电质量，应建立发电和传输容量的储备，并建立与之相适应的操作控制系统（包括反事故自动控制系统），用发展操作控制系统减少一些传输能力的储备可以节约投资，但是不能过份强调控制系统的作用。如果在电网储备不足的情况下又不采取必要的反事故自动装置，势必导致更危险的后果。

按运行经验估算，在苏联联合系统中现在采用的反事故自动装置提高了传输功率总数约为数万万瓩，而反事故自动装置的投资约为建设等效传输能力电网所需投资的十分之一。计算结果表明，不采用反事故自动装置所引起的一次事故的最大损失可达一亿卢布。由此可以看出反事故自动装置的作用及巨大经济效益。

三、对反事故自动控制系统的的基本要求

1.可靠性和最优性。反事故自动控制系统的可靠性有着极其重要的意义，它的误动和拒动都会产生严重的后果，从而造成巨大经济损失，因此必须给予特别的重视。在考虑控制系统的可靠性时应结合事故的发展过程，对有关的自动装置提出要求。

(1)继电保护应绝对保证切除故障，继电保护应有后备保护及开关失灵保护，在极端情况下，运行人员应采取措施，确定故障点，切除故障设备。

(2)防止稳定性破坏的自动装置应保证使输电线路减载到能保持并联运行。为了保证自动装置的可靠性，防止误动和拒动可采取以下措施：起动元件双重化（由继电保护装置输出起动和由断路器的位置继电器起动等）；电压断线闭锁装置；通道双重化等，此外装置还应尽可能根据事故扰动的严重程度及持续时间确定减负荷的值。防止稳定性破坏的自动装置照例不用相似的装置作后备，这时装置拒动将导致异步运行，它将依靠制止异步运行的自动装置来解决。就是说，下一组装置将作为本组装置的后备。

(3)消除异步运行的自动装置一定要保证达到制止异步运行的目的，通常该装置

装设在线路两端,起到后备作用。当断路器一相或两相拒动出现非全相异步运行时,还采用专用的自动装置,本装置还应保证消除最严重和最复杂的状态——多频率异步事故状态,在极端情况下,运行人员应采取措施,决定出现异步运行的截面,进行手动解列。当这一装置误动时,在解列部分系统中将出现功率不平衡,可用低周自动减载或发电机减出力装置解决。

(4)反事故自动装置应保证系统状态恢复正常,低周波自动减载装置在防止大面积停电方面具有重大意义,低周自动减载应计及众多的运行方式,一年、一周或一天内的负荷变化,保证在可能出现的事态下,防止频率的危险下降,在热电厂内分出部分发电机保自用电的作法也是作为低周波自动减载的后备。

反事故自动控制系统的可靠性和最优性可由集中与分散相结合的自动装置来保证。例如,输电线路的自动减载装置可由远隔千里之外的几十个发电厂和变电所获得信息,中央自动装置收到大量信息后,即可对原始数据进行全面分析,选出最佳控制作用,在事故发生时将其传送到相应的发电厂和变电所。在这种情况下,传送信息的通道可靠性可能不高,这一缺点可在被控对象处设置简单可靠的局部自动装置来补救,消除异步运行的装置就是一例。在反事故自动控制系统中,除用起动和测量元件确定事故状态外还要进行控制,控制哪些对象、控制量的大小和以怎样的规律进行控制也应合理解决。总之,最优控制是一个相当复杂的问题,是一个力争实现的目标。

2.灵活性和适应性。

现代电力系统具有初始状态多样性和事故相继发展的复杂性的特点,为了对电力系统进行最优控制,反事故自动控制系统必需具有最大的灵活性和适应性,这就要求反事故自动控制系统能够随时掌握系统正常状态和事故发展过程的各种信息并对这些信息进行处理,及时作出符合系统实际状态的控制决策,为了适应系统状态的变化和对各种状态进行灵活处理,各种反事故自动装置各有专责,也要相互配合,在这里也对各种反事故自动装置的灵活性和适应性提出了要求。例如,继电保护装置可适应不同状态灵活地改变特性或定值;为了防止并联运行稳定性的破坏,发电机减载的多少应由事故前的送电负荷和事故扰动的严重程度自动确定;有功功率的缺额越大,低周自动减载切除的用户也增大,按周波自动分级减载就具有较大的适应性。再如,各反事故自动装置间的相互配合也要有灵活性及适应性。当继电保护装置或开关拒动延时切除故障时,要自动增大发电机减出力的数值,如果采取这一措施后仍不能防止稳定性破坏,则解列装置动作,被解列的部分应根据有功功率过剩或短缺的具体情况确定应切机或切负荷的数量和确定应切那些对象,以使负荷损失最小,又能防止事故进一步发展。

3.分层控制,这一要求是由事故发展过程的复杂性决定的,在计算机技术高度发达的今天,分层控制不仅是必要的,也是可能的。分层控制表现在地区和功能两个方面。苏联的自动调度控制系统按地区分四级:统一电力系统,联合电力系统,地区电力系统,电力工程(发电厂,地区电网),按功能划分则是由事故发生、发展和消除几个过程的特点决定的:正常工作破坏时,确定出破坏地点并将其与主网解列,恢复各系统各地区内的功率平衡,制止异步运行状态,为此要采取消除有功和无功过剩或短缺的情

况。由此可见，反事故自动控制系统的分层控制应该遵循两个原则，一个是“平衡原则”，即在功率剩余的系统中减少发电功率，在功率短缺的系统中切除部分负荷，另一个是“协调原则”它是平衡原则的补充，它利用所有系统的状态信息决定出保持系统稳定性的控制作用的允许不平衡值。

四、计算机在反事故自动控制系统中的应用

为了满足对反事故自动控制系统提出的要求，必须采用计算机。计算机具有信息的收集、储存和强大的逻辑运算能力，便于建立灵活和适应性强的控制系统。

1. 用于反事故自动控制系统的计算机

苏联用于系统自动装置中的计算机有通用机、小型机和微型机三类，在运行和自动控制系统中采用小型和微型计算机。在表1中给出了苏联操作控制系统中用的小型计算机，表2中给出了微型计算机。

在苏联越来越多地采用频率和有功功率的自动调节系统，这一计算机自动控制系统可实现分层调节，它不仅可以在运行中改变整定参数和改变自动装置的算法，而且还能进行暂态控制，在最高控制级目前已采用通用计算机，通用计算机还将用于系统和发电厂内。

计算机与各种类型的变送器、仪表、信号元件和执行机构相连接达到控制的目的。

2. 计算机反事故自动装置系统

反事故自动装置系统由三个主要部件组成，它们是：起动元件和测量元件（或总称为检出元件），控制作用形成元件及执行元件，其中控制作用形成元件是防止稳定性破坏的自动装置中最复杂和最重要的元件之一，它通常用小型机或微型机来实现。

表 1

型 号	内存容量 (千字节)	速 度 (每秒的简单运算次数)	浮点运算
Видеотон 1010Б	16 - 48	150×10^3	-
М - 6000	16 - 64	200×10^3	-
ЕС - 1010	16 - 64	400×10^3	+
СМ - 1	16 - 64	400×10^3	-
СМ - 2	16 - 256	450×10^3	+
СМ - 3	16 - 56	200×10^3	-
СМ - 4	64 - 256	800×10^3	+
ЕС - 1011	16 - 1024	550×10^3	+

表 2

型 号	位数	指令数	指令执行时间 (微秒)	总存储容量 (千字节)
Электроника С5-11	16	31	100	16-128
Электроника ИЦ-03	16	188	10-20	32-128
" 60	16	80	4-8	<64
кристалл 80	8	78	2-10	<64
В 7	8	78	2-10	<64

反事故自动装置有当地和集中两种类型。在当地类型中,反事故自动装置较为简单,就地控制,它装设在一个被控对象内(如大型水电站等)实现以下功能:确定故障前的状态和系统情况,决定出控制作用和切除部分发电机。

(1)当地型的反事故自动装置,其原理框图如图1所示。

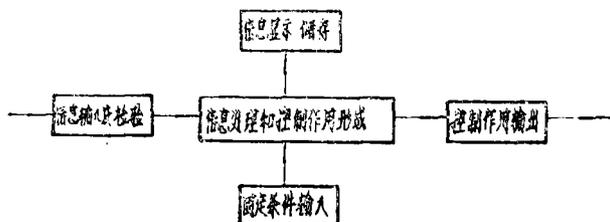


图1 当地型反事故自动装置原理框图

1)固定条件输入中的信息是预先计算好并存入计算机的,其中有:被控输电线路的表册及其相应的稳定极限;起动元件的表册及其相应的控制作用和输入信息的检验公式等。

2)信息输入及其检验的作用是对装在水电站内的由运动和变送器送入计算机的信息进行收集及一次加工,这些信息表征网络接线情况和系统状态的即时参数,在这里形成正常状态下被控网络部分的结构,确定检修接线,并且对状态参数的确实性进行校验及平均化。

3)信息处理和作用形成环节的主要作用之一是决定控制量。用计算机完成这一作用时有两种方法:一种是计算机收集相应变送器的信息,每隔10—15s按给定算法计算一次,当起动元件动作测出正常工作破坏时,准备好控制作用的输出回路,另一种方法是计算机收集所需的信息,但正常不工作,在起动元件动作后接发生事故时的接线及状态进行计算及定量。由于第一种方法在起动元件动作前一直在计算,对计算机的速度要求较低,且控制作用输出处于工作状态(此输出对应于上一次的定量计算结果),计算机突然故障产生的危险性较小,可靠性较高。

当系统接线及工况参数进入信息处理和作用形成环节后即形成根据不同事故情况下各种起动元件动作时的控制作用表。由于本自动装置具有切机和解列两种功能,因此在事故前的状态下,对每一起动元件,每隔10—15s决定一次电厂接线的解列截面和应切除的发电功率总额,然后进一步决定应切的发电机数。

(2)集中型的反事故自动装置较当地型更为复杂,它必须采集众多对象(发电厂、变电所等)的信息,其中包括正常状态的参数和接线信息,正常状态破坏的发生地点、类型及严重程度的信息等,根据上述信息决定控制作用,并传送到被控对象。

集中类型的反事故自动装置通常放在一个被控对象内或某一地点,这一地点与其它被控对象可用最短和最可靠的通道连接起来,以便传送控制命令。

现举一例说明集中类型的反事故自动装置。图2示出部分系统,其中包括一个水电厂,四个火电厂,十个变电所和高压线路,防止系统稳定破坏的反事故自动装置中包括下述元件:

1)起动元件,它们分别装在水电厂、火电厂、火₁、火₂,变电所 Π_5 、 Π_6 、 Π_3 内,用它们来确定那些线路切除。

2)集中型控制作用定量装置装在水电站内,它由两个M—6000型小型计算机组成。

3)执行元件装在水电厂和火电厂火₁、火₃、火₄内,用于切除发电机 $F_1 \sim F_4$ 。装在变电所 Π_1 、 Π_2 、 Π_6 、 Π_{10} 内的执行元件用于切除负荷 $H_1 \sim H_4$ 。

在上述电网中有三个截面I、II、III。这三个截面的功率处于被监控状态。在事故状态下,用自动减少线路负荷的方法保证系统稳定性,应减负荷的对象及减少多少与事故前的状态有关,并决定于可能的事故状态。

图3给出了集中型反事故自动装置的框图,其中包括信息收集及检验,固定条件输入,控制作用定量计算、显示存档等部分。

图中控制作用定量部分的作用如下:

1)当某起动元件动作时,

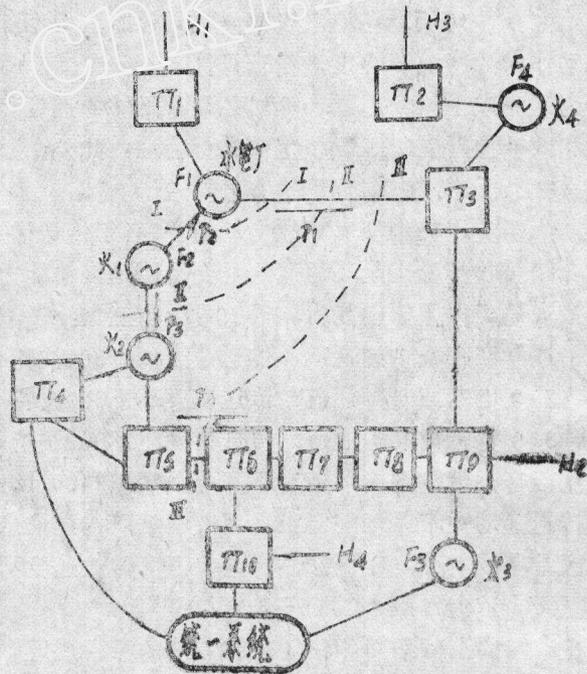


图2 部分系统接线图

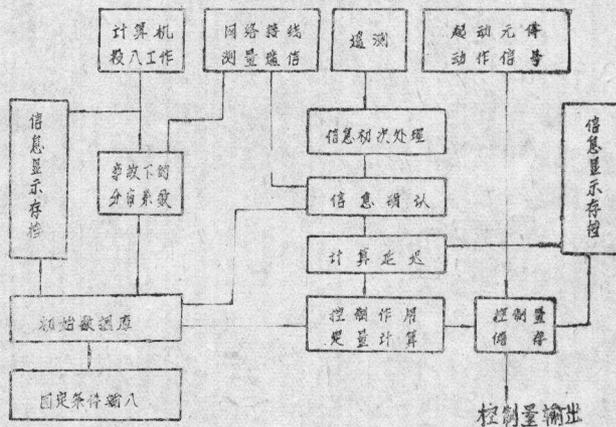


图3 集中型反事故自动装置原理框图

决定减负荷的措施(电厂减出力或切负荷);

2) 在自动装置动作后对所引起的附加功率不平衡值进行校核;

3) 当采用上述措施不能防止稳定破坏时,对解列的合理性进行评价,当与切负荷相比,解列引起损失较小时,选出解列点。

4) 按外部联系的稳定性条件,对所检查的范围内发生的有功不平衡的允许值进行控制。

5) 在切除某一输电线路或某元件时,根据保证所检查截面的稳定性对每一起动元件动作时的减负荷程度进行计算。

为了完成上述作用,计算机必须有足够的速度和存储容量,还要有足够准确的有效算法和改变自动装置工况和定值的可能性,此外,整个功能系统应该是高度可靠的。

3. 反事故自动装置的信息传送

为了实现集中型反事故自动装置,必须传送信息。传送信息所用的通道由发送、传输媒介和接收部分组成,通道的主要特性是传输能力,即每秒能传送二进制比特(bit)的最大值,按照传输能力,通道可分为三类:

1) 窄带或低速通道,传送速度低于300波特(bit/s);

2) 电话或音频通道,传送速度高于300波特(用于传送语音);

3) 宽带或高速通道,传送速度在18000波特以上。

在话音频带范围内,话音用到上限频率2400Hz也足可分辨,在2400~3400Hz的频带内传送运动或窄带低速电报、用数字编码传送信息时(如远动),通道的传送速度与通道频带宽度有关,在调频制的条件下,传送速度 V_{Π} (波特)与频带宽度 ΔF (Hz)的关系可表示为 $\Delta F = (1.5 \sim 3) V_{\Pi}$

在话路的高频段可组织4个50波特的窄带通道,或3个100波特,1~2个200波特或1个300(600)波特通道。

在反事故自动装置中用一路或多路远动脉码装置,或用专用的快动遥切装置。(BЧ-ТO—M, АНКА等)

苏联的远动多路脉码装置有TM—512, MKT—1, MKT—2, 单路脉码装置有YT—K、所有信息传送都有保护码,抗干扰能力强,能保证正确工作。

根据不同用途,对信息传送的速度和可靠性提出不同要求。MKT型和TM型脉码远动装置用于传送周期为几秒的不太重要的信息,通常用50~600波特。状态参数的测量以周期为5~30秒进行传送,其可用性不低于0.990~0.995、对于220kV重要干线或330kV以上线路,照例在线路两端测量有功潮流、系统联络线的有功潮流和枢纽点电压的测量误差不大于2~3%

在反事故装置中,除采用一般远动装置外,还用高速、高可靠性的高频遥切装置(BЧТО),可保证在0.025~0.05秒内传送起动信号或跳闸控制命令。

4. 数字机—模拟机—物理混合模拟的应用

由于复杂电力系统具有各式各样的运行初始条件和在事故过程中存在着大量的随机作用,因此预知系统的未来情况是极为困难的。复杂系统及其控制的模拟是对其运行状态

和事故过程进行系统分析的一个重要手段，上述模拟对设计、研究和实际管理工作都是非常必要的。

数字计算机有容量大、逻辑运算能力强和方便灵活的特点，在模拟计算机控制作用时更有其优越性，但是在用于操作控制时对模拟速度提出了较高的要求，数字计算机不总是能满足这一要求，在模拟系统的动态稳定性时更是如此。为了使被控对象的模拟对控制作用的反应能与原型相符，使用混合模拟是合理的。考虑到电力系统的多状态的实际条件，非标准化和非线性化的元件，还有一些不能用准确的数学式表达出来的对象，物理模拟就更有特殊的价值。目前在苏联的许多研究中心有类似上述的混合模拟装置，混合模拟装置在研究、教学和实际工作中有着广泛的用途。

五、苏联反事故自动装置的发展趋势

随着电力系统的不断发展和自动化程度的提高，电力系统中发生的所有过程都复杂化了，所谓复杂系统应理解为具有深刻内部联系的系统，它的特性与个别的系统的特性不同，这就给事故控制带来了新的问题，用控制论的方法来解决电力系统设计和运行中出现的问题也就提上了日程。控制论用于电力系统和用于其它科学技术领域一样，有自己的特点，主要是：

- (1) 对大量对象施加控制作用时有明确的目的性；
- (2) 提高控制系统的可靠性和适应性；
- (3) 控制系统集中化是以来自各发电厂、变电所等被专门处理过的信息为基础的；
- (4) 考虑被调过程与其它过程的相互关系和被控元件和系统内其它元件的关系；
- (5) 反事故控制方法和设备的不断发展；
- (6) 计算机技术在电力系统中的广泛应用。

包括继电保护装置和其它反事故自动装置是保证消除事故状态和反防止事故发展的反事故自动控制系统，不应该把状态的控制看成与设计无关的纯属运行的问题，在电力系统的规划设计时就应考虑未来的控制问题，发电容量的结构和布置方案的选择，特别是在设计联合系统电网接线和发电厂接线时，就应该考虑到系统控制的要求，自动控制装置的设计和联合系统控制方法的拟定应与网络规划设计密切结合起来。从这一观点出发，应把系统本身与其中采用的自动控制装置看成一个整体，美国的大停电事故教训表明，没有考虑好控制问题的不正确电网发展不可能保证系统的可靠工作，而在电网发展时不考虑控制问题，不仅会造成投资的浪费，并且也会给以后自动控制装置带来困难。

上述观点主张电力系统应象大系统一样建立统一的控制理论。用于电力系统的的大系统理论指的不只是地区的联合，也不只是系统中存在着大量的元件，而联合系统所具有的新的性质，这些性质是大系统的元件和分系统所没有的。

大系统控制论的性质决定于大系统内部的紧密联系，各个分系统间有着复杂的关

系，同时各个分系统和整个系统都有一定的控制目的，系统的作用就是为了适应在整个控制过程中追求这一最终目的。这样，系统控制论的概念并不认为必须从过程中排除人的作用，实际上，人的作用可以帮助解决一系列复杂算法上的难题。看来，在今后相当长的时间内，在很多情况下，人的参加还会起着决定性的作用。也就是说，不是完全自动的，而是采用人和机控制作用相结合的一种方法。

控制论用于电力系统遇到的第一个问题是大系统数学模型的建立。这方面遇到了很大困难。其原因是系统内发生的过程及其联系非常复杂，建立反映大系统所有特点的数学模型完全没有解决。这种现状迫使我们寻求新的处理原则，在有可能考虑到大系统的重要特性的同时，保持借助这种类型的模型来进行运行问题的研究的可能性。特别是专供解决暂态控制问题的系统模型，应该包括对偶然性的估计，在研究复杂系统和建立它的模型时，在解决与控制有关的问题上应以物理观点为准，这种观点使我们可能弄清楚与寻求最佳过程有关的一些数学方法的适用范围。此外，根据物理方法思考问题比根据抽象的数学方法更适合工程技术人员的条件。控制论的方法还对数学模型的预测性和适应性提出了要求，根据状态的变化对过程的发展进行预测和识别在反事故中有着重要的意义。

第二个问题是如何根据数学模型和判据具体实现控制的问题，这里不只是在发电厂、变电所和调度所采用可靠和高速的电子计算机，而且还要取得和传送大量信息和根据信息处理的结果执行控制作用。为此必须在电力系统中建设为传送大量信息所需的通道和一系列执行自动装置控制作用的伺服机构，在控制中所遇到的控制对象的惯性和外界影响的问题可用数字计算机克服。

第三个问题是最佳控制问题。这也是一个极为复杂的问题。表征最佳控制的函数和表征系统过程最佳发展的函数一样，在极值范围内是缓变的。因此在寻求最佳控制时，必须放弃试图确定出某一最佳点，而转为寻求最佳战略的方法。无论按技术指标或经济指标都应寻找某一范围，这一范围从战略上看是最佳的。最佳控制是一个最终目标，我们只能逐步地达到这一目标。

六、结束语

近年来我国的电力系统安全自动装置的研究工作有了较大的发展，取得了显著的成绩。但是，与国外先进水平相比，我国在系统安全自动装置的理论研究和应用方面还存在着相当大的差距。为了适应我国电网迅速发展的需要，参考苏联电力系统反事故自动装置的进展情况，下面提出对我国电力系统安全自动装置工作的几点粗浅看法，供讨论参考。

1. 大力开展电力系统安全自动装置的理论研究。电力系统安全自动装置有广泛的内容，它与被控制对象（电力系统）有着不可分隔的联系，鉴于当前的具体条件，我国的安全自动装置基本上还是分散的、当地的。但现代系统都是复杂系统，这就要求我们对其事故特征和控制方法进行研究，建立相应的数学模型，并在此基础上提出适用集中型或分散型的、有针对性的各种反事故判据。

2. 为适应现代系统的要求, 系统安全自动装置正在由分散型向集中型控制系统发展、在大力开展计算机在电力系统应用研究的同时, 必须抓紧电力系统中通道的建设和利用、信息传送设备和调节控制执行机构的研制, 为组成可靠的系统安全自动装置控制系统提供条件。

3. 电力系统安全自动装置控制系统的模拟对电力系统规划设计、调度运行和安全自动装置的研究有着重要的作用, 有待研究开发。

4. 系统安全自动装置的开发是一项极为复杂的综合性任务, 它涉及动力系统及其调节控制的广泛内容, 例如电力系统的机电暂态过程分析、控制论方法、继电保护技术、自动运动技术和计算机在电力系统中的应用等。因此必须打破窄狭的专业界限, 互相渗透, 相互协作, 为推动这一重要的新兴技术领域不断向前发展作出贡献。

参考文献

1. Зейлидзон Е.Д.и др. “Противоаварийная Автоматика в Энергосистемах СССР” Электричество, 1970, Ио.3
2. Веников В.А.и др. “Электрические системы—Управление Переходными Процессам Электрических Систем” 1982.
3. Беркович М А и др. “Основы Автоматики Энергосистем” 1981
4. Иофьев Б.И. “Автоматическое Аварийное Управление Мощностью Энергосистем” 1974
5. Розенблюм ф.М. “Исполнительные Органы Противоаварийной Автоматики Энергосистем” 1981.
6. Колоцкий Т В. “Повышение адаптации Противоаварийного Управления в Энергосистемах” Электричество, 1983, No.9.
7. Бушуев В.В. “Применение Цифро-аналого-физического Комплекса для исследования динамических режимов и устойчивости электроэнергетических систем” Электричество, 1983.12.
8. Колоцкий Т.В. “Эффективность противоаварийного управления в энергосистемах со слабыми связями” электричество, 1984, No.2.
9. 波尔特诺伊.М.Т. 拉比诺维奇 Р.С. “电力系统稳定性的控制” 陈金城 郑美特译 1982年.
10. Иофьев Б.И. “Противоаварийная автоматика и сложные аварийные процессы в Электроэнергетических системах” Электричество 1984, No.3