

保护继电器发展趋势

G. J. Marieni J. L. Blackburn

许昌继电器研究所马昌硕译 朱景云校

过去几年,保护继电器技术已经经历了戏剧性的变化。由于电力系统对保护继电器系统的要求愈高,以及在技术上满足这一要求已有可能,因此促进了这些变化。

根据这种情况,仔细地对这些变化进行评价,并估计其将来的影响,是很重要的问题。这个问题看来可分为两类:(1)电力系统的需要;(2)元件技术的变化。以下就这两个方面再详细地加以说明。

1. 电力系统需要继电器的特性有所改进或变化

所要求或希望成为可能的改进为:

- 1.1、具有适应电力系统发展(如输送电压提高,线路增长,串联电容器补偿等)的能力。
- 1.2、继电器特性有较大的灵活性。
- 1.3、具有在现场用手动或遥控的方法改变继电器特性、整定值和逻辑回路的能力。
- 1.4、在继电器和硬器件的可靠性经过改进提高以后,整个系统具有较低的价值。
- 1.5、具有与其他设备和系统互相连接的能力。
- 1.6、采用新的系统造型技术以降低安装费用。

2. 元件技术的变化

继电器设计者可以利用的元件技术有:

- 2.1、机电的。
- 2.2、固态的——分散元件。
- 2.3、固态的——IC(集成电路),MSI(中规模集成电路),LSI(大规模集成电路)。
- 2.4、计算机加上程序控制及外围设备。
- 2.5、混合系统——模拟/数字。
- 2.6、新的包装技术。
- 2.7、新的通信、硬器件等技术。

前两种是现在实际使用的,其余对改进保护继电器提供了可能性。

任何技术上的变化,其目的在于利用它可以达到一定的改进目标,而不是为了标新立异。这一基本原则是我们展望今后电力系统保护的思想基础。

本文结尾描述了西屋公司对于将来保护技术发展趋势的一些想法。

特高压 (EHV) 电流变换器继电保护系统

电压在500K V以上的电流互感器制造费用很大,因为在这样高的电压下,绝缘结构要求很高,因此成为保护系统的主要费用。这种情况跟半导体装置(它可以接受的输入信号电平比以往的要低得多)的应用一起,促进了研究发展一种特高压电流变换器与一种低能量继电保护的联合系统的可能性。

图1为一特高压电流变换器/继电保护系统,它利用光传输技术,将特高压输电线路上的电流信息,传送到处于地电位的低能量继电保护系统。

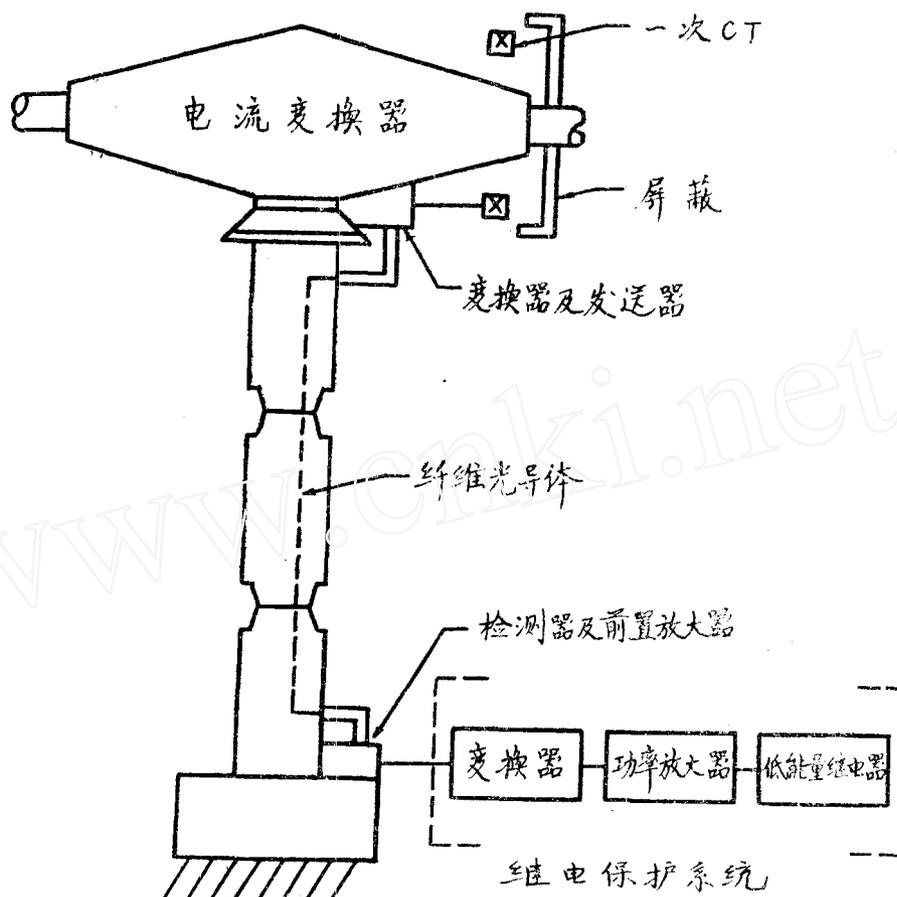


图1 特高压电流变换器和继电保护系统

从环绕输电线路安装的小形电流互感器中,获得线电流的模拟电压。这个模拟信号转换成脉冲调制信号,用来调制光发射二极管。一个玻璃纤维光导体将线路上的光能传送到地电位,然后进行译码,并还原成线路电流的模拟电压。

这种光传输技术的特点为:适用于任何想像得到的线路电压,能够产生高度准确的线路模拟量,对电磁干扰不敏感。

将特高压电流变换器的输出,放大到能使一般继电器动作的电平,已经证明是不现实的。目前继电器的动作电流是设计为与常规的5安培电流互感器连接。因此,为了完成这个

保护系统，需要一个低能量的继电器系统。

低电平的特高压变换器的输出，被放大到能够由低能量继电器系统检测出来的电平。图 2 说明从高能级的机电系统到低能级的固态系统的进化过程。从图中可见，机电式继电器的所有功能元件都属于高能级电平的范畴。当采用固态继电器时，其内部的逻辑、控制回路变为低能量的，而检测回路保留为高能级的输入，以与即将代替的机电式继电器相匹配。现在，发展一种完全整体化的低能量保护继电器系统已成为可能。

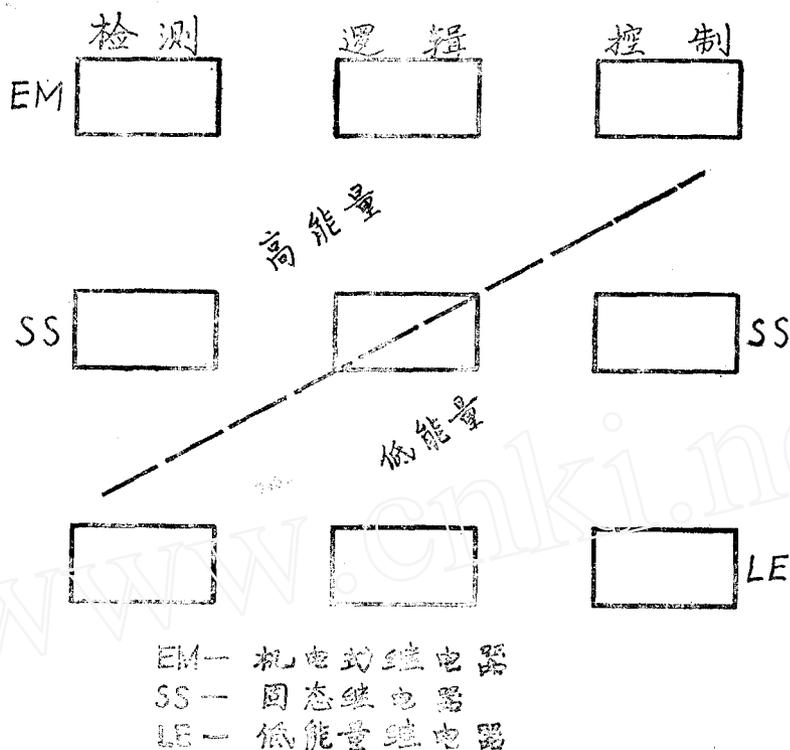


图 2 高能量与低能量的比较

变电所控制/计算机继电保护系统

电力工业已经经常感觉到需要可靠的动力。庞大的互联系统已经形成，它在需要的时候可以利用相邻系统的能量。

然而，互联系统使运行操作环节更加复杂。改进对于电力系统条件的监视和控制，是提高运行水平的关键。显然，提高监视、控制以及有关环节的自动化程度，对于改进电力系统的综合性能是一个巨大的贡献。

自动化技术的最近发展，特别是在数字程序控制计算机方面，提出了在数据处理、电力系统控制以及继电保护等方面扩大应用。图 3 说明在被控制处以尽可能多的控制容量组织控制和监视系统的方案。

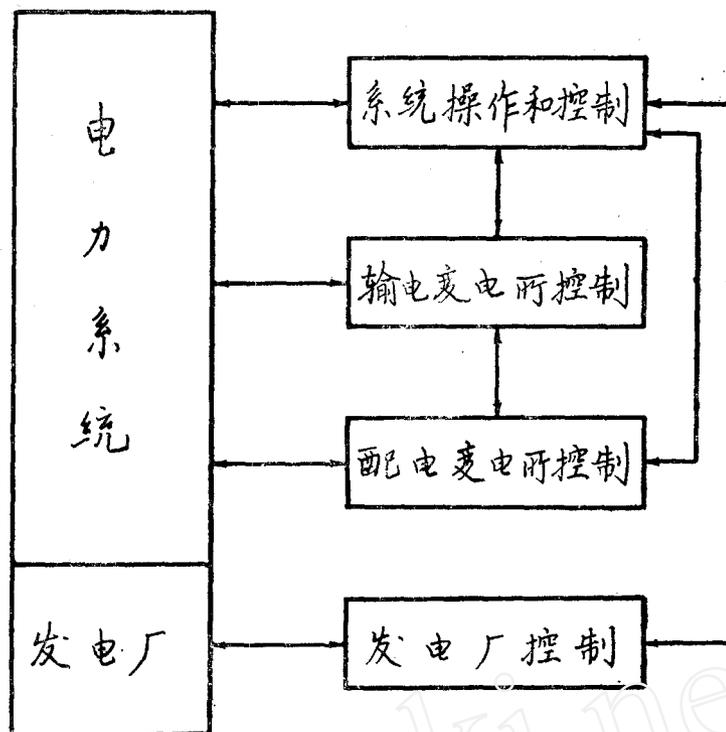


图3 电力系统自动化方案

尽管这个主题所包含的范围非常广阔，我们还是想缩小范围来考虑当前我们最感兴趣的问题，即决定继电保护装置是否可以结合在整个系统之中。

在变电所的条件下，反应故障的继电保护（post-fault relaying）看来是可行的，而且不会出现任何困难。断路器重合闸、自动分段装置及断路器失灵保护逻辑元件是正在考虑的一些典型应用。

人们常常谈到但尚未完全掌握的一个重要方面是将通用程序控制数字计算机系统用于快速线路主保护。数字计算机肯定在技术上能提供一些有利的用途。它通过连续地监视和校核系统参数，给我们提高系统可靠性提供了可能。根据这种可能，为了考察储存程序数字装置的机率、问题和限制，拟定了一项计划。我们的计划不是着眼于立即实现，而是集中于设计和投入一台实验性样机。

理论工作探讨了使用一台计算机完成变电所内全部保护功能的各个方面。这项理论研究的结果，导致发展一种实验性的通用程序控制数字计算机系统 Prodar 70，它提供一条单回线输电线路的快速相间和接地距离保护，见图4。

Prodar 70主要借用数学和逻辑技术，选择取样电流和电压的相应顺序，然后计算出视在阻抗值及电压电流间的相角。这项程序对这个阻抗和储存的范围进行比较，以决定所考虑的断路器的保护区内是否有故障。

虽然 Prodar 70只监视一条输电线路的电流和电压，控制一个断路器，然而仍然希望这一设计有助于验证用在线程序数字计算机硬器件代替保护继电器时所存在的机率、限制和问题。

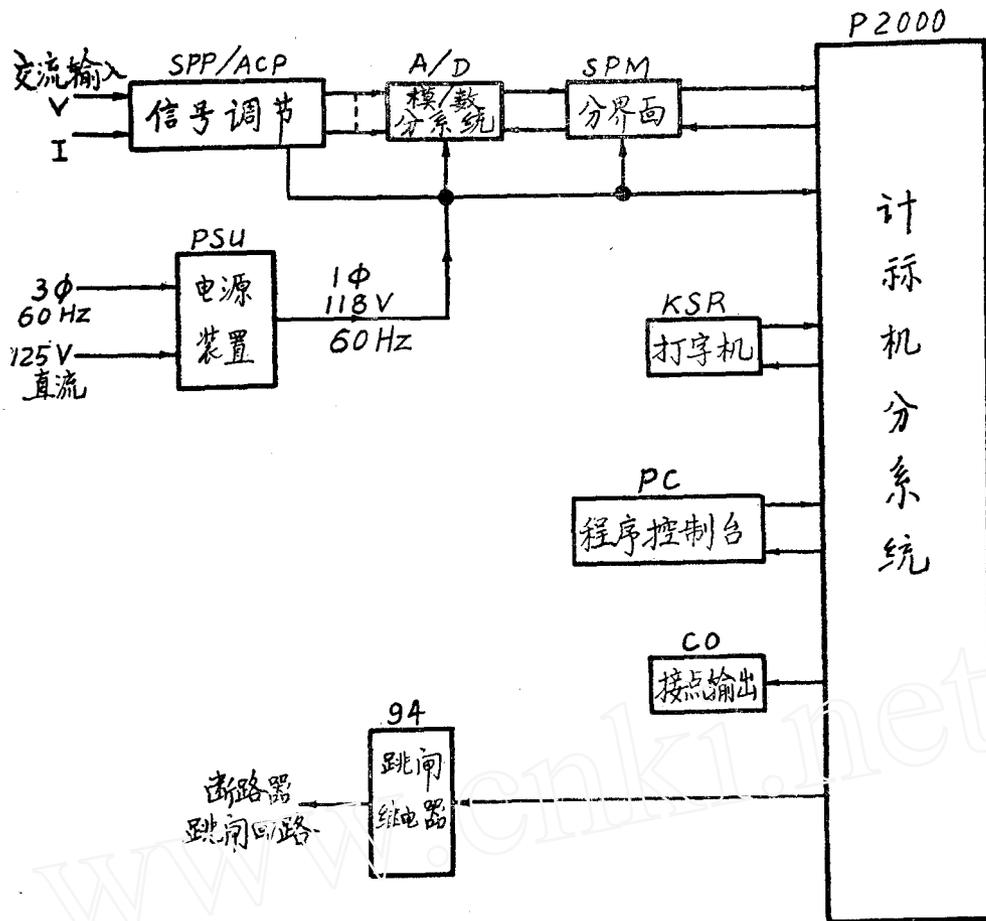


图4 计算机继电保护系统

变电所继电保护技术

目前变电所继电保护的实际情况是将全部保护继电器安装在中央控制室内，使线路和断路器的所有电流和电压信息，经过控制电缆送到控制室。当变电所的容量增大时，特别是在特高压的变电所，这种控制电缆的价值很可观，而且诸如引线压降、感应电压等因素发生问题。随着变电所计算机、低能量继电器、电流互感器的代用品的出现，以及与此类似的技术发展，用其他的办法实现变电所的继电保护成为可能。

减少发电站与变电所内用作控制、监视和测量表计的电缆数量，这一趋势看来正在付诸实现。

一种考虑方案可能是数字监视和控制系统，它利用经过考验的数字传输技术。然而问题在于用电子装置代替电缆是否经济。主要没有弄清的是电站恶劣环境对于这种电子装置的影响。

另一种可能性是“小岛概念”（island concept），它是直接将继电器安装于断路器

上。这时为了维护方便，将继电器分散，但仍保留将有用的信息传送到中央控制室。

变电所电缆价值的不断增加以及兼容技术的出现，有助于将开关站的信息量传送到控制室这一新技术的发展。

新的相位比较继电保护系统

近年来，串联补偿的特高压输电线路发展很快，这种电压为345和500KV、长度为50至400哩的线路，在美国西部特别盛行。

对于这种线路的继电保护装置，提出了许多困难的问题。图5为Bonneville电力管理局500KV线路在模拟外部三相故障时，线路两端的电流示波图。这些波形表明故障发生时和发生后含有高次谐波，还可以看出有很大的相间不平衡电流。图中虽未画出电压波形，实际上也是存在着频率畸变和三相不平衡的。产生的原因为串联电容器及其间隙闪络装置、分布并联电容及并联电抗器造成。此外，串联电容器装设在线路两端，当靠近母线处发生相间故障时，如果间隙不闪络，则会使电压反相。

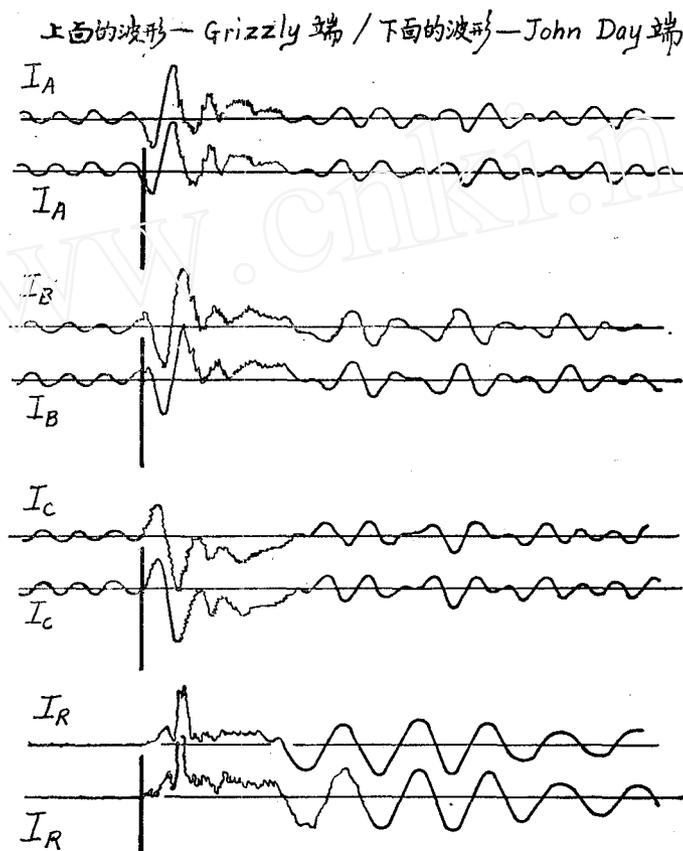


图5 外部三相故障试验(3-29-69)

BPA John Day—Grizzly No.1 500KV串联补偿线路

这种反常的电力系统行为，会使一般的继电保护系统不按预定的状态动作。为了解决这个问题，发展了一种新的继电器系统，它利用基本的电工原理，即在每根相线和地线上，在外部故障和负荷的情况下，输入电流和输出电流差不多相同。从图 6 的波形可见，它们是重叠在图 5 的波形之上的。

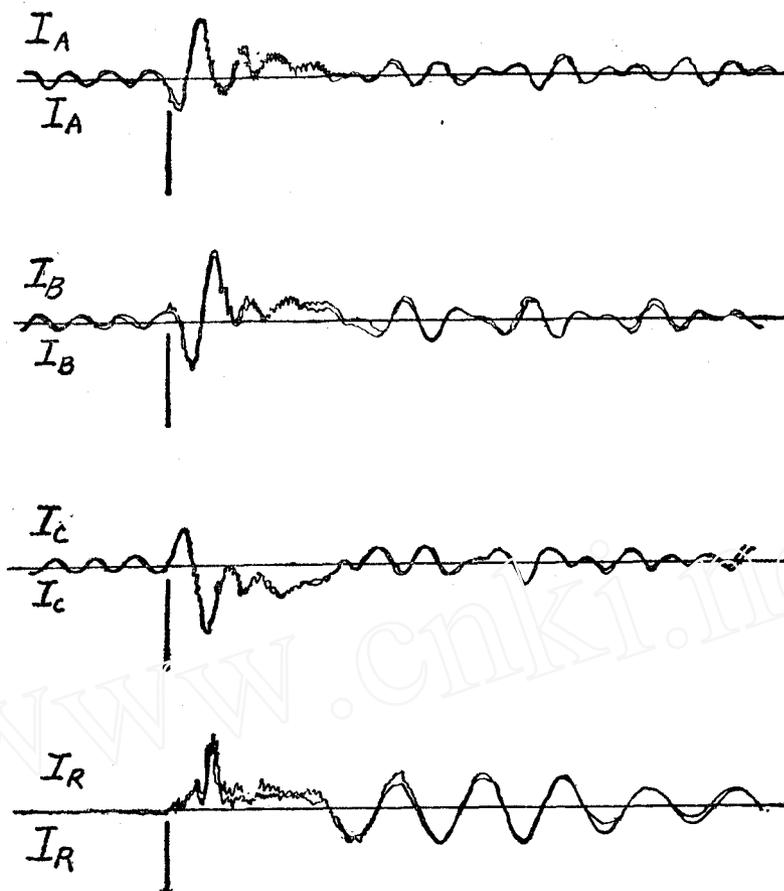


图 6 重叠故障电流

新的继电保护系统，对各相和地的电流相位，分开进行比较。这种系统称为分离的相位比较系统。这种系统的优点如下：

- 1、与频率无关。
- 2、不要求相间平衡。
- 3、不需要电压源，因此它不反应于：
 - 3.1、电容器电压反向；
 - 3.2、失步时的虚假触发；
 - 3.3、失压时的虚假触发；
 - 3.4、三相故障电压为零时的死区。
- 4、由于没有通常相位比较继电保护装置所具有的滤序器及移相元件，故动作极快。
- 5、自多余系统——对于所有内部故障，至少有两个分系统动作。

6、具有单相跳闸的能力。

另一方面，该系统需要四个分开的通讯通道，不过，当使用微波继电保护时，这不是一个严重的问题。

继电器系统设计概念

虽然固态技术在保护继电器中已占据一定地位，但是现在正在严格的考核当中，因为各个分散的元件存在着失误率。许多设备都寄希望于固态电路，特别是输电线路的继电保护装置，固态电路终究能满足我们保护的需要。实质上我们是把机电式继电器所遇到的一些问题换来了用固态元件的一些新问题。

虽然现在是重新鉴定的时期，但固态继电器已成为继电器工业的一个组成部分。当前应继续强调可靠性及获得更多的运行经验，特别是在恶劣的电站环境的情况下。

我们将继续采用固态装置，在一些认为这种技术比习用的机电式继电器有利的条件下，发展新的继电器和继电保护装置。

电力工业的需求，以及正在面临的一些复杂问题，将对统一负责的整体保护系统起促进作用。我们正在准备这一天的到来，这时系统复杂程度需要一个总的继电保护系统责任观念。这里包括系统咨询、保护系统的组装、安装及维修服务。

结 论

保护继电器技术达到今天这样的成熟，要求有一个概括的发展计划。所有新的继电器保护装置的研制，都经过了深入的研究，并在模拟的电力系统模型上进行过试验，但是最后还需要经过电力系统实践的检验，这就是现场实验室。将来到底如何？我们认为发展的趋势可能是整体继电保护系统、计算机继电保护或全固态的变电所。

译自1972年Electric utility Engineering Conference Subject No 54