

微波继电保护的方案和应用

广东省电力勘测设计院 张华青

摘 要

电力系统中,随着微波通讯的应用,可利用其微波通道来构成高压和超高压线路用的微波继电保护。由于微波通讯在我国电力系统中近几年才使用,因此微波继电保护是我国电力系统继电保护专业的研究课题之一。

微波继电保护(简称微波保护)是电力系统中高压和超高压线路用的一种全线速断保护。它能迅速地切除故障线路,消除各种短路故障,尽快恢复电力系统的安全运行。

微波保护是由继电保护,音频讯号装置和微波通道共同组成的一种保护,我国目前生产的全线速断保护包括有高频保护、线路纵差保护,但未有生产微波保护。

本文介绍微波保护的方案。包括相差式、允许式、闭锁式和远方掉闸式几种微波保护。本文着重介绍超程允许式微波保护。

微波保护一般可应用于电压为110千伏—750千伏长度为400公里以下的电力线路上。包括架空线和电力电缆。

一、概 述

电力系统随着国民经济的发展,系统越来越大,电压级也愈来愈高。电力系统在运行中,当电力线路发生故障时,应迅速把故障线路切除,以保证电力系统的安全运行。

为了迅速切除故障或为了保证系统的动稳定,要求全线速断保护,即无论故障发生在线路上任何位置,故障线路两侧的开关均能迅速掉闸。全线速断保护要求线路两侧开关的继电保护装置互相交换动作信号,以判断线路是内部故障抑或外部故障。当外部故障时线路两侧开关不掉闸,当线路内部故障时,两侧开关迅速掉闸。

全线速断保护交换讯号的方法,有用通讯电缆把两侧继电保护联成一体,构成线路纵差保护或音频联锁掉闸保护。但它应用的距离受到通讯电缆的经济上、技术上的限制,一般只限于30公里以内。我国线路纵差保护则限于10公里以内。长线路用的则是电力线载波通道,它是利用耦合设备把继电保护信号以50kc—500kc通过电力线路传输到对侧。其中又有独立载波通道与复用载波通道之分,所谓独立载波通道就是保护单独配上50—500kc的收发讯机,称为高频保护,我国现在的110—220kv线路普遍使用的就是

这一种保护。所谓复用载波通道就是保护复用在电力通讯载波机上，保护不单独配上50—500kc的收发讯机。复用载波通道能更有效地利用载波通道，我国500kv平武工程引进的保护就是复用在通讯载波机的通道上的载波保护。

由于电力系统中的保护、通讯、远动自动化都需要用通道，而电力线路为三相输电线，它的载波通道容量是很有限的，往往出现拥挤安排不下的情况。为此，随着微波技术的发展，微波通讯用于电力系统之中，它的通道容量比载波通道的容量大得多，它是一种无线电通讯，不受三相输电线的限制，通道容量根据需要可多至几百路。这么一来，电力线路两侧继电保护讯号的交换便可不限于载波通道而也可以用微波通道了。很自然地有了微波通讯，也就跟着会有微波继电保护的应用。

我国微波通讯用于电力系统中，是最近几年的事情，过去由于没用微波通讯，也就不好用微波保护，现场用了微波通讯，为了充分发挥微波通道在电力系统中的应用，微波继电保护也就成为我国电力系统继电保护的研究课题了。

微波继电保护是由继电保护装置和微波通道的结合，中间用音频讯号装置做接口，把两者联合起来，便能构成全线速断的微波继电保护。现在普遍使用的继电保护和微波通讯设备是模拟式的，因此现在构成应用的多是模拟式的微波继电保护。

随着电子计算机应用到各行各业，电力工业也不例外。数字式的继电保护装置和数字式的微波通讯设备应运而生，世界先进的工业国都在这些方面努力，数字式的继电保护装置和数字式的微波通讯设备已分别有所应用。它们互相结合构成数字式的微波继电保护一定也会实现的。

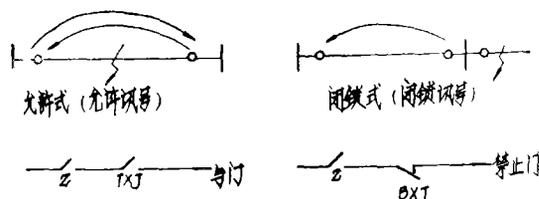
二、微波继电保护的方案

微波继电保护的原理和载波继电保护的原理基本上是相同的，不同的是载波保护用的是载波通道，复用在电力载波机上，通过三相输电线来传输载波信号的。微波保护用的是微波通道，它是由继电保护装置，音频讯号装置和微波通讯设备组成。微波保护的方案有相差微波保护，允许式微波保护，闭锁式微波保护和远方掉闸式微波保护。

相差微波保护是比较线路两侧电流的相位，由线路电流的相位控制音频讯号装置，受相位控制的音频讯号经微波通讯设备，变为微波讯号通过空间通道交换讯号，使每一侧的继电保护能对两侧的电流量进行相位比较。一般地说，同相位时判断线路是内部故障，反相位时判断线路是外部故障，从而构成线路内部故障时的全线速断的微波相差保护。其中，有单通道的相差保护，如比较 $I_1 + KI_2$ 。双通道的相差保护，分别比较 I_1 和 I_2 电流的相位。三通道的相差保护，如比较每一线电流 I_A 、 I_B 、 I_C 的相位，和四通道的相差保护，如比较每一线电流 I_A 、 I_B 、 I_C 和 $3I_0$ 的相位。载波保护由于，道的拥挤，一般用单通道，而微波保护不受通道的容量限制，便可构成1、2、3、4通路的相差微波保护。而其中三通道的按相相差，具有选择故障相的能力，在单相故障时可只跳单相开关。尤其用于同杆并架双回路，当双回路同时各发生单相接地故障时，可不致于使两回路三相全部掉闸。又按相相差用于具有串C的线路上也是很适合的。

允许式微波保护是利用方向继电器或方向距离保护的動作控制音频讯号装置，受方向或方向距离控制了的音频讯号经微波通讯设备变为微波讯号通过空间通道交换讯号，使每一侧的继电保护能对两侧的动作方向进行方向比较，同方向动作时判断线路是内部故障，不同方向（从母线指向线路的方向为正向）动作时，判断线路是外部故障。即构成与门出口掉闸，从而达到线路内部故障时全线速断的保护。其中由方向继电器构成的微波保护为方向比较允许式微波保护。由方向距离保护第Ⅱ段构成的叫超程允许式保护，由于第Ⅱ段距离保护的整定范围比全线路长一些，一般为125%，由方向距离保护第Ⅰ段构成的叫欠程允许式保护。由于第Ⅰ段距离保护的整定范围比全线路短一些，一般为80%。欠程允许式保护当在80%距离保护安装处的范围内发生短路故障时，本侧保护可直接由距离第Ⅰ段掉闸。而在线路对侧末端20%范围内短路故障时，本侧保护是由与门掉闸的。这个与门的构成是由本侧第Ⅲ段距离起动元件（其整定范围比全线路长，应不少于125%）和对侧距离第Ⅰ段动作发来的允许讯号所组成。

闭锁式微波保护也是利用方向继电器或方向距离保护的Ⅱ段动作控制音频讯号装置，受方向或方向距离控制了的音频讯号经微波通讯设备变为微波讯号通过空间通道交换讯号，使每一侧的继电保护能对两侧的动作方向进行方向比较，同方向动作时判断线路是内部故障，不同方向动作时，判断线路是外部故障，即构成禁止门出口掉闸。从而达到线路内部故障时全线速断的保护。这样构成的微波保护为方向比较闭锁式微波保护。应当指出，闭锁式和允许式不同的是，允许式是在线路内部故障时，发一个讯号给对侧，允许对侧掉闸，而闭锁式是在线路外部故障时，近故障的一侧发一个讯号给对侧闭锁对侧掉闸。反之，允许式在外部故障时，近故障的一侧不发一个讯号给对侧即不允许对侧掉闸，而闭锁式在内部故障时，不发一个讯号给对侧即不闭锁对侧掉闸。可见允许式用的是允许讯号与继电保护的与门构成与门掉闸。闭锁式用的是闭锁讯号与继电保护的与门构成禁止门掉闸。见图一所示。

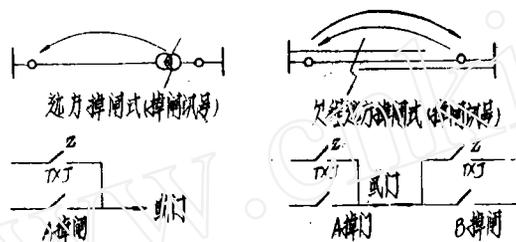


图一 允许式与闭锁式的比较

远方掉闸式微波保护是由本侧保护动作发一个掉闸讯号给对侧直接掉闸用。这种远方掉闸式可用于变压器省掉了高压侧开关的线路变压器组，可用于开关失灵（拒动）时的远方掉闸，也可用于故障时为了提高电力系统动稳定的远方切机，远方切负荷等各种用途。当用于线路变压器组时，由于线路距离保护的整定范围不包括整个变压器即 $Z = 0.7 (Z_L + Z_T)$ 。因此，当变压器内部故障时，利用变压器的差动保护和瓦斯继电器动作控制音频讯号装置，受控的音频讯号经微波通讯设备变为微波讯号通过空间

通道送到线路侧开关直接掉闸。当变压器低压侧外部故障时，变压器主保护不动作，线路侧开关不会掉闸。为了保证远方掉闸式微波保护掉闸的安全性、可靠性，最好用两套音频讯号装置，构成或门或构成与门电路出口掉闸，可根据具体情况使用。

当远方掉闸式微波保护用于两侧均有开关的电力线路上作全线速断保护时，则线路距离保护的整定范围比全线路短一些，一般为80%。当线路内部故障时，在本侧开关掉闸的同时，发出一个掉闸讯号给对侧开关掉闸。这样两侧开关互相联锁掉闸，达到全线速断。由于它的整定范围比全线短叫欠程远方掉闸式保护。见图二所示。



图二 远方掉闸式和欠程远方掉闸式

远方掉闸式和欠程远方掉闸式不同的是，前者为单向通道，后者为双向通道，且作为全线速断保护使用。

应当指出，电力线路的短路故障分为相间故障和接地故障。相间故障一般用相间距离保护，而接地故障则可用接地距离保护或方向零序电流保护。其中方向零序电流保护往往用来代替接地距离保护使用，这是由于方向零序电流保护简单可靠，且能保护大的接地电阻值的接地故障。接地距离保护，现有的产品不能有效地保护大的接地电阻值的接地故障。但由于方向零序电流保护第 I 段保护范围较短，往往不能代替接地距离保护第 I 段构成欠程式微波保护。而方向零序电流保护的第 II 段往往用来代替接地距离保护第 II 段构成超程允许式微波保护，闭锁式微波保护和远方掉闸式微波保护。

上述各种微波保护方案，均可供选择应用。

三、音频讯号装置

音频讯号装置是继电保护装置和微波通讯设备两者之间的接口装置。它是由音频发讯机和音频收讯机组成。

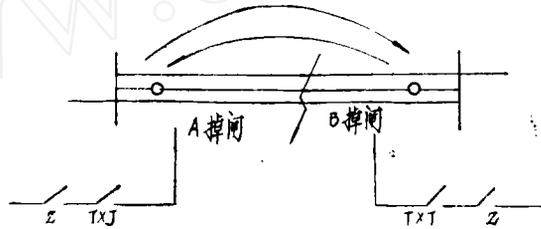
音频发讯机主要由音频振荡器、放大器和阻抗匹配器组成。音频振荡器一般用哈特莱三点电感式振荡器，也可使用音叉振荡器。为了取得较大的电平，振荡器后经放大器。为了与微波装置音频输入的阻抗为600欧相匹配，可通过阻抗匹配器以获得600欧的输出阻抗。加上键控继电器和信号灯，便可构成音频发讯机。可见音频发讯机是很简单的。

音频收讯机比音频发讯机复杂一些。主要有阻抗匹配器、收讯滤波器、放大器、鉴

频器、整流器（检波）和收讯继电器组成。阻抗匹配器是用于与微波装置的音频出口匹配，以获得600欧的输入阻抗。收讯滤波器一般用阻抗元件构成，也可用音叉滤波器实现。放大器用来把收讯电平放大之用。鉴频器和整流器用来鉴定通过的音频和变换为直流电压讯号，控制收讯出口继电器。为了保证音频收讯机工作的可靠性，附有噪声闭锁出口回路，当噪声过大使信噪比过低时闭锁收讯机出口继电器的动作。此外，还加有信号灯和警铃，以指示音频收讯机的工作状态。

音频收、发讯机采用四线制外接，即收讯机和发讯机各使用不同的接口。

当音频讯号装置采用键控移频制时，为了说明移频制的工作情况，今以超程允许式微波保护为例。正常工作时，音频发讯机发出一个较低的音频，可在500周~3000周间选取，称为监频，以监视音频讯号装置的正常工作状态。当线路发生内部故障时，线路带方向的保护第Ⅱ段动作，控制音频讯号装置的频率，从监频移为跳频，它是一个比监频较高或较低的音频。跳频和监频的频率差值可根据有关规定选用。当收讯机收到的讯号是从监频变为跳频时，收讯机的出口继电器动作。线路保护的Ⅱ段和收讯出口继电器均动作，这两个条件同时满足使开关掉闸。达到全线速断切除故障。如图三所示：



图三 超程允许式微波继电保护

四、微波通道

微波通道是由微波终端站、下话路的微波接力站、不下话路的微波接力站所组成。

微波终端站的设备有终端机、电话调制解调机、微波收发讯机及微波天线。下话路的微波接力站的设备有分路机、电话调制解调机、微波收发讯机及微波天线。不下话路的微波接力站只有微波收发讯机及微波天线。

在下话路的微波接力站采用音频转接即用分路机的音频接口，在不下话路的微波接力站则采用中频转接，即用微波收发讯机的中频接口。

微波站之间，通过天线发射和接收微波讯号，微波的频率我国采用的为8 G C，外国有采用为2 G C~12 G C的，其波长为厘米波，其传播方式为空间视线距离内直线传播，它的直线传播距离为50公里左右，是一种定向的电磁波，因此长距离的微波通道要经过一些微波接力站，构成微波接力通讯。

微波通讯设备的通道容量大，可同时供给电话、远动自动化及继电保护用。

随着电力系统的发展，原有的电力线载波通道容量有限，非常拥挤，不能满足通

讯, 远动及保护之用。因此微波通道的容量大, 可解决电力系统所需的通道容量的要求。现在电力系统中, 载波通道和微波通道是互为备用, 成为远距离通道的两种手段。载波通道利用的是电力线, 而微波通道利用的是空间直线传播。载波通道和微波通道各有优缺点, 互相共存为电力系统的通讯, 远动自动化和继电保护服务。

微波通道的缺点是微波站不一定都能设在发电厂和变电站内, 因为它是视线内直线传播, 它的建站和路由要受到地理位置的限制, 而电力系统的通讯、远动自动化和保护装置都必须放在发电厂和变电站内。而载波通道的设备则总是可以放在发电厂和变电站内的, 直接可供电力系统通讯、远动自动化和保护之用。

微波通道比载波通道的优点, 除上述它的容量大以外, 它比载波通道的优点还有:

- (1) 它与电力线无关, 为空中直线传播。
- (2) 它无需高压或超高压的耦合设备, 如耦合电容器和阻波器。
- (3) 它不受电力线故障点的影响, 而载波通道是要受电力线故障点的影响。
- (4) 在已建立微波通讯的前提下, 加装微波继电保护, 技术上是很简单的, 经济上也便宜, 由于微波通道容量大, 通路双重化或多通路的继电保护方式都能实现。

电力线路应用微波继电保护时, 应结合具体的微波通讯电路。一般不会单独为继电保护设置微波通道, 这样比载波通道供保护用是很不经济的, 但当有微波通道可用时, 只要增加音频讯号装置, 把继电保护与微波通讯设备联系起来, 花费很少便可构成微波保护。当两个变电站(或发电厂)间有微波通讯时, 此时构成微波继电保护最为有利。由于两个微波站间的距离, 一般只限于50公里左右, 当两个变电站间长于50公里的电力线路要利用微波通道时, 则要经过一些中间的微波接力站才能构成长距离的微波保护。

五、微波保护的应用

微波保护的方案已如前述, 它是由电力系统继电保护装置、音频讯号装置和微波通道所组成。电力系统中采用的通讯方式有微波通讯时, 当微波终端站、下话路的微波接力站建立在发电厂、变电站的情况下, 这些厂站间的电力线路, 便可考虑利用微波通道来构成微波继电保护。它可作为110KV~750KV, 长度为400公里以下的高压和超高压电力线路的一种全线速断保护。

根据我国继电保护装置的产品, 其中相间距离和接地距离, 或方向零序电流保护很容易构成允许式和闭锁式微波保护。其中, 相间距离和接地距离保护的Ⅰ段可构成欠程允许式或Ⅱ段可构成超程允许式和闭锁式微波保护, 相间距离和方向零序电流保护的Ⅱ段往往构成超程允许式和闭锁式微波保护。

我们和上海继电器厂, 共同研制了相间距离和方向零序电流保护的超程允许式微波保护, 如图四所示: (详细情况可参看厂家图纸)。这种超程允许式微波保护, 利用了我国有很好运行经验而且是最简单的方向零序电流保护和相间距离保护。音频讯号装置采用了键控移频制, 音频振荡器和收讯滤波器都使用了音叉。利用已有的微波通道, 投资很少即可构成线路用的微波保护。而且还可以利用距离保护和方向零序电流保护的时

限段构成线路的后备保护。

初期，我们为了使微波保护简化，只接入了方向零序电流保护，并选择用在两微波站间，而不经中间站的电力线路上以简化微波通道。

随着微波保护中允许式的应用，其它的闭锁式、远方掉闸式，以至相差式和按相差式微波保护也将在我国相继获得应用。将为我国电力事业的发展发挥它应有的作用。



图四 超程允许式微波保护柜图

上接第38页

七、小 结

1、在220千伏的高频保护通道中需要按工作频率与耦合电容值来选JL₃-3300₁₋₄分段系列产品。该产品是专门为继电保护而生产的，其特性一般说来是能满足保护要求的，在通带内衰耗小于0.1奈，两侧输入阻抗小于±20%。

2、耦合电容器低压引线为软铜片，该软铜片很容易碰底座法兰而接地，为此建议在电容器就位后接高压线前，应用摇表检测其低压引线是否有接地，以免事后返工。

3、在四台收发讯机中有多个电位接触不良，或引线端压接不好，以及收讯回路的参数变化等，说明产品质量还有待进一步提高，建议厂家加强对各元件的老化筛选工作，以保证产品的出厂质量。当然，上述问题都属早期产品存在的，据了解近几年厂家进行了不少改进工作，更换了电位器品种，加强了各元器件的老化筛选工作，产品出厂前还进行了预先长期通电考验，因而产品质量有了较大提高。