

国产继电保护专用收发信机发展——回顾与展望

赵自刚 河北电力调度通信局 (050021)

【摘要】 回顾了国产收发信机的发展历程,分析了当前收发信机的特点和存在的主要缺陷,并就今后的发展方向进行了探讨。

【关键词】 继电保护 收发信机 高频保护 回顾 展望

0 前言

以电力线载波保护为代表的高频保护,自本世纪二十年代末问世以来,由于采用了同时比较被保护线路两侧电气量的测量技术,解决了采集单端电气量保护的暂态超越问题,能以不带延时的速动段保护线路全长,从而在中、长线路的保护中得到了广泛应用。目前,高频保护已毫无例外地成为世界各国高压和超高压输电线路的主要保护方式,在保证电网的安全与稳定运行方面发挥着十分重要的作用。从二十年代末出现高频相差开始,六十多年来,高频保护不断地改进和发展,取得了长足进步,发展到今天,根据信号的利用方式、方向元件的构成以及通道的形式等,按不同的分类方法,可将高频保护分为许多种,但其共同点之一是都离不开用以沟通两侧电气量的收发信机。虽然随着通信技术的发展和电子技术的巨大进步,微波、光纤、复用载波等不同方式构成的通道相继在高频保护中采用,但因造价、易用性等多种因素的影响,自50年代国内第一套高频保护投运到目前为止,我国电网保护中一直以采用电力线作为传输通道、单频制、故障时启动发信的保护专用收发信机为主要通信方式。

1 国产保护专用收发信机发展简史

1957年,前苏联援助的阿城继电器厂开始建设。随着该项目的进展,1958年国内开

始在电力系统中采用高频保护。其收发信机型号为 - (电子管型)。1959年,阿城继电器厂仿制生产 - 型电子管收发信机,型号为 SF-1 型,从此开创了国内生产保护专用收发信机的历史。

1960年,为解决 SF-1 的操作特性达不到原仿制样机指标的问题,将振荡操作级分为两级,用两个 6T8 管来实现,推出 SF-1A 型收发信机。尽管改进后,仍存在一定的问題,该型号收发信机与阿继生产的仿苏 -2 型产品 GCH-1A 及后来许继改进后生产的 ZCG-11、12 型装置配合使用,在国内采用达 15 年之久,成为国内第一代较为成熟的收发信机。

1964年,为增大输出功率,以适用于 330kV 西北刘家峡工程,在 SF-1A 的基础上,又生产出其改进型 SF-1B。

大约从 1965 年开始,阿城继电器研究室与天津大学合作,一起研制晶体管型收发信机。因与相差高频在结构上融为一体,收发信机无单独型号。相差保护型号为 BCZ-1。该产品约在 1968 年推向市场。由于运行情况不甚理想,产品生产总量不大。

约在 1966~1967 年,有关部门和上海继电器厂开始共同研制高频保护。其型号为 BFG-1 (高频方向保护),收发信机也无独立型号。后改进为 BFG-1A。该产品在 60 年代末和 70 年代初曾在国内电力系统采用,生产总量也不大。

也是在 1967 年左右,南京电力自动化设备厂开始研制高频保护。投入批量生产的相差高频为 JGX-1 型,收发信机型号 JSF-1,属

晶体管、电子管混合型。

1968~1969年,阿城继电器还曾生产出SF-3A型收发信机。由于质量问题,未能推广。

1971年,原阿城继电器厂继电保护研究室在搬迁到河南许昌后,开始研制晶体管收发信机。当时最先研制的全晶体管收发信机型号为SF-4型。但由于功放管质量问题,未能投入正式生产。第一次全晶体管收发信机的尝试,未获成功。

1972年,许继研制出SF-5A晶体管与电子管混合型收发信机与相差高频保护装置ZCG-1A一起投放市场。该产品属过渡产品,生产总量不大。

1973年,随着国内半导体器件技术的发展,许继在SF-5A基础上再做尝试,研制成功全晶体管型收发信机SF-5B。自1974年投放市场后,由于产品质量稳定可靠,深受用户好评,在国内市场运行生产达20年之久,直到前两年才停止生产,至今仍有一定数量的SF-5B型装置在电网中运行,成为七十年代后期至八十年代中期国内最具代表性的收发信机之一。

约在70年代末~80年代初,由天津大学负责,北京电力设计院、山西电力设计院、山西中调所和原北京中调所共同研制出JGBF-500A型的收发信机,由南自厂生产。

1974年,几乎与许继厂同时,南自厂在JSF-1的基础上,研制出全晶体管型收发信机JSF-11A,运行较为可靠。但在原理接线上,JGX-11A不如SF-5B。该产品后来改进为JSF-11C。到目前为止,仍有一定数量的JSF-11C在电网中服役。

80年代初,原水电部与机械部有关专家为提高国产继电保护装置的制造水平,组成高压线路保护“四统一”设计工作组,开始进行高压线路保护装置的统一设计工作。“四统一”工作组提出的新型保护专用收发信机的技术条件较之当时的收发信机有很大提高,主要表现在防卫度、谐波电平、收信延时分流衰耗等方

面。至于其它技术指标,如直流电源电压、电源电压波动及允许载漏电平等,与旧型机没有根本的差别。

有鉴于此,阿城、南自、上继厂都不再参与研制新型收发信机,而是委托扬州电讯仪器厂和南京734厂,为其“四统一”保护研制新型收发信机。当时的6个主要继电保护生产厂中仅有许昌继电器厂仍坚持新型收发信机的研制和生产。约在1982年底,许继厂研制生产出除输入阻抗不能保持稳定、满功率下谐波电平略高,其余均符合“四统一”技术指标的SF-21型收发信机,与保护装置配合构成高频相差和高频闭锁距离零序保护。

1983年左右,扬州厂和734厂先后为“四统一”推出YBX-1(在收信防卫度方面未达到最低指标,收信输出回路在某些条件下会把10ms方波信号割断,对保护正确工作影响较大)和GSF-1型收发信机(在允许运行的最大通道裕量方面略有差距,体积较大)。其后,几经改进,扬州厂先后生产出YBX-1、PRT-1、YTX-1、YSF-10及ZBT-1型收发信机。

GSF-1/2/3自1985年投产以来,以性能稳定,调试方便等特点而受到用户欢迎。1990年又推出GSF-6型装置,在发信功率、收信裕度、传输时延及防卫度等方面都有所提高。其后,又推出体积更小的6A型机,增加了接口和通道检查逻辑插件,改进了电源和功放电路,简化了调试步骤。在6A型机的基础上,将频率做到全频段可调,形成GSF-6B型机。

约在1985年,镇江华东电力设备制造厂也按“四统一”要求推出BSF-1型收发信机(未参与“四统一”联合动模试验),现改进为BSF-6。

在80年代中期,许继还曾推出双频率的SF-6和SF-8型收发信机。由于种种原因,未能形成批量生产。

1990年左右,许继在吸收从西门子公司引进的电力线载波机先进技术的基础上,结合

此前与北京邮电学院的合作成果,研制出集成电路型 SF—500 收发信机。该装置的载供电路采用了锁相环频率合成技术,功率放大部分采用了桥式线性功率放大器,输出功率大,输出阻抗稳定,谐波电平低,线性动态范围宽,收信回路采用了超外差接收电路,抗干扰性能好,滤波器采用了引进西门子电力线载波机的先进技术,从而使收信防卫度、输出功率电平、频率稳定度、工作频率范围及载漏输出电平等指标都较以往的产品有明显提高,优于“四统一”技术要求。

1994年许继在 SF—500 的基础上又推出旁路保护专用的 SF—501 型收发信机。在现场仅需按动面板上的按键即可方便地切换频率。因其在保持 SF—500 型机全部优点的同时,于国内首次解决了载供回路、收信滤波器、衰耗器等回路的切换问题,特别是较大输出功率下,发信线路滤波器切换时的相互影响问题,及切换至较高工作频率时的输出功率下降问题,能对 10 个转代频率分别调整衰耗,从而为保护专用收发信机家族又增添了一位独具特色并深受用户欢迎的新成员。

1995年,许继在 SF—500 的基础上,推出了国际流行结构的 SF—600 型收发信机。该型机在技术指标保持 SF—500 特色的基础上,进一步精选元器件,装配工艺和外观质量均达到了相当高的水平,堪称国内一流产品。

在以晶体管和集成电路收发信机为主导的同时,1990年前后,吉林省电力局与阿城电站自动化研究所,扬州厂,南自厂与杭州电子工业学院,分别开始研制微型收发信机。

阿继的产品型号为 WSF—01,采用 MCS—51 系列单片机,重点解决了装置的动态自检问题。1990年6月在长春投入试运行,后转让给南自厂。

扬州厂的产品型号为 ZBT—1,现改进为 ZBT—1A。该机的主要特点是采用 FSK 调制方式,频带利用率高,对邻近频道干扰小,抗干扰性能有所提高,可现场调整工作频率,具有自动电平调整的功能,几乎不受线路衰耗变

化的影响。于 1994 年元月通过电力部电力机械局的鉴定。

南自厂的产品型号为 WGC—01,采用 8098 和 32010 单片机。其主要特点是,应用数字频率合成技术;功放采用高频功率场效应管;采用了新的解决拍频问题的方法,提高了可靠性;与高频闭锁保护配合时,可使用单频制,与高频相差配合时可使用双频制。

2 保护专用收发信机现状

通过“四统一”工作组卓有成效的工作和各制造厂坚持不懈的努力,并经运行单位的大力协作,近年来,保护专用收发信机取得了巨大进步。从品种上、性能上以及产品质量上,往日的收发信机均不可与之同日而语。

2.1 “四统一”收发信机取得的突出成绩

“四统一”设计的保护专用收发信机较好地协调了防卫度与传输延时这两方面的矛盾。既满足了收信防卫度指标,又达到了当传送 10ms 间隔信号时的失真度不大于 $\pm 0.5\text{ms}$ 的要求。

“四统一”收发信机的另一特点是解决了收信部分的关键问题——收信回路调幅器的参数选择。做到了在收信入口处分别加入 33dB 的 $f_0 \pm 2\text{kHz}$ 或 36dB 的 $f_0 \pm 4\text{kHz}$ 信号时,经通道预选滤波器之后,调幅器不会进入饱和工作区。此外,“四统一”收发信机还增加了一个监视通道运行状态是否正常的回路,便于运行监视。

“四统一”收发信机的发信部分,在回路结构上仍然由发信振荡级、前置放大级、功率放大级及发信滤波等四部分组成。但每个回路的具体接线方式及参数选择原则,都较以前有较大的变化。因为以往的收发信机在谐波电平,输入阻抗及并机分流衰耗等方面,都难于达到规定的指标。此外,发信机的发信滤波回路,是采用通信载波机所用的多节电感、电容回路组成的带通滤波器,而不是用单节电感、电容构成的简单串联滤波回路,从而解决了长期以来保护收发信机输入阻抗无固定数值、增

加了频率分配困难的问题。

2.2 当前国内保护专用收发信机市场巡礼

在“四统一”收发信机工作成绩的基础上,90年代以来各制造厂经过努力,较“四统一”技术指标又有所提高。当前市场上的代表机型是许继生产的 SF—500/600 及南京 734 厂生产的 GSF—6/6A/6B。二者的技术指标较为接近。某些方面,如防卫度等, SF—500/600 稍好一些。YBX—1/1K 虽在市场占有一定份额,但因技术指标和抗干扰等问题显得尚未成熟。扬州厂的其它机型,应用不多。镇江厂的 BSF—3/6 市场份额有限,共出厂约 600 余台。

SF—500/600 和 GSF—6/6A/6B 及 YBX—1/1K 收发信机的共同特点之一是在收信输入回路中,增加了一个时分门控电路。既解决了收本侧信号时的振荡衰减峰值过高的问题,又消除了同时收两侧信号时重叠部分可能出现的差拍问题。但 YBX—1/1K 的门回路较为简单,工作可靠性差,运行中甚至造成输出间断。

另一个显著特点是收信滤波回路都采用超外差接收方式,这也是历史的必然选择。其关键环节是混频管的输入必须有较宽的线性工作范围,才能保证在强干扰电平下,不丢失信号。

从实际运行情况来看,GSF—6/6A/6B 和 SF—500/600F 均不同程度地存在电源问题,除此之外,运行均较为稳定。YBX—1/1K 在运行中装置异常率偏高,功放易烧。因抗干扰能力差,曾多次造成高频保护误动。电力部电力系统自动化设备质量检验测试中心,曾于 1995 年 4 月对几种收发信机进行了抗干扰试验。YBX—1/1K 存在的主要问题是:质量控制和元器件有问题,功放易因调试不当而超载使收信出现间断,在收对端转而本端发时,收信输出可能产生间断,有些装置经常出现原因不明的无法发信现象,但有时只要推推插件或开关一次电源即可恢复正常,收信回路易因干扰而造成收信输出间断。针对上述

问题,华北电管局曾以华北调局(1995)64 号文提出整改措施,要求华北电网各单位整改;国调中心也以调网(1995)110 号文向全国转发了华北局的整改措施。其后,华北网内各单位,在扬州厂的协助下,立即进行了整改。其它省市,也根据各自情况,采取了相应措施。从整改后的运行情况来看,整改工作取得了一定效果。

2.3 当前几种主要保护专用收发信机存在的共同缺陷

与继电保护在应用微机技术后取得的飞速发展相比,国产收发信机的进步稍有逊色。其共同缺陷是:

装置中无自检回路,不能做到对运行状态进行连续的、自动的监视。不能在收、发信异常时,自动指出是本机异常还是通道问题。

不能对通道的运行状况进行连续检测。

调试工作有待进一步简化。

对高频通道录波解决的不理想,对外部输入的发信控制命令和自身工作信息无记录。

电源不同程度地存在过载保护和可靠性不高等影响保护正确动作的问题。

可喜的是,这些问题已逐步为大家所认识,目前至少已有 3 种微机型收发信机问世,但在保持现有收发信机的特点、充分发挥微机优势方面均不甚理想。

3 关于保护专用收发信机发展方向的原则设想

3.1 在保持现有性能的基础上微机化

随着计算机技术的迅猛发展,微型计算机在科学技术的各个领域都获得了广泛应用。国产微机保护的兴旺发达就是计算机技术应用于继电保护领域的成功例证。在收发信机的开发和应用上,充分发挥微机技术的优势已是历史的必然。

3.2 微机型收发信机的功能要求:

3.2.1 采用 FSK 调制方式

两侧收发信机共用一个 4kHz 频带。既

要满足收信防卫度的要求,又要保证保护对信号传输时间的要求。

正常运行时发监频信号,保护启动发信后,停发监频,转发跳频。只要监频信号存在,即使在收信入口处存在较大功率的与命令频率相同的干扰信号也不能误动。

3.2.2 依据线路乃至整个通道加工设备的衰耗变化,自动调整收、发信电平。

3.2.3 具备完善的自我录波功能

设置GPS时钟,以收到保护启动发信命令为0时刻,为各种事件记录提供标准时标。

依据监频信号,自动记录,按需打印收信电平曲线。

分类记录,按需打印外部命令(保护启动发信、远方启信、手动启信、定时检测、保护停信、位置停信、其它保护停信等)的输入时间和波形。

记录本机收信输出的波形。

充分利用收发信机的选频特性,责无旁贷的录制通道波形。

能将记录的信息通过串口输出,配置大容量电子硬盘,高速转存至软盘,具备联网功能。

3.2.4 具备完善的自检功能

整机实现连续自动检测。

当收发信出现异常时,自动准确地指出是本机故障还是通道异常。

对本机故障,能准确定位到插件。通过后台装置异常分析软件能准确定位到器件。

3.2.5 与装置同步开发符合部颁规程和运行需要的自动检验规程,最大限度地减轻维护工作量。

3.2.6 大屏幕液晶显示,全汉化菜单提示,图形界面。

3.2.7 数字频率合成,数字显示,拨轮整定,整机出厂,现场整定频率。

3.2.8 与保护的接口方式由用户现场设定

3.2.9 采用表面安装技术,全屏蔽机箱和透明导电镀膜玻璃面罩。进一步提高抗干扰能力。

可以相信,随着微机技术的应用和器件技术的发展,通过制造单位和运行单位的共同努力,国产收发信机的性能和质量必将再上一个新台阶,更好地满足高频保护的需要,为电网的安全稳定运行作出更大的贡献。

参考文献

- 1 贺家李、葛耀中. 超高压输电线路故障分析与继电保护. 科学出版社, 1987.9
- 2 王梅义主编. 四统一高压线路继电保护装置原理设计. 水利电力出版社, 1990.3
- 3 金建源. 输电线路高频保护. 水利电力出版社, 1987.8
- 4 电科院. “四统一设计”继电保护装置动模试验总结. 1985.2

DEVELOPMENT OF DOMESTIC TRANSCEIVER SPECIALLY USED FOR RELAY PROTECTION—REVIEW AND PROSPECT

Zhao Zigang (Hebei Power Dispatch & Communication Bureau, 050021, Shijiazhuang, China)

Abstract The developing experience of domestic transceiver is reviewed, the features and main shortcomings existing in the transceivers are analyzed and the developing direction in the future is discussed.

Key words relaying transceiver HF protection review prospect