

「变电站」

中压智能相控断路器在变电站无功补偿系统中的应用

文/国网安庆供电公司 余志林

高压智能相控断路器是有效抑制电力系统操作过电压和涌流以及全面提高电能质量的关键技术。对目前智能相控断路器的现状进行分析，提出并阐述了中压智能相控断路器，对比其优点，并详细介绍了其在110 kV变电站中的应用。

目前无功投切存在问题较为普遍，因此有必要对无功设备投切暂态过程进行优化治理。采用智能相控断路器提高中压系统开关的操作性能对电网的安全、稳定及经济运行具有重要意义。

中压智能相控断路器概述

中压智能相控断路器可以实现电容器组等负荷精确的过零点投切，从根本上解决电容器组投切的涌流和过电压等问题。同时该设备具备产品故障率低、使用寿命长和维护费用少的特点，在开关设备运行维护方面与常规开关设备相比具备明显优势。中压智能相控断路器主要具有以下技

术经济优势。

1) 降低设备选型和投资成本，如表1、表2所示。

2) 改善运行条件，延长设备寿命。中压相控断路器技术抑制了开关分合闸过程中的过电压和涌流，保护了开关触头、灭弧室和电容器设备，可以可靠稳定地限制电容器合分闸过电压和涌流，长期投切运行也能保证开关不重燃。有效延长断路器和电容器寿命至20年，电容器及其投切设备全寿命周期节省设备投资17%。

3) 提高开关投切可靠性，提升系统运行安全。普通开关投切无法彻底消除谐波、涌流和过

表1 智能相控断路器与常规真空断路器技术经济性比较

对比项目	智能相控开关	常规真空开关
安全性	减少了过电流，过电压，减少谐波，系统扰动较小	容易产生过电流，过电压及谐波，诱发保护跳闸，对系统扰动较大
可靠性	机械磨损小，永磁机械故障低，电气分合损伤小，适合频繁投切，动作次数没有限制	机械磨损大，弹簧机构机械故障高，电气分合损伤大，不适合频繁投切，动作次数有限制
经济性	造价稍高，全寿命周期经济优势大，具备在线监测功能，维护费用较少	造价便宜，全寿命周期内投资大，且需要一定的运行维护费用

表2 单台中压智能相控断路器与常规真空开关柜全寿命周期运行费用比较

投资项目	常规真空断路器 投资费用/万元	中压智能相控断路器 投资费用/万元	差价（真空－相控） /万元	差价率 （%）
电容器20年运行设备投资	40.9	39	1.92	4.7
开关柜20年检修投资	2.19	0.32	1.87	85.21
20年运行总费用（不含设备）	43.09	39.32	3.77	9

电压, 极端情况可以引发保护跳闸和变电站停电事故, 据调研发现, 有现场发生过投切电容器时导致了主变压器低压侧开关跳闸, 致使10 kV母线停电, 导致了电网蒙受巨大经济损失。采用相控技术可以从根本上消除上述隐患, 保证系统不受电容器投切影响, 安全运行。

4) 减少暂态谐波, 提高电能质量。电容器采用常规普通开关投切除了产生涌流和过电压, 还会有波形不规则的畸变及高次谐波产生, 而采用智能相控断路器, 可以有效遏制。

110 kV智能相控断路器在110 kV变电站的应用方案

1. 110 kV智能相控断路器的设备通用性研究

智能相控断路器主要由固封极柱、操动机构及小车等结构框架组成。智能相控断路器与常规断路器在一次设备本体上的区别主要是采用永磁操动机构代替弹簧操动机构, 相应制造断路器框架, 因此设备外形上的变化主要是由操动机构引起的。10 kV智能相控断路器主要尺寸如图1所示。

图2中, 左侧为手车式断路器, 右侧为固定安装式断路器。图中红色部分为弹簧操动机构箱, 蓝色部分为操动连杆。右侧不带手车及操作面板的北开断路器主要用作展示操动机构位置关系。

智能相控断路器与常规手车断路器尺寸比较如表3所示。

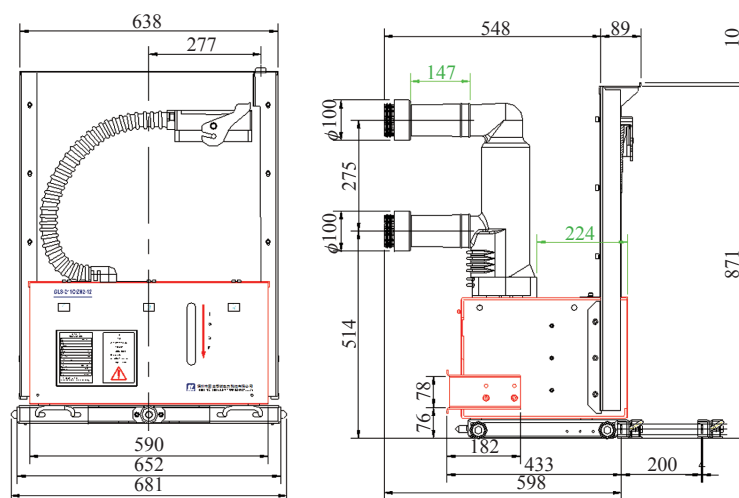


图1 10 kV智能相控断路器主要尺寸

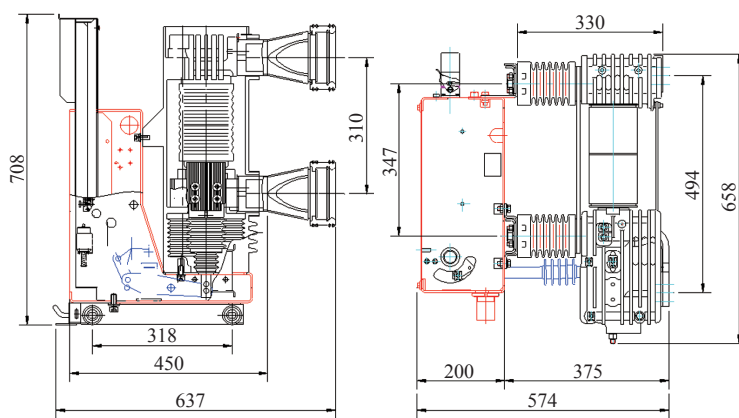


图2 常规断路器主要尺寸示意

由表3可知, 智能相控断路器主要在设备高度方面较常规断路器增加了不到200 mm高度。高度的增加主要由操动机构下置引起。宽度与常规断路器相当。操动机构下置后, 如有必要, 智能相控断路器深度可以较常规断路器大为减小, 仅为后者尺寸的不到一半。

智能相控断路器本体真空泡及接头部分与常规设备无异, 区别主要是操动机构位置由真空泡前部转移到真空泡下部, 因此深度减小, 高度增大。对于标准尺寸的KYN-28型手车式开关柜,

表3 智能相控断路器与常规手车断路器尺寸比较

对比项目	智能相控 断路器	智能相控断路器 (考虑压缩深度)	常规断路器	差异
深度/mm	598	约300	637	- 39/- 337
宽度/mm	681	681	-	-
高度/mm	871	871	708	163
体积/mm ³	0.355	0.178	0.307	0.048/- 0.129

需要通过加大断路器室高度来满足智能相控断路器的安装要求。由于断路器室下方的空间一般空置，同时高度增加不大，一般柜体均能满足该新断路器的安装要求。

如图3所示，考虑智能相控断路器的安装要求，断路器室下方仍留有足够空间。开关柜整体高度不仅满足断路器布置，其剩余高度还可以满足在断路器室下方布置带手车可抽出检修的前置电流互感器的要求。同时，因为断路器纵向尺寸不仅没有增加反而能够缩小，对开关柜后方母线室和电缆室的布置无影响。采用厚度减小的断路器还可压缩开关柜纵向尺寸或增加母线室深度。综上所述，采用智能相控断路器对开关柜布置无不利影响，并且有利于压缩开关柜尺寸或增大母线室。因此，一般10 kV开关柜布置形式均满足智能相控断路器的安装要求。

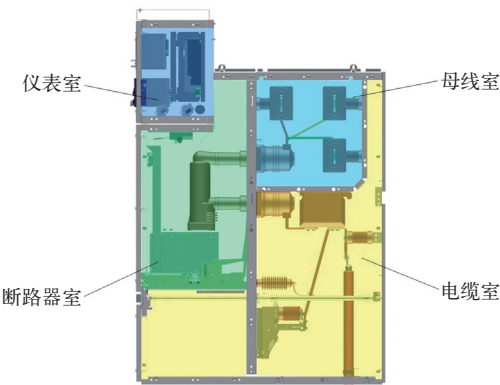


图3 高低式开关柜结构示意图

2. 开关柜间配合

智能相控断路器目前由于未形成生产规模，设备成本相对较高，经技术经济比较，较适用于电容器回路，其他回路仍采用常规断路器。采用智能相控断路器可考虑表4中的方案。

表4 智能相控断路器设备招标方案比较

	方案一	方案二	方案三
相控断路器 厂家供货范围	提供站内全套开关柜	仅提供电容器回路开关柜	仅提供智能相控断路器和相控装置
优点	单一厂家供货，配合工作量较小	设备针对性强，招标限制小，厂家界限清晰，配合难度小	设备针对性最强，对开关柜厂家限制较小
缺点	技术要求特殊，限制中标厂家	需与其他厂家提供的开关柜配合	厂家间界限不清，配合难度最大

经比较，考虑采用方案二。在依托工程招标过程中，对电容器开关柜采取单一来源采购方式，独立招标。其他厂家提供的10 kV开关柜作为主体设备，设计不受电容器柜影响；独立招标的电容器开关柜视为扩建设备，要求与主体设备保持一致。智能相控断路器厂家仅提供电容器回路用智能相控开关柜，与其他厂家提供的开关柜对接安装，采取通过开关柜母线室内主母排连接。

按照主母线室的布置形式，合作厂家可采用高低式和平顶式两种形式的柜体，两种布置结构可满足绝大数KYN28-12型10 kV开关柜的并柜要求。开关柜安装时，依次逐台地安装水平母线及柜顶小母线。各段水平母线栓接时，如单相母排非单根排，各相母排之间应垫入与母排相同厚度和材质的垫块，用螺栓拧紧，保障各段水平母线和小母线可靠联接。

3. 二次设备的智能化与通用性

中压智能相控断路器成套开关设备有机地集成了继电保护、相控技术和永磁开关等多项智能化技术，将传统的一、二次部分有机地整合在一起，使中压开关设备成为一个具备运行、控制、监测和保护功能的整体。

智能相控断路器厂家仅提供电容器回路用智能相控开关柜，与其他厂家提供的开关柜对接安装，采取通过开关柜母线室内主母排连接。设备布置于10 kV室预留空间，占用4面标准柜体空间，采用标准尺寸柜体。土建接口、电缆敷设均不需特殊设计。需要考虑的问题主要是设备招标阶段明确开关柜并柜要求，统一电气、土建接口。依托工程方案难度小，项目可实施性高。EA

(收稿日期：2017.09.11)

(编辑：刘群彦)