

配网柱上开关试验用航插万能转换头装置设计

王 晖 蓝庚生 曾金飞 罗 军 李君琳 刘静明
(国网江西省电力有限公司赣州市开发区供电分公司)

摘要：本文介绍了FTU在目前配电网中的重要地位，在运行过程中存在的问题及FTU的常规试验方法，并分析试验过程中存在的安全隐患、耗费的人力成本及FTU试验过程中的缺陷。针对这几方面的问题，设计一套柱上开关试验用航插万能转换头装置，可以通过此装置便捷调整试验接线，有效提高柱上开关试验速度和人身、设备的安全性。

关键词：柱上开关；试验；智能控制器；真空断路器；继电保护

0 引言

随着经济社会发展，对供电质量要求越来越高，电力系统运行逐渐趋于自动化，配电自动化在现代工业经济中应用越来越广泛，配电自动化技术不仅是电力系统现代化的核心支柱，而且在其他领域也扮演着越来越重要的地位^[1-2]，配电自动化设备的有效运维检修是保障配电自动化发展的重要因素。

1 FTU 运行现状

作为配电自动化中的关键环节，FTU的运行状况决定了配电自动化的成效好坏^[3]，因运行安全要求，FTU一般安装在电杆距离地面2.5m以上位置，柱上断路器安装在距离地面6m以上高度，FTU与柱上断路器通过航插线连接，航插线中间无端口且无其他接入点，如图1所示。

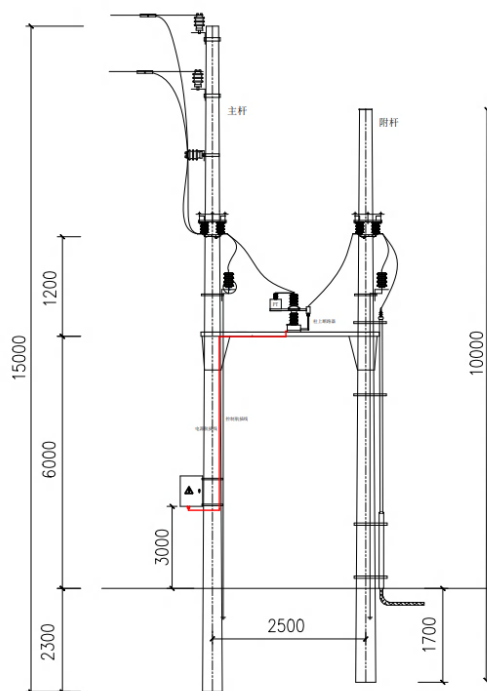


图1 柱上断路器与FTU运行示意图

基金项目：国网江西省电力有限公司科技项目资助“配网柱上开关试验用航插万能转换头”（项目编码：5218G024000F）。

现有的安装环境下 FTU 的运维存在诸多难题，主要有以下方面。

1.1 安装位置高，作业不便

不同于箱柜设备试验过程中的接线，FTU 控制器安装位置较高，在测试开关分、合闸时间，三相分合闸不同期及合闸弹跳时间及动作时间过程中还需要将实现接线接到真空断路器上，整个试验接线过程中试验人员需要根据不同试验需求频繁上下杆更换试验接线，影响试验速度。

1.2 试验存在作业安全隐患

目前 FTU 控制器的集成度较高，所有元件集中在一个相对较小的控制箱内，在减小体积的同时也减小了各端子的距离，甚至有些 FTU 没有用于接线的端子，只有焊点和触头，试验人员根据说明书接线时易发生接触不良及电压短路、电流开路问题，存在较大安全隐患^[4]。

1.3 外部电源接入不便

在现有装置试验过程中，一般需断开与真空断路器的连接防止反送电，所以试验过程中均使用控制器的蓄电池（电容）供试验用电，试验时间较长的情况下很容易出现控制器亏电无法显示、电压过低无法分合闸等问题，影响试验准确性。

2 设计思路

为了解决上述所列问题，实现试验的优化，需要逐项进行分析并列出方案措施。

2.1 将试验接线端子延长引入到地面

为解决频繁登杆接线问题，本装置设计通过航插延长线将接线延长到地面。航插插头侧通过延长线延至地面并通过航插插头接入到装置，航插插座侧通过延长线引入到地面并通过航插插座接入到装置。不同时期生产的不同型号的 FTU 可能存在航插头不适配的问题，在本装置输入、输出航插头位置设置不同型号

的航插头，并将不同航插头的针脚并联接入到集成端子，实现针脚定义的可视化，这样可以实现在地面进行试验接线调整，作业人员只需要在杆上进行一次插接即可，如图 2 所示。

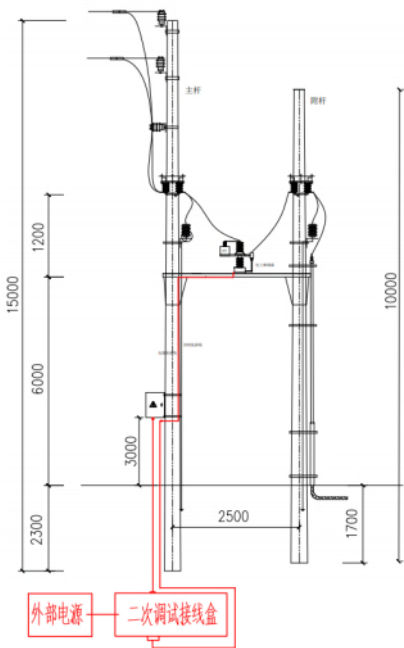


图 2 装置航插头接线示意图

2.2 将航插针脚定义自由调整

通过航插插座将 4 芯（6 芯）PT 线、6 芯电流线、14 芯控制线分别接入到装置的输入端和输出端，航插集成端子对侧设置针脚定义调整端子，通过插拔式短接线连接，正常方式下一一对应接入，特殊情况下可调整针脚定义。输入、输出端中间设置端子排，电流端子排输入端设置有短路联片便于短接电流，避免反送电，电压端子排输入端设置有上下联片便于断开真空断路器侧电压避免反送电，电压、电流端子排均可以保证输入与输出通路以确保大电流试验及互感器试验可以顺利进行。这样的设计便于电流、电压及信号的接入，同时可以有效防止短路、开路问题，如图 3 所示。

图3所示中①为输入航插单元，位于装置前侧面，用于PT、CT、控制线航插接入（至断路器侧），设置有不同型号航插接入口，航插线芯并联接入。②为针脚定义调整单元，位于装置顶面，日常默认接线不需要调整，特殊情况下可以调整针脚定义。③为带联片端子排单元（端子排两端分别为输入侧和输出侧），位于装置顶面用于断路器与控制器间电压、电流、控制信号的开断与接入，端子排有标签并设置在装置面板上以便试验接线接入。④为输出航插单元，位于装置后侧面，用于PT、CT、控制线航插接出（至控制器侧），设置有不同型号航插接出口。

二次调试接线盒示意图

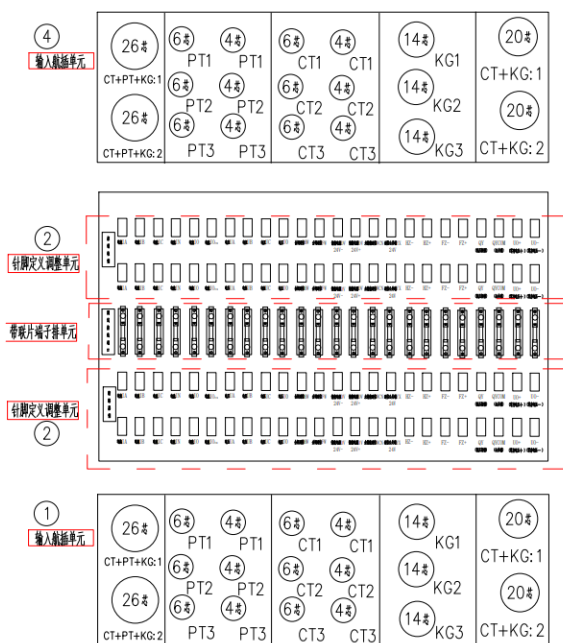


图3 装置内部接线示意图

在接入本装置后，试验过程中只需要将继电保护测试仪电压、电流分别接入到端子排单元的输出侧，断开端子排联片并在电流端子输入侧短接即可实现试验的可靠接线。

在进行互感器特性测试过程中只需要将互感器测

试仪的电压、电流接入到端子排单元的输入侧，断开端子排联片并在电流端子输出侧短接即可实现互感器试验的可靠接线。

需要测试断路器最低动作电压、开关动作特性时可将开入量接入到控制电缆端子排处测试回路响应时间及实际输出电压值。

2.3 接入外部电源

设置外部电源接入插座，图4所示⑤为外部电源单元，位于装置左侧面，用于外部电源接入供FTU试验用，设置有外接插座（220V带漏电及熔断保护装置）、110V/220V变压器、逆变器和四个电压输出端口，电压输出端口为端子电源接线，可接入到电压航插回路为控制器供电。可适配不同电压（交流/直流、110V/220V）的FTU设备，实现试验过程中FTU的电池续航和整组传动试验的可靠测试。

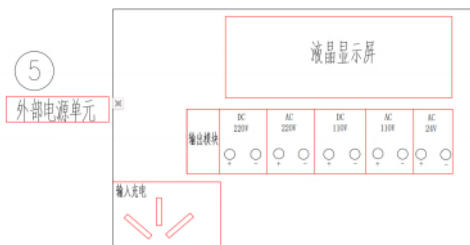


图4 外部电源单元接线示意图

3 产品测试

完成本装置设计后开展了成品测试，便于了解装置的性能及实用情况。分别开展应用本装置和不应用本装置的整组传动及开关分合闸时间测试的整体试验时间测试，分别记录准备时间（读说明书、找FTU控制器内部接线图及辨识控制器端子，其中第1次至第4次先进行不应用转接头的试验，第5次至第8次先进行应用转接头的试验，以便减少因熟悉图纸产生的时间误差）、接线调整时间和试验时间，试验情况如表1所示。

表 1 应用装置前后试验时间测试

(单位: min)

试验次序		第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	平均
控制器型号		DF9311	YT-F3	BF1-1F	PDZ810	BF2-1D	FT-F21	TCHN-500	ZX8650	
不应 用转 接头	准备时间	13.2	15.2	16.3	15.8	10.6	11.8	13.3	15.3	13.94
	接线调整 时间	12.7	12.8	13.6	11.7	12.8	14.9	9.4	15.8	12.96
	试验时间	6.5	6.8	6.4	6.5	6.8	6.9	6.2	6.6	6.59
应用 转接 头	准备时间	4.5	5.3	4.8	5.8	6.8	6.7	6.4	7.1	5.93
	接线调整 时间	8.7	9.3	8.4	8.2	7.7	8.2	8.6	7.5	8.33
	试验时间	6.6	6.7	6.5	6.4	6.6	6.8	6.5	6.7	6.60

4 结束语

通过产品测试结果可以看到, 本装置设计通过制作一个转换器将需要在 FTU 上进行的试验接线引入到地面终端进行接线, 且所有接线可灵活调整、安全可靠、同时可持续供给 FTU 外部电源, 达成以下几个方面目标。

4.1 接线灵活便捷

在本装置设计中, 接线端子排可灵活调整航插角定义, 可进行断路器与 FTU 控制器的二次线开断, 可灵活接入电压电流并进行开路及短路, 可接入外部电源供给 FTU 控制器使用, 可灵活接入开入开出量等。

4.2 节约试验时间

本装置设计所有航插定义针脚通过引下线引入到接线端子排, 在准备阶段直接识别航插定义即可, 不需要了解内部接线情况, 同时调整开入开出量时可以在地面接线端子排处进行操作, 避免频繁登杆节约试验时间。从测试结果来看, 准备时间上应用转接头相比传统不应用转接头节约 8min 左右, 接线调整时间可以节约 4.6min 左右, 总试验时长可以节约 12.6min, 试验效率提高 37.7%。

4.3 试验安全可靠

试验接入的电压、电流线均采用插拔式接线通过

端子排接入到 FTU 控制器, 相比传统试验技术中只能将试验接线夹在 FTU 控制器空间内部连接处接触更加稳固良好, 相别分辨清晰且不容易出现短路、开路问题, 可以有效避免加压过程中短路、开路的安全隐患, 提高试验安全性和效率。

4.4 持续设备供电

试验时断开电压端子连片, 在 FTU 控制器侧端子排接入外部电源供电 (可以适配交流、直流, 110V/220V 等不同电压的 FTU 设备), 避免反送电到组合互感器, 同时可保证 FTU 不因试验时间较长造成控制器亏电, 相较于传统试验技术中只能通过断开航插线防止反送电有着电源接入方便、可靠的优点。

参考文献

[1] 王鹏. 配电自动化在现代工业经济中的应用及发展趋势 [J]. 现代工业经济和信息化, 2024, 14 (10): 131-133.

[2] 陈继盟. 智能电网中配电自动化关键技术与应用案例分析 [J]. 中阿科技论坛 (中英文), 2024 (11): 55-59.

(下转第 92 页)