

10kV 配电变压器二次回路 设计优化和改进

张 鹏

(中国石油天然气股份有限公司广西石化分公司 PMT5)

摘要：本文介绍 10kV 配电变压器二次回路的传统设计方案，对其设计中存在的不足之处进行详细阐述。

在某大型石化项目详细设计阶段，对本项目 10kV 配电变压器二次回路的设计方案进行优化和改进，从而提高了某石化公司供电系统的可靠性。

关键词：配电变压器；二次回路；优化

0 引言

10kV 配电变压器虽不是电力系统中的重要电气设备，但它却是电力系统中大量使用的常用电气设备。二次回路虽非输变电设备主体，只是对一次设备进行监控、监测、调节和保护，但它是变配电所电气系统的重要组成部分，是电力系统安全、经济、稳定运行的重要保障。

针对石化装置的供电系统，10kV 配电变压器是其供电系统中不可或缺的组成部分，它的安全可靠运行关系着整个生产装置的平稳运行。其二次回路故障或错误接线将严重影响供电系统的正常运行，保护的拒动和误动可能会造成电气设备损坏甚至供电系统恶性事故的发生，会对生产装置造成无法挽回的损失。因此，10kV 配电变压器二次回路在设计时就应做到正确和合理，其设计的优化也是非常必要的。

1 10kV 配电变压器二次回路传统设计

二次回路是指用来控制、指示、监测和保护一

次电路运行的电路。二次回路主要由监测回路、断路器控制回路、信号回路、保护和自动装置回路等组成。10kV 配电变压器的二次回路通常包含高压（10kV）侧和低压（0.4kV）侧两部分二次回路，以下为其二次回路传统设计的介绍。

1.1 高压侧二次回路

10kV 配电变压器高压侧馈线开关通常选用高压断路器，高压开关柜配置测量表计和带电显示装置，保护装置采用微机型保护装置，其二次回路的控制电源均为直流。在高压侧二次回路中，监测回路包括电流和电压的监测，可通过测量表计对变压器高压侧运行电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数、有功电能、无功电能等进行实时测量，带电显示装置可监测一次侧是否带电，其高压侧监测回路接线如图 1 所示。高压侧电流通常由电流互感器进行测量，图 1 中 1LH 电流互感器接测量表计，2LH 电流互感器和 3LH 零序电流互感器接保护装置；高压侧电压取自母线电压互感器，如图 1 中 YMa、YMb、YMc、YMn

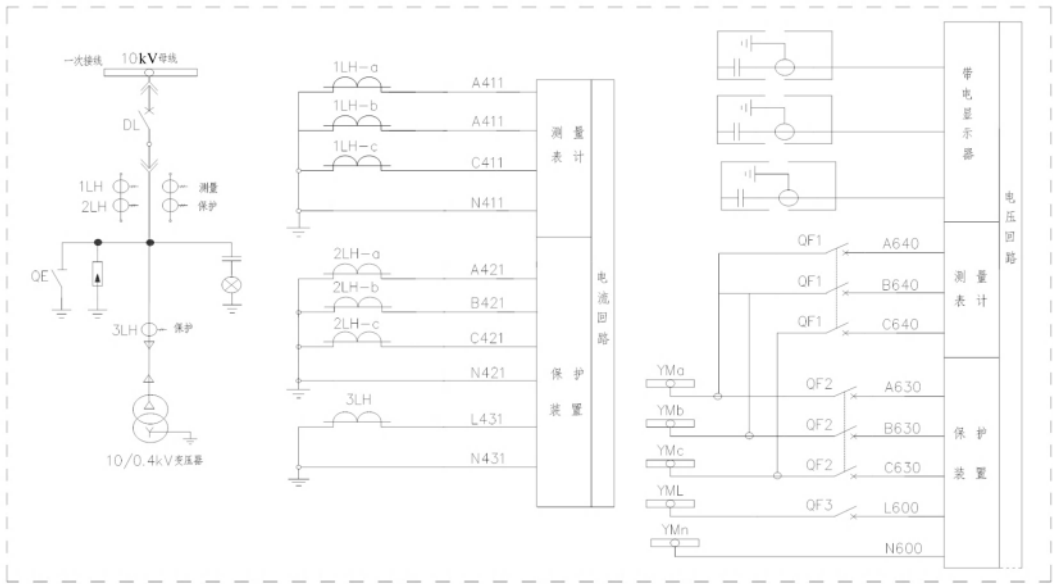


图 1 10kV 配电变压器高压侧监测回路传统设计图

所示分别送往测量表计和保护装置。

10kV 配电变压器高压侧保护及控制回路接线如图 2 所示，其中断路器控制回路包括手动控制、遥控和保护跳闸等方式，用于控制变压器的停送电操作；信

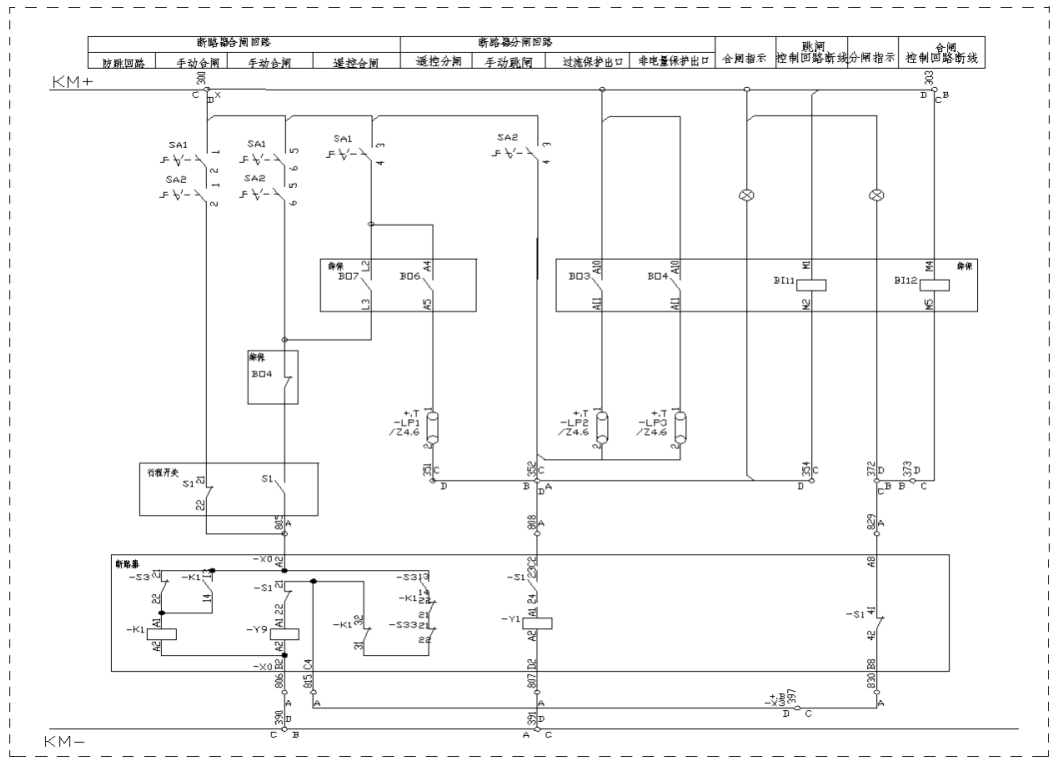


图 2 10kV 配电变压器高压侧保护及控制回路传统设计图

号回路包括事故信号、报警信号、位置信号和控制信号等，所有信号可根据需要通过监控系统向电气运行人员发出相应的信号；保护和自动装置回路主要是用来切除变压器的故障，自动投入备用电源缩短停电时间。

1.2 低压侧二次回路

10kV 配电变压器低压侧进线开关传统设计选用带保护功能的框架断路器，低压柜通常配置多功能表，用于测量变压器低压侧运行电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数、有功电能、无功电能等参数，其二次回路的控制电源取自进线开关上端交流

电源。
变压器低压侧主要监测其运行电流和电压，电流通常也由电流互感器进行测量，图 3 中 TA1-TA3 电流互感器用于测量低压侧的电流，送至多功能表；其电压直接取自母线送至多功能表，图中 1kV、2kV、3kV 为低电压继电器用于检测电压是否失压；图 4 中 TA4 主要为电流取样，送电容器柜用来调节功率因数。传统设计的 10kV 配电变压器低压侧监测回路接线如图 3 所示。
传统设计的 10kV 配电变压器低压侧控制回路

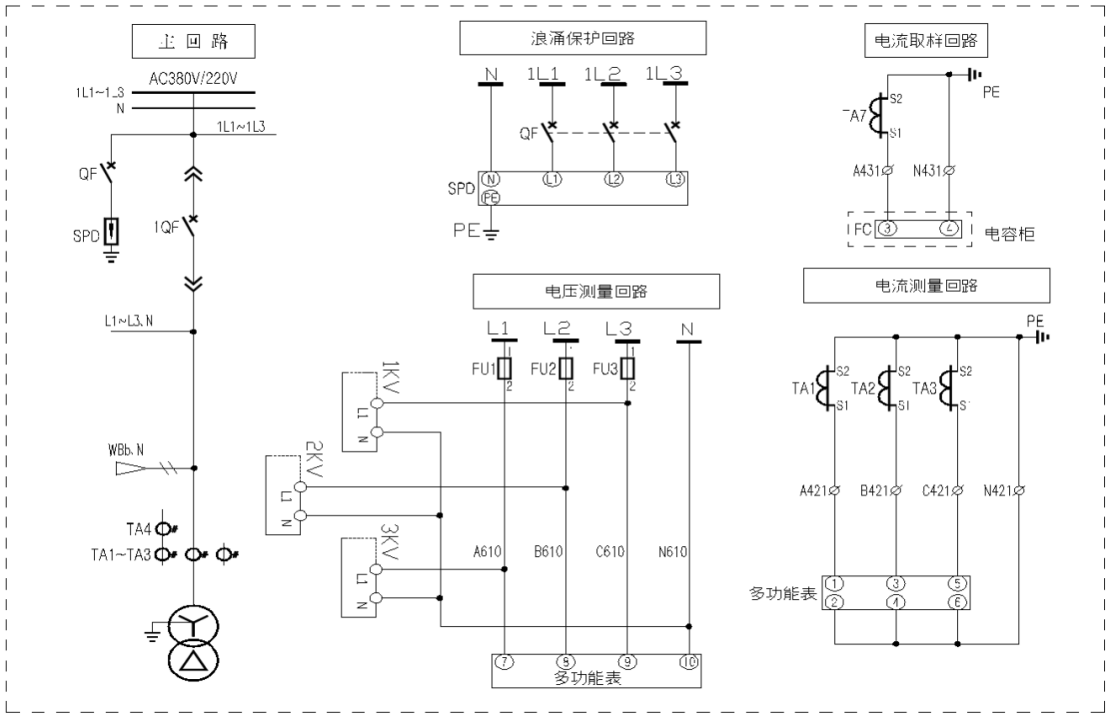


图 3 10kV 配电变压器低压侧监测回路传统设计图

主要包括手动合闸、手动分闸、自动分闸、失电延时、断路器储能、分合闸和故障指示等部分，其低压侧保护回路主要依靠框架断路器自身所带的保护装置

实现。图 4 为传统设计的 10kV 配电变压器低压侧控制回路接线图，其中自动分闸回路主要为母联备自投切除电源进线的控制方式。

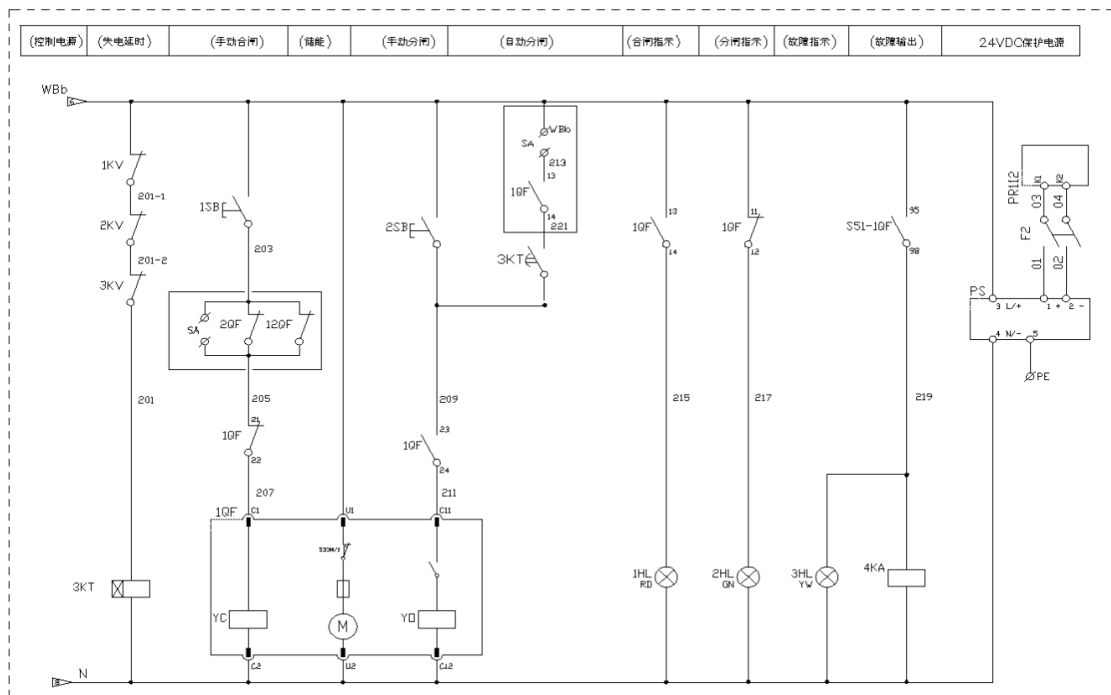


图 4 10kV 配电变压器低压侧控制回路传统设计图

2 10kV 配电变压器二次回路传统设计不足之处

经过多年的运行经验，10kV 配电变压器二次回路传统设计虽能满足日常的运行要求，但在许多方面还存在一定的不足之处。

2.1 变压器低压侧进线开关无远程遥控操作功能

电气设备的遥控是电气行业所谓的“四遥”之一，遥控功能主要指对电气开关控制设备进行远程控制。电气遥控的好处就在于被遥控设备接收到控制命令时自动实现分合闸控制，操作人员可不在设备现场而在离设备较远的监控系统处。因此，若电气开关设备存在一定的缺陷或隐患，在分合闸时出现短路或崩烧的情况，也不会造成对操作人员的伤害，将大大加强人员的操作安全。在 10kV 配电变压器传统设计中，高压侧馈线开关通常接入变电所监控系统中，而低压侧进线开关通常不接入，所以通常低压侧进线开关无法实现远程遥控。

2.2 高低压侧开关操作回路中无电气防误操作的设计

在 10kV 配电变压器传统设计中，高低压侧开关的手动合闸控制由开关柜上的操作开关进行控制，高压侧开关遥控合闸控制由综合保护装置输出结点 BO7 来控制，但在防止开关误操作方面未采取任何有效措施。因此，若操作人员因疏忽而走错间隔进行操作，将会造成人身和重大设备事故发生。

2.3 变压器低压侧进线开关保护装置无法校验

针对 10kV 配电变压器二次回路的传统设计，低压侧进线开关通常选用带保护功能的框架断路器。由于框架断路器和保护装置为一体化设备，保护装置只能靠一次侧施加电流的方式进行校验，而通常低压侧框架断路器的额定电流值较大（通常为 630~5000A）。对于长延时过流整定值一般为 0.8~1 倍的额定电流，大电流发生器基本可以满足其校验；而瞬时过流和短延时过流的整定值一般为额定电流的

6~10 倍，大电流发生器无法输出如此大的电流，也无法对瞬时过流和短延时过流保护进行校验，从而无法保证保护装置动作的可靠性。

2.4 变压器上下游无操作联锁功能

电气安全工作规程中对电气倒闸操作有明确的要求，对于变压器停电操作应先停负荷侧后停电源侧，送电则先送电源侧后送负荷侧。10kV 配电变压器通常高压侧为电源侧、低压侧为负荷侧，停电则应先拉开低压侧进线开关后拉开高压侧馈线开关，送电顺序相反。在其二次回路传统设计中，变压器高压侧和低压侧断路器之间并无上下游操作联锁，可能会因操作人员失误而造成误操作的可能，因此只能人为按照正确的操作顺序操作才能保证变压器倒闸操作的正确性和安全性。

2.5 变压器上下游无联跳功能

对于 10/0.4kV 配电变压器而言，高压侧馈线开关跳闸（不论保护动作跳闸或手动跳闸或自动跳闸）时，变压器低压侧也相应失电，因此高压侧馈线开关跳闸与变压器两侧跳闸效果相同；变压器低压侧开关跳闸若是由于母线故障所致，低压母联开关保持断开状态以隔离配电系统故障，变压器空载输出将无任何意义，此时低压侧进线开关跳闸与变压器两侧跳闸效果相同。对于上述两种情况可在变压器上下游开关的二次回路中增加联调功能，以便更加准确和快捷地实现开关控制，但在 10kV 配电变压器二次回路的传统设计中并未考虑上下游联调功能。因此，变压器上下游无联跳功能也是其设计中的不足之处之一。

2.6 变压器非电量保护送至高压侧存在一定的风险

在 10kV 配电变压器二次回路的传统设计中，变压器非电量保护通常送至高压侧保护装置中，通过保护装置中非电量保护出口跳变压器高压侧馈线开关。由于部分 10kV 配电变压器与高压侧馈线开关距离较远甚至达几公里远，若二次电缆屏蔽不好且长期处于

强电磁场环境中，其保护回路会感应出较强的干扰信号，从而导致变压器非电量保护误动。因此，变压器非电量保护送至高压侧存在一定的保护误动风险。

3 10kV 配电变压器二次回路设计的优化和改进

在项目详细设计阶段，通过参考国内外电气先进设计理念，并分析了 10kV 配电变压器二次回路传统设计的不足之处，为提高供电系统的可靠性，保证生产装置的长周期运行，对本项目 10kV 配电变压器二次回路的设计方案进行优化和改进。

3.1 优化和改进措施

1) 完善变压器低压侧进线开关远程遥控操作功能。低压侧进线分合闸控制回路中增加遥控分合闸回路，开关柜增设“就地/远方”转换开关用于就地操作和远方遥控操作的选择，为低压侧进线开关提供了多种操作方式。

2) 在变压器高低压侧开关操作回路中增设电气防误操作的设计。变压器高低压侧开关手动和遥控合闸回路中加装编码锁，通过接通或断开电气合闸回路对其合闸操作进行闭锁，可有效防止人为或自动化系统对电气设备产生误操作。

3) 变压器低压侧进线回路采用“无保护框架断路器+微机保护装置”的组合方式。采用此方式将断路器和保护装置进行分别配置，可大大提高继电保护的灵敏性和可靠性，也解决了因一次侧过流保护定值过大而造成无法校验的问题。其次，微机保护装置具有逻辑编程功能，母联备自投不再使用低电压继电器，将大大简化变压器低压侧的二次回路。

4) 增设变压器上下游操作联锁功能。在 10kV 变压器高压侧馈线开关合闸回路中增加了低压侧合闸允许信号，只有低压侧进线断路器在工作位置且处于分闸状态时，上游馈电断路器才能合闸；其次，在 10kV 变压器低压侧进线开关合闸回路中增加了高压

侧合闸允许信号，只有变压器的上游馈电断路器在运行位置合闸后，才能合下游进线断路器。

5) 增设变压器上下游联跳功能。10kV 变压器高压侧馈电断路器跳闸（不论保护动作跳闸或手动跳闸或自动跳闸）时，应断开变压器两侧的断路器；其次，10kV 变压器低压侧进线断路器的继电保护装置动作后，应断开变压器两侧的断路器。但低压侧进线断路器的继电保护装置未检测到故障的情况下，由于就地或远方操作使变压器低压侧进线断路器分闸时，则不需联跳高压侧馈线断路器。

6) 变压器非电量保护送至变压器低压侧，减少了变压器非电量保护误动风险。由于 10kV 变压器两

侧开关设置了联跳功能，即使变压器与高压侧馈线开关距离较远（变压器两侧开关保护装置通过光纤通讯），但变压器与低压侧进线开关距离很近，从而降低了非电量保护回路的干扰信号，可直接由低压侧保护装置直接跳闸，从而联跳变压器两侧开关。

3.2 二次回路设计方案

(1) 高压侧二次回路

10kV 配电变压器高压侧监测回路与传统设计基本一致，但高压侧保护及控制回路接线较传统设计有所优化，主要在分、合闸控制回路中做了较大的改进，具体的保护及控制回路接线如图 5 所示。

(2) 低压侧二次回路

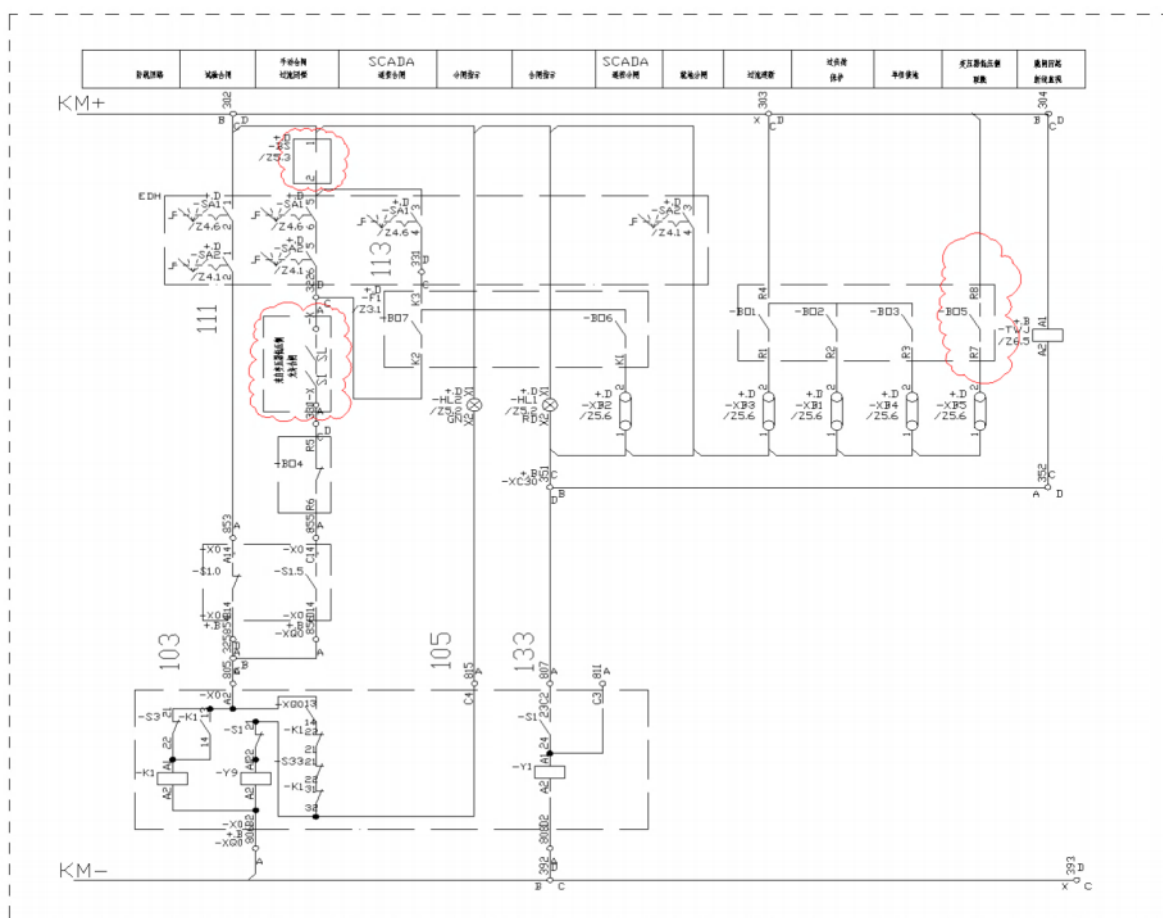


图 5 10kV 配电变压器高压侧保护及控制回路改进后接线图

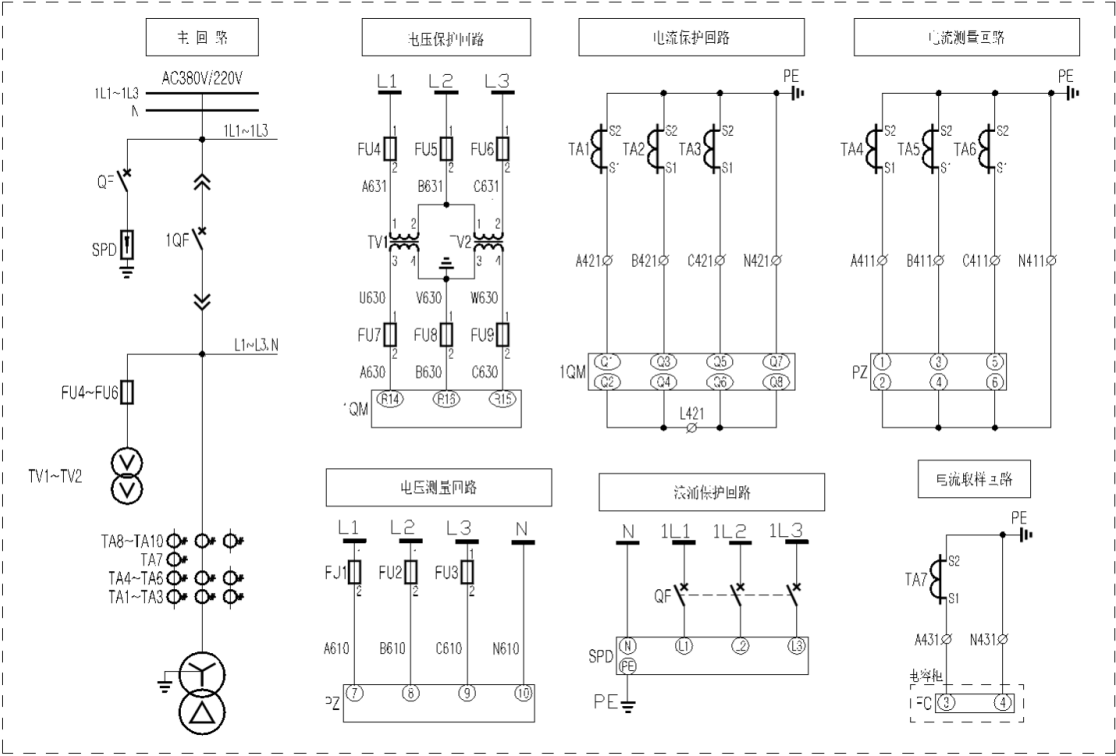


图 6 10kV 配电变压器低压侧监测回路改进图

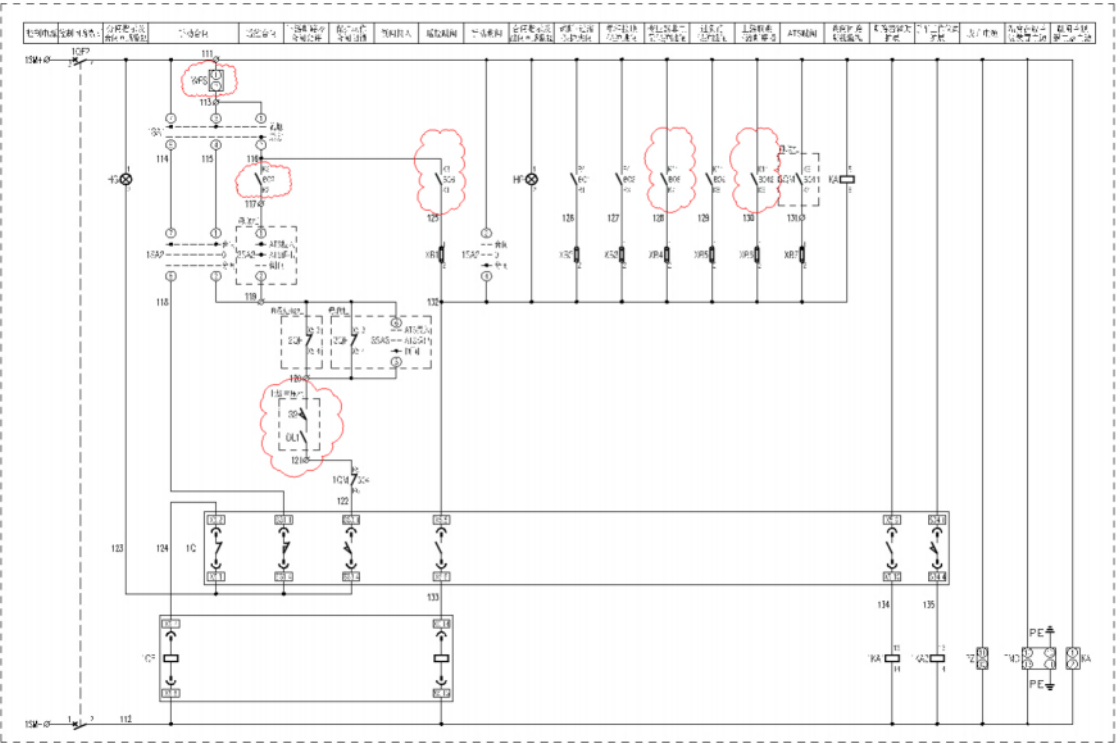


图 7 10kV 配电变压器低压侧保护及控制回路改进后接线图

在本设计方案中，变压器低压侧进线回路采用“无保护框架断路器+微机保护装置”的组合方式，因此在监测回路中增加了电压保护回路和电流保护回路，其低压侧监测回路接线如图6所示。

针对10kV变压器低压侧二次回路传统设计的不足，本方案主要对低压侧分、合闸控制回路和保护跳闸回路做了相应的改进，其低压侧保护及控制回路接线如图7所示。

4 结束语

10kV配电变压器二次回路主要是用来对变压器进行控制、指示、监测和保护，其设计的正确性和合理性是整个供电系统正常运行的重要保障。本文详细阐述了10kV配电变压器二次回路传统设计的不足之处，通过一系列的优化和改进措施使大型石化项目的变压器二次回路设计得更加合理，将会大大提高供电

系统的安全性和可靠性，从而保证石化装置的安稳长满优运行。

参考文献

- [1] GB/T50062—2008 电力装置的继电保护和自动装置设计规范[S].2008.
- [2] DL/T5136—2001 火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程[S].2001.
- [3] 陈学庸. 电力工程电气设备手册电气二次部分[M]. 北京：中国电力出版社，1994.
- [4] 朱联联，张翠平，王玉博. 变压器保护配置方案及二次回路设计[J]. 电工文摘，2014（4）：20-23.

（收稿日期：2024-01-03）