

基于逻辑可视化的智能型隔离开关控制系统设计

叶在福，梁守硕

(上海泽鑫电力科技股份有限公司，上海 201206)

摘要：针对传统隔离开关控制回路结构复杂且故障不易发现并排除的问题，提出了基于逻辑可视化的智能型隔离开关控制系统。简述了目前变电站常见的隔离开关类型以及其运行状态，分析了逻辑可视化控制原理，对比说明了传统继电器控制回路以及现阶段常用的控制信号与逻辑模块化。针对智能型隔离开关控制系统进行了设计，阐明了系统原理，提出了系统架构并分析了系统功能，搭建了数据流转架构，并对逻辑可视化控制流程进行了分析。实际应用表明该系统可以直观可视分合闸逻辑关系，降低了隔离开关运维难度，提升了运维的便捷性，有效提高了隔离开关的智能化水平。

关键词：逻辑可视化；智能型隔离开关；操作控制；系统设计

Design of intelligent isolation switch control system based on logic visualization

YE Zaifu, LIANG Shoushuo

(Shanghai Zexin Power Technology Co., Ltd., Shanghai 201206, China)

Abstract: In order to solve the hidden dangers affecting construction operation and personnel safety such as transmission network grounding, this paper proposes an intelligent isolation switch control system based on logic visualization. The types of isolating switches and the operating status of isolating switches in common substations are analyzed. The principle of logic visualization control is analyzed, and the traditional relay control circuit and the commonly used control signal and logic modularization at the present stage are compared and explained. The intelligent isolation switch control system is designed, the system principle is explained, the system architecture is proposed, the system function is analyzed, the data flow architecture is built, and the flow analysis is carried out for the logic visualization control. The matching degree between the opening and closing logic relationship and the display of the logic visualization panel is illustrated by practical application.

Key words: logic visualization; intelligent isolating switch; operation control; system design

0 引言

隔离开关是用于隔离电源、倒闸操作和关合小电流的开关类设备，在变电站中常与断路器配合使用，是保证变电站正常运行、可靠检修的重要设备^[1]。

目前，220 kV及以上电压等级隔离开关的分

合闸操作由操作机构箱中的电动机控制。同时，这类隔离开关一般用于户外，受到气候环境的影响较大，致使隔离开关的操作机构可靠性降低，进一步降低了隔离开关分合闸的可靠性。另外，目前隔离开关分合闸的具体位置一般缺少精密的控制仪器进行监测，因此智能化水平仍然有待

提高。

目前针对智能型隔离开关控制,大部分研究以操作系统为主,文献[1]提出了基于实时状态诊断和多重防误操作的隔离开关控制系统设计。文献[2]提出了一种智能联动型高压隔离开关触头状态监测系统。文献[3]提出了一种隔离开关智能操作控制装置。文献[4]对500 kV变电站隔离开关控制回路进行了改进尝试。文献[5]设计了高压隔离开关断路器储能回路控制系统。文献[6]分析了变电站隔离开关电动机电源顺控智能化操作。

在逻辑可视化方面,文献[7]研究了基于逻辑可视化的电力系统数据快速统计方法。文献[8]研究了面向电力系统的可视化页面编辑引擎。文献[9]设计了基于姿态传感的隔离开关位置监测系统。

综上所述,本文针对智能型隔离开关的运行控制进行系统设计,以逻辑可视化为出发点,设计相应的控制系统,将系统架构和数据流转与逻辑可视化控制流程紧密结合,形成一套完整的控制系统,提升运行检修的便捷性和有效性。

1 隔离开关类型及运行状态

1.1 隔离开关类型

以常见的220 kV、110 kV变电站内的隔离开关为例,252 kV包括单柱垂直伸缩式、双柱水平伸缩式和三柱水平旋转式。126 kV采用单柱垂直伸缩式和双柱水平旋转式。其他较低电压等级一般均采用双柱水平(V形)旋转式。252 kV及以下的隔离开关均采用三相机械联动控制,方式为电动,也可手动。

目前,针对隔离开关的控制,应实现远方及就地电动操作,并应装设供就地操作作用的手动分合闸装置、切换开关设置,用以满足就地或远方控制三相操作要求,并配置切换开关辅助触头供远方监视用。

1.2 隔离开关运行状态

高压隔离开关的投运前提是静触头与动触

头的良好接触,否则会影响分合闸的具体状态转换。高压断路器的出线侧、母线侧应配置隔离开关。在出线回路中,隔离开关的状态一般应与断路器状态配合,由于隔离开关内部不设灭弧装置,因此不能用于切断短路电流。在运行过程中,隔离开关以明显的分断点提示运行人员线路的运行状态,处于检修中的线路隔离开关应打开,处于运行中的隔离开关应闭合。

2 控制逻辑可视化设计

2.1 传统继电器控制回路

传统的基于继电器的隔离开关控制回路主要由分/合闸主回路、远/近控分/合闸回路、ABC三相分/合闸保持回路和外部联锁回路等部分构成,典型的隔离开关继电器控制逻辑如图1所示。

图1中,KM1/KM2为分/合闸接触器;QF1为动力回路的断路器,接入外部三相动力电源驱动电动机,并配置相序继电器,用来对外部三相动力电源的电压和相序进行检测;KT1为热继电器,实现对电动机的过电流保护;其他的各种操作按钮(SB1~SB3)、转换开关(SBT2)、行程开关(SP3~SP4)、分相/三相联动操作转换开关(SBT3)、辅助开关(Q)、门控开关(SP1)以及断路器辅助触头、接地开关位置触头等信息串接在一起组成操作控制回路,通过DF2提供直流控制电源,实现对KM1和KM2的控制以完成分合闸操作。

经过分析可知,上述操作控制回路涉及多个元件,并且在控制回路中,元件之间接线关系较为复杂。考虑到频繁操作、环境变化等因素的影响,隔离开关的分合闸准确度会有所降低。同时,不同厂家的接线回路差异较大,故障排查过程也较为耗时,影响隔离开关的正常运行。

2.2 控制信号与逻辑模块化

将图1的操作控制回路模块化分为三个部分,即外部输入量采集、控制逻辑运算和对外输出状态信号与控制命令。

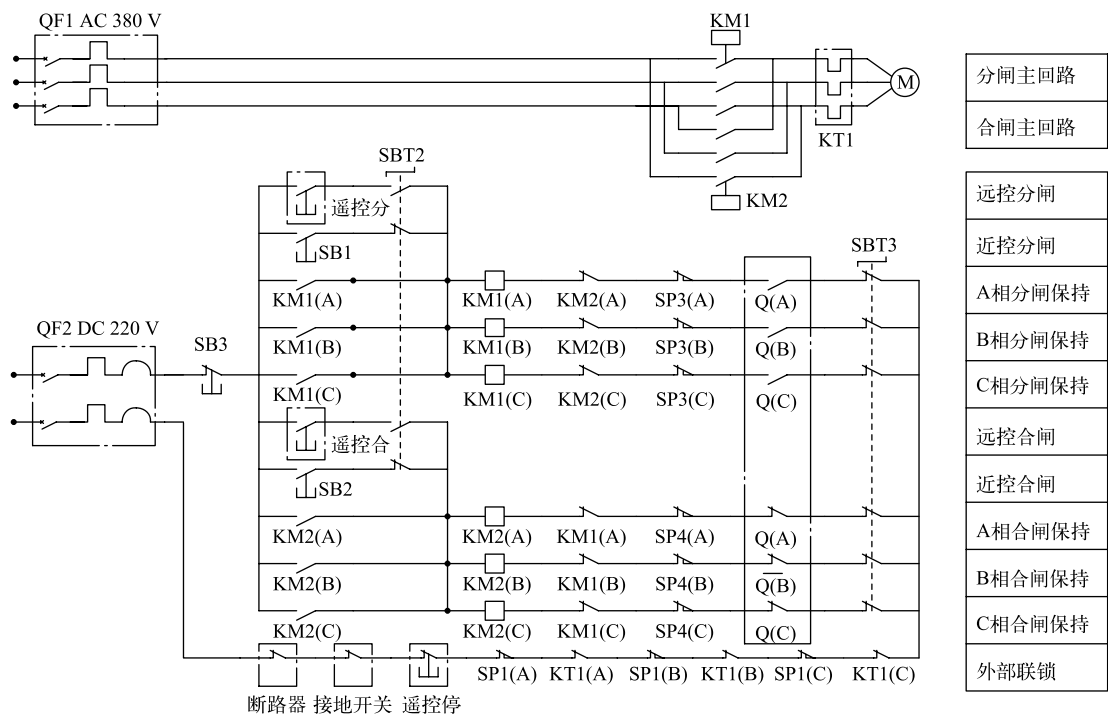


图 1 逻辑示意图

Fig. 1 Logic diagram

操作控制回路中使用的外部输入量见表1。

表 1 控制回路中的外部输入量

Tab. 1 External inputs in the control circuit

序号	名称	类别	输入量	输入状态
1	控制方式	开入量	远方 / 就地切换	就地 / 远控
2			A/B/C/ 联动切换	A/B/C/ 三相
3	就地操作	开入量	就地分闸	分 / 合
4			就地合闸	分 / 合
5			就地停止	分 / 合
6	远控操作	开入量	远控分闸	分 / 合
7			远控合闸	分 / 合
8			远控停止	分 / 合
9	外部触头	开入量	分闸限位开关	分 / 合
10			合闸限位开关	分 / 合
11			辅助开关	分 / 合
12			门控开关	分 / 合
13	外部闭锁	开入量	断路器位置	分 / 合
14			接地开关 1	分 / 合
15			接地开关 2	分 / 合
16	动力电源	模拟量	三相电源	$U_d/U_v/U_c$

对外输出状态信号与控制命令见表2。

表 2 控制回路中的对外输出量

Tab. 2 External output in control circuit

序号	名称	类别	输出量	输出状态
1	控制电源	模拟量	三相电源	$U_d/U_v/U_c$
2			远方操作	分 / 合
3			就地操作	分 / 合
4			开关合位	分 / 合
5			开关分位	分 / 合
6	告警信号	开出量	分闸条件不满足	分 / 合
7			合闸条件不满足	分 / 合
8			装置失电 / 异常告警	分 / 合
9			操作电动机故障	分 / 合
10			直流失电告警	分 / 合

3 智能隔离开关控制系统设计

3.1 系统原理

基于对操作控制回路中各相输入/输出信号和动作逻辑的分析，构建智能控制系统如图2所示。

图2中，在动力电源进线断路器QF1处增加电动操作机构TM，通过控制TM实现QF1的开

合。在进线动力电源处采集进线动力电源三相电压，获得进线动力电源的工作状态；并根据采集得到的QF1位置、分/合闸限位开关、外部闭锁信号、辅助开关和门控开关等外部触头状态信息，将图1操作控制回路中的逻辑关系以软件形式在智能控制装置中加以计算、分析和存储，并输出执行命令驱动分合闸电动机工作。

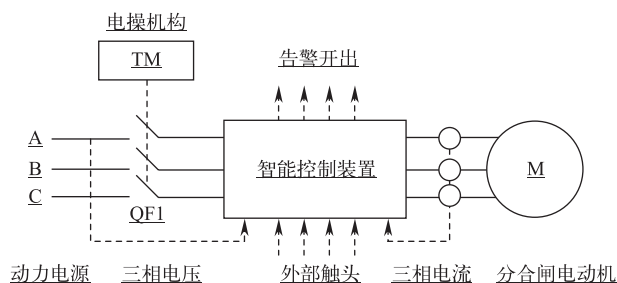


图2 隔离开关智能控制系统原理

Fig. 2 Principle of intelligent control system for disconnector

3.2 装置组件及功能

智能控制装置由高速采样单元、逻辑诊断预警单元、变频驱动控制单元、保护控制单元和人机界面单元组成。

利用高速采样处理单元实现多种信号的全面感知和采集，主要包括隔离开关电动机相关的电信号、隔离开关操作系统周围环境信号以及控制输入条件等。高速采样处理单元能够利用霍尔传感器，实现对电动机运行状态信号的高速采样和快速处理，有利于进一步对隔离开关现场运行状态进行快速判断和状态确认，保证智能型隔离开关在控制过程中的速度。

逻辑诊断与预警单元是采集数据后对数据的进一步分析和校核，将输入状态与内部控制逻辑进行比对，实现逻辑状态诊断，并根据运行要求对可能出现的异常数据提供报警，提升对智能型隔离开关的控制能力。

变频驱动控制单元能够实现对输入电路信号的处理，同时实现变频及换相，将三相交流动力电源进行相应转换，从而实现对电动机的控制。

保护控制单元是根据相应的电压信号和电流信号，对电动机运行状态进行保护和控制，主要包括失电压保护、过电压保护、三相电压不平衡

保护、电流不平衡保护和过电流保护等。

逻辑可视化显示单元是将隔离开关控制系统对应的电压和电流以及分闸、合闸状态逻辑结果以可视化的形式直观显示。通过对电动机分合闸操作执行内容的逻辑判断以及隔离开关动触头和静触头的位置分析，提取关键信息，实现对隔离开关操作控制逻辑的可视化。该功能根据逻辑指令以及隔离开关操作流程进行直观展示，可以有效帮助分析在主要操作过程中的流程风险点位，提升隔离开关智能控制的能力。

3.3 系统架构

隔离开关智能控制装置设计有对外通信接口，同一变电站内的多台智能控制装置可实现联网并构建出智能化的运维系统。系统总体架构如图3所示，数据流转基于一体化运维控制平台，能够将隔离开关智能控制装置的运行状态通过系统终端进行反馈，实现远程监视和远程运维。

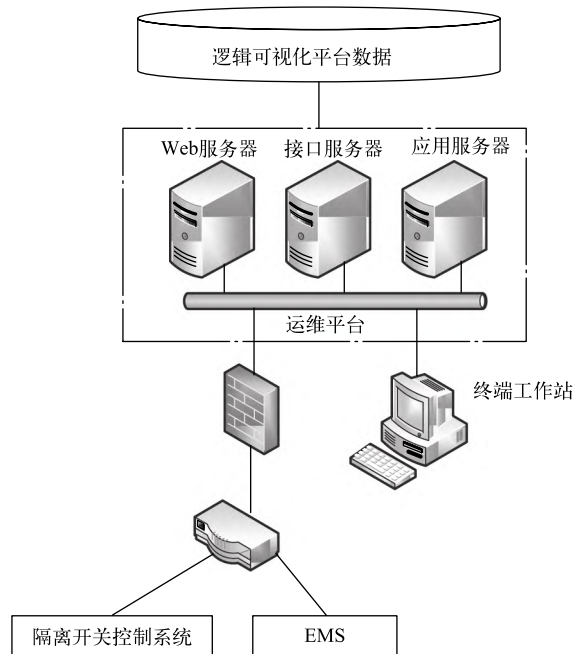


图3 系统架构

Fig. 3 System architecture

3.4 逻辑可视化控制流程

逻辑可视化控制流程如图4所示，该流程图针对控制回路的逻辑处理，能够实现对主要隔离

开关典型控制回路的操作，包括对不同信号的区分和处理，实现对隔离开关实时状态以及内置分合闸逻辑的校核。

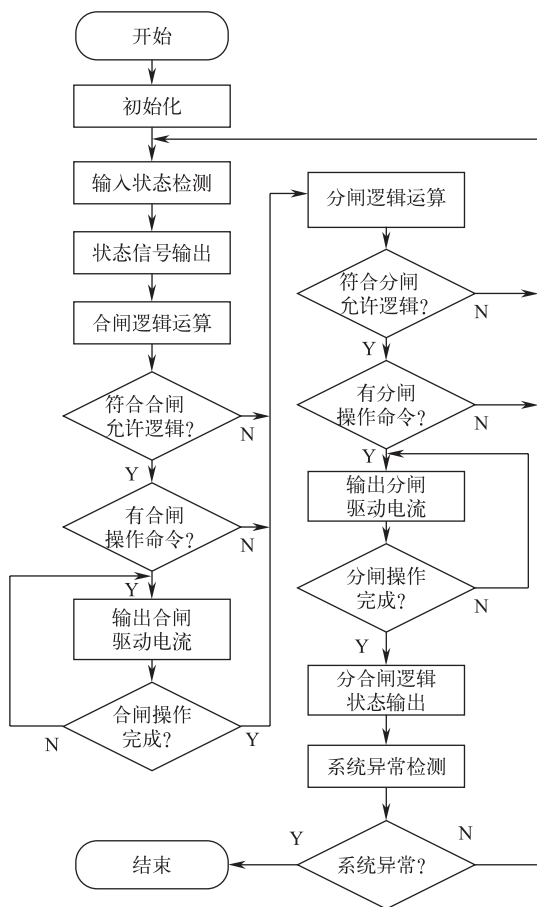


图 4 控制流程

Fig. 4 Control process

4 应用分析

在前面图2所示的隔离开关智能控制系统中，动力回路和操作控制回路合二为一，传统隔离开关操作控制回路中的各类继电器、转换开关等为数众多的开关器件以及保护继电器均被智能化的控制装置所取代，整个操作控制回路大大简化，各类外部触头的状态作为开入量信号被高速采样单元所采集，之间的逻辑关系被转换成为智能控制装置中软件模块各变量之间的逻辑关系，通过软件实现了与传统操作控制回路相同的逻辑运算，并实现了预定的控制输出。结合图5、图6，以分合闸逻辑关系为例说明如下。

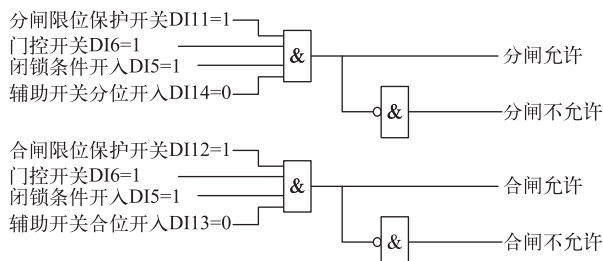


图 5 分合闸逻辑关系图

Fig. 5 Logic diagram of opening and closing

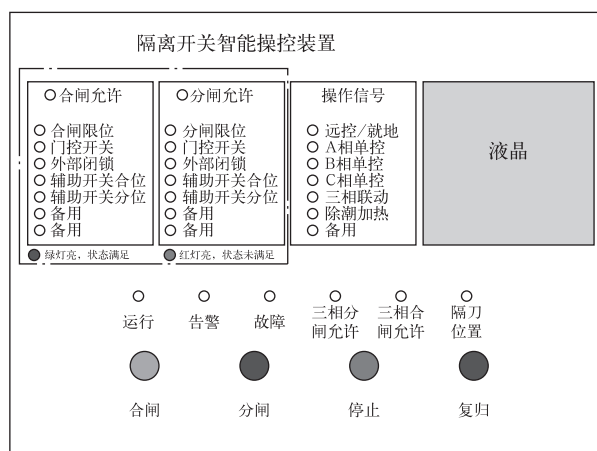


图 6 智能控制装置面板图

Fig. 6 Panel diagram of intelligent control device

从图6中可以看出，分闸限位保护开关、门控开关、闭锁条件开入和辅助开关分位开入四者之间构成“与”的关系，分闸允许逻辑需要上述四者均满足条件。若分闸不允许，则将上述四者的逻辑“与”关系先取“非”再取“与”进行判断。合闸允许逻辑与分闸允许逻辑类似，合闸限位保护开关、门控开关、闭锁条件开入以及辅助开关合位开入四者构成“与”的关系。若合闸不允许，也是将上述四者“与”运算之后，取“非”再取“与”进行判断。

判断上述基本逻辑需要与控制面板的指示灯进行联合控制。当判断分闸允许的全部指示灯同时绿灯亮起时，表示分闸输入条件满足；而出现红色显示灯之后，表示逻辑不满足。

利用逻辑可视化的控制方法，能够有效提升在多种条件共同作用下隔离开关分闸以及合闸的逻辑状态指示准确率，方便运维检修人员核实隔离开关的运行状态。针对分闸以及合闸的逻辑关

系，能够清晰地从控制面板指示灯的状态进行判断，将这类指示信息与逻辑操作紧密结合，并根据需求选择性上传至控制中心，实现远程监视，从而进一步推动智能化运维。

5 结束语

本文提出了基于逻辑可视化的智能型隔离开关控制系统。根据本文提出的系统架构，结合数据流转，对典型的智能隔离开关控制逻辑进行应用分析，说明本文提出的逻辑可视化控制方法能够以直观可视化的形式显示隔离开关分闸以及合闸的逻辑状态指示，有效实现远程控制和智能化运维，提升隔离开关运行可靠性与便捷性。

参考文献

- [1] 陆洪建, 刘志远, 赵欣洋, 等. 基于实时状态诊断和多重防误操作的隔离开关控制系统设计与应用[J]. 科技创新与生产力, 2022(11): 81-84.
- [2] 蔡杰, 陈富国, 陈亮, 等. 一种智能联动型高压隔离开关触头状态监测系统[J]. 仪表技术与传感器, 2022(3): 68-73.
- [3] 黄欣, 陆洪建, 王磊, 等. 隔离开关智能操作控制装置的研制[J]. 宁夏电力, 2021(5): 58-62, 69.

- [4] 袁俊. 500 kV变电站隔离开关控制回路的分析与改进[J]. 大众用电, 2021, 36(6): 77-78.
- [5] 张柳, 马少华, 王磊. 高压隔离开关断路器储能回路控制系统设计[J]. 电气开关, 2021, 59(1): 9-12, 15.
- [6] 张树培, 赵江梅, 陈远达, 等. 变电站隔离开关电机电源顺控智能化操作研究[J]. 云南电力技术, 2020, 48(5): 17-19.
- [7] 吉翔华, 赵化时, 聂涌泉, 等. 基于逻辑可视化的电力系统数据快速统计[J]. 电工技术, 2022(14): 153-154, 157.
- [8] 陈月燕, 邹庆, 黄昆. 面向电力系统的可视化页面编辑引擎[J]. 计算机系统应用, 2022, 31(10): 72-79.
- [9] 陈富国, 蔡敏, 尹军华, 等. 基于姿态传感的隔离开关位置监测系统设计与实现[J]. 仪表技术与传感器, 2019(3): 101-105.

作者简介

叶在福（1972—），男，博士，工程师，主要研究的方向为电力系统自动化及继电保护软硬件研究。

（收稿日期：2022-12-04）

多电源一体化送出系统中储能容量配置 P78

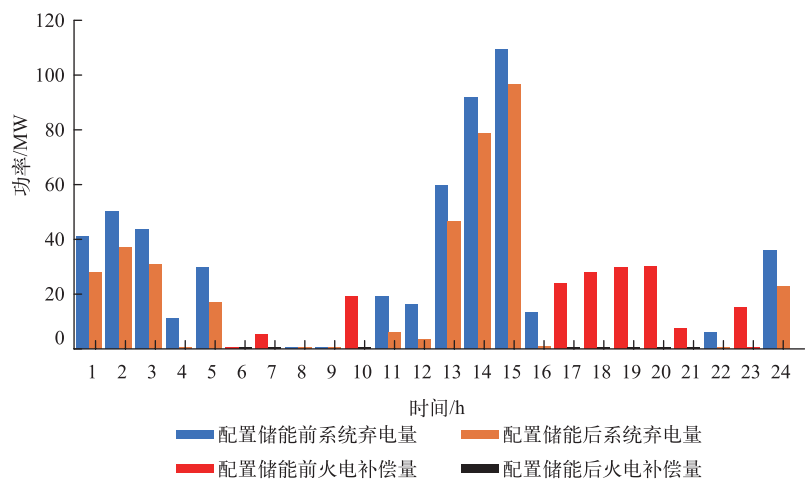


图 3 配置储能前后系统弃电量与火电补偿量

Fig. 3 Configure the amount of curtailment and thermal power compensation of the system before and after energy storage

基于逻辑可视化的智能型隔离开关控制系统设计 P85

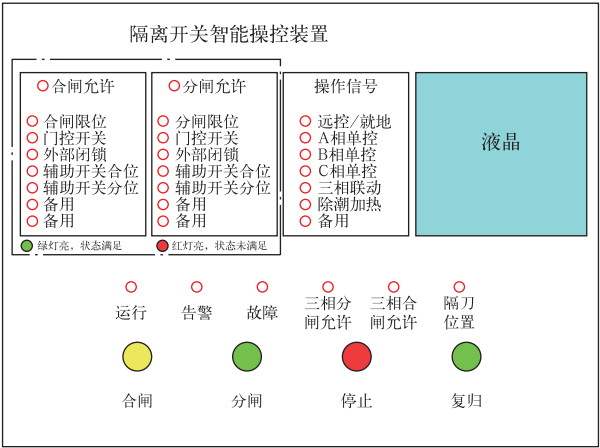


图 6 智能控制装置面板图

Fig. 6 Panel diagram of intelligent control device