

# 矿用低压四象限变频器缓冲单元的一种保护设计

申化波 杜五龙 赵娟

山西际安电气有限公司 山西长治 046000

**摘要：**针对矿用低压四象限变频典型结构中缓冲单元的缺陷，提出了一种保护设计，该设计通过对缓冲接触器及整流单元的状态监测，在缓冲接触器出现故障时能及时停机，防止缓冲电阻的烧损，且增加了提示信息，便于使用现场进行准确判断及快速维护。

**关键词：**缓冲单元；矿用低压四象限变频器；缓冲接触器；缓冲电阻

## A protection device for buffer unit of mine low-voltage four quadrant frequency converter

Huabo Sheng, Wulong Du, Juan Zhao

Shanxi Ji'an Electric Co., Ltd.Changzhi, Shanxi. 046000

**Abstract:** Aiming at the defect of the buffer unit in the typical structure of low-pressure four-quadrant frequency conversion in the mine, a protection design is proposed. By monitoring the state of the buffer contactor and the rectifier unit, the converter can be stopped in time when the buffer contactor fails, and the buffer resistance can be prevented from burning. Prompt information is added for accurate judgment and quick maintenance.

**Keywords:** buffer unit; Mining low-voltage four quadrant frequency converter; Buffer contactor; Buffer resistance

### 引言

目前，随着采矿技术的发展，低压变频器（主要指三相交流 1140V 或三相交流 660V）作为一种供电设备逐渐应用在煤矿上，尤其对于一些特殊的使用场合，如下运皮带机，提升绞车等，采用四象限变频器有制动效果好，控制精度高，延长机械设备寿命等明显的优势，所以得到了煤矿用户的认可和好评，并正在不断普及。

### 一、矿用低压四象限变频器典型结构

如图 1，从图中看出主要由隔离开关、LCL 装置、缓冲单元、整流单元、逆变单元、显示单元组成，其中缓冲单元主要由交流真空接触器和三支缓冲电阻组成，如图 1：

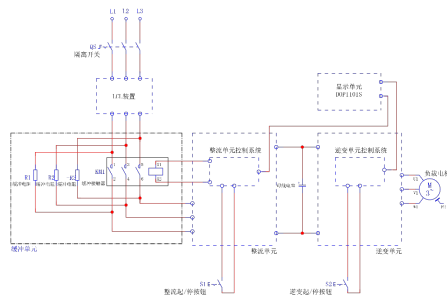


图 1: 矿用低压四象限变频器典型结构图

#### 1. 矿用低压四象限变频器工作原理

矿用低压四象限变频器工作原理为：操作隔离开关合闸，三相输入电源 L1、L2、L3（交流 1140V 或交

流 660V）经缓冲单元的缓冲电阻 R1、R2、R3 及整流单元对母线电容预充电。当母线电容两端的电压充满后，整流单元及逆变单元处于系统待机就绪状态，操作整流起停按钮 S1 使整流单元运行，整流单元运行后，整流单元控制系统 U1 控制其端子（J1，J2）使缓冲接触器的吸合线圈得电吸合，从而将缓冲电阻旁路。然后操作逆变起停按钮 S2 使逆变单元运行，驱动负载电机进行运转。反之若需要负载电机停止，则先操作逆变起停按钮 S2 停止逆变单元，然后操作整流起停按钮 S1 停止整流单元，整流单元停止运行后，U1 控制其端子（J1，J2）使缓冲接触器的吸合线圈失电，缓冲接触器失电分闸，分闸后母线电容两端的电压仍然由缓冲电阻 R1,R2,R3 来维持。

2. 基于上述的典型结构控制方式在实际应用过程中的缺陷

在整流单元运行时或整流单元和逆变单元同时运行时，整流单元会控制缓冲接触器吸合，但是并不监测缓冲接触器是否吸合正常，如果缓冲接触器由于故障未能可靠吸合（例如吸合线圈烧坏、吸合机构异常等故障），此时整流单元或整流和逆变单元却还在运行，这将使缓冲电阻承受远远大于其额定值的线路电流并持续较长的时间，直至缓冲电阻因过热而烧损。以一台 BPJ-250/1140K 矿用四象限变频器为例（工作电压 1140V），变频器的额定工作电流（即整流单元和逆变单元均处于运行状态） $I_e$  约为：

$$I_e \approx \frac{P}{U_e \times \sqrt{3} \times \cos \theta}$$

其中: P- 变频器的额定功率 250kW

U<sub>e</sub>- 变频器的额定工作电压 1140V

cos θ - 负载电机的功率因数 取值 0.85

则得出: I<sub>e</sub> ≈ 148A

变频器的实际工作电流 I<sub>r</sub> 一般在额定电流的 30%~70% 之间, 即 44A~101A 之间。

变频器一般选配的缓冲电阻规格为: 300W/30Ω, 其长期运行电流 I<sub>r</sub> 应不超过  $\sqrt{300/30} \approx 3.2A$ 。

从上述计算看出, 变频器在运行时若接触器因损坏无法吸合, 缓冲电阻将承受至少 10 多倍的额定工作电流, 很快就会因发热而烧毁。

同时由于矿用四象限变频器所有的单元器件均安装在隔爆金属壳体内, 当缓冲接触器故障并导致缓冲电阻烧损后, 变频器将无法正常运行, 又因为整流单元没有监测手段, 显示单元无法显示提示信息, 这就给现场使用人员排查事故带来了难度, 也使维修维护时间变长, 甚至严重影响了正常的井下生产。

笔者就曾两次遇到该情况, 缓冲接触器在运行一段时间后, 吸合线圈因质量不好烧坏导致接触器不能吸合, 进而导致缓冲电阻烧毁。

## 二、缓冲单元的一种保护方案

基于以上分析, 设计出如下的缓冲单元的一种保护方案, 如图 2。该方案中增加了两个控制继电器 KA1、KA2, 以及一个主控 PLC。KA1 的吸合线圈由整流单元控制系统端子 (J1, J2) 控制; 缓冲接触器的吸合线圈由外部提供 220V 工作电源并受触点 KA1 (13, 14) 控制; 缓冲接触器的辅助触点 KMI(13,14) 和 KA1 的触点 KA1(23,24) 分别输入主控 PLC 的 DI0.0、DI0.1; 主控 PLC 输出点 Q0.1 控制继电器 KA2; 继电器 KA2 的两组触点 KA2 (13, 14)、KA2 (23, 24) 分别串入整流单元和逆变单元的起停线路中。

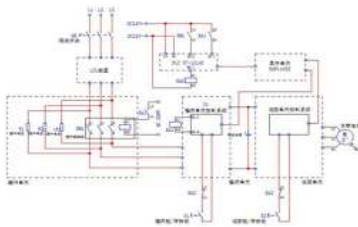


图 2: 缓冲单元的一种保护方案

该方案的工作原理为: 整流单元经起动操作运行后, 整流单元控制系统 U1 端子 (J1, J2) 使继电器 KA1 线圈得电吸合, 继电器 KA1 的触点 KA1(13,14) 闭合并控制缓冲接触器得电吸合, 缓冲接触器的辅助触点 KMI(13,14) 和 KA1 的触点 KA1(23,24) 分别输入主控 PLC 的 DI0.0、DI0.1, 变频在运行过程中, 主控 PLC 通过监测 DI0.0 和 DI0.1 的输入状态来实时监测缓冲接触器状

态和整流单元的状态 (也即 KA1 的状态)。若监测到整流单元开始运行 (即 DI0.1 存在输入信号), 且在 2 秒内缓冲接触器也正常吸合 (即 DI0.0 存在输入信号), 则系统属于正常, 整流单元继续保持运行, 或整流单元和逆变单元均可正常运行; 如果在整流单元运行时缓冲接触器因故障未能可靠吸合 (即 DI0.0 信号丢失), 主控 PLC 就会通过触发 Q0.1 来控制继电器 KA2 吸合, KA2 的触点 KA2 (13, 14)、KA2 (23, 24) 动作打开切断整流单元和逆变单元的起动回路, 使系统迅速停机, 避免缓冲电阻因大电流发热烧损。同时主控 PLC 通过 profinet 接口和显示单元连接, 将 Q0.1 的状态传送给显示单元, 当 Q0.1 被触发后, 显示单元则会提示帮助信息: 缓冲接触器故障。

## 三、主控 PLC 程序代码

代码如下:

```
// 缓冲接触器反馈检测处理
```

```
# 缓冲检测延时 (IN := %I0.1,
```

```
PT := T#2s);
```

```
IF %I0.1 THEN
```

```
IF # 缓冲检测延时 .Q AND NOT %I0.0 THEN
```

```
“DB_ 变量块”.整流缓冲故障标志 := 1;
```

```
END_IF
```

```
END_IF;
```

```
%Q0.1 := “DB_ 变量块”.整流缓冲故障标志;
```

```
显示单元的控件处理见如下图 3
```



图 3 显示单元控件处理

以上程序代码在西门子 S7-1214C、TIA Portal v15 环境下验证; 控件处理在台达 DOP110IS、DOPSoft 4.00.11 环境下验证。经验证逻辑运行稳定可靠, 提示信息准确。

## 四、结语

通过采用该缓冲单元保护设计, 在缓冲接触器出现故障时, 经过主控 PLC 的监测及控制, 能及时停机, 防止缓冲电阻因承载大电流而发热烧损, 避免事故扩大化, 同时信息提示能帮助现场使用人员做出准确判断和快速处理。该设计经过多个四象限变频器的使用现场验证, 能有效预防因缓冲接触器故障导致缓冲电阻烧损的现象。

## 参考文献:

[1] 窦晓峰,程超,杨俊飞.四象限变频器理论研究.[J].船电技术,2016,36(01).