

# 直流变换器在电力通信系统的应用研究

戴丽君<sup>1</sup>, 董新生<sup>2</sup>

(1. 南京铁道职业技术学院, 江苏 南京 210015; 2. 许继电源有限公司, 河南 许昌 461000)

**摘要:** 直流变换器(以下简称DC-DC)替代通信电源系统已经在变电站中得到大量应用,通过对实际应用情况的调查分析,发现DC-DC电源模块的设计普遍存在耐冲击电流能力差的问题;同时直流供电网络的设计采用传统的空开保护时,由于不能快速分断故障回路,存在系统电压跌落的隐患。结合通信设备负载的特点,针对DC-DC电源模块与直流供电网络设计存在的问题,从系统保护方案入手,研究了DC-DC电源系统配置的基本原则和要求,提出了解决问题的技术方案和试验数据,供电力用户参考。

**关键词:** 直流变换器; 通信电源; 直流供电网络

## DC-DC converter applied research in power communication systems

DAI Li-jun<sup>1</sup>, DONG Xin-sheng<sup>2</sup>

(1. Nanjing Institute of Railway Technology, Nanjing 210015, China; 2. XJ Power Co., Ltd, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** DC-DC converter is already applied widely in transformer substation in place of communication power supply. Through the investigation and analysis of the practical application, the problem of poor impact resistance with the design of DC-DC power modules is found. The DC power supply network using the traditional air-break switch protection, fault circuit can not be fast-breaking as a result of system voltage drop. Combining the load characteristics of communications equipment and the existing design problem of DC-DC power modules and DC power supply network, this paper researches on the basic principles and requirements of the DC-DC power system configuration and puts forward the technical programs and test data to solve the problem, for the reference of power users.

**Key words:** DC-DC converter; communication power supply; DC power supply network

中图分类号: TM744 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)22-0184-04

## 0 引言

变电站中的通信设备是确保电力信息畅通,保证电网可靠供电的重要设备。近年来随着无人值守变电站的全面普及和数字化变电站的快速发展,DC-DC替代蓄电池组通信电源已在变电站中得到大量应用。由于DC-DC电源取消了蓄电池组,其输入电源直接取自变电站的直流操作电源系统,因此使通信电源的设计制造变得非常简单,不但能降低设备的投资,同时也没有了蓄电池组的维护工作量,深受广大电力用户的喜爱。

但是采用DC-DC替代蓄电池组通信电源,实际应用中暴露出一些问题,一是DC-DC电源模块的负载冲击能力不够,在通信设备冷启动或大电流负载浪涌冲击时,造成输出电压跌落使其它通信设备重启;二是直流供电网络采用传统空气开关保护,当馈电负载侧发生短路故障时,由于故障电流

较小达不到空开的瞬动保护动作值,导致空开不能快速切除故障回路,造成DC-DC过载保护限流,输出电压跌落使通信设备重启;三是DC-DC电源系统的接线设计不合理,不能满足可靠供电的要求。针对这些问题,我们进行了大量技术方案的论证和实验数据的分析,提出了相应的解决措施,供广大电力用户参考。

## 1 对DC-DC电源模块的基本要求

1) 由于通信电源是正极接地的供电系统,而直流操作电源是不接地的系统,因此要求DC-DC电源模块的直流输入与输出完全电气隔离,直流输出负载侧的任何故障均不能影响到直流输入侧,更不能造成直流输入侧接地。

2) 由于DC-DC电源输出取消了蓄电池组,因此要求DC-DC电源模块应具备一定的负载冲击能力,以满足通信设备冷启动等负载浪涌冲击的要求。

3) DC-DC 电源模块采用硬件自主均流技术 N+1 并联冗余工作, 在保证系统供电可靠性的基础上, 方便实现电源系统扩容。

4) DC-DC 电源模块输出的各项性能指标应满足通信电源技术标准的要求。

## 2 DC-DC 电源模块的技术指标要求

基于对 DC-DC 电源模块的基本要求, 参考直流操作电源和通信电源的国家和行业标准规范, 确定 DC-DC 电源模块的技术指标应满足以下要求:

- 1) 直流输入电压: 220 V: 176~286 V;  
110 V: 88~143 V。
- 2) 直流输出电压: 48 V: 42~54 V;  
24 V: 21~27 V。
- 3) 直流输出电流: 20 A, 30 A。
- 4) 输出稳压精度: 不超过 $\pm 1\%$ 。
- 5) 电话衡重杂音:  $\leq 2$  mV。
- 6) 宽频杂音电压: 3.4~150 kHz:  $\leq 100$  mV;  
150 kHz~30 MHz:  $\leq 30$  mV。
- 7) 峰-峰值杂音:  $\leq 200$  mV。
- 8) 动态瞬变电压: 不超过 $\pm 5\%$ 。
- 9) 瞬态恢复时间:  $\leq 200$   $\mu$ s。
- 10) 负载冲击能力:  $\geq 120$  A (300  $\mu$ s)。
- 11) 输入对地绝缘:  $\geq 10$  M $\Omega$
- 12) 输入输出绝缘:  $\geq 10$  M $\Omega$
- 13) 输入对地耐压: AC2000 V, 1 min。
- 14) 输入输出耐压: AC2000 V, 1 min。

说明: 通过对江苏、广东、广西等电力用户的调研, 发现变电站的通信设备冷启动最大冲击电流一般不超过 100 A, 持续时间不超过 300  $\mu$ s, 因此确定 DC-DC 电源模块的负载冲击能力要达到 120 A (300  $\mu$ s) 以上。

## 3 对直流供电网络保护的基本要求

1) 保护单元具备一定的过载能力, 直流供电网络中的任一负载冲击都不能造成保护误动。

2) 保护单元具有过流瞬时动作保护特性, 直流供电网络中的任一负载馈电发生短路故障时, 若故障电流达到设定值则立即动作保护。

3) 保护单元具有过载短延时动作保护特性, 直流供电网络中的任一负载馈电出现过载现象时, 若过载时间达到设定值则立即动作保护。

4) 保护单元具有过载低电压动作保护特性, 直流供电网络中的任一负载馈电出现过载现象时, 若输入电压下跌到设定值则立即动作保护。

## 4 直流供电网络保护的原理方案

基于对直流供电网络保护的基本要求, 我们提出采用大功率 MOSFET 静态开关为保护器件, 通过采集直流供电网络回路的电流和电压, 由硬件实现短路保护和由软件实现过载保护的馈线保护单元, 其原理框图如图 1 所示。

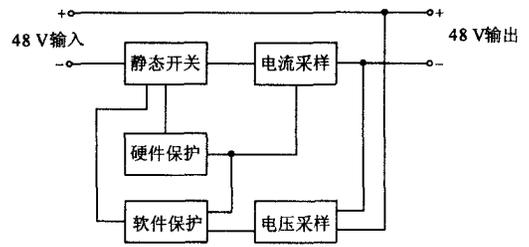


图 1 馈线保护单元原理框图

Fig.1 Block diagram of feeder protection unit

### 4.1 硬件保护原理

当电流采样电路检测的回路电流大于设定值时, 硬件保护比较电路立即输出关断信号, 使静态开关锁存在关断状态, 实现直流网络供电回路的短路保护。短路保护动作值的设定要大于回路最大的负载冲击电流, 但不能超出静态开关的过流能力。一方面考虑到避免通信设备冷启动等负载浪涌冲击造成保护误动, 另一方面考虑到静态开关能够安全工作。

### 4.2 软件保护原理

当电流采样电路检测的回路电流大于设定值时, 软件保护自动进入时间和电压监控程序, 当延时到一定时间或电压下降到设定值时立即输出关断信号, 使静态开关锁存在关断状态, 实现直流网络供电回路的过载保护。过载保护的延时设定值考虑到躲过回路负载浪涌冲击时间, 低电压设定值考虑到避免回路过载引发的 DC-DC 输出电压跌落事故。过载保护的逻辑原理如图 2 所示, 其中电流作为启动条件。

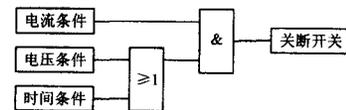


图 2 过载保护逻辑原理图

Fig.2 Logic schematic of overload protection

## 5 DC-DC 电源的系统网络设计方案

根据不同电压等级变电站对通信电源安全配置的要求, 提供以下两种典型的系统网络供电方案供用户选择:

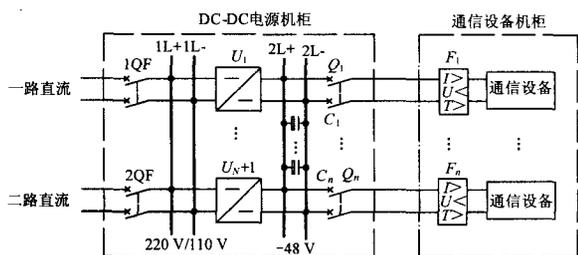


图 3 单组 DC-DC 系统网络供电方案

Fig.3 Single DC-DC power supply system network scheme

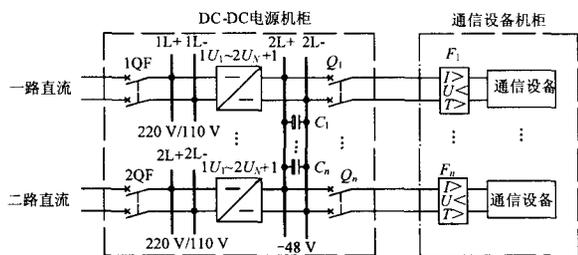


图 4 两组 DC-DC 系统网络供电方案

Fig.4 Double DC-DC power supply system network scheme

设计方案说明:

1) 图 3 的 DC-DC 电源系统按 1 组模块配置,  $N+1$  并联冗余工作, 适用于 110 kV 及以下的变电站; 图 4 的 DC-DC 电源系统按 2 组模块配置, 每组模块  $N+1$  并联冗余工作, 适用于 220 kV 及以上的变电站。其中  $N$  为额定负载电流要求的并联模块数量。

2) 为保证输入供电的连续可靠, DC-DC 电源模块的直流输入设计为两路, 分别取自直流控制电源的一段母线(一组电池系统)或两段母线(两组电池系统)。

3) 为提高 DC-DC 电源模块的负载冲击能力, 在其输出直流母线并联一定数量储能电容  $C_1 \sim C_n$ , 可有效地防止在通信设备冷启动或大电流负载浪涌冲击时输出电压跌落。

4)  $Q_1 \sim Q_n$  为输出馈电开关, 可选择 C 型脱扣曲线的直流断路器, 额定电流按通信设备的 125% 额定值选择, 且最大值不超过  $N$  个 DC-DC 电源模块的额定电流之和。

5)  $F_1 \sim F_n$  为馈线保护模块, 其额定电流的选择与输出馈电开关  $Q_1 \sim Q_n$  保持一致。由于馈线保护模块为快速开关特性, 因此将馈线保护模块设计安装在通信设备机柜内。

## 6 DC-DC 电源的试验数据

### 6.1 试验电路和设备

试验电路如图 5 所示。

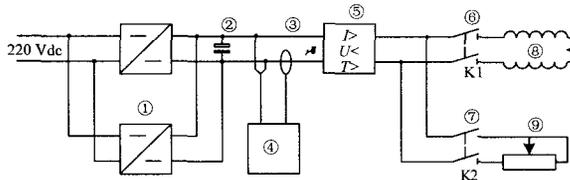


图 5 DC-DC 试验电路图

Fig.5 DC-DC test circuit

试验仪器设备如下:

- 1) DC-DC 电源模块: 48 V/30 A, 2 台。
- 2) 电解电容: 40 000  $\mu$ F。
- 3) 电流传感器: 200 A。
- 4) 数字示波器: 带宽 20 MHz, 水平扫描速度: 0.5 s/DIV
- 5) 馈线保护模块: FKB-21, 其短路保护的动作用值设定为 120 A; 过载保护的电流条件设定为  $1.25I_n$  ( $I_n$  取 40 A), 电压条件设定为 40 V, 时间条件设定为 10 ms。
- 6) 负荷开关 K1: 200 A。
- 7) 负荷开关 K2: 100 A。
- 8) 短路电缆: 6 mm<sup>2</sup> 导线, 长 50 m。
- 9) 负载电阻: 6~60 A 可调。

### 6.2 短路保护试验

在 DC-DC 电源模块正常 48 V 输出情况下, 合上开关 K1 模拟负载短路, 馈线保护模块的短路保护动作实测波形如图 6, 短路电流实测值为 130 A。

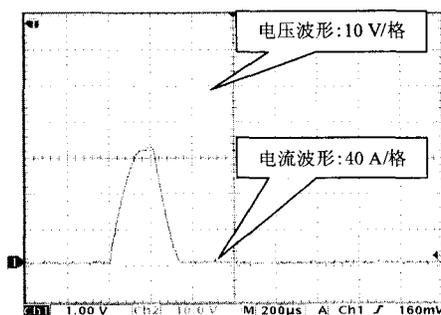


图 6 短路试验波形

Fig.6 Short-circuit test waveform

测量的回路短路电流大于馈线保护模块的短路保护动作设定值, 因此短路保护立即动作。

### 6.3 过载保护试验

1) 在 DC-DC 电源模块正常 48 V 输出情况下, 合上开关 K2 模拟负载过载, 馈线保护模块的过载保护实测波形如图 7, 负荷电流实测值为 46 A, 动作时间实测值为 10 ms。

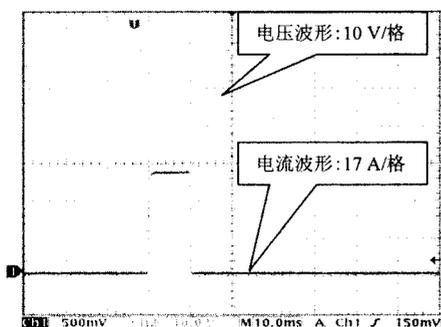


图7 过载试验波形

Fig.7 Over-loading test waveform

由于加负载后 DC-DC 模块的输出电压维持在 46 V 以上, 因此满足馈线保护模块的延时动作条件: 设定为 10 ms。

2) 在 DC-DC 电源模块低于 40 V 输出情况下, 合上开关 K2 模拟负载过载, 馈线保护模块的过载保护实测波形如图 8, 负荷电流实测值为 46 A, 动作时间实测值为 1 ms。

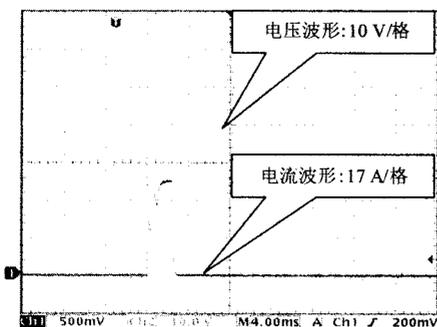


图8 过载试验波形

Fig.8 Over-loading test waveform

由于加负载后 DC-DC 模块的输出电压降低到

38 V 以下, 因此满足馈线保护模块的电压动作条件: 设定为 40 V。

## 7 结语

本文的研究包括:

- 1) DC-DC 电源的模块技术要求。
- 2) DC-DC 电源的直流供电网络保护要求。
- 3) DC-DC 电源的系统网络设计方案。

上述设计方案的产品已经在部分变电站中得到实际应用, 解决了 DC-DC 变换器供电的可靠性和安全性, 大大减少了通信电源的维护工作量, 提高了变电站的运行水平。

## 参考文献

- [1] GB/T 19826-2005, 电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求[S].  
GB/T 19826-2005, General Specification and Safety Requirements for DC Power Supply Equipment of Power Projects[S].
- [2] DL/T 1074-2007, 电力用直流和交流一体化不间断电源设备[S].  
DL/T 1074-2007, Integrated Uninterruptible Power Supply Equipment of DC and AC for Power System[S].
- [3] YD/T 733-1994 通信用直流-直流模块电源[S].  
YD/T 733-1994, DC-DC Converter for Communication[S].

收稿日期: 2009-06-20

作者简介:

戴丽君 (1967-), 女, 高级讲师, 研究方向铁道供电、企业工厂供电、电气自动化等。E-mail: dlj86@sina.com

## 中国电工行业智能电网设备标准化专家组成立

2009年11月9日, 为尽快构建我国智能电网设备标准体系, 推动我国智能电网设备行业参与国际标准化工作, 中国电工行业智能电网设备标准化专家组成立大会暨第一次工作组会议在北京召开。会议由中国电工行业智能电网设备标准化专家组组长、行业归口所许昌继电器研究所所长姚致清同中国电器工业协会副会长方晓燕共同主持, 国务院三峡办李秦副司长、工业和信息化部及国家能源局等有关领导和专家出席会议。

会议听取了国际智能电网工作组战略规划和最新动态介绍。许继集团、西安高压电器研究院等几十家单位代表汇报了各自领域智能电网发展情况。会议讨论确定了建立智能电网设备标准化工作路线、分类及研究框架, 明确了下一步工作进度和计划。本次会议的成功召开, 标志着中国电力装备制造业智能电网标准研究工作正式启动, 为积极推动我国智能电网设备标准体系建设, 向国际 IEC 提出有关智能电网设备标准的提案提供了组织保证。许继集团作为主导起草单位, 承担了行业中大部分标准的研究制定工作, 将为集团公司更好地参与统一坚强智能电网建设起到积极推动作用。(行业标准处)