

新一代电铁并补保护 WBB-891 的研制

戴国安,董晓冬,黄金海,许江

(许继保护及自动化事业部,河南 许昌 461000)

摘要:介绍了新一代电铁并补保护装置的功能特点和保护配置原理及判据,提出了提高差压动作可靠性以及多分支自适应保护方法。

关键词:并联补偿; 数字信号处理器; 谐波; 自适应

中图分类号: TM774 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2003)09-0056-03

1 引言

铁道电气化能实现重载和高速牵引,但铁道电气化牵引网由于无功负荷大,功率因数低(一般 0.8 左右),使电压质量下降,线路损耗增大,还使供电设备不能充分发挥其能力。电力机车负荷是一个谐波源,高次谐波给系统及供电设备带来严重的影响,为了提高供电质量和增加系统的稳定性,铁路牵引网必须增设并联补偿和高次谐波滤波装置。保障并补设备和高次谐波滤波装置可靠运行是铁路运营畅通无阻的前提。基于市场的需要我们研制了以 32 位浮点 DSP 为基本硬件平台的数字式新一代 WBB-891 型电铁并补保护装置。

2 装置特点

WBB-891 型并补保护装置采用分层 32 位多 CPU 并行运行结构、多层印制电路板布线技术及 SMT 表面贴装工艺;软硬件模块化设计,通用性好,互换性强;模拟量采用二级阻容式滤波,14 位高速多通道 AD 转换,每周波 100 点采样,采样数据精度高,动作值稳定。开关量输入和输出回路采用高可靠性的光电隔离,插件间弱电回路采用背板走线,强电回路采用直接端子输出,强弱电回路分开,简洁且抗干扰能力强。

WBB-891 型电铁并补保护装置按一套保护装置对应一个断路器进行设计。装置适用于单相交流电气化铁道牵引供电系统,既可作为常规固定投入并联电容补偿设备的保护装置,也可作为多分支并联电容补偿设备的保护装置。同时具有负荷录波、故障录波、网络通讯等自动化功能。

3 保护配置

保护配置既具有电流速断、过电流、谐波过电流、过电压、低电压、差电流(内部作差)、差电压(外

部作差)等保护,又具有重瓦斯、压力释放、电抗器过热等非电量保护。保护功能完善,各种保护元件均可实时显示、灵活配置,单分支保护配置情况如图 1 所示

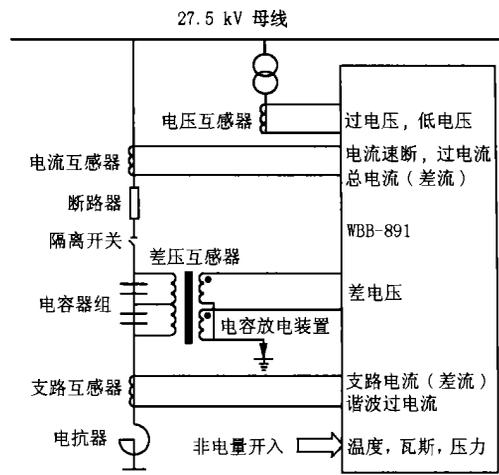


图 1 单分支并补保护配置图

Fig. 1 Single-branch shunt compensation protection device

4 保护原理

4.1 电流速断保护

用于断路器到电容器连接线短路故障的保护。

动作方程: $I > I_{zd}$

其中: I 为并补支路总电流基波分量; I_{zd} 为电流速断定值。

定值计算: $I_{zd} = K_k I_{y1}$

其中: K_k 为可靠系数,一般取 1.2; I_{y1} 为并补装置投入时的涌入基波电流。

4.2 过电流保护

用于电容器组过负荷运行和内部部分接地故障的保护。

动作方程: $I > I_{zd}$

其中: I 为并补支路总电流基波分量; I_{zd} 为过电流整定值。

定值计算: $I_{zd} = (1.3 \sim 1.4) I_{fmax}$;

其中: I_{fmax} 为最大负荷电流。

4.3 谐波过电流保护

本装置分别提取各并补分支电流中的 3、5、7、9、11 次谐波, 当任一并补分支满足谐波过电流保护出口动作条件时, 装置驱动断路器跳闸。

动作方程:

$$I_3^2 + \left(\frac{5}{3} I_5\right)^2 + \left(\frac{7}{3} I_7\right)^2 + \left(\frac{9}{3} I_9\right)^2 + \left(\frac{11}{3} I_{11}\right)^2 > I_{zd}^2$$

其中: I_3 、 I_5 、 I_7 、 I_9 、 I_{11} 为各并补分支电流中 3、5、7、9、11 次谐波分量; I_{zd} 为谐波过电流定值, 各并补分支共用一份定值。

定值计算: $I_{zd} = I_{hn} / K_k$

其中: K_k 为可靠系数, 一般取 1.2; I_{hn} 为电容器允许谐波电流值。

4.4 差电流保护

用于电容器装置内部接地故障的主保护, 保护采用内差的方式, 支路总电流与各支路电流和作差。

动作方程: $I_{cd} > I_{zd}$

其中: I_{cd} 为并补支路差电流基波分量; I_{zd} 为差电流定值;

$$\text{定值计算: } \begin{cases} I_{zd} = K_k \cdot k_{tx} \cdot f_{max} \cdot I_{max} \\ I_{max} = (1 + \sqrt{X_C / X_L}) I_n \end{cases}$$

其中: K_k 为可靠系数, 取 1.3; k_{tx} 为同型系数, 顶流互与底流互同型时取 0.5, 不同型取 1; f_{max} 为流互最大允许误差, 取 0.1; I_{max} 为并补投入时涌流有效值; X_C 为并补装置电容器容抗; X_L 为并补装置电抗器感抗; I_n 为并补装置额定电流。

4.5 差电压保护

差压保护采用外差的方式, 它是一种灵敏度高、保护范围大、不受合闸涌流、高次谐波、电容器过负荷、电压波动影响的保护方式, 它能检测出电容器的内部故障并限制事故扩大。

动作方程: $U_{cd} > U_{zd}$

其中: U_{cd} 为并补装置两组串联电容器之差电压的基波分量; U_{zd} 为差压定值。

定值计算: 确定电容器组中故障电容器端电压超过 1.1 倍额定电压时, 熔断器已切除电容器的台数 K , K 值按下式计算:

$$\frac{M U_{max}}{N(M - K)(1 - D) + K} = 1.1 U_{cn}$$

其中: M 为并联电容器数; N 为串联电容器数; D

为补偿度; U_{max} 为母线最高电压; U_{cn} 为电容器额定电压。

计算差电压:

$$U = \frac{M - (N - 1)(M - K)}{N(M - K)(1 - D) + K} U_{max}$$

计算定值: $U_{zd} = U / K_k$

式中: K_k 为可算系数, 取 1.3 ~ 1.5。

4.6 过电压保护

IEC 规定过电压最大持续时间: 1.05 U_n 时为 30 min; 1.2 U_n 时为 5 min; 1.3 U_n 时为 1 min; 当电容器组的运行电压超过 (1.05 ~ 1.3) U_n 时, 保护过电压动作, 将电容器组从电网上切除。

动作方程: $U > U_{zd}$

其中: U 为母线电压基波分量; U_{zd} 为过电压定值。

定值计算: $U_{zd} = (1.1 \sim 1.3) U_n$;

其中: U_n 为母线额定电压。

4.7 低电压保护

按并联补偿装置“最后投入, 最先开放”的原则设计。设置低电压保护的目的是: 防止在无负荷时电容器和变压器同时投入, 形成串联回路, 在过渡过程中, 电容器上可能出现过电压而造成损坏; 防止电容器母线失压后, 电容器没有退出, 当电源恢复时, 空载变压器带大容量的容性负荷, 将使工频电压显著增高, 造成变电所设备和电容器损坏。

动作方程: $U < U_{zd}$

其中: U 为母线电压基波分量; U_{zd} 为低电压定值。

定值计算: $U_{zd} = (0.5 \sim 0.6) U_n$

5 辅助功能

5.1 自适应保护功能

一套 WBB-891 装置能够完成同一供电臂上最多 3 个并补分支的保护。在实际运行时, 当自适应保护投入时, 本装置能实时探知各并补分支是处于投入状态, 还是退出状态, 并以此来自动调整电流速断、过电流、差电流保护元件的定值, 以提高保护动作的灵敏度。动作值 I_{dz} 调整如下: (假设支路 1 投入, 其它支路退出)

$$I_{dz} = \frac{(1 + H_1) \cdot N_1}{(1 + H_1) \cdot N_1 + (1 + H_2) \cdot N_2 + (1 + H_3) \cdot N_3} I_{set}$$

其中: N_1 、 N_2 、 N_3 分别为支路 1、2、3 基波电流比率; H_1 、 H_2 、 H_3 分别为支路 1、2、3 滤波次数; I_{dz} 为速断(过流, 差流)动作值; I_{set} 为速断(过流, 差流)整定值;

当投入 1、2 分支时, 分母变为 $(1 + H_1) \cdot N_1 +$

$(1 + H_2) \cdot N_2$, 其它情况依次类推。

5.2 差压调零功能

由于现场电容器组自身存在的残压, 可能导致电容器保护误动, 为提高保护动作值的准确性, 可以进行差压调零, 调整差压动作值。当分支有流时允许相应分支差压调零, 无流时闭锁差压调零。

差压保护调整动作方程式:

$$\begin{cases} |U_m - KU| > U_{set} \\ K = \pm \frac{|U_{m0}|}{|U|} \end{cases}$$

$U_{ms} \cdot U_s + U_{mc} \cdot U_c = 0$ 时 K 为正值, 否则 K 为负值。

其中: U_m 为包括残压的差压测量值; U_{set} 为差压整定值; U_{m0} 为残压测量值; U 为正常运行时母线电压测量值; U_{ms} 、 U_{mc} 分别为差压测量值的实部和虚部值; U_s 、 U_c 分别为母线电压测量值的实部和虚部值。

5.3 非电量保护功能

装置中设有非电量保护, 既可实现变压器重瓦斯保护、压力释放和电抗器过热出口跳闸、信号指示、动作记录、故障录波和动作信息打印等功能, 又可实现轻瓦斯、电容器过热、动补变过热、动补分闸等非电量事件记录。

5.4 其它辅助功能

本装置在开发的过程中充分考虑到用户的实际需要, 采用新型键盘和 320 × 240 大屏幕汉化液晶显示器, 菜单式界面。对于大多数操作, 用户只需看中文提示, 便可迅速掌握。装置的负荷录波功能实时

地显示波形和谐波分析数据; 实时测量功能实时显示各通道模拟量; 刻度校正功能自动校正各通道增益系数; 自检功能时刻监视程序、定值的正确性、开出回路的可靠性; 事件顺序记录功能记录将动未动的起动元件和非电量开入事件; 合闸闭锁功能、RTU 功能、当地或网络自动打印功能。

6 结束语

利用 32 位 DSP 开发的新一代 WBB-891 型电铁并补保护装置具有技术先进、辅助功能强大、自适应能力强、程序升级容易等特点。本装置于 2000 年 5 月通过了部级鉴定, 并已大量投入使用, 现场运行情况稳定。

参考文献:

- [1] 李群湛, 张进思, 贺威俊. 适于重载电力牵引的新型供电系统的研究[J]. 铁道学报, 1998(4).
- [2] 吕润馥. 电力系统高次谐波(第三分册)[M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.
- [3] 曹建猷. 供电系统[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1993.

收稿日期: 2002-10-18

作者简介:

戴国安(1973-), 男, 本科, 助理工程师, 主要从事铁道电气化继电保护工作;

董晓冬(1975-), 男, 本科, 助理工程师, 主要从事铁道电气化继电保护工作;

黄金海(1975-), 男, 本科, 助理工程师, 主要从事铁道电气化继电保护工作。

Development of type WBB- 891 shunt compensation protection for electrification railway

DAI Guo-an, DONG Xiao-dong, HUANG Jin-hai, XU Jiang

(Protection & Automation Business Department of XI Electric Corporation, Xuchang 461000, China)

Abstract: This paper introduces the function characteristics and protection principle and criterion of the new shunt compensation protection device. It put forwards methods of improving reliability of differential - voltage operation and multi - branch adaptive protection.

Key word: shunt compensation; DSP; harmonic; adaptive

2003 年《继电器》杂志合订本征订工作现已开始, 每套 160 元, 数量有限, 欲购从速。

来款请寄: 河南省许昌延安路中段科技中心《继电器》杂志社

邮 编: 461000

电 话: 0374—3360297

联系人: 司丽娜