

应用于光电式电流互感器的悬浮式电源的设计

李芙英 陈永亭 清华大学电机系 (100084)

【摘要】 文章介绍了光电式电流互感器中高压端悬浮式电源的基本原理、特点和技术关键。该电源适用于母线电流数 A 至数千 A 的变化范围,为高端设备提供 5V、100mA 的电源。

【关键词】 光电式电流互感器 悬浮式电源

光电式电流互感器是电力系统向高电压、大容量方向发展的同时对电力设备提出小型化、自动化、高可靠性要求的新型电流监测装置。该装置由三部分组成:悬浮在高压侧的电流采样电路,这部分电路与低压侧之间没有任何电磁联系,唯一的联系只有 2 根光纤。光纤使得高、低压之间完全隔离。因此如何向高压侧电路供电,就成为一项关键技术。考虑到性能价格比,文章选用高压母线电流作为能量的来源,设计一种悬浮式电源。由于母线电流变化范围很大(数千安),以 10kV 电压等级额定电流为 400A 为例,母线稳态电流可以在 5% ~ 120% I_e (I_e 是额定电流)内变化,短路故障情况,母线暂态电流可达 10 倍额定电流甚至更高。在这些情况下都要求能提供高压侧电子线路所需的稳压电源要求(电压 +5V,电流 100A,波动系数 < 5%)。鉴于上述要求,设计工作主要集中在将一个大范围内变化的电流转化为一个具有 0.5W 功率稳定输出的电压源。

1 悬浮式电源原理

电源原理框图如图 1 所示。

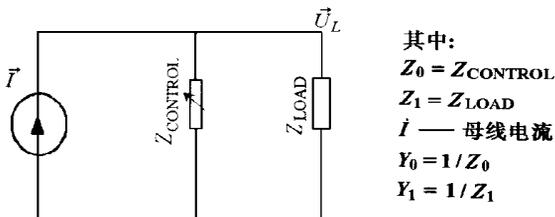


图 1 悬浮式电源戴维南等效电路

由图 1 可见

$$\dot{U}_L = i \frac{Z_0 \cdot Z_1}{Z_0 + Z_1} \quad (1)$$

当满足 $Z_0 = \frac{1}{\frac{i}{\dot{U}_L} - \frac{1}{Z_1}}$ 时,即可输出恒定电压

\dot{U}_L 。

因此如果能设计一个可控阻抗,使之具有上述特性,就可以达到很好的稳压效果。

为了分析方便起见,将负载电路的等效阻抗和内阻分别用导纳 Y_0 和 Y_1 表示,且仅考虑幅值(这种考虑与实际较接近),下面分三种情况讨论:

- 当 $I < Y_1 U_L$, 则 $Y_0 < 0$ 。属于母线小电流场合。 Y_0 相当于一定容量的发电机或某一外部电源,母线电流向电源提供能量不能满足负荷的要求。这时没有外加电源,电路无法正常工作。

- 当 $I = Y_1 U_L$, 则 $Y_0 = 0$ 。属于维持电路正常工作所需最小母线电流场合,可控阻抗支路完全开路, $I = I_{min}$ 。即无需外加电源,系统电路正常工作所需最小母线电流,此值愈小,电源死区范围越小,电源性能越好。

- 当 $I > Y_1 U_L$, 则 $Y_0 > 0$ 。母线电流足够大,分流支路起分流作用。 Y_0 相当于一个分流支路,分流能力与电流源呈一定的函数关系,由函数关系很容易得出所需受控导纳所应该具备的电特性如图 2 所示。相应阻抗特性如图 3 所示。

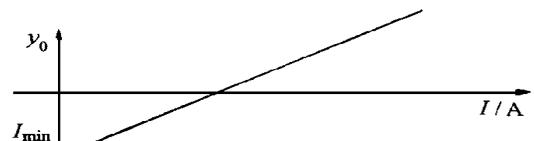


图 2 分流导纳特性

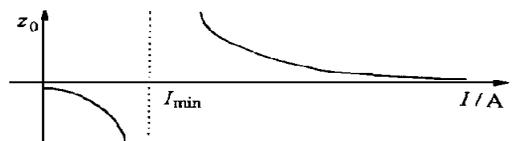


图 3 分流阻抗特性

综上所述,得出三点结论:

- $I < Y_1 U_L$ 时, Y_0 等效电源,在本系统中不可能物理实现。因此文章设计存在死区。为了减少死区,采用开源节流法:一方面尽量降低负载的等效导纳,另一方面加大互感能量供给能力。

- 人为拟合具有双曲函数特性受控阻抗,文章

磁密取 $1.8T$ 。根据变压器公式:

$$E = 4.44fW \quad (2)$$

将 $E = 7V, B = 1.8T, f = 50Hz, S = 3.125cm^2$ 代入(2)式,得出副边绕组 $W = 56$ 匝。

3.1.2 控制分流线圈匝数的确定

分流线圈匝数必须保证作为开关的MOS管在关断时,使得加在D、S极两端电压不致于导致MOS管击穿;又要考虑MOS管导通不会对功率线圈提供的7805电压产生影响。因此选择功率线圈整流输出15V,而控制线圈100V。从而确定控制线圈为300匝。实践证明这种配置下,电源能有较好的稳压效果。

3.2 稳态分流支路中限流电抗的选择

理论上讲,分流支路中串入一个阻抗元件,只要能起到限流作用即可,但串入容性阻抗,由于电路中其余均为感性阻抗,就会形成较大的回路电流,支路发热严重,因此选用感性阻抗,可以明显降低回路中电流,极大程度上减少发热现象。

电抗值的确定:

电抗在大多数情况下工作在饱和区,稳态分流投入工作,MOS管马上进入饱和,分流线圈感应电压 U_1 大部分加在电抗上,仅考虑50Hz,则

$$U_1 = U_L \quad E = 4.44fW = 4.44fWBS \quad (3)$$

其中: W —电抗匝数

E —感应电压

Z_L —阻抗值

I_L —电抗激磁电流

$$Z_L = \frac{U}{I} = \frac{E}{I_L} = \frac{4.44fW}{I_L} = \frac{4.44fWBS}{I_L} \quad (4)$$

通过选择 W, B 的值,使电抗器投入分流回路时 I_L 达到最大值,然后随着 I_L 的增大,铁芯逐渐进入饱和,用饱和曲线来拟合单边双曲函数。实践证明合理选择 B, W 可以有较好的拟合特性。

由于曲线拟合的差距,稳压块输入电压会有一定的升高,为了保证稳压块的稳定输出,升高的电压

降以热的形式消耗掉,因此稳压块要加散热片。

4 实验结果

选用东升铁芯厂O形铁芯,规格为:内径25mm,外径50mm,宽25mm,采用双铁芯并连接法对7805供电。

实验结果:

母线电流12A以上电路正常工作;

12A以下,高压侧电路采用低功耗,降低采样率等办法,使母线电流在5A时就能维持工作;

母线电流在400A左右,功率线圈使稳压块直流输入约20V,采用适当散热措施,7805仍能正常工作;

母线电流呈现10倍的额定电流,采用压敏电阻或避雷二极管实现瞬间短路,但仍能维持一定的电压。

5 结论

采用电路为主,磁路为辅的办法联合稳压,再结合用电电路采用低功耗设计,加以合理散热措施。文章设计这种悬浮电源可以在母线电流 $5\% I_e \sim 120\% I_e$ 范围内保证正常工作,而小于 $5\% I_e$ 及 $120\% I_e$ 以上采取一定的措施,也能维持工作。

参考文献

- 1 赵修民. 电流互感器. 山西人民出版社,1986.
- 2 李发海,陈汤铭,郑逢时,张麟征,朱东起. 电机学. 科学出版社,1991
- 3 Optical Current Transducers For Power Systems: A Review. IEEE Trans. Pwr. Delivery,1994,9(4):1778~1788.

收稿日期:1998—08—31

李芙英 女,1943年生,副教授,现从事微机控制专业的教学与研究。

陈永亭 男,1960年生,现从事电力系统及其自动化的研究。

DESIGN OF FLOATING TYPE POWER SUPPLY APPLIED FOR PHOTOELECTRIC CT

Li Fuying, Chen Yongting (Electric Department of Qinghua University, Beijing, 100084, China)

Abstract This paper introduces the basic principle, feature and technical key of the floating type power supply on HV terminal of the photoelectric CT. The power supply is available in the range of several A to several KA busbar current and provides 5V, 100mA to the equipment of HV side.

Keywords Photoelectric CT Floating type power supply