桂林工学院学报
JOURNAL OF GUILIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY
1999年　第19卷　第3期　Vol.19　No.3　1999

万方数据资源系统 WANFANG DATA（CHINAINFO）
数字化期刊 DIGITIZED PERIODICAL

大功率恒流源新的稳流控制方法

徐和飞　朱名日　张烈平

摘　要　主要介绍以可编程门阵列器件构成恒流源核心控制电路的设计思路，通过机电自控装置驱动可调变压器实现新的稳流方法，实验证明这一方法是可行的。
关键词　恒流源；门阵列器件；机电自控装置

A NEW CONTROL METHOD OF CURRENT STABILIZATION OF HIGH POWER CONSTANT CURRENT SOURCE

Xu Hefei　Zhu Mingri　Zhang Lieping
Department of Electonics and Computer, Guilin Institute of Technology

Abstract　A design method of using GAL to make a constant current source is introduced, proving a new method of current stabilization by means of driving regulated transformer by a controlling device .Experimental results are given to demonstrate effectiveness of the method.
Key words　constant current source；GAL；mechanical and electronic-controlled device

低压、直流小电流恒流源其控制电路通常采用普通半导体晶体管电路，交流恒流源则较多采用交流电子电路或饱和磁路方法，对于大功率恒流源（数千千瓦）无论是直流型或是交流型，普遍采用可调变压器或大功率晶闸管器件等方法实现。如果对波形畸变有严格要求的稳流电源，则不宜用晶闸管控制，而应采用可调整变压器或其它方法[1]。由于可调变压器属执行元件，它不具有智能，因而恒流源的控制电路非常复杂，整个控制装置也相当庞大笨重。20世纪80年代初期微机技术在我国的崛起，给恒流源控制电路或其他工业过程控制设计带来了极大的方便，且控制装置也变得小巧玲笼，但其美中不足的是造价过高，抗干扰能力不尽人意。本文利用GAL可编程阵列器件(以下称GAL)设计出恒流源核心控制电路[2, 3]，具造价比单片机低，可靠性与单片机相仿，适合批量生产的特点。

1　电路设计及电气原理

1.1　控制电路设计

假定被控对象的额定输出电流为40A的50Hz正弦交流电要求波形畸变小于5%，恒流精度±2%。则电流输出调节装置不宜采用可控硅控制技术（该技术输出波形存在严重畸变），而应采用可调自耦变压器来解决电流可调、波形不畸变等问题。由于可调自耦变压器本身不具有自动稳流功能，所以必须依靠机电自控装置来解决这一问题，其途

万方数据

径有2个，一是采用单片微机或PC机，二是采用GAL器件。考虑到性价比，作者倾向于后者。由后者构成的核心电路与机电自控装置（步进电机）、自耦变压器组成50 Hz、最大输出电流40 A、恒流精度±2%、波形畸变小于5%稳流装置。

1.2　整机电气原理

机电自控装置的执行元件是步进电机，其工作方式是三相六拍，并具有正反转功能，正转时，其工作相序为A－AB－B－BC－C－CA；反转时，工作相序是C－CB－B－BA－A－AC。根据步进电机的工作方式便可确定其驱动电路和控制信号路数。从而可以确定GAL的工作模式，并由此设计出恒流源整机电气原理图(图1)。

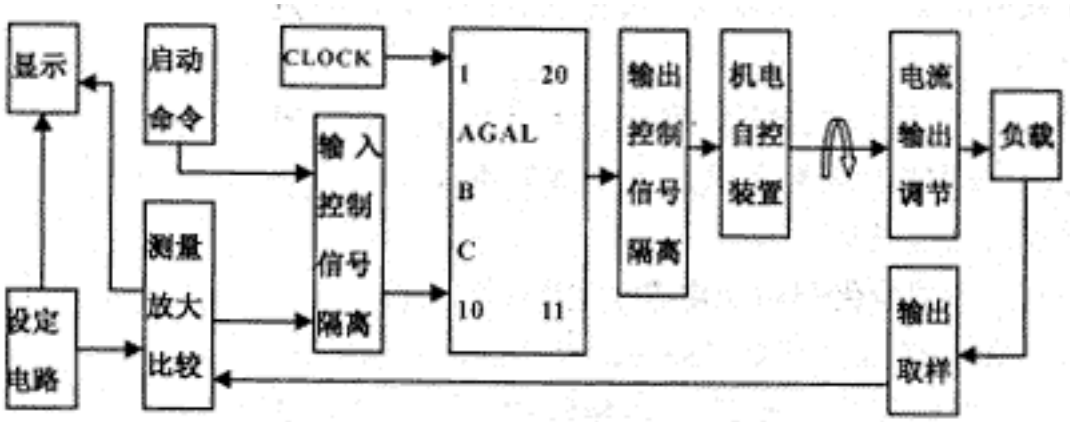


图 1　恒流装置电气原理

Fig.1　principle of a constant current device

1.3　电流调节原理

在开机前，事先预置好所需输出电流值，然后按启动命令键，使GAL向步进电机发出脉冲，即机器处于工作状态，输出电流从0开始上升，同时输出电流经取样电路反馈到GAL的前级放大和比较。当输出电流达到预定值时，机电自控装置停止工作。电流调节电路维持当前状态不变。

假如，电网电压或负载发生变化，输出电流I_l便随之变化。若电网电压上升或负载下降，则输出电流经取样反馈到输入端，并经放大器放大后再与预定值I_s比较，结果将出现：

$$I_l > I_s(1+0.02) \quad (1)$$

此刻GAL电路将发出脉冲使机电自控装置逆时针方向转动，于是输出电流I_l下降，直至符合式（2）为止。

$$I_l \leq I_s(1+0.02) \quad (2)$$

反之，若出现：

$$I_l < I_s(1-0.02) \quad (3)$$

那么GAL电路将发出脉冲使机电自控装置按顺时针方向转动，使输出电流I_l提升，直至符合式（4）为止。

$$I_l \geq I_s(1-0.02) \quad (4)$$

万方数据

只有当I_1同时满足（2）和（4）式时，GAL电路才不发出脉冲，机电自控装置停止工作，并自保持，即输出电流维持现状不变，上述电流变化调节过程见图2。

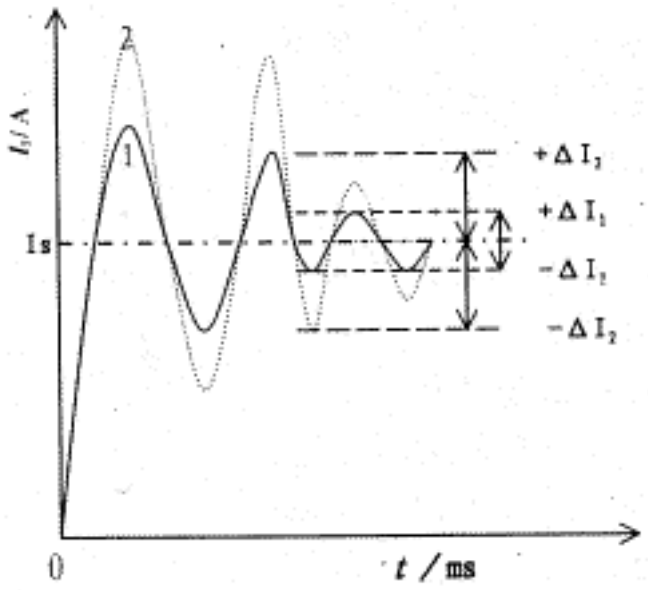


图 2　电流变化调节过程示意曲线
Fig.2　Curve of process of current regulation
1—正常；2—超调；$\Delta I_1 \leq 2\% I_s$；$\Delta I_2 > 2\% I_s$

2　实验与结果

采取2种方法进行试验：一是固定负载不变，改变输入电压，观察输出电流是否恒定，能否达到允许误差。二是改变负载，电网输入电压随机变化，观察输出电流的变化。

2.1　输入电压波动对输出电流恒定影响的实验

输入电压：320～450V(三相、50Hz)；输出电流：30A；恒流精度：±2%；负载性质：阻性（铸铁电阻器）；功率因数：0.9。

(1)稳流功能及稳流精度试验。当试验电流设定为30A，然后启动电流输出调节器，使电流自动稳定在设定值附近，接着人为改变输入电压，其实测值见表1。实验所用仪表为PF－5数字万用表。

表 1　电网电压波动对输出电流的影响
Table 1　Effect of waving input voltage on output current

输入电压/V	输出电流/A	设置电流/A	电阻/Ω	误差/%
320	29.5	30	4.7	-1.66
350	29.6	30	4.7	-1.33
360	29.5	30	4.7	-1.66
370	29.7	30	4.7	-1.00

万方数据

30	29.8	30	4.7	-0.66
390	29.5	30	4.7	-1.66
400	29.8	30	4.7	-0.66
410	29.8	30	4.7	-0.66
420	29.7	30	4.7	-1.00
450	29.5	30	4.7	-1.66

从表1看出，当输入电压改变时，输出电流瞬间也发生变化，但不超过允许误差值，其恒定精度保证在±2%以内，可见该电路可以起稳流作用。

(2)可靠性试验。在现场用冲击钻，电弧焊等大功率电机频繁起动作为干扰源进行干扰，结果仪器工作正常。

2.2　负载变化对输出电流恒定影响的实验

输入电压：三相380V、50Hz；输出电流：38A；恒流精度：±2%；负载性质：阻性（铸铁电阻器）；功率因数：0.9。

(1) 稳流功能及稳流精度试验。当试验电流设定为38A，然后启动电流调节器,使输出电流自动稳定在设定值38A允许误差范围内。接着人为改变负载值，有关参数实测结果列于表2。

表 2　负载变化对输出电流稳定的影响

Table 2　Effect of load changing on output current

电阻/Ω	输出电流/A	预置电流/A	输出电压/V	稳流精度误差/%	电网电压/V
5.57	38.0	38	212	0	
5.67	37.9	38	215	-0.26	
5.80	37.9	38	220	-0.26	370～390
6.00	37.9	38	227	-0.26	
6.14	37.9	38	232	-0.26	

从表2看出，当负载发生变化时，其输出电流基本保持不变，表明这种稳流控制方法是可行的。

(2)可靠性试验。同样用冲击钻等大功率电机频繁起动作为干扰源，结果电机工作正常。

2.3　性能比较

本方法与国产WLY-30 A稳流源的技术性能指标作比较，其技术指标列于表3。

表 3　本方法与国产WLY-30 A电流源的技术参数对比

Table 3　Comparison of parameters

技术指标	GAL控制恒流源	WLY-30 A稳流源
最大输出电流/A	40 （无级可调）	30 （分档可调）
输出电压范围/V	0～40 （DC或AC）	0～12 （DC）
稳流精度/%	±2	±1
工作电源/V	交流220 ～380 （50 Hz）	交流220 （50 Hz）

万方数据

从表3可知，GAL控制恒流源稳流范围更宽，可用于交、直流场合，而WLY-30A只能用于直流场合。GAL控制恒流源的不足之处是精度指标略底于WLY- 30A。

2.4　结果讨论

实验结果证明，以GAL器件为核心设计的稳流电路完全可以实现稳流控制作用。但要满足稳流精度达±2%的要求，设置好驱动器（步进电机）的响应速度是关键，驱动器的响应速度快慢直接影响稳流精度和调节稳定性。若响应速度过于灵敏，容易造成稳流系统在作调整时，长时间不能稳定，即输出电流起伏不定，易超差。若响应速度相对迟钝对消除电流调节时产生的振荡有一定效果，即输出电流在短时间内便迅速稳定。但该参数选择不当，同样也会使稳流精度超差。由此可见，从调节灵敏度意义上讲，希望机电自控装置越灵敏越好；但从输出电流迅速稳定方面讲，则希望机电自控装置反映迟钝些为好。总之机电自控装置的响应速度与稳流精度、电流迅速稳定是一对矛盾，适当设置机电自控装置的响应速度非常重要，为了便于调节，步进电机的每秒步进数与力矩关系应满足图3中所示要求。

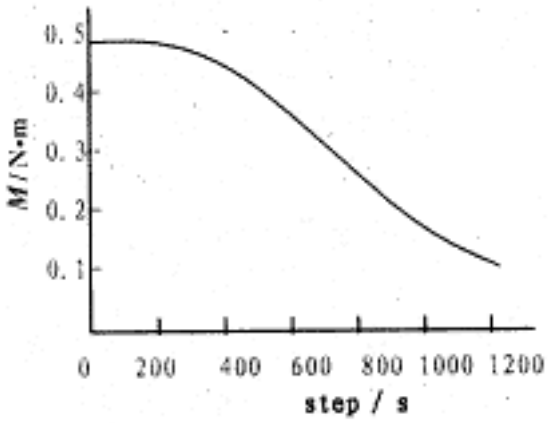


图 3　步进电机输出力矩与每秒步进数的关系曲线
Fig.3　Curve showing relation between
output torque and step number

3　结　论

以GAL器件为核心，设计出的恒流源电路，经过实际运行，具以下优点：①理论电路与实际运行相符，有稳流作用，稳流精度可达±2%；②恒流范围宽，0～40A；③适合于交、直流大功率稳流源。

不足之处是机械噪音偏大，稳流精度有待提高。

注释：广西科学技术委员会项目（桂科攻9817047）成果之一。

作者简介：徐和飞，男，1963年出生，双学士，讲师，德育教育及工程物探专业。
作者单位：桂林工学院电子与计算机系　541004

参考文献

万方数据

1　白驹珩，雷晓平.单片计算机及其应用.成都：电子科技大学出版社，1994.160～163
2　周才学，关素秋，谢　康，等.ABEL4.0可编程逻辑器件设计语言教程.北京：学苑出版社，1993.130～141
3　朱名日.等温热磁处理炉及其控制系统研究.电气电子教学学报，1998，20（专辑）：106～108

收稿日期：1999-03-29

万方数据