

托卡马克 LHCD 系统的等离子体 电流熄灭保护技术

林建安 何 畏

(中国科学院等离子体物理研究所 合肥 230031)

摘要 根据实际 HT-7 托卡马克的实验需要,提出并实现了等离子体电流熄灭保护装置,杜绝了等离子体电流熄灭或在低等离子体电流下,强功率、长脉冲的低杂波对托卡马克装置及低杂波系统的威胁。

关键词 托卡马克,等离子体电流,低杂波系统

中图分类号 TL631.2

HT-7 超导托卡马克是中国科学院等离子体物理研究所的重要核聚变实验装置,低混杂波电流驱动(LHCD)^[1]作为一种重要的非感应电流驱动手段,主要用以维持长脉冲的等离子体放电及改善等离子体约束。

在实际 LHCD 装置中,当等离子体电流尚未建立,或在低等离子体电流条件下,或在等离子体电流熄灭后,强功率、长脉冲的低杂波进入托卡马克真空室都会引起强反射,其直接后果是损伤甚至损坏 LHCD 系统的脆弱环节——陶瓷密封窗口,对于用于吸收反射波的环形器也构成威胁,会给整个托卡马克系统带来不必要的经济损失。为了杜绝此类故障的发生,我们研制了等离子体电流熄灭保护装置。

1 装置的电路和工作机理

1.1 前级预处理电路

等离子体电流熄灭保护装置前级电路主要由比较器、光电隔离和放大电路构成,具体电路如图 1 所示。

图 1 左端输入的等离子体电流诊断信号的单位为 kA/V ,该信号反映任意时刻等离子体电流的大小。 V_0 接在用于高温等离子体诊断的专用直流电源上,是一组低温漂的高精度稳压电源; V_1 是另外一组高精度直流稳压电源,其输入接在 LHCD 负高压电源控制部分的电源上,与 LM324 的 2 脚相连的 5k 电阻为一个可调电阻,用于改变或设定打开或关闭低混杂波系统时的等离子体电流的大小。仅当等离子体电流大于该初始设定值时,才能加上 LHCD 高压电源,控制输出的低杂波注入等离子体;如果等离子体电流小于该初始设定值时,立刻关闭 LHCD 高压电源,封锁高功率低杂波的输出。

1.2 后级保护控制电路

采用武汉力源公司的三合一单片机模块 80C198 模块^[2]再配上相应的 LY-DIO-24 带光隔的 I/O 外围模块组成该保护控制电路。等离子体电流熄灭保护装置的保护控制电路具有控

第一作者:林建安,男,1963年2月出生,1986年毕业于华中理工大学电信系,现为中国科学院等离子体物理研究所博士研究生,工程师,主要从事计算机控制及微波工程等方面的工作
收稿日期:2000-03-07,修回日期:2000-08-25

制速度快、抗干扰能力强、性能价格比高、安装体积小等优点。具体控制回路如图 2。

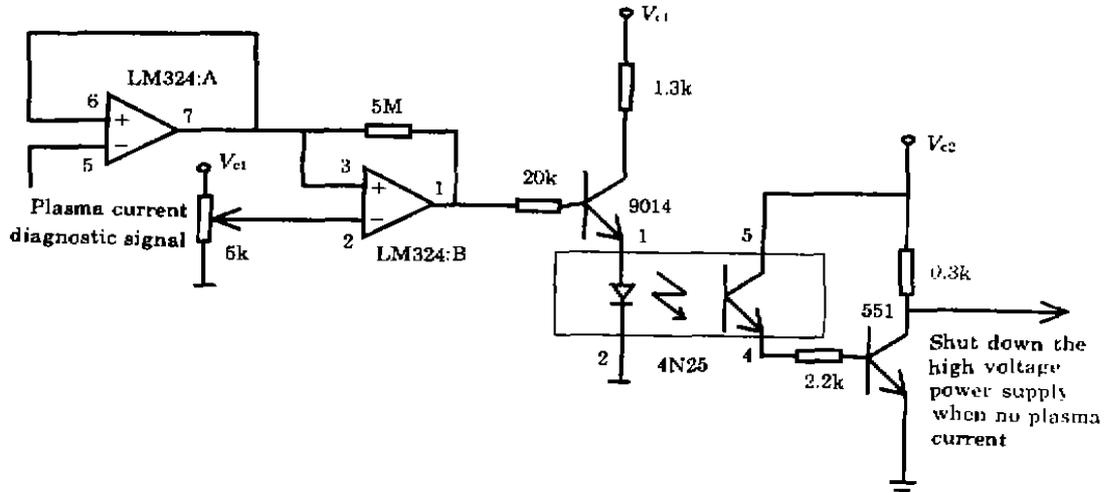


图 1 等离子体电流信号预处理电路图
Fig. 1 Pretreatment circuit diagram of plasma current signal

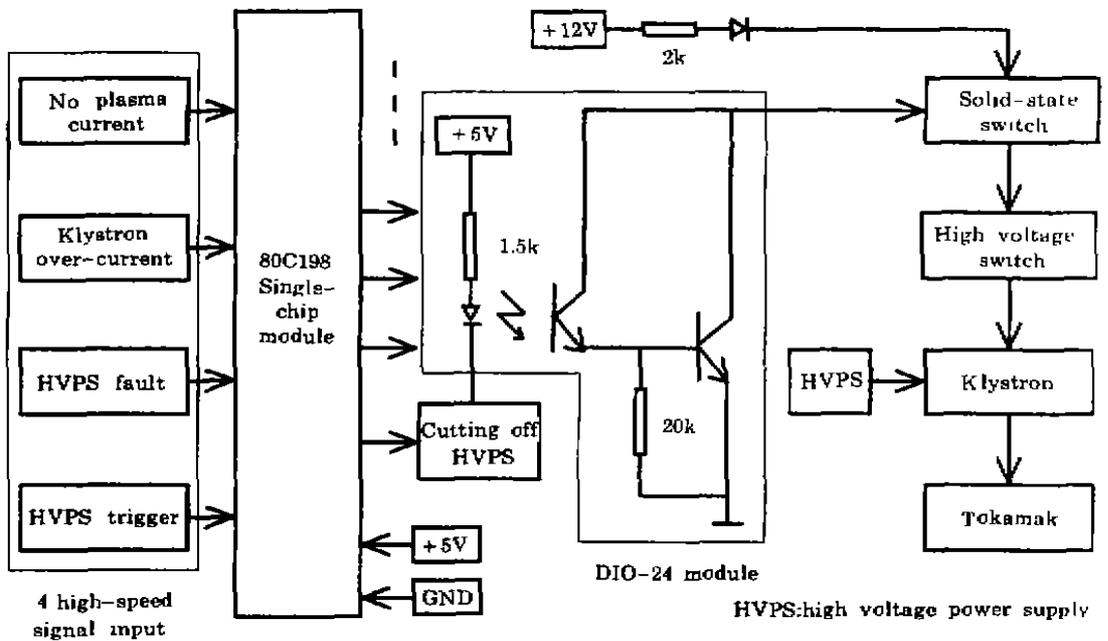


图 2 单片机模块控制逻辑图
Fig. 2 Controlling logic diagram of the single-chip module

80C198 模块的四路高速信号输入接收四路控制信号,其中一路为低杂波系统的高压投入信号,用来决定波系统正常工作情况下高压的投入时刻,即加波给等离子体的时刻,该信号由 HT-7 的总控系统负责发送。另外三路为不同的故障保护信号,即无等离子体电流或等离子体电流小于初始设定值、速调管管体打火和波系统高压源自身故障信号。任何一路故障信号都会使单片机发出相应的故障处理信号控制固态电子开关,关断高压电源以封锁波的发出

2 实验结果

图3为HT-7托卡马克实验33132炮的有等离子体电流熄灭保护装置的等离子体电流和低杂波功率波形。

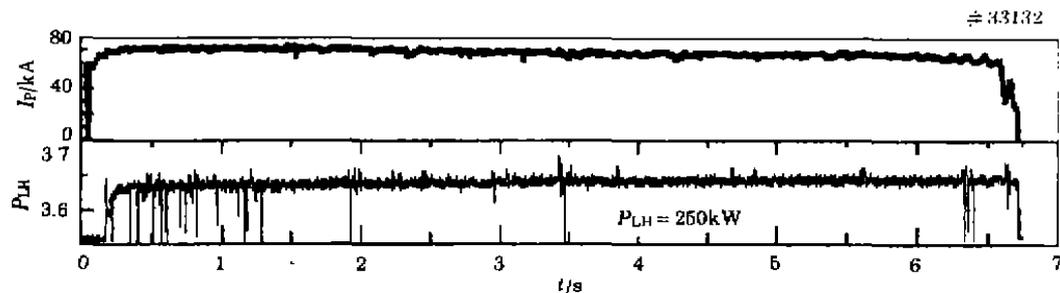


图3 等离子体电流和低杂波功率波形

Fig. 3 Waveforms of the plasma current and lower hybrid power signal

图3中, I_p 代表等离子体电流的大小, P_{LH} 代表低杂波功率的大小。放电之前,设定 LHCD 系统工作的脉宽为 10s,设定该熄灭保护装置识别有等离子体的电流为 30kA,但在 6.7s 左右等离子体突然熄灭,该熄灭保护装置随即关闭 LHCD 系统,有效地保护了 LHCD 系统及托卡马克装置的安全。

3 结论

等离子体电流熄灭保护装置经历了 1998—2000 年 5 轮托卡马克放电实验^[3]的检验,在几百次无等离子体电流或低等离子体电流的情况下,都能迅速有效地封锁低杂波注入等离子体真空室,完全可靠地保证了波系统及托卡马克真空室等系统硬件设备的安全运行,现已成为波系统工作时的必备条件之一,有力地证明了该保护装置的合理性和可靠性。

参 考 文 献

- 1 KUANG Guangli, SHAN Jiafang, XU Weihua, *et al.* Fusion Technol, 1999, 36(2): 212—218
- 2 Embed - network ELAN. Product information. Wuhan Liyuan Single - chip Technology Institute, 1997
- 3 KUANG Guangli, SHAN Jiafang, Liu Yuexiu, *et al.* Proceedings of 24th European Physical Society Conference on Controlled Fusion and Plasma Physics, Published by: The European Physical Society, 1997. 457—460

A technique of protecting Tokamak from plasma current extinguishment

LIN Jian'an HE Wei

(Institute of Plasma Physics, the Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031)

Abstract

According to the experimental result, a method of protecting Tokamak from high power, long pulse microwave was recommended in the article, the menace to LHCD system and Tokamak is exterminated with the protection system when plasma - current extinguishes.

Key words Tokamak, Plasma - current, LHCD system

CLC TL631.2