

一种新的倍压回路

李银安 吴成 叶茂福 陆龙龙 江德仪 张宝珍 张敏生

(中国科学院物理研究所)

理论和实验均表明,快磁压缩等离子体的离子温度,随着等离子体柱的角向电场强度 E_θ 增加而增加,而 E_θ 又正比于感生此场强的放电线圈两端的电压。为了提高 E_θ ,可以采用倍压放电技术,将放电线圈两端的电压倍增。本文提出了一种新的倍压回路。

一、倍压回路的基本原理及其短路性能

1. 基本原理: 本回路的基本形式如图 1(a)所

示。其中 G_s 为起动开关, G_c 为低气压间隙去耦式短路开关,负载为原 GBH-1 的主场线圈,电感为 L_1 ,传输电缆共六根,每根长为 15m,分为两组。图 1(b)为该倍压回路的等效回路,其中 R_1 为负载线圈的电阻, R_c 和 L_c 分别为短路开关的电阻和电感, R_2 和 L_2 分别为外回路的总电阻和总电感, G_s 导通后,电容器 C 通过 G_s 向负载放电。电流分成两路: $A_1-B_1-C_1-D_1$ 和 $A_2-B_2-C_2-D_2$, 分别流经负载。由于负载采取对称接法,两支路中其它元件的

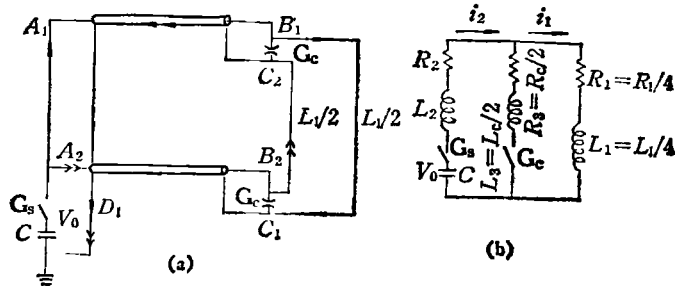


图 1

(a) 倍压放电回路; (b) 等效回路

电学参数又相同,所以两支路中的电流 $i(t)$ 是对称的。由图 1 中的等效回路,可得回路方程:

$$(L_1 + L_2) \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int idt + (R_1 + R_2)i = V_0$$

式中 V_0 为电容器 C 所充的电压值。在本回路中,条件

$$\left(\frac{R_1 + R_2}{L_1 + L_2} \right)^2 < \frac{1}{4(L_1 + L_2)C}$$

成立,解此方程得放电电流:

$$i(t) = \frac{V_0}{\omega_1(L_1 + L_2)} e^{-\alpha t} \sin \omega_1 t,$$

式中

$$\omega_1 \equiv \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{R_1 + R_2}{L_1 + L_2} \right)^2 - \frac{1}{4(L_1 + L_2)C}},$$

$$\alpha \equiv \frac{R_1 + R_2}{2(L_1 + L_2)}.$$

两支路中的电流 $i(t)$ 是振幅按指数衰减的正弦波。图 2 中的上、下两个正弦波就是由实验测到的两支路中分别流经负载左、右边的电流 $i(t)$ 。由图 2 可见,这两电流是完全对称的。负载上的平均电场强度为 $2\eta V_0/l$, 式中 η 为回路的能量利用效率, l 为负载线圈总长度,因而场强比通常放电回路的提高了一倍。

2. 短路性能: 如在电容器 C 放电后的某一时刻

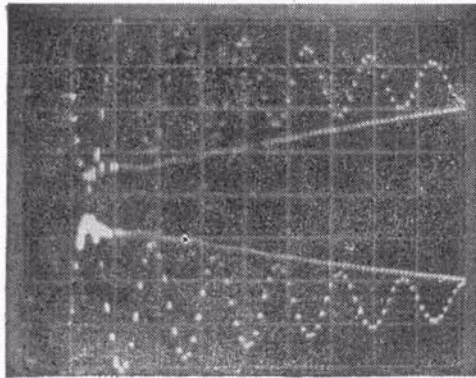


图2 正弦波为左、右侧负载支路中未被短路的电流波形，指数衰减波为被短路的电流波形（为比较起见，将未被短路和被短路的电流波形摄在一起，10 ts/div）

τ ，将两个短路开关 G_c 接通，则负载电流被短路。根据图1中的等效回路，可列出如下回路方程：

$$\begin{cases} (L_2 + L_3) \frac{di_2}{dt} + (R_2 + R_3)i_2 \\ + \frac{1}{C} \int i_2 dt - R_3 i_1 - L_3 \frac{di_1}{dt} = V_r, \\ (L_1 + L_3) \frac{di_1}{dt} + (R_1 + R_3)i_1 \\ - R_3 i_2 - L_3 \frac{di_2}{dt} = 0. \end{cases}$$

初始条件为： $i_1 = i_2 = i(\tau)$ ， V_r 为 τ 时刻电容器 C 上的电压。

考虑到实际的实验条件：

$$L_1 > L_2 > L_3,$$

$$\frac{L_1 + L_3}{C} \gg R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3,$$

利用拉普拉斯变换，可解得流过负载的电流

$$i_1(t) = i(\tau) \left[e^{-\frac{R_1+R_3}{L_1+L_3}t} + K \cdot e^{-\frac{R_2+R_3}{2(L_2+L_3)}t} \cdot \sin(\omega_2 t + \varphi) \right],$$

式中 K 是由放电回路参数等确定的常数， φ 为短路时的相位， $\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{C(L_2 + L_3)}}$ 。因此，

短路后的负载电流 $i_1(t)$ 是以时间常数为

$$\frac{L_1 + L_3}{R_1 + R_3}$$

的指数衰减分量和幅度以时间常数

$$\frac{2(L_2 + L_3)}{R_2 + R_3}$$

衰减的正弦波分量合成的。图2中两条指数衰减的曲线是实际测得的在电流极大值附近短路时负载支路中的电流。可以看到，在此实验条件下，可以得到纹波系数较小的短路电流。

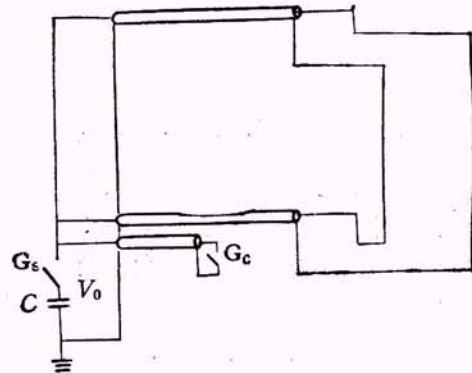


图3 改进的倍压放电回路

为了减少短路开关的数目，我们又试验了图3所示的回路，其中只用了一个短路开关。短路开关 G_c 用六根2m左右的电缆引出。实验表明，我们同样可以得到较满意的短路电流波形，而且可在不同时刻正常进行短路。

二、本回路的优点

本文提出的倍压回路，具有如下优点：(1) 本倍压回路中放电线圈上所得到的平均电场强度，比通常放电回路得到的要高一倍。(2) 由于本回路中将负载分为两半后彼此并联连接，所以电流的周期有所缩短，亦即电流的上升速率要提高，这有利于对等离子体离子进行加热。同时，电流周期的缩短，对于所建议的非圆截面螺旋收缩装置 NSP 而言，可使主放电回路等离子体电流感应场回路易于匹配。(3) 本回路中所需的开关数可以减到最少的程度，如将短路开关并接在起动开关部位，并改进接法以减少电感，或直接使用起动开关-短路开关这种组合式开关，则可以得到纹波系数较小的短路电流，由此可使整个放电回路的结构大为简化，工程

(下转第765页)

第十七届国际科学史会议在美国加州举行

四年一度的国际科学史会议今年在美国举行。来自世界各地的近千名专家、学者参加了这次具有重要历史意义的学术活动。

1985年7月31日,会议在加州大学柏克莱分校隆重开幕。本届会议主席 J.L. Heilbron 与 R.Hahn 分别用英语、法语宣读了开幕词。接着柏克莱分校副校长 R. B. Park 代表东道主向会议表示祝贺,他还简单地介绍了该校在科学研究方面所取得的成就。国际科学史与哲学协会主席 E. N. Hiebert, 联合国教育科学及文化组织代表 R. Pakkas 在贺词中都强调了国际性合作的必要性。美国科学院代表 F. Segrè 也向大会表示祝贺。名著《科学革命的结构》的作者 T. S. Kuhn 在本次会上发表了精彩的演说,他回顾了第十届国际科学史会议(1962年在美国举行)以来科研重点变化的过程指出,过去许多论文探讨近代科技史,而这

次会议上有一半论文将是研究科学对公共、社会的影响。他还指出,现在科技史的任务之一是帮助那些对科学外行的人了解科学。

历时一周多的本届会议分专题演讲与科学讨论两种形式,共有一百多组(前者21组,后者79组)。物理方面分16组,共有论文78篇,内有研讨《墨经》和(清)郑复光的光学成就。诺贝尔奖金获得者 D. Glaser 还应邀作了生物物理方面的报告。中国科学史专家席泽宗、柯俊、何丙郁(香港)、程贞一(美国)等人参加了会议。此外还有数十位中国学者在会上报告了论文。会议期间,海峡两岸的炎黄子孙亲切交谈,交流了学术,大家为文明古国对世界科学所作出的伟大贡献而感到自豪。

(王兴五 王锦光)

1986年第1期《物理》内容预告

超导电性方面的研究机会(M. Tinkham 等);重费米子系统及其超导电性(章立源);穆斯堡尔谱学在低温研究中的应用(夏元复);液晶彩色显示(洪熙君等);点缺陷引起的黄昆漫散射;合金玻璃结构中的化学短程有序(黄胜涛);氧、氮磁性之差及其利用(赵 琢);

磁粉的一些物理问题(罗河烈);发散束 X 射线双元素靶的制备(范得培等);用 APPLEII 微处理机控制任意函数的变温过程(赵世富等);强迫振动变频扭摆内耗仪的研制和应用(文亦汀等);表面和界面电子显微学(吴自勤)。

(上接第 739 页)

量可减少数倍。(4)本回路有统一的接地点,因而运行安全可靠。(5)本回路可应用于所建议的 NSP 装置。NSP 装置与 GBH-1 装置一样,其主场线圈均由围绕环形真空室的 24 匝矩形线圈组成,如将每匝线圈均分为两部分,并分别作为两支路中的负载,由于真空室内、外部分

线圈间的互感不同,因而两支路中的电感不同,但对外回路作些调整或将线圈非对称地剖开,使两支路中的电参数对称,这样,本回路就可应用于 NSP,使 NSP 的结构十分紧凑和简化。

作者对邓希文和邓志林所做的有益讨论及对刘赤子为本实验进行的机械加工,表示衷心感谢。

(上接第 758 页)

风格在许多领域(如中医)有着明显的表现。

格术光学可称得上是我国古代物理学一大成就。清末学者邹伯奇著《格术补》,书的内容是全面的光学,未见从格术本身作出什么阐发。但他以“格术”名其书,足见他已悟到格术在中国古代光学中的重要意义。

参 考 文 献

- [1] 伍小平、何世平、李志超,物理学报,29-9(1980),1142.
- [2] 李志超,镜子的世界,安徽科学技术出版社,(1983),61-65.
- [3] 钱临照,物理通报,1-2(1951),97.