

多道电容器荷电状态监测器

连钟祥 李银安

(中国科学院物理研究所)

激光、脉冲强磁场、轨道炮、受控热核聚变等研究装置以及海底石油勘探、桥墩无损检测等探测设备的供能系统和运行过程可以用图 1 表示。负载电流的峰值为 $i_{\max} = V(L/C)^{1/2}$, 其中 C 为电容器组的总容量, L 为负载电感(为简单明了起见, 略去了放电回路中其它的电感值)。为了获得足够大的电流值, 常使 V 足够高, 并使 C 足够大, 为此需将很多台高压电容器并联到负载上。只有当所有的电容器充到同一电压值 V 并同时放电时, 才能得到所需的电流值。但在实验中会发现, 由于种种原因(如连线断开、电容器发生故障、开关 K 失灵等), 有些电容器或某些单元未能充到预定的电压值, 或者放电时未能将所充电量全部注入负载, 此时负载电流便达不到所需要的值。这种不正常的工作状态, 轻则对所得到的实验结果造成误解, 重则会损坏设备, 并当实验人员接近这些电容器(如检修等)时会危及人身安全。这些不正常的工作状态, 一般很难立即发现, 更难以确定发生事故的电容器和放电支路。为了解决这些问题, 我们研制成了多道电容器荷电状态监测器, 它可用来监视充电过程中各电容器是否充到了预先选定的电压值, 并可监测各电容器放电后的残余电压值, 及时确定出现故障的电容器及放电支路。

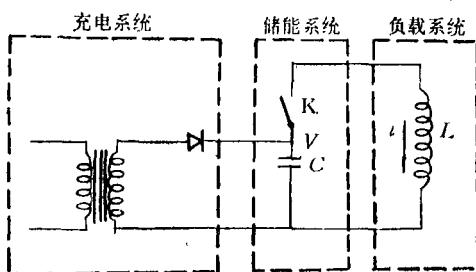


图 1

一、线路和原理

多道电容器荷电状态监测器的线路如图 2 所示。它是由运算放大器、比较器、非门电路和与非门电路组成的。本监测器能同时监测充有正电和充有负电的电容器的荷电状态。图 2 给出了监测充有负电电容器荷

电状态的一个通道的详细结构。监测充有正电电容器荷电状态的通道结构, 除在运算放大器输入级处的元件参数略有不同外, 余者均与监测充负电的电容器荷电状态的通道结构完全相同。下面以监测充有负电的电容器的荷电状态的通道为例, 对监测器的工作原理加以说明。

设电容器充有电压 V_H , 从分压器上取出的电压 V_A , 经阻抗匹配后输入运算放大器 F 007 进行放大, 将其输出的正电压 V_B 与预设的比较电压 V_P 进行比较。当 $V_B = V_P$ 时, 比较器 BG 307 的输出电压 V_C 便从低电位翻转到高电位, 并驱动非门元件 3DK4B, 指示灯 L 便由熄灭态变为点燃态。此时表示电容器已充到了预选的电压值, 同时 D 点的电位突然降低, 此信号输入与非门元件 3CK12C。如果被监测的所有电容器都充到了预选的电压值, 则各通道非门电路中的指示灯都处于点燃状态, 此时与非门元件 3CK12C 便驱动, 指示灯 L_T 由熄灭态变为点燃态。如果在被监测的电容器中, 只要有一台电容器未充到预选的电压值, 则与其相应通道上非门电路中的指示灯仍处熄灭态, 此时与非门元件 3CK12C 不能驱动, 指示灯 L_T 处于熄灭态。因此, 指示灯 L_T 点燃时, 表示所有电容器都充到了预选的电压值, 这时就可以进行正常的放电操作; 指示灯 L_T 熄灭时, 表示有些电容器未能充到预选电压值, 这时就不能进行放电操作。如果非门电路中的指示灯与所监测的电容器事先都已一一对应编号, 则从非门电路中未点燃的指示灯的编号, 便能立即知道出现故障的电容器在电容器组中的所处的位置。

如果电容器都充到了预选的电压值, 进行放电操作后, 指示灯 L_T 应熄灭(如仍点燃, 表示所有电容器都未放电); 如果有些非门电路中的指示灯仍点燃, 则表示与这些指示灯相应的电容器未被放电, 放电支路出现故障; 如果所有非门电路中的指示灯全部熄灭, 则表示所有电容器都已放电。但必须指出, 这些指示灯的熄灭仅表示电容器上的电压低于原先充上的预选值, 并不表示电容器的电量彻底放完, 电压降为零。事实上, 电容器上的电量并不能完全放完, 总是残存一些电量, 或者在放电过程中因某种事故出现, 电容器只放出了一部分电量, 电容器仍带有很高的电压。为了检测放电后电容器上的剩余电压值, 只需将比较电压 V_P

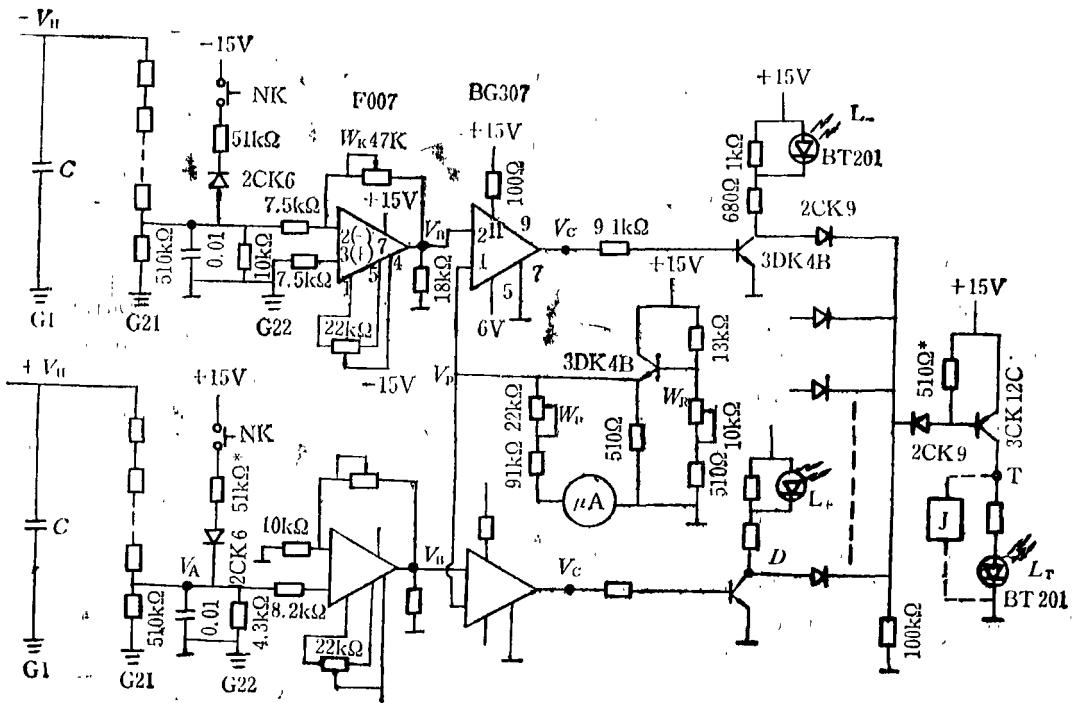


图 2
(图中*号为要调整的电阻)

逐步由高电压向低电压进行扫描,如扫到某一 V_p 值时某一指示灯由熄灭态变为点燃态,则表示与其相应的电容器有残存电压,其值可由此时的 V_p 值换算得到(事实上残存电压可从表头直接读出),由该指示灯的编号能立即确定出现故障的电容器或放电支路的位置。将 V_p 一直向低电压状态进行扫描,便能查知所有电容器上的残存电压值和相应电容器或放电支路的位置。

事实上, V_p 可用来表示 V_H ,因为两者成简单的线性关系。如接在电容器上的分压器的分压比和运算放大器的放大倍数分别为 η_1 和 k ,则有 $V_A = \eta_1 V_H$, $V_B = kV_A$ 。利用比较器翻转条件 $V_B = V_p$,便可得到 $V_p = \eta_1 V_H$,其中 $\eta = \eta_1 k$ 。因此, η_1 和 k 一旦调整确定后, V_p 与 V_H 便成简单的线性关系,通过标定后,可由微安表(见图 2)表示的 V_p 值直接读出 V_H 。 V_p 的改变是通过调节电位器 W_R 实现的。

二、讨 论

1. 为安全和抗干扰起见,测量系统采用了两处接

地,接地点分别为 G_{21} 和 G_{22} 。 G_1 为电容器放电回路接地点,如图 2 所示。

2. 使用前应先按下按钮 NK(见图 2),给运放输入模拟信号,以检验整个系统是否正常。

3. 如在与非门电路中接入一个继电器 J(见图 2),便能自动实现只有在全部电容器充到预定的电压后才能使电容器正常放电的条件。

4. 本监测器的突出优点是结构简单,工作可靠,仅用一个表头就能方便地检测出全部电容器所充到的电压值,并能检测出各电容器组中每个电容器上残存的电压值。

5. 本监测器成功地监测了 12 台电容器(其中 6 台充正电,另外 6 台充负电)的荷电状态,其精度由表头的精度决定,一般为满刻度的 1%。

本工作是在等离子体研究会指导下进行的,深致谢忱。