

文章编号: 1005—0523(2002)03—0072—03

超级电容器在直流电源系统中的应用

刘建新

(芜湖铁路水电段, 安徽 芜湖 241000)

摘要: 在分析直流电源系统中的现状及问题基础上, 概述新产品超级电容器的性能, 通过对超级电容器性能的系统分析和探讨, 指出超级电容完全可以替代蓄电池应用在直流电源系统中, 其应用前景广阔。

关键词: 超级电容器; 直流屏; 应用研探

中图分类号: TM53

文献标识码: A

0 前言

在电力变配电所系统中, 直流电源装置直流屏对变配电设备提供直流电源, 蓄电池则作为一种停电后的备用装置充当辅助电源, 主要用于分、合闸方面, 其性能的好坏, 往往会影响电力系统的安全运行。多年来, 许多科技工作者为不断地改善直流装置可靠性致力于研发进口高性能的蓄电池, 但常常因充电时间较长, 或在使用过程中消耗电解液未及时补充, 或未经经常活化, 电极生锈等原因, 而达不到技术要求, 同时蓄电池的寿命较短, 损坏周期不一样, 一组电池内有一节损坏, 就会影响其他蓄电池的寿命, 从而影响整个直流系统。

近年来, 伴随着新产品的出现和应用, 使得直流系统体系结构发生深刻变革。笔者根据高压柜的电磁操作机构的操作电源较大, 动作时间短, 是一种脉冲电流的特点, 经过对市场出现的一种超大容量电容器——超级电容(SUPER CAPACITOR)的特性进行分析、试验, 将其放在直流系统中运行, 测试发现超级电容能提供操作所需脉冲, 其完全可以应用在直流屏工作中作为一种直流电源使用, 而且超级电容器(SUPER CAPACITOR)还可克服蓄电池的缺点。

1 超级电容器简介

超级电容器是高达集团北京金正平科技有限公司研制生产的一种具有超级储电能力, 可提供强大脉冲功率的物理二次电源。它的问题彻底改变了人们对电容器的传统印象。它是根据电化学双电层理论研制而成, 当向电极充电时, 处于理想极化电极状态的电极表面电荷将吸引周围电解质溶液中的异性离子, 使这些离子附于电极表面形成双电荷层, 构成双电层电容, 由于两电荷层的距离非常小(一般在 0.5 nm 以下), 再加之采用特殊电极结构, 使电极表面积成万倍地增加, 从而产生极大的电容量。

超级电容器因其在技术上实现了突破, 把电容器的电容量提高了 0.5 F~1 000 F、工作电压从 12 V 到 400 V, 能量密度和放电能力功率都成倍的提高, 最大放电电流达到 400 A~2 000 A, 同时具备充放电循环寿命长, 能在 -40℃~60℃的环境温度中使用, 漏电电流非常小, 无污染, 免维护等性能特点, 在电脉冲机电设备上可部分甚至全部代替蓄电池, 使其产生革命性进步。

收稿日期: 2002—03—01

作者简介: 刘建新(1967—), 男, 江西泰和人, 工程师。

2 超级电容器的充放性能

2.1 超级电容器的充电过程

目前, 高压开关柜的操作机构大多采用 CD2、CD10、CD17 等型号, 其合闸电流一般在 100A ~ 200A, 超级电容器完全可以在短时间内提供这样大的电流, 经过对直流屏的简单改造, 完全可以替代蓄电池对电磁操作机构供电. 下面以直流屏 PZGN-10 为例, 取其电路参数进行分析. 电路图如图 1.

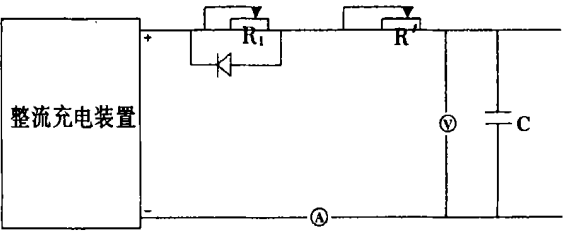
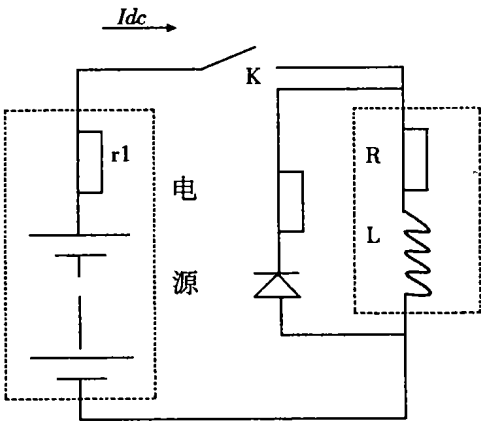
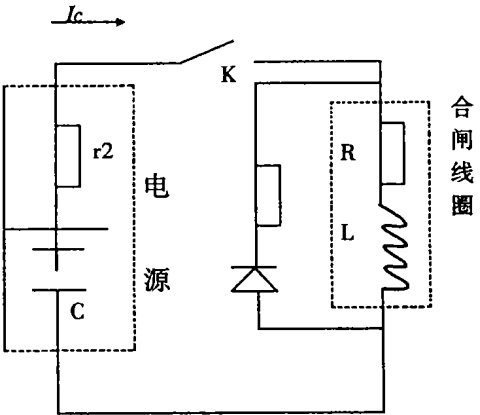


图 1

其中 R_1 ——浮充电流控制开关 R' ——限流电位器 C ——超级电容器(1.7 法)因图中 R_1 的阻值



合闸线圈



合闸线圈

图 2

合闸时 K 闭合, 合闸后 K 断开, 动作时间为 0.2 秒. 对合闸线圈放电的过渡过程结束时刻的电流值:

$$I_{dc} = U / (R + r_1) = 230 / (0.36 + 2.22) = 89.1 \text{ A}$$

$$I_c = U / (R + r_2) X (1 - e^{-t/c}), C = L / (R + r_2),$$

取 $t = 0.05 \text{ s}$, $L = 4 \text{ mh}$, $I_c = 90.51 \text{ A}$, 2s 后电量损失 $Q = 0.2 I_{cdt}$

电压降 $\Delta U_1 = Q / C = 10.65 \text{ V}$ 电阻上的电压降 $U_2 = I_c * r = 2.26 \text{ V}$

根据以上数据, 可建立 0.2 s 内蓄电池、电容器的电压电流曲线如图 3 所示;

因该合闸线圈通电 0.2 s 后, 电磁机构合闸的动作完成, 其辅助开关 K 切断合线圈回路, 在 0.2

为 15 Ω , 功率 P 为 100 W, 选型较小, 而电容器初始电压为 0, 内阻只有 0.3 Ω , 如果替代蓄电池其初始充电电流较大, 因此须在浮充电器中加一个合适的限流电阻, 开始充电时将其调至最大位置, 电容器端压升高后, 再把 R 调至最低, 保证浮充过程中电流平稳, 按照以上线路对电容器进行充电, 其过程按 RC 电路的零状态响应进行分析计算, 大约需要 $T = RC$ 为 15 分钟左右, 电容器端电压达额定值.

2.2 电容器的放电过程

考虑直流屏的电源主要是为高压开关柜提供的, 放电过程主要是通过合、分闸线圈完成的. 以 CD10 操作机构为例, 其合闸线圈电阻为 $R = 2.22 \Omega$, 合闸时间 = 0.2 秒, 蓄电池组由 180 节、1.2 V、20 Ah 镉镍电池组成, 充足电后电压可达 230 V、内阻 = $0.04 / 20 * 180 = 0.36 \Omega$. 选用电容器 2 只 220 V ~ 260 V、0.85 F 的超级电容器并联组成的电容器组, 并联后内阻 $r = 0.3 \Omega$, 电压为 230 V, 为便于比较, 如图 2 所示, 为蓄电池和电容器的放电回路.

秒内, 电容器的端压和电流稍有下降, 但其平均值与蓄电池基本相同, 表明: 在合闸过程中, 电容器能提供与蓄电池同样大的功率和能量. 由于电容器此时处在浮充状态, 其充电时的能量的恢复要比蓄电池快得多, 能够及时满足下次分、合闸要求, 这是电容器优于蓄电池的一个很好的性能.

从以上的分析可以看出, 用超级电容器可以很方便的替代直流屏蓄电池进行分、合闸操作, 在电气线路整改方面, 如果充电机容量足够大, 可调电位器功率满足要求, 电气线路不必做整改, 而如果上述条件不能满足要求, 只需对其充电线路中加合适的限流电阻即可用电容器替代屏中的蓄电池.

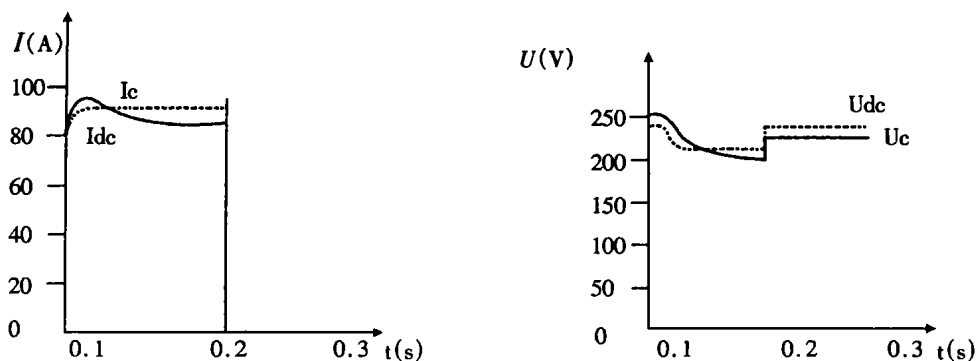


图3 230 V 蓄电池、电容器放电电流、电压时间曲线

3 超级电容器的试验与应用

超级电容器理论上可完全替代蓄电池应用在直流屏上,但为了慎重起见,笔者进行大量的模拟试验和应用数量测试,结果表明与理论分析极为相似.

3.1 负载实验

实验中使用 54600B 型记忆示波器以及分流器,对一只 240 V 0.85 F 电容器进行负载实验.

通过示波器观察到电容器的 2Ω 曲线与理论计算曲线极相近.同时通过示波器观察比较,可以发现用超级电容器与蓄电池并联时实验蓄电池端电压被输出电源分别较蓄电池单独运行提高 4 V,电源减少 50%,这对蓄电池是极有利的.

3.2 组屏运行实验

在实验中,采用 0.85 F, 240/280 V 电容器取代原 PDN-2 $\times$ 20Ah/220 V 电脑自控镉镍直流屏中的电池组.

测试灯管的发光发热时间,每台电容器充电或放电时间约二分钟,这期间充电流摆动在 0 A~1 A 之间,电容器端电压上升并稳定在 240 V,合第二个闸电容器降到 205 V,第三次为 190 V.然后充电进

行分闸试验,发现电压降低 1 V~2 V,多次实验结果均同上,投入试运行近二年,该系统一切正常,经过多次测试其电压为 235 V~240 V,充电电流 0 A~2 A,放电电流在 0 A~0.7 A 之间摆动,漏电流均不大于 1.5 mA,内阻为 0.35 Ω .

4 结束语

超级电容器在直流电源系统中应用获得成功,是一种较理想的蓄电池替代产品,随着技术的不断完善,特别是随着计算机自动测试和充放监控技术的完善,加之其良好的性能价格比(仅为蓄电池价格的 1/10),真正实现免维护等优良特性,必将在电力自动化系统中及铁路(如内燃机车启动电路)中得到更加广泛的应用.

参考文献:

- [1] 邱关源. 电路[M]. 北京:高等教育出版社,1987.
- [2] 贺威俊. 电气化铁道供电[M]. 北京:中国铁道出版社,1990.
- [3] 铁路电力设计手册. 电力[M]. 北京:中国铁道出版社,1990.

Application of Super Capacitor on Battery Panel

LIU Jian-xin

(Wuhu Railway Water and Electric Supply Dept., Wuhu 241000, China)

Abstract: On the basis of analyzing the present situation and problems about DC Battery system, a new product the super capacitor is introduced. And with analyzing its performance systematically, it is pointed out that it can replace battery when used in DC Battery system.

Key words: super capacitor; DC battery panel; application