

便携式电容器放电装置的研制

孔文苑 奚童 李珂芮

(红河红河烟草(集团)有限责任公司昆明卷烟厂)

摘要: 在电力传输过程中,通过在供电线路上接入电容器,可以对电感产生的无功功率进行有效补偿,以减少线路的损耗。电容器退出工作后,电容上存在许多残留电荷,检修前必须进行有效放电,否则有可能导致设备损坏和触电事故。本文在对市场现有的电容器放电方式和装置进行充分调研分析后,结合目前电容器设备的具体情况,根据电容器的工作原理、放电原理进行选材,自主研制了便携式电容器放电装置,消除了目前电容器放电过程中存在的安全隐患,使电容器放电更加方便快捷。

关键词: 功率因数; 无功补偿; 电容器放电

0 引言

感应电动机、变压器等工厂用电设备,都属于感性设备。它们会增加输电线路的电能损耗,降低功率因数,影响供电品质。电容器能“抵消”一部分感性设备带来的影响,提高功率因数,降低额外的电能损耗和线路损耗,所以日常做好电容器的维护保养工作必不可少。电容器维护保养中非常重要的一环是做好电容器的放电工作,这关系到检修人员的人身安全和设备的运行安全。

1 电容器概述

1.1 电容器提高功率因数的原理

1.1.1 功率因数

功率因数计算如下:

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}} \quad (1)$$

式中, P 为有功功率; Q 为无功功率。如果功

率因数不能达到供电要求,则必须降低无功功率的值,即进行无功补偿。

1.1.2 无功补偿原理

在交流电路中,纯电感负载中的电流与纯电容负载中的电流相位相差 180° ,即方向相反,所以它们电流大小可以相互抵消。

工厂电力负载大多为感性负荷,在其中并联安装电容器等容性负载,电容电流与电感电流相互抵消,使总电流减小,从而达到无功功率减小,提高功率因数的目的。

1.2 电容器需要放电的原因

电容器退出工作后,电容上还有很多残余电荷。如果电荷没有放电通道,会长期存在,电容器会长期带有高压电。

这样,工作人员在检修电容器时,就容易发生触电事故;而且如果带电的电容器再次投入运行,电容上高压电会与电网电压进行叠加,产生一个很高的

电压冲击，有可能会对其他设备的损坏。

所以电容器检修前必须进行电容器放电工作。

1.3 电容器放电

1.3.1 电容器放电现状分析

电容器的结构如图 1 所示。

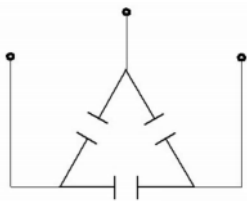


图 1 电容器结构图

目前电容器的放电，对于放电导体的选择，一般使用 6mm² 的电缆线；对于放电端负载的选择，一般采用直接接地线放电。具体放电方法是：将一根电缆线的一头接电容器柜的接地端，另一头接在电容器的三相接点，从而实现分别对电容器三相进行放电的操作，如图 2 所示。



图 2 电容器柜内接地放电操作

这种方法具有操作简单，材料易找、价格低的优点，但是也存在不少问题：

1) 无法把控放电是否充分。无法直观判断出放电是否充分，电容器上是否还存在残余电荷，往往只能凭经验，增加放电时间，存在不确定性。

2) 安全性差。如果电容器还存在残留电荷，在后续检修过程中使用电容表等设备时，容易烧坏设备。人员有触电危险，存在不小的安全隐患。

1.3.2 市场现有的电容器放电方式和装置调研分析

电容器放电方式根据电容种类而有所不同。一般的电容器放电可以使用正负极短接的方法。而高压电容不能直接短路放电，这样不仅容易烧坏电容的接点，同时短路发出声响巨大，有安全隐患。

依照电工安全操作规范的标准，高压电容器要求通过负载放电。可以选择适当的电阻或灯泡、电烙铁等负载较大的用电器进行放电，延长放电时间并增加放电次数，直到放完残余的电荷。

经过市场调研，目前市面上没有专门的高压电容器放电装置。电力从业人员往往都是根据使用的电容器具体情况，选择负载和放电导体，自行安装进行放电操作。

2 电容器放电装置设计

2.1 电容器放电装置的使用需求和研发方向

为了解决目前电容器的放电问题，开展了电容器放电装置的研制。

新研制的电容器放电装置必须满足：

1) 便携性。由于电站多、分布广，所以电容器验电装置必须易携带，方便随时使用。

2) 直观性。电容器验电装置要能够直观反映放电情况，让操作人员能够对放电过程做到直观掌握，避免放电不充分，留有残余电荷的情况。

3) 便易性。电容器验电装置要做到操作简便，为检修人员节约操作时间，提高工作效率。

根据电容器的放电原理，研发的便携式电容器放电装置应由 3 个部分组成，分别是电荷传输部件、电容器固定部件和放电负载，如图 3 所示。

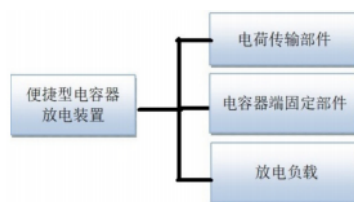


图 3 便携式电容器验电装置组成部件

2.2 电容器放电装置电荷传输部件

电荷传输部件，也就是能够将电荷进行传输的导体部分，其作用是将电容器停电后的残余电荷从电容器端传输给放电设备。

铜芯电缆线具有造价便宜、购买渠道方便、载流量大、能够满足放电需求的特点。故选择铜芯电缆线作为电荷传输部件，计算确定铜芯线的截面积：

按目前使用的电容器容量为 26.2kvar（400V），计算其额定电流：

$$I=26.2\text{kvar}/(1.732\times 0.4\text{kV})=37.82\text{A}$$

通过查找资料，铜芯电缆线的截面积与载流量的关系如表 1 所示。

表 1 铜芯电缆线选用参考表

铜芯电缆线截面积 (mm ²)	载流量 (A)
2.5	16 ~ 25
4	25 ~ 32
6	32 ~ 40

故使用 6mm² 的铜芯电缆线。

2.3 电容器放电装置电容器固定部件

电容器固定部件是为了将导体部分与电容器端连接，从而将电荷从电容器上引出。根据市面上现有的材料，结合实际情况，列出 3 个可选方案：① 电缆铜芯线头 + 螺丝固定；② 冷压端子 + 螺丝固定；③ 鳄鱼夹子固定。

2.3.1 电缆铜芯线头 + 螺丝固定

“电缆铜芯线头 + 螺丝”的固定方案（见图 4），需要使用电缆线和压线螺丝两种材料，无需事先制作，现剥现用，使用方便。

具体操作方法是操作人员先将电缆铜芯线头绝缘层剥开，露出铜芯线头，然后“拧线”，最后用螺丝拧紧固定。

但是这样的固定方法容易断线，而且如果接触

不良还会导致接头过热引起烧蚀，存在一定的安全隐患。



图 4 电缆铜芯线头固定方式

2.3.2 冷压端子 + 螺丝固定

“冷压端子 + 螺丝”的固定方案（见图 5），需要使用到冷压端子和压线螺丝两种材料，需要提前制作。



图 5 冷压端子固定方式

具体制作工艺：①剥线；②将线头塞进冷压端子的套筒；③压紧；④拧螺丝。

操作人员放电时，先将做好的带有冷压端子的线头塞进电容器端，再将螺丝拧紧。

这样的固定方式需要提前对冷压端子进行加工，在使用时还需要使用螺丝将冷压端子进行固定，不够简便。

2.3.3 鳄鱼夹子固定

“鳄鱼夹子”的固定方案（见图 6），仅仅需要使用到鳄鱼夹子一种现成材料，市面上很容易购买到。

使用前要对鳄鱼夹子加工制作，只需将线头剥线后，塞进鳄鱼夹子的套筒内再压紧即可。需要对电容器放电时，将鳄鱼夹子直接夹在电容器的接线端，连接 / 断开都十分方便。



图6 鳄鱼夹子固定方式

综合三种方案分析对比，确定使用鳄鱼夹子作为电容器固定部件。

2.4 电容器放电装置放电负载

市面上常用到的放电负载有电阻、电烙铁、灯泡等材料。电阻和电烙铁都存在放电过程不直观，操作人员无法直接判断残余电荷是否放完的缺点，存在容易烧坏表笔和烫伤人员的安全隐患。而灯泡放电则非常直观，能够准确知道剩余电荷是否放完。所以选择相应电压等级的信号灯（22mm/220V）作为放电负载。

3 电容器放电装置制作及效果检验

根据设计方案，对电容器放电装置进行制作。首先，制作电容器端固定部件。先在鳄鱼夹子的接线端将铜芯导线与鳄鱼夹子紧密相连，再用绝缘胶带将裸露的铜芯线包扎起来。

第二步，制作放电显示装置。取一个3位3孔指示灯防水盒，将三只信号灯对孔对位安装在指示灯防水盒上（见图7）。



图7 制作放电显示装置

最后一步，将接好鳄鱼夹子的三根铜芯导线的另一端与信号灯相连。这样，便携式电容器放电装置就制作完成。

利用自制的便捷式电容器放电装置进行电容器放

电试验。在电容器断电后，将3个鳄鱼夹分别夹在电容器的三相端头，观察放电情况。

对放电试验结果进行统计，并与原来的放电方式进行对比，如表2所示。

表2 两种放电方式对比表

放电方式	传统放电方式 放电	便携式电容器 放电装置放电
实验次数	10次	10次
放电效果	无法直观评估	可直观显示
工艺质量	1次表笔烧坏	无表笔烧坏
人员安全	1次触电事故	无触电事故

4 结束语

电容器具有无功补偿的功能，可以有效减少线路的能量损耗，改善电压质量，提高系统供电功能。运行维修中，做好电容器的放电工作，能够保障用电安全，避免发生人身事故。

新研制的便携式电容器放电装置方便携带，使用方法简单，放电效果好，消除了潜在的安全隐患，提高了检修工作效率。

参考文献

- [1] 余健明，同向前，苏文成. 供电技术 [M]. 4版. 北京：机械工业出版社，2009.
- [2] 李玲. 工厂供电系统无功补偿问题研究 [J]. 现代企业教育，2011（21）：169.
- [3] 王伟. 变电站电容器的运行维护与故障处理 [J]. 电力电容器与无功补偿，2009（2）：50-52.
- [4] 王晔，张冬梅，李丹丹. 浅谈影响电力电容器安全运行的因素及其选用与维护 [J]. 黑龙江科技信息，2010（1）：46.

（收稿日期：2023-07-05）