

整流变压器输出电压跳变技术攻关

宋先锋 马炼甫

石家庄海山实业发展总公司 河北 石家庄 050208

【摘要】针对某型飞机整流变压器输出电压跳变故障，从工作原理、故障模式、修理特点等开展了研究，提出了改进措施，降低故障率。

【关键词】整流变压器；输出电压；跳变

1 项目概述

本项目通过对整流变压器使用特点、工作原理、故障模式、修理特点等开展了研究，制定相关修理改进措施，解决灯整流变压器输出电压跳变故障，达到降低故障率的目的。

2 主要研究过程

2.1 历史故障信息收集

2021年以来共发生8起整流变压器输出电压跳变故障。

2.2 机理分析

2.2.1. 变压整流器功用和组成

变压整流器将输入电源为115/200V、400Hz的三相交流电转换成28.5V的直流电，向机上直流用电负载供电，同时作为发动机地面应急起动的直流电源。变压整流器是由整流变压器，整流器，平衡电抗器和输入输出滤波器等主要部分组成。整流变压器为Y/Δ-Y连接的三绕组变压器，整流器由两组三相桥式整流器通过平衡电抗器并联组成。

(1) 整流变压器功用和组成

整流变压器将主交流发电机或地面电源的115/200V、400Hz三相交流电降低电压，并变换为线电压相位相差30°的两组三相电压，然后分别输送给两组三相桥式整流器，经整流后由平衡电抗器吸收并平衡两组整流电压之间的瞬时电压差，再并联输出，为降低脉动电压，减少电磁干扰，在输入和输出端均装有平滑滤波器。整流变压器时一个三绕组变压器，一个初级绕组和两个次级绕组。初级绕组为带中线的星形(Y)连接。次级绕组中，一个为三角形(Δ)连接，另一个为星形(Y)连接。

(2) 整流器功用和组成

整流器是由两组三相桥式整流器通过平衡电抗器并联组成的。由于整流二极管具有单向导电性，只有在正向电压作用下才导通，在反向电压作用下截止。因此，

在忽略变压器电抗的影响下，三相桥式整流器任何瞬间只有两条导通，其余各整流臂不导通。

(3) 平衡电抗器功用和组成

平衡电抗器是一个带铁芯的线圈。线圈有两个分支组成，绕在同一个C型铁芯上。一组整流桥接在变压器次级Δ绕组上，另一组整流桥接在次级Y绕组上，L为平衡电抗器。当两组整流器之间加上平衡电抗器L以后，平衡电抗器便平衡了两组整流器间的电位差，使两组整流桥的电位相等，从而使得两组整流桥同时导电。

(4) 滤波器功用和组成

滤波器是由三组电容器组成三角形电容滤波器。整流器的工作原理是利用整流二极管的单向导电性将多相交流电转换成直流电。由于变压器电抗的存在，使得整流器延迟换向，产生很强的高次谐波，该高次谐波通过变压器铁芯感应到变压器的初级绕组，使输入电压波形失真，产生严重的电磁干扰。滤波器利用电容滤波器去高留底的原理，将输出的直流电压波形中的高次谐波滤掉，从而使输出电压波形平滑，进而减小电磁干扰。

2.2.2. 故障原因分析

主交流发电机和直流发电机都正常供电时，变压整流器直接向机上NO.14汇流条供电。显控机1从NO.14汇流条获得28.5V直流电。

由NO.14汇流条通过汇流条接触器3向NO.12汇流条供电，再从N2.14汇流条经接触器4向NO.13汇流条供电。中下显从NO.12汇流条得电。左下显从NO.13汇流条得电。

整流变压器输出电压跳变的可能原因如下：

(1) 整流二极管松动，由整流二极管组成的整流器整流效果差，输出电压不稳，进而NO.14汇流条电压异常。

(2) 内部固定整流二极管的垫圈锈蚀，压降变大，会输出电压低。

(3) 地面电源向飞机上供电，变压整流器从地面获取电能，向全机直流负载供电。起动过程中由地面电

源转换到机上电源，此过程电压可能变化，时间很短。

(4) 整流二极管、滤波电容等元器件本身性能衰减。

(5) 机上线路问题。

2.3 修理现状梳理

(1) 整体通电检查，仅检查不同负载下输出电压。

(2) 检查内部元器件、连接件等外观情况。

3 攻关改进措施及验证

3.1 主要改进措施

结合故障梳理、机理分析及故障树分析，对故障预防措施、修理的薄弱环节、易发生故障的部位开展针对技术攻关工作，主要修理改进措施如下：

3.1.1 针对元器件性能衰减故障，增加输入、输出电源品质检查项目

依据国军标 GJB181A-2003《飞机供电特性》中“输入电压的总谐波含量不大于 5%，输入电压的波峰系数为 1.41 ± 0.15 ，输出电压的脉动电压峰值与平均电压之差应小于 $2.0V$ ”作为测试标准，制定测试方法，用失真度仪、示波器监控输入、输出电压，可确定输入、输出电源品质是否有问题，进而确定是输入电源问题，还是产品本身问题导致输出电压异常跳变。

3.1.2 针对元器件性能衰减故障，增加输出电压实时监控检查项目

利用电源品质测试仪，对输出电压进行实时监控，可以监控产品长时间工作情况，可以间接判断出产品内部变压器、二极管、电容等元器件是否因长时间工作，温度上升，性能衰减，进而引起产品输出电压异常跳变。

3.1.3 针对元器件性能衰减故障，增加内部元器件检查项目

增加在不拆除元器件的情况下，利用数字电桥、示波器、三用表等设备检查部整流二极管、滤波电容、变压器等元器件的检查方法，如利用双通道示波器同时检

查输入、输出电压波形、电压数值可以判断变压器是否正常。

3.1.4 针对元器件、线路松动问题，增加固定螺栓、螺钉拧紧力矩要求

依据航空标准 HB6586-92《螺栓螺纹拧紧力矩》制定拧紧力矩要求，如 M3:60 N·m, M4:160 N·cm, M5:320 N·cm, 明确装配产品时必须按拧紧力矩要求安装元器件、导线接线端子，防止拧紧不到位，导致元器件、导线接线端子松动。

3.1.5 测试电缆制作

为配合增加的输入、输出电源品质各项检查项目，制作配套测试电缆。

3.1.6 完善工艺文件

将各种措施落实到工艺文件中，让操作者有据可依，增强产品修理的规范性，可操作性。

3.2 措施验证情况

上述改进措施在产品修理上，均进行了验证，措施可行有效，有助于产品修理质量提升。

3.3 措施落实架次

该攻关改进措施已落实到 2023 年 3 月以后修理的变压整流器，截止目前为止，未反馈故障的发生，后续将持续跟踪该项措施的可靠性。

4 结论

经过该技术攻关项目研究，从修理、试验等方面制定了改进措施，并已落实到产品上，提高变压整流器的修理深度，降低了产品故障的发生，将持续跟踪评估外场使用情况。

【参考文献】

[1]苏广中.飞机电气设备与维护, 2006(2): 37-40.

作者简介: 宋先锋 工程师, 主要从事飞机电气性能测试与修理工作。