## 摘要

## Abstract

## 目录

## 第一章 引言

### 1.1 项目背景

### 1.2 研究意义

飞机交流发电机是飞机电源系统中最重要的部件，它的工作状态直接影响到整个飞机机载设备的运行状况和飞机自身的飞行安全。因此，研究飞机交流发电机的异常检测技术具有十分重要的意义。对飞机交流发电机电源质量的评价指标主要有电压偏差、频率偏差、电压波动和闪变（浪涌电流）、谐波含量等几个方面。其中电压、电流等参数的波动利用传统方法较为容易检测，而频域中的谐波含量参数却缺少有效且直观的检测方法。本次研究主要面向的就是飞机交流发电机电源的谐波含量部分。本篇论文的以下部分也主要关注发电机电源谐波含量参数的异常检测。

飞机交流发电机电源的谐波属于噪声的一种，谐波含量应当维持在一个很小范围内，单次谐波含量应当小于基波的4%。尽管当前飞机电源普遍采用三相交流发电机供电，而且对于平衡的三相发电机而言，偶次谐波可以被消除，但是仍然存在若干含量较高的奇次谐波。如果谐波含量超出标准范围，会影响到飞机交流发电机的电源质量，严重时会导致电源品质严重下降，进而导致其他用电设备的工作异常，后果十分严重。因此，研究一种有效的电源谐波含量异常检测方法是十分必要的。

对于电源谐波的传统异常检测方法主要是采样电源的时域数据，再进行傅里叶变换转换到频域生成频谱，直接观察频谱是否出现异常。这种对频域的检测只是通过观察频谱图像的方法，比较耗费时间和人力，不够直观可靠且效率较低。

本次研究采用的异常检测方法是利用训练后的长短期记忆网络模型（LSTM），能够对电源品质中的基波与谐波含量参数进行实时可靠的预测及分析。与传统方法相比，本次研究采用的异常检测方法有着实时性、高可靠、高效率等优点。

/\*\*

**创新点及贡献阐述**

\*\*/

## 第二章 模型理论基础

### **2.1 时频转换**

#### **2.1.1 傅里叶变换**

#### 2.1.2 采样定理

### 2.2 循环神经网络RNN

### 2.3 LSTM神经网络

### 2.4 其他变种RNN网络

### 2.5 时间序列的实时预测

## 第三章 电源频率数据异常检测方法的研究设计

### 3.1 现状与不足

正如本文引言中所叙述的，对于电源信号频域方面的异常检测，传统方法是先将时域数据进行快速傅里叶变换，得到电源信号的频谱，然后直接分析频谱来判断电源的基波与谐波含量是否异常。由于进行傅里叶变换需要单位时间的信号数据，即使忽略后续的频谱分析时间，也存在着至少一个单位时间的延迟。如果使用传统方法，当前时刻观察分析的频谱一定是迟滞的，是之前某个时刻的频谱，这就可能造成一定的隐患。因为如果延时过久，分析的结果是没有任何意义的，而且飞机交流发电机电源至关重要，应当做到对电源信号频域部分的实时检测与分析。简而言之就是这种传统方法不具备实时性，效率不高且不够可靠。

由本文第二章的理论基础部分可以知道，LSTM神经网络是十分适合用来处理时间序列的，而且可以通过预测的方式实现对时间序列数据的实时分析，但是它并不适用于处理频域数据。本文正是基于以上两个现状，思考并研究是否能够将LSTM神经网络模型利用在分析频域信号数据上，研究出一种新的具有实时性、高效率、高可靠的频域异常检测方法，来替代传统频域异常检测方法。

### 3.2 模型设计思想

如上所述，LSTM神经网络模型仅适用于处理分析时域上的信号数据，对频域信号数据却无能为力，这是由于时域与频域的特性所决定的，频域信号数据映射到时域中对应的是完整的时域信号数据，相当于LSTM神经网络模型只有一个单独的输入，而不是连贯的时间序列信号数据，这显然是不适用来获取理想结果的。

本文提出一种新的思路来综合利用时域-频域转换和LSTM神经网络模型。其核心思想是对电源信号的电压-时间数据（V-t）进行分段，分为一个个单位时间（如1秒）的时域时间子序列片段。然后对这些时间序列片段分别进行快速傅里叶变换，获取这些子序列片段对应的频域信号数据（F）。再按原先的时序依次将这些频域信号数据串联，来生成一个完整的频率-时间数据（F-t），这个频率-时间数据在表现上是离散而非连续的，但每个离散的单位数据之间却具有时序上的连贯性。（**如图所示，时频转换图**）。通过这样一个拆分后再组合的过程，完成一个从时域到频域，然后再到时域的转换，从而生成可以被LSTM神经网络模型使用的时间序列数据，这个时间序列数据实际上是由一系列时间上连贯的频域数据拼接而成的，而且可用于LSTM神经网络模型。

本次研究提出的基于时域-频域转换与LSTM神经网络模型的电源频率数据异常检测模型如下图所示。（**模型总体结构图**）。

如图所示，模型

## 第四章 **模型实现与实验结果分析**

### 4.1 原始数据介绍

### 4.2 时频转换结果

### 4.3 数据预处理

### 4.4 网络训练与调参

### 4.5 实验结果与分析

## 第五章 对比实验结果与分析

## 第六章 总结与展望