

lool· Inds

GIS测试分析报告

不正常状态下，GIS设备会产生异常的振动，相应振动信号的特征会发生一定的变化。由于在现场对正常设备和异响设备同时进行振动信号的采集，并且测点在两设备相同位置处，故可以比较相应测点振动信号的时域、频域特征，判断测点是否存在异常。

每个设备设置8个测点，采样频率为10.08kHz，各个采样点时域、频域信号如图1

图1 各测点时域、频域图

由图1—4可得，异响设备各测点频谱图中含有较多幅值接近0的分量，这些分量的存在会影响对信号的分析，首先采用EEMD经验模态分析来滤除这些幅值较小的频率成份。

**一.利用EEMD算法滤出幅值较小的频率成份**

EEMD(总体平均经验模态分解)算法是EMD算法的改进，它克服了EMD算法的模态混淆，可以将一组信号从高频到低频依次分解多级本征模态函数imf分量，通过对这些本征模态函数的重构，可以达到滤出某频率谐波的效果。

将两设备上测取的振动信号进行EEMD模态分析，得到imf分量。以测点7为例，图2为分解而成的14个本征模态函数(imf13与imf14不对结果造成影响，这里省略)

图2本征模态函数

从imf分量可以看出，不同频率段对应着不同的幅值。正常信号频谱中基本不含有高次谐波成分，这里我们选用异常设备振动信号分解的imf分量中的低频成分进行重构振动信号，对重构信号进行频谱分析，检验重构结果是否理想。测点1—8重构信号与原信号的频谱见图3.



图3测点1—8重构信号频谱与原信号频谱

由图6可得重构后信号与原测信号频谱基本相同，只是滤除了一些幅值较小的频率成分，故起到了预期效果。

**二.重构信号特征提取**

信号重构后，从时域和频域两个方面提取特征来检测测点处是否存在异常

* 1. **时域分析**

在时域中将重构的信号与正常设备对应测点的振动信号进行相关性分析，求对应的相关系数，结果见表1

表1 测点的相关系数

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测点 | #1 | #2 | #3 | #4 | #5 | #6 | #7 | #8 |
| 相关系数 | -0.0486 | -0.0427 | -0.2504 | 0.2384 | -0.1944 | 0.0135 | -0.9160 | -0.4051 |

对比各个测点之间的相关系数发现，不同测点相关系数不同，#1、2、6测点对应相关系数远低于其它测点，故可初步认为测点1、2、6处存在异常。

* 1. **频域分析**

频域分析中选择频率复杂度、频段能量百分比作为特征参数。

(1)频率复杂度

对重构信号傅立叶变换，求测点1—8振动信号的频率复杂度，结果见表2

表2 测点的频率复杂度值

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测点 | #1 | #2 | #3 | #4 | #5 | #6 | #7 | #8 |
| 频率复杂度 | 0.4199 | 0.4661 | 0.2247 | 0.2386 | 0.1304 | 0.4550 | 0.1027 | 0.1184 |

频率复杂度反映振动频率成分之间的关系，设备处于正常状态下，通常只含有几个集中的频率，频率复杂度较低；异常状态下，频率成分增加，频率复杂度也会相应变大。

比较测点1—8的频率复杂度发现，测点1、2、6的频率复杂度明显高于其它测点，故测点1、2、6处可能存在故障。

(2)频段能量百分比

对重构信号进行傅立叶变换，信号的频谱图中频率大于1000Hz的频率幅值接近于0，所以只求取1—100Hz、1—200Hz……1—1000Hz频段范围内的频谱能量。为了计算的准确性，选择1—2000Hz频段内的能量作为参考，求取不同频段的能量百分比，结果见表3、4.

表3 正常设备频段能量百分比

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 频段(Hz) | #1 | #2 | #3 | #4 | #5 | #6 | #7 | #8 |
| [1,100] | 0.8446 | 0.8041 | 0.0664 | 0.6338 | 0.8683 | 0.5715 | 0.9370 | 0.9302 |
| [1,200] | 0.8950 | 0.8529 | 0.7732 | 0.7935 | 0.9209 | 0.6176 | 0.9928 | 0.9865 |
| [1,300] | 0.9681 | 0.9729 | 0.9448 | 0.9641 | 0.9470 | 0.9099 | 0.9968 | 0.9929 |
| [1,400] | 0.9751 | 0.9905 | 0.9830 | 0.9957 | 0.9858 | 0.9329 | 0.9984 | 0.9969 |
| [1,500] | 0.9773 | 0.9933 | 0.9921 | 0.9975 | 0.9914 | 0.9619 | 0.9986 | 0.9983 |
| [1,600] | 0.9793 | 0.9958 | 0.9942 | 0.9981 | 0.9933 | 0.9783 | 0.9991 | 0.9988 |
| [1,700] | 0.9929 | 0.9966 | 0.9962 | 0.9991 | 0.9947 | 0.9833 | 0.9996 | 0.9993 |
| [1,800] | 0.9943 | 0.9974 | 0.9975 | 0.9996 | 0.9963 | 0.9917 | 0.9997 | 0.9995 |
| [1,900] | 0.9957 | 0.9986 | 0.9979 | 0.9997 | 0.9968 | 0.9946 | 0.9997 | 0.9996 |
| [1,1000] | 0.9991 | 0.9989 | 0.9981 | 0.9998 | 0.9977 | 0.9962 | 0.9998 | 0.9997 |

表4 异响设备频段能量百分比

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 频段(Hz) | #1 | #2 | #3 | #4 | #5 | #6 | #7 | #8 |
| [1,100] | 0.0004 | 0.0035 | 0.0713 | 0.2487 | 0.7661 | 0.0045 | 0.8890 | 0.8311 |
| [1,200] | 0.0010 | 0.0089 | 0.7046 | 0.5194 | 0.8523 | 0.0145 | 0.9742 | 0.9356 |
| [1,300] | 0.0021 | 0.0937 | 0.9034 | 0.8705 | 0.9420 | 0.3805 | 0.9889 | 0.9686 |
| [1,400] | 0.0065 | 0.2626 | 0.9596 | 0.9565 | 0.9952 | 0.5006 | 0.9992 | 0.9983 |
| [1,500] | 0.0184 | 0.4953 | 0.9784 | 0.9762 | 0.9993 | 0.5734 | 0.9998 | 0.9996 |
| [1,600] | 0.0681 | 0.5373 | 0.9906 | 0.9887 | 0.9998 | 0.7371 | 0.9998 | 0.9998 |
| [1,700] | 0.7502 | 0.7591 | 0.9943 | 0.9950 | 0.9999 | 0.8409 | 0.9999 | 0.9998 |
| [1,800] | 0.8294 | 0.8917 | 0.9984 | 0.9989 | 0.9999 | 0.8967 | 0.9999 | 0.9999 |
| [1,900] | 0.8524 | 0.9493 | 0.9996 | 0.9997 | 0.9999 | 0.9144 | 0.9999 | 0.9999 |
| [1,1000] | 0.8669 | 0.9676 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9999 | 0.9522 | 0.9999 | 0.9999 |

比较表3与表4可得，测点1、2、6在高频段范围内仍然存在较大的能量，故可能存在异常。

**三.结论**

对应特征得出的异常测点见表5

|  |  |
| --- | --- |
| 特征\异常测点 | 异常测点 |
| 相关性 | 1、2、6 |
| 频率复杂度 | 1、2、6 |
| 频段能量百分比 | 1、2、6 |

综上所述，可能存在异常的测点为1、2、6。

**四．故障测点频率分量图**

测点1、2、6测点主要频率分量见图4



图4 异常测点主要频率成分