# Модуль спектрального анализа

## Назначение модуля

Модуль предназначен для обработки данных акселерометров или других датчиков за определенные интервалы времени для построения спектра колебаний и нахождения в полуавтоматическом режиме основных форм колебания и вычисления их параметров их пиков. Различает одиночные и двойные пики.

## Технические требования

Операционная система: Ubuntu 20/22, Linux OS 64 битная. PHP версии 7.3, модуль работы с PostgreSQL и ClickHouse.

## Требования к вычислительным ресурсам

1 ядро поддерживающее 64 битные вычисления, 500 Мбайт на жестком диске для временных данных.

## Описание работы

<font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Структурно работу модуля можно поделить на две части: сбор, подготовку данных и отправку готовых данных, которую выполняет PHP скрипт «index.php». Обработка данных, формирование спектров и поиск основных форм колебаний выполняет программа RealTimeSpectrum.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Модуль может быть вызван или из системы или из консоли в контейнере docker «php». Для запуска работы модуля запускается PHP скрипт «index.php».</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Блок-схема работы модуля представлена на рисунке.</font>

<font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Вначале работы скрипта «index.php» загружаются конфигурационные данные модуля из файла «config.php», содержащего данные к подключению к базам данных, он находится на директорию выше модуля и файл конфигурации модуля «config.php», лежащего в директории модуля.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Далее выбираются шины типа «an-d3» и «com-an-d3», шины для подключения акселерометров. В выбранных шинах выбираются устройства типа «and_3». Далее просматриваются выбранные устройства и создается массив каналов этих устройств, у которых код равен «0.x» — ось X, «0.y» — ось Y, «0.z» — ось Z, «0.a» — модуль ускорения, обозначается через A.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-

serif;;#000000;;inherit>После формирования массива, обрабатываем оси. Проверяем, или есть настройка для каждого канала в конфигурационном файле модуля «config.php». Если данных настройки нет, по</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>обработка данной оси пропускается.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Если канал сконфигурирован, то запрашивается данные по этому каналу в интервале «$time_interval» до времени запрошенного в начале запуска скрипта, переменная «$timestamp».</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Далее проверяется и создаются папки для выходных файлов программы RealTimeSpectrum «/var/www/html/public/Spectr».</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Данные программой RealTimeSpectrum обрабатываются в двух вариантах. Первый — для полноценной спектральной мощности, данные записываются в директорию «/data», второй — для цветовой спектрограммы, данные записываются в директорию «/data_partial». Для спектрограммы спектральная мощность строится с меньшим частотным разрешением для увеличения быстродействия. Далее данные записываются в директории с именем равным id устройства, далее id канала, после год, и последняя директория месяц.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Для примера формирования пути, если id устройства 67, id канала 433, 2022 год и месяц сентябрь 9-й месяц, тогда путь будет выглядеть для первого случая «/var/www/html/public/Spectr/data/67/433/2022/09», для второго случая «/var/www/html/public/Spectr/data_partial/67/433/2022/09».</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Далее формируются конфигурационные файлы «ofs_options.ini» и «Config.path» для работы программы RealTimeSpectrum и записываются полученные данные в бинарном виде для обработки. Далее данные обрабатываются программой RealTimeSpectrum и полученные данные размещаются как указано выше, и полученные данные по пикам основных форм колебаний отправляются в базу данных. Обработка, формирование файлов и отправка данных выполняются для двух случаев подряд, так как для них используются одни и те же данные и должны использоваться одни и те же данные, что бы результаты были одинаковыми.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Рисунок. Блок-схема модуля.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Основные файлы модуля</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>- config.php - файл настроек программы обработки спектров, должен быть в gitignore. config_example.php - пример файла настроек программы обработки спектров</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>- </font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>Config.path - динамический файл настроек датчкиков для работы программы обработки спектров RealTimeSpectrus, формируется в процессе работы модуля, должен быть в gitignore.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>- ofs_options.ini - динамический файл общих настроек работы программы обработки спектров</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>RealTimeSpectrus, формируется в процессе работы модуля, должен быть в gitignore.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>- .gitignore - содержит список файлов и директорий, которые должны игнорироваться и не попадать в интедекс</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>git</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>-</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>RealTimeSpectrum - программа для обработки данных датчиков и формирования спектров и поиска пиков

основных форм колебания.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>-</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>index.php - PHP скрипт вызываемый для обработки спектров. Непосредственно в нем берутся данные из базы данных, подготавливаются для обработки и вызывается программа RealTimeSpectrum. Скрипт формируют пути, куда записывается спектр сформированный RealTimeSpectrum и отправляет результаты определения частот и декрементов колебаний в базу данных.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>- data_processing.sh - bash скрипт для запуска модуля через cron в контейнере.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>-</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>source - директория с временными рабочими файлами модуля</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>-</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>index_check.php - вспомогательный PHP скрипт, позволяет проверить сколько в системе установлено устройств типа АНД-3</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>- data_processing_test.sh - вспомогательный bash скрипт для запуска index_check.php в контейнере</font>

**RealTimeSpectrum**

Программа RealTimeSpectrum обрабатывает данные сформированные акселерометрами и строит спектры колебания. Физический принцип, на котором основана работа программы, состоит в получении исходных данных ускорений с акселерометров от сборщика данных. Далее с помощью преобразования Фурье формируется спектральная мощность колебаний. Метод определения основных форм колебаний и их дектементов является полуавтоматическим. Для его работы необходимо задать интервал частот, в котором необходимо искать пик колебаний, и так же указать ищется ли одинарный или двойной пик. Далее специальным методом с помощью метода наименьших квадратов аппроксимируется пик или два пика в зависимости от настроек, и по данным аппроксимации вычисляются частота максимума пика и по ширине на полувысоте аппроксимированного пика — декремент колебаний.

**Настройка модуля**

Настройка модуля производится в файле config.php, все параметры подробно описаны в config_example.php, его содержание приведено ниже $api_token = 'A8WQ0N4zYPQvxbBMvPVz2ZnhGGyfgjhbh'; *api токен для доступа по rest api $time_interval =40960;* Интервал в секундах от текущего времени, за который запрашиваются данные с clickhouse $length_zap_full=8192; *Длина одной реализации для построения одного спектра $length_zap_spectrograms=1024;* Длина одной реализации для построения цветовой спектрограммы, так как вопрос ещё в производительности *то длина уменьшена для быстрого рендера картинки $number_records_full=2;* Количество реализаций, по которым происходит усреднение для построения одного спектра $number_records_spectrograms=16; *Количество реализаций, по которым происходит усреднение для построения цветовой спектрограммы $basic_waveforms=5;* Количество основных форм колебания, которые обрабатываются скриптом PHP и отправляются в базу данных *если данных на i-ю*

*форму нет после работы программы построения спектра, то она заполняется нулями* Настройка каналов для обработки *В массив $device_code добавляется код устройства, к которому принадлежит канал* в $min_frequency_all и в $max_frequency_all с ключем равным *коду устройста указывается минимальная и максимальная граница интервалов, в которых нужно искать пики основных форм колебания. В $double_frequency_all указываестя количество пиков для поиска $device_code=array('433', '434', '501', '502'); $min_frequency_all['433']='0.3 0.6 1.3'; $max_frequency_all['433']='0.35 0.8 1.6'; $double_frequency_all['433']='1 1 1'; $min_frequency_all['434']='0.3 0.6 1.3'; $max_frequency_all['434']='0.35 0.8 1.6'; $double_frequency_all['434']='1 1 1'; $min_frequency_all['501']='0.3 0.6 1.3'; $max_frequency_all['501']='0.35 0.8 1.6'; $double_frequency_all['501']='1 1 1'; $min_frequency_all['502']='0.3 0.6 1.3'; $max_frequency_all['502']='0.35 0.8 1.6'; $double_frequency_all['502']='1 1 1';* Более подробное описание что есть что *$device_code=array('433'); $device_code - набор кодов устройств, где устройстово означает одну ось датчкика, например 001X. Т.е. устройство с кодом 433 это датчик с номером 001, ось X.* Для устройства 433 указываем интервалы, в которых нужно искать пики колебаний. Интервалы: *$min_frequency_all['433']='0.3 0.6 1.3';* $max_frequency_all['433']='0.35 0.8 1.6'; *Они означают 3 интервала, в которых искать пики. Интервал 1 0.3-0.35; интервал 2 0.6-0.8; интервал 3 1.3-1.6;* И количесвто пиков, которые необходимо искать $double_frequency_all['433']='1 1 1'; *Здесь указаны три интервала, в них искать по одному пику. Варианты значений 1 либо 2.* Файл для работы программы обработки спектров, общие настройки $file_options='number_records = '.$number_records.' *Количество реализаций, по которым будет строится апроксимация спекра и находится параметры колебаний сооружения length_zap ='.$length_zap.*' Длина одной реализации в количестве отсчетов, должно быть кратно 2^n, 2 в степени n, где n целое число number_of_records = 30 *Сколько в одном файле реализаций sampling_time = 0.1* Время дискретизации датчиков в секундах time = «22_01_10_23_59_43_021» *Время, с которого считывать данные, данные до этой временной ометки будут игнорироваться,если указать 00_00_00_00_00_00_000, то будут обрабатываться все данные time_start = «2022_02_12_07_21_00_729»* Время, с которого считывать данные, данные до этой временной ометки будут игнорироваться,если указать 00_00_00_00_00_00_000, то будут обрабатываться все данные time_end = «'.»$year«._ckgedit_QUOT».«$month».'_ckgedit_QUOT«.»$day«._ckgedit_QUOT».«$hour».'_ckgedit_QUOT«.»$minute«._ckgedit_QUOT».«$second».'_000_ckgedit_QUOT_ big_files = 0 *Параметр, отвечающий за то, что мы берем большие файлы данных за сутки. 1 - мы берем, другое значение, не берем debug_mode = 0* Режим отладки, выводятся промежуточные данные обработки, по умолчанию отключено procces_all_files = 0 *Обработка всех файлов сразу, по умолчанию обрабатывается начиная с самого последнего rusian = 1* Включение русского языка, по умолчанию включен file_size_for_processing = 1 *Устанавливаем ограничение обработки файлов за один запуск time_shift=0.24573333333333* Сдвиг по времени в секундах *Пропуск времени между соседними спектрами при обработке всех файлов сразу, величина в секундах. detector_option_file = «Config.path»* Имя файла с настройками для датчиков. fast_processing = 0 file_format=4 *Формат файлов данных monitoring_horizont=1';* Файл для работы программы обработки спектров, настройка датчиков $file_options_conf='{ limitation_standart_deviation=0 *Среднеквадратичное отклонение limitation_ejection=50*

Выброс в процентах от диапазона measuring_range=3600 *Тип датчика (диапазон) AN3600, AN7200 axis='.$detector_name.'* Номер датчика и его оси namefile=«'.dirname(__FILE__).'/source/» *Относительный путь к данным savadata=«'.$dir.'/»* Относительный путь, куда сохранять результаты моделирования datatemperature=«./» *Относительный путь, откуда читать данные по температуре min_frequency ='.$min_frequency.'* Минимальная частота интервалов, в которых ищутся пики, в Гц, пример 0.4 0.8 2.3 max_frequency ='.$max_frequency.' *Максимальная частота интервалов, в которых ищутся пики, в Гц. Пример 0.6 1.1 2.5 double_frequency ='.$double_frequency.'* Количество пиков в интервале, допустимые значения 1 - однин пик, 2 - два пика в интервале signal_level=0; }';

=== <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Настройка запуска по расписанию</font> === <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Для запуска модуля из консоли нужно использовать скрипт «data_processing.sh», который запускает модуль в контейнере docker «php».</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Для запуска модуля по расписанию, настраивается запуск скрипта «data_processing.sh» через cron от имени root в требуемый интервал.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>При новой установке необходимо проверить права на запуск как исполняемой программы data_processing.sh, RealTimeSpectrum.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>Содержание</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>скрипта «data_processing.sh»</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>«/opt/monitoring/dc exec -T php php /var/www/html/SpectralAnalysis/Spectr/index.php»</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>- Данные</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>означают:</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>- /opt/monitoring/dc - запуск docker</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>-</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>exec - команда выполнить</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>- -T - не создавать виртуальное</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>tty</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>устройстово для виртуальной консоли.</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>-</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>php - запуск контейнера php</font> <font 14px/Arial,Helvetica,sans-serif;;#000000;;inherit>-</font> <font inherit/inherit;;#000000;;inherit>php /var/www/html/SpectralAnalysis/Spectr/index.php - запуск php скрипта index.php, путь указан в среде контейнера</font>