Введение

Балансировка резонаторов является одной из ключевых задач в процессе изготовления любых гироскопов, независимо от принципа их действия. Цель балансировки заключается в снижении начальной разночастотности двух ортогональных мод, которые используются в рабочем режиме гироскопа. Отличительное чертой 4-х массового резонатора камертонного типа изд. ДУС-ММ, которая усложняет процесс балансировки, является наличие в разбалансированной системе не только разночастотности между модами, но и разноамплитудности между парами подвижных узлов. Разноамплитудность вызвана наличием двух дополнительных добротных линейных мод (мода **1** и **3**) вблизи рабочих мод (мода **2** и **2*’***). А сам процесс балансировка осуществляется для двух пар ортогональных направлений ***X***, ***Y*** и ***Q***, ***L***. Сами балансировочные элементы представляют собой совокупность перемычек, служащих для корректировки массы каждого подвижного узла в 4-х направлениях. Удаление перемычки может осуществляться, как с помощью лазера, так и с помощью ручных инструментов.

Текущая разработанная методика балансировки 4-х массового резонатора, включает в себя последовательное выполнение 3-х этапов:

1. Выравнивание амплитуд колебания инерционных масс пар подвижных узлов на одной из вспомогательных мод **1** или **3** в направлениях **X** и **Y**.
2. Выравнивание амплитуд колебания инерционных масс пар подвижных узлов на одной из вспомогательных мод **1** или **3** в направлениях **Q** и **L**.
3. Снижение разночастотности рабочих мод **2** и **2*’*** для двух пар ортогональных направлений **X**, **Y** и **L**, **Q**.

В текущем состоянии методику балансировку сложно автоматизировать. Для дальнейшей автоматизации балансировки необходимо решить следующие проблемы:

* Невозможность в аналитическом виде представить методику.
* Сложность в численной оценке величины необходимого воздействия для осуществления балансировки в минимальное количество итераций;
* Для усвоения методики балансировки от оператора требуется понимание принципов работы гироскопа.
* В определенных возможных разбалансированных состояниях методика балансировки может не работать.

Постановка задачи машинного обучения

 Машинное обучение – это обширный подраздел искусственного интеллекта, изучающий методы построения алгоритмов, способных обучаться.  Другими словами, на основе конечной совокупности прецедентов — пар «объект, ответ», строится алгоритм, способный для любого возможного входного объекта выдать достаточно точный ответ. Важной особенностью при этом является способность обучаемой системы к обобщению, то есть к адекватному отклику на данные, выходящие за пределы имеющейся обучающей выборки.

В качестве объектов выступает возможные разбалансированные состояния резонатора, признаками которых является частоты 4 мод и амплитуды пар подвижных масс на каждой моде. Ответом же является количество перемычек, которые необходимо удалить, чтобы полностью сбалансировать данную модель.

Данная задача является задачей регрессионного анализа. Параметры модели настраиваются таким образом, что модель наилучшим образом приближала данные. Для измерения точности ответов вводится оценочный функционал качества. Критерием качества приближения целевой функцией выберем среднеквадратичную ошибку

Имеется множество *объектов* (ситуаций) и множество возможных *ответов* (откликов, реакций). Существует некоторая зависимость между ответами и объектами, но она неизвестна. Известна только конечная совокупность *прецедентов* — пар «объект, ответ», называемая *обучающей выборкой*. На основе этих данных требуется восстановить неявную зависимость, то есть построить алгоритм, способный для любого возможного входного объекта выдать достаточно точный классифицирующий ответ. Эта зависимость не обязательно выражается аналитически, и здесь нейросети реализуют принцип эмпирически формируемого решения. Важной особенностью при этом является способность обучаемой системы к обобщению, то есть к адекватному отклику на данные, выходящие за пределы имеющейся обучающей выборки. Для измерения точности ответов вводится оценочный *функционал качества*.

Сбор данных

Подготовка данных

Нейронные сети