

Карим Квитунга, Шклёда Д.А.

Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией

Исходя из ГОСТа Р ИСО 2041-2012: вибрация - движение механической системы (точки механической системы), при котором происходят периодические или случайные колебания характеризующей его величины относительно положения равновесия.

Для мониторинга состояния и диагностики неисправностей машин с целью повышения производительности и увеличения время безотказной работы оборудования используются виброметры.

Виброметр – это портативное устройство со встроенным датчиком вибрации и дисплеем. Используется для проверки уровня вибрации актива или его составной части. Измерители обеспечивают мгновенное считывание скорости вибрации, ускорения и смещения. Большинство современных виброизмерителей сохраняют результаты измерений вибрации, что позволяет техническим специалистам легко получить доступ к истории конкретного актива и отслеживать отклонения от нормальных показателей.

В условиях современного автоматизированного производства особую актуальность приобретает задача снижения вибрации оборудования и технологической оснастки. Избыточная вибрация отрицательно сказывается на точности обработки, снижает срок службы узлов, увеличивает процент брака и нарушает устойчивость технологического процесса. Одним из эффективных решений данной проблемы являются программные методы контроля и подавления вибрации.

1. Цифровая фильтрация вибрационных сигналов

Цифровая фильтрация применяется для обработки сигналов, поступающих от вибродатчиков (акселерометров, гироскопов и т. д.). В процессе обработки устраняются высокочастотные шумы и помехи, не несущие полезной информации. Применяются различные виды фильтров:

- Фильтр низких частот (ФНЧ) – пропускает низкие частоты, отсекая высокочастотные помехи;
- Фильтр полосовых частот (ФПЧ) – выделяет колебания в нужном диапазоне частот, например, 10–500 Гц;
- Адаптивные фильтры – автоматически подстраиваются под изменения в характеристиках сигнала;
- Фильтр Калмана – применяется для оценки текущего состояния системы в условиях шума и неопределённости.

2. Активная виброкомпенсация

Суть метода в создании обратной связи, где система на основе данных от вибрационных датчиков формирует корректирующее воздействие. Это воздействие направлено на нейтрализацию вибраций в режиме реального времени. Пример – система Active Vibration Control (AVC), используемая в высокоточных станках и роботах.

Алгоритмы управления могут быть реализованы на базе микроконтроллеров, промышленных ПЛК или цифровых сигнальных процессоров (DSP). Активная компенсация эффективна при борьбе с вибрациями от электродвигателей, приводов и неуравновешенных вращающихся масс.

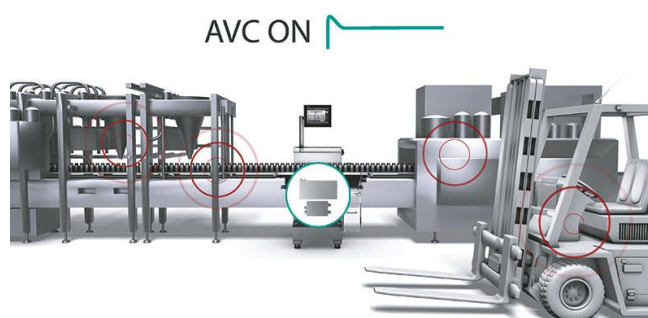


Рис.1. Активная виброкомпенсация.

3. Диагностика и мониторинг вибраций

Программные комплексы позволяют анализировать вибрационные процессы в динамике, выявлять аномалии и строить прогнозы технического состояния оборудования. Примерами ПО являются MATLAB + Simulink, VibroBox, VibroExpert и т.д.

Анализ проводится на основе временных и частотных характеристик сигнала. Часто применяются алгоритмы БПФ (быстрое преобразование Фурье) и машинное обучение для распознавания типов неисправностей.



Рис.2. Диагностика и мониторинг вибраций.

4. Оптимизация управляющих траекторий

Многие источники вибрации возникают из-за резких изменений скорости и ускорения в траекториях движения исполнительных органов. Для устранения этой проблемы используется сглаживание траекторий.

Наиболее распространены:

- S-образные профили скорости – обеспечивают плавные изменения ускорения;
- Синусоидальные и полиномиальные кривые движения – снижают динамические нагрузки;

Метод применяется в робототехнике, на станках с ЧПУ, манипуляторах и порталных системах.

5. Прогнозное управление (Model Predictive Control, MPC)

Прогнозное управление строится на математической модели объекта. Алгоритм предсказывает поведение системы на несколько шагов вперёд и формирует оптимальное управляющее воздействие, предотвращающее возникновение вибраций.

Преимущества метода: высокая точность управления, учёт ограничений на переменные, прогнозирование реакций системы на возмущения.

Применяется на сложных мехатронных системах, линиях с высокой степенью автоматизации и в оборудовании, где недопустимы даже кратковременные вибрационные возмущения.

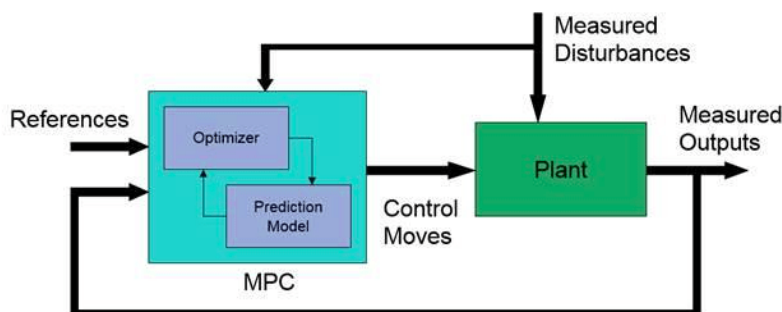


Рис.3. Основной цикл управления MPC.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО 2041-2012. Вибрация, удар и контроль технического состояния: введ. в действие приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2012 г. №1281-ст
2. Болтянский В.Г. Механика колебательных систем. – М.: Наука, 2018.
3. Плотников А.А., Сидоров Н.П. Программные средства управления вибрациями в машиностроении. – Екатеринбург: УрФУ, 2020.
4. Диагностика технического состояния оборудования по вибрационным признакам. – М.: Машиностроение, 2017.