

## ПРИМЕНЕНИЕ МАТРИЧНОГО ФОТОПРИЕМНИКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ

И.А. Кудрявцев, Д.В. Корнилин

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

В процессе производства и эксплуатации гидравлических систем и их компонентов вопрос поддержания чистоты имеет первостепенное значение, так как наличие механических примесей, в том числе частиц с абразивными свойствами, в рабочей жидкости приводит к сокращению ресурса агрегатов и увеличению риска отказа. В системах авиационного назначения отказ гидравлического оборудования может иметь катастрофические последствия, поэтому остро стоит вопрос оперативной диагностики их технического состояния. Одним из наиболее перспективных методов диагностики, не требующих остановки системы, является мониторинг параметров дисперсной фазы, содержащейся в рабочей жидкости. Параметры дисперсной фазы могут определить такие ситуации, как катастрофический износ узлов трения в системе, низкую эффективность фильтрации, деградацию самой рабочей жидкости. В ОНИЛ-16 СГАУ разработана серия анализаторов параметров рабочей жидкости, ориентированных на анализ отобранных проб или применение встроенных в магистраль датчиков. Последний вариант является оптимальным в смысле оперативности и точности контроля, а также незаменим в системах с токсичной рабочей жидкостью.

Наиболее подходящим для анализа параметров дисперсной фазы является фотоэлектрический метод, при котором размер частиц механических примесей и концентрация их в исследуемой жидкости определяется путем анализа изменений интенсивности оптического излучения вследствие поглощения. Разработанные анализаторы позволяют определять концентрацию дисперсной фазы до  $1000 \text{ см}^{-3}$  и регистрировать частицы крупнее 2 мкм. При этом результаты анализа выдаются оператору в виде класса чистоты жидкости по ГОСТ 17216-2001. Такой подход соответствует современным технологическим требованиям, применяемым в авиации при производстве и эксплуатации гидравлических систем и агрегатов.

При этом в качестве фотоприемника достаточно использовать фотодиод, что упрощает схему датчика и упрощает его адаптацию к тяжелым условиям эксплуатации. Однако описанное решение не позволяет определять форму частиц дисперсной фазы и ограничивает в ряде случаев точностные параметры анализатора. Например, при определенных сочетаниях гидравлических условий течения жидкости датчик может выдавать ложные срабатывания, предположительно вызванные оптическими неоднородностями в жидкости, не имеющими отношения к механическим примесям.

Другая проблема связана с формированием пузырьков газа, растворенного в жидкости, при резких снижениях давления в магистрале.

Повысить эффективность анализа параметров дисперсной фазы предполагается с помощью применения матричного фотоприемника. Анализ современной элементной базы показывает, что оптимальным выбором является КМДП матрица. В настоящее время имеются матрицы с размером пикселей от 2-5 мкм, что позволяет анализировать форму самых малых частиц, представляющих информационный интерес. По сравнению с матрицами ПЗС, матрицы КМДП отличаются тем преимуществом, что позволяют электронным способом перестраивать апертуру и тем самым изменять время интегрирования (частоту кадров видеозображения). На кристалле КМДП матрицы часто имеются встроенные АЦП, позволяющие упростить схему обработки и увеличить помехоустойчивость датчика в целом. Расчеты показывают, что чувствительность матрицы вполне достаточна для обнаружения достаточно малых частиц, кроме того, за счет обработки получаемых данных, достоверность информации может быть дополнительно увеличена.

Одной из важных проблем на пути реализации анализатора на базе матричного фотоприемника, является ограниченное быстродействие, в результате чего изображение частицы размывается. Однако, предлагаемый алгоритм обработки позволяет получить достоверную информацию о размерах тени частицы с помощью анализа распределения освещенности в получаемом пятне. Компьютерное моделирование показывает, что погрешность определения размера частицы может быть сведена к минимуму при условии, что след от частицы по длине соизмерим с размером матрицы.

Другая проблема связана с фокусировкой изображения на поверхности матрицы. Здесь основным мешающими факторами являются значительный размер апертуры излучателя и непараллельность пучка излучения. Для большинства современных излучателей, включая полупроводниковые лазеры, эти параметры не позволяют добиться четкого изображения частицы на поверхности матрицы без применения оптических систем. Малоэффективно также применение диафрагмы, причем ситуация усложняется тем, что конструктивные соображения требуют, чтобы частица находилась от поверхности матрицы на расстоянии не менее 1-2 мм. Однако, введение уже одной собирающей линзы позволяет добиться четкого изображения. При этом необходима фокусировка, а наличие линзы усложняет конструкцию и увеличивает оптические потери на пути прохождения излучения.

Обработка сигнала фотоприемника либо требует применения достаточно производительного процессора в самом датчике, либо может быть реализована в персональном компьютере с передачей «сырых» данных через интерфейс USB в режиме HS. В первом варианте по совокупности па-

раметров, включая производительность и энергопотребление, возможным выбором является сигнальный процессор семейства BLACKFIN от фирмы Analog Devices.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЧАСТИЦ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МАЛЫХ РАЗМЕРОВ В РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ГИДРОСИСТЕМ**

М.А.Ковалев, Д.С.Рысин

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

В настоящее время все более широкое применение находят гидросистемы, функциональную диагностику которых целесообразно проводить на основе анализа дисперсного состава частиц износа (концентрация и размер частиц), генерируемых узлами трения в рабочую жидкость [1,2,3]. Анализируя количество и размер таких частиц, можно достаточно точно прогнозировать состояние и остаточный ресурс того или иного агрегата и узла системы.

Важной тенденцией в развитии гидросистем воздушных судов (ВС) является увеличение в них рабочего давления, что позволяет при малых массово - габаритных характеристиках элементов гидросистем достичь высокой мощности и производительности. Однако увеличение рабочего давления в гидросистеме приводит к значительному возрастанию требований к уровню чистоты рабочей жидкости и к тонкости ее фильтрации. Использование фильтрации тонкостью 5 мкм и менее приводит к существенному увеличению гидравлического сопротивления фильтра и к возрастанию стоимости эксплуатации авиационной техники, связанной с усложнением методики обслуживания фильтров. На этом фоне существенно возрастет актуальность решения задачи оперативного контроля уровня загрязнения рабочей жидкости гидросистем ВС.

Для решения задачи диагностики узлов трения по изменению дисперсного состава примесей рабочих жидкостей используются различные датчики встроенного контроля (ДВК), разработанные в ОНИЛ-16 СГАУ, которые с высокой точностью и надежностью определяют дисперсный состав частиц размером более 5 мкм. Однако разработать ДВК, определяющие дисперсный состав частиц размером менее 5 мкм, до настоящего времени пока не удалось в силу определенных технических проблем [2].

Одним из направлений решения задачи определения дисперсного состава частиц износа размером менее 5 мкм является разработка сверхчувств-