

УДК 622.691.4.01:628.517.4

С.А. САПРЫКИН

УкрНИИгаз, Украина

СИСТЕМА ВИБРОКОНТРОЛЯ И ВИБРОДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ГПА-16 С ДВИГАТЕЛЕМ ДЖ-59 И ГТ-750-6

Разработана стационарная система виброконтроля и вибродиагностирования для газоперекачивающих агрегатов (ГПА). Система позволяет повысить надежность эксплуатации, снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций и проводить ремонт по фактическому состоянию ГПА.

Газоперекачивающий агрегат, система виброконтроля, диагностика, двигатель

Введение

Эксплуатация ГПА мощностью 25, 16, 10 и 6 МВт, которыми оснащены газопроводы, показывает, что газотранспортные предприятия несут большие убытки из-за неэффективности существующих систем виброконтроля и методов устранения вибрации.

Формулирование проблемы. Несмотря на высокий уровень развития вибрационной диагностики как науки, существует ряд проблем, связанных с созданием технических средств и методов виброконтроля и диагностирования газотурбинных приводов ГПА. Анализ публикаций и патентов, связанных с вибродиагностированием и виброконтролем ГПА, показал, что недостаточно данных по системам непрерывного контроля вибрации, обеспечивающим надежное формирование аварийных сигналов при минимальном числе "ложных" срабатываний защит от виброперегрузок. Недостаточно также методов, технических средств и алгоритмов диагностирования дефектов отдельных типов ГПА [1].

Решение проблемы

Разработка методов и средств виброконтроля и диагностирования ГПА осуществлялась согласно планов важнейших работ Укргазпрома, тематических планов научно-исследовательских и экспериментально-конструкторских работ ДК "Укртранс-

газ", ДК "Укргаздобыча" с 1985 по 2005 гг. Опыт эксплуатации в 1991-95 годах первой отечественной стационарной системы виброконтроля и диагностирования ГПА типа ГТН-25 на компрессорных станциях Укргазпрома [2 – 4] позволил УкрНИИгазу совместно с ИПМаш НАН Украины разработать, изготовить и сдать в опытную эксплуатацию новую систему виброконтроля и диагностирования ГПА-16 с газотурбинным двигателем ДЖ-59 (16МВт) производства НПКГ "Зоря" – "Машпроект" [5, 6], внешний вид которой представлен на рис. 1.

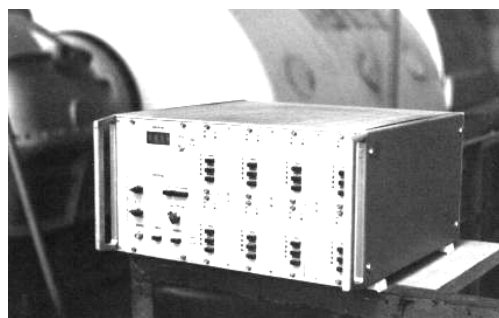


Рис. 1. Прибор СПВК-8

В данной системе число каналов контроля уменьшено с 14 до 8, что привело к изменению принципиальной схемы устройства и общего блока контроля и сигнализации. На основе теоретических и экспериментальных исследований вибрации узлов ГПА-16 уточнены характеристики функциональных блоков усреднения и сравнения. Изменение принципиальной схемы потребовало макетирования функ-

циональных блоков и их испытания.

Прибор СПВК-8 укомплектован вибропреобразователями 1ПА-26 (8 шт.) и четырьмя специально изготовленными в ЦНИИТМаш (Москва) усилителями УЗ-5-2. Преобразователь 1ПА-26 – пьезоэлектрический акселерометр преобразует механические колебания в электрический сигнал, пропорциональный ускорению. Его чувствительный элемент состоит из двух пьезоэлементов и изоляторов, что позволяет получить симметричный выход. Рабочие частоты преобразователя до 30 кГц при чувствительности $0,2\text{мВ}/(\text{м}/\text{с}^2)$, а температуры – до $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, что перекрывает температурный диапазон в местах его установки. Такая температура допустима и для бронированного кабеля, соединяющего преобразователи с усилителем. Для регистрации вибрации опор ГТУ в вертикальном и поперечном направлениях 1ПА-26 устанавливают по 2 шт. Усилитель УЗ-5-2 может работать в полосе частот от 20 до 10000 Гц и имеет надежную помехозащищенность, высокую чувствительность и линейную характеристику. Коэффициент усиления устанавливают при тарировке.

Функциональная схема на основе прибора СПВК-8 представлена на рис. 2. В блоке 13 сигнал подвергается обработке и анализу. Значение виброскорости выводится на индикатор 16. Блок логического анализа уровней сигналов 14 через формирователь аварийного сигнала 15 выдает предупреждение или сообщение об аварийной остановке при значениях виброскорости 25 мм/с и 35 мм/с. Эти сигналы передаются в систему автоматического управления агрегатом. Предусмотрена возможность записи или непосредственной передачи вибрационных сигналов всех восьми каналов на вход ПЭВМ для дальнейшего анализа.

Система виброконтроля обеспечивает:

- контроль и обработку параметров вибрации;
- получение спектральных характеристик;
- формирование аналоговых сигналов, пропорциональных уровню вибрации, а также аварийных и предупредительных сигналов;

- формирование для системы диагностики сигналов, пропорциональных виброускорению;
- ввод сигналов в ПК и диагностирование ГПА.

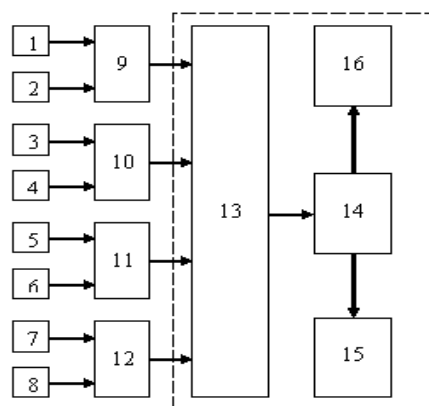


Рис. 2. Схема системы виброконтроля ГПА-16:

- 1, ..., 8 – вибропреобразователи;
- 9, ..., 12 – двухканальные усилители;
- 13 – восьмиканальный интегрирующий блок анализа;
- 14 – блок анализа превышения уровня сигнала;
- 15 – формирователь аварийного сигнала;
- 16 – блок индикации

Основные технические характеристики системы:

- количество каналов для одного ГПА – 8;
- частотный диапазон 20 – 1000 Гц;
- диапазон виброскорости 0 – 100 мм/с;
- частота дискретизации – не менее 70 кГц;
- время переключения каналов – не более 1 мс;
- погрешность измерения не более 10 %;
- диагностирование ГПА: обнаружение дисбалансов компрессоров и турбин и расцентровок, выявление дефектов в подшипниках и элементах проточной части.

Программы обеспечивают: фильтрацию; визуальное изображение и вычисление спектральных характеристик сигналов; диагностирование ГПА в автоматическом и экспертном режимах; управление; обмен и анализ баз данных. Информационной базой являются вибрации в виде нормированных аналоговых сигналов, а также аварийные и предупредительные сигналы, поступающие из системы виброконтроля СПВК-8. В автоматическом режиме система решает диагностические задачи. В экспертном – задачи, определяемые экспертом. Оба режима могут

быть реализованы одновременно. В системе диагностики предусмотрено подключение новых задач.

Система прошла метрологическую аттестацию, выдержала приемочные испытания и рекомендована к внедрению на компрессорных станциях НАК "Нефтегаз Украины". Она работает на четырех ГПА-16 с двигателями ДЖ-59 Гребенковской компрессорной станции (КС). Вибропреобразователи установлены на переднем корпусе компрессора низкого давления (КНД), корпусе промежуточной опоры, в двух точках корпуса переходника и опоре турбины высокого давления (ТВД). Усилители смонтированы на корпусе двигателя и соединены кабелем с вибропреобразователями и клеммной коробкой, откуда сигналы передаются в операторную, где смонтированы СПВК-8. В общую систему виброконтроля (рис. 3) цеха КС входит четыре прибора СПВК-8 с преобразователями и усилителями, а также компьютер, быстродействующие аналого-цифровые преобразователи, коммутаторы, блоки разделения сигналов, линии передачи сигналов, программное обеспечение.

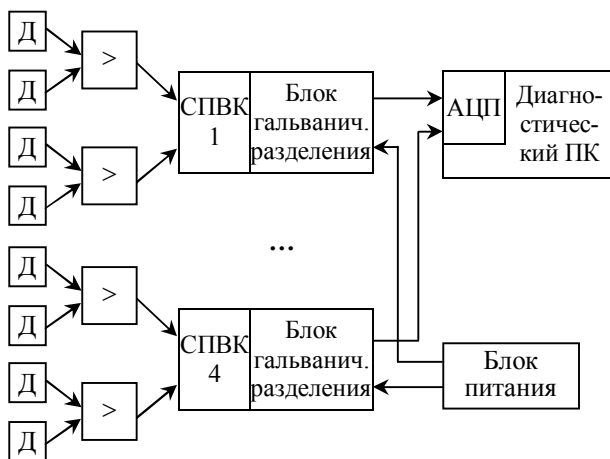


Рис. 3. Блок-схема системы вибродиагностирования ГПА-16:

Д – вибропреобразователи; > – усилитель заряда

Информация от приборов СПВК-8 поступает через 32 канала и записывается в течение часа на каждом агрегате с интервалом две минуты. Диагностика двигателя проводится по более чем тридцати признакам, по которым выявляются дефекты и

принимаются решения. Состояния определяют статистической обработкой экспериментальных результатов исследования вибрационных характеристик ГПА. Вид и элемент дефекта по превышению эталонных уровней вибрации определяется местом установки вибропреобразователя, направлением и частотой. Диагностические признаки устанавливают связь между ростом определенных составляющих спектров вибрации и фазовыми соотношениями между гармониками и конкретным дефектом. В низкочастотном диапазоне контролируются: частота 80-82 Гц – первая гармоника частоты вращения турбины нагнетания (ТН); частота 162-164 Гц – вторая гармоника частоты вращения ТН и ее кратности; частота 93 Гц – первая гармоника частоты вращения турбины и компрессора низкого давления (ТНД-КНД) и 185 – вторая гармоника частоты вращения ТНД – КНД и ее кратности; частота 121 Гц – первая гармоника частоты вращения турбины и компрессора высокого давления (ТВД-КВД) и ее кратности. По ним определяют дисбаланс роторов.

В высокочастотном диапазоне до 10000 Гц контролируют характерные области, обусловленные частотами вращения тел качения подшипников опор КНД и КВД и частотами следования рабочих и направляющих лопаток. Несимметрия газового потока, а также касания рабочих лопаток о корпус агрегата приводят к росту вибрации на частотах, кратных лопаточным. Для подшипников качения характерны вибрации с двойной частотой вращения, которые возникают при перекосе плоскостей вращения тел качения, и с частотой следования тел качения, а также высшие гармоники этих частот. Амплитуды возрастают по мере износа подшипников.

Колебание корпусных деталей является причиной расцентровок и перекосов осей вращения роторов, валов и осей симметрии подшипников, несимметрии газового потока, а также задевания рабочих лопаток турбины о корпус. Причиной данного дефекта могут быть нарушения в сборке и тепловое расширение корпусных деталей. Важную информа-

цию для диагностирования представляют собственные частоты колебаний конструктивных элементов.

Анализ результатов виброконтроля и диагностирования ГПА-16 на Гребенковской КС показал, что в ГПА № 3 за год эксплуатации уровень вибрации практически не изменился. Виброскорость на частотах вращения роторов и их вторых гармониках находилась в пределах 6...10 мм/с. Когда до капитального ремонта оставалось 100 часов, на агрегате зафиксировано резкое повышение уровня вибрации в диапазоне 20 – 1000 Гц на переднем корпусе КНД. Виброскорости составляли 21 мм/с в вертикальном и 25 мм/с в поперечном направлениях. Позже сработала аварийная система. Агрегат автоматически остановлен при уровне вибрации >35 мм/с. Анализ спектров вибрации подтвердил достоверность системы виброконтроля. Дефект – разрушение подшипника.

Стационарная система с СПВК-8, по структуре аналогичная для ГПА-16, но с измененными техническими параметрами применена и для ГПА типа ГТ-750-6 на Шебелинской КС. Отличие характеристик:

- диапазон контроля виброскорости, мм/с – 1...60;
- нормальный сигнал "НС", мм/с – 1,5;
- предупредительный сигнал "ПС", мм/с – 7,1;
- аварийный сигнал "АС", мм/с – 11,2.

Вибропреобразователи установлены на корпусе в 4-х точках в районе опорно-упорного и опорного подшипников ТВД и ТНД, а усилители – на площадке агрегата и соединены кабелем с СПВК-8, который находится в операторной и задействован в системе управления агрегатами.

Заключение

Эксплуатация агрегатов типа ГПА-19 и ГТ-750-6 с разработанной системой виброконтроля и диагностирования на базе прибора СПВК-8 подтвердила ее надежность и пригодность. Дальнейшее развитие стационарных систем виброконтроля и диагностирования ГПА, на базе накопленного опыта, воплощено в аппаратных и программных средствах опытной стационарной вибродиагностической системы

ГТН-25 МН80.02 с двигателем ДН-80. Система использует штатные вибропреобразователи виброконтрольной аппаратуры "Метрикс".

Литература

1. Сапрыкин С.А., Бойко М.В. Состояние вопроса диагностирования ГПА на КС ПО "Укргазпром" // Информ. сб. ВНИИЭГазпром. – М., 1990. – Вып. 1. – С. 47-50.
2. Система аварийной защиты по вибрационному состоянию узлов ГПА ГТН-25 / М.В. Бойко, О.Ф. Полищук, С.А. Сапрыкин, В.Г. Соляник // Нефть и газ. пром-сть. – 1992. – № 4. – С. 41.
3. Пат. 2052784 Россия, МКИ G01M 7/00 Устройство для контроля вибрации / М.В. Бойко, А.Е. Божко, С.Р. Козак, О.Ф. Полищук, С.А. Сапрыкин, В.Г. Соляник (Украина) – 5037316 /28; Заявл. 14.04.92; опубл. 20.01.96. Бюл. № 2. – 4 с.
4. Стационарная система виброконтроля и диагностирования основных узлов газоперекачивающих агрегатов большой единичной мощности / С.А. Сапрыкин, М.В. Бойко, О.Ф. Полищук и др. // Материалы науч.-практ. конф. "Нефть и газ Украины" (14-16 мая 1996 г.). – Х., 1996. – Т. 3. – С. 75.
5. Сапрыкин С.А., Зарубин Н.А. Аппаратно-программный комплекс вибродиагностики ГПА-16 // Нафта і Газ України-98: Матеріали 5-ї Міжнародної конференції (15-17 вересня 1998 р.). – Полтава, 1998, у 2-х томах. – Т. 2. – С. 298-299.
6. Разработка системы виброконтроля и диагностики ГПА-16 / В.В. Розгонюк, В.Г. Соляник, С.А. Сапрыкин и др. // Энергодиагностика и Condition MONITORING: Межд. конф. (октябрь 1998). – М. Сб. трудов. – Т. 2, ч. 2 (Диагностика и диагностическое обслуживание энергомеханического и технологического оборудования). – М., 1999. – С. 3-8.

Поступила в редакцию 20.03.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Епифанов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков.