

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
В ПРОМЫШЛЕННОМ ПРИМЕНЕНИИ**

УДК 681.3.019

В. К. Компанец, В. Н. Пинес, О. П. Скобелев
(Самара)

**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
ИСПЫТАНИЙ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРНЫХ КАМАК-МОДУЛЕЙ
С РАСШИРЕННЫМ ЧИСЛОМ КАНАЛОВ**

Предлагается структура средств сбора измерительной информации в системе автоматизации испытаний современных винтовентиляторных ГТД, основу которых составляют кластерные КАМАК-модули с расширенным числом каналов, дана оценка длительности опроса датчиков, а также рассматривается вариант структуры с синхронизацией опроса в кластерных модулях сетевым напряжением, которая обеспечивает повышение точности преобразования.

Одним из перспективных направлений развития газотурбинных двигателей (ГТД) является разработка конструкций больших степеней двухконтурности с использованием в качестве основного движителя винтовентилятора. Создание таких двигателей существенно изменило традиционные подходы к экспериментальным исследованиям, методам стендовой доводки и программам испытаний, потребовало серьезных качественных и количественных изменений в системах автоматизации испытаний.

Традиционные методы доводочных испытаний предполагают многочисленные переборки двигателей с фактической проверкой на каждом испытании единичных вводимых мероприятий. Применительно к современным газотурбинным двигателям, стоимость и время переборки которых очень велики, такой подход отличается особенно крупными экономическими затратами. Поэтому мероприятия, направленные на улучшение отдельных узлов двигателя, целесообразнее совмещать и выполнять их при одной переборке. Однако в этом случае при испытании двигателя необходимо существенно расширять число измерительных каналов. Причем длительность сбора измерительной информации должна быть минимальной, поскольку на первых этапах доводки жизненный цикл нового двигателя определяется часами, а допустимое время работы на предельных режимах — минутами.

Действительно, если 5—10 лет назад общее количество измерительных каналов на испытательном стенде составляло 150—250 и «закрывало» все задачи оценки характеристик двигателя, то при создании новых конструкций эти цифры возросли до 1000—1200 только по термогазодинамическим параметрам (давлению и температуре). Количество точек, в которых производится измерение давлений и температуры, только в винтовентиляторе может составлять порядка 500, причем к измерению температуры предъявляются повышенные требования в отношении точности, поскольку каждому проценту

погрешности измерения температуры соответствует в несколько раз большая ошибка в определении КПД винтовентилятора.

В настоящей статье предлагается структура средств сбора измерительной информации в системе автоматизации испытаний современных винтовентиляторных ГТД, основу которых составляют кластерные КАМАК-модули с расширенным числом каналов [1, 2], дана оценка длительности опроса датчиков, а также рассматривается вариант структуры с синхронизацией опроса в кластерных модулях сетевым напряжением, обеспечивающей повышение точности преобразования.

Первое поколение кластерных КАМАК-модулей использовалось в качестве технической базы средств сбора измерительной информации в системах автоматизации испытаний ГТД, обслуживающих до 250 аналоговых каналов [3]. Однако канальность кластерных КАМАК-модулей первого поколения оказалась недостаточной для создания компактных и удобных для размещения в кабине наблюдения систем автоматизации на 1000 и более аналоговых каналов.

Кластерные КАМАК-модули с расширенным числом каналов являются новым поколением групповых преобразователей. Они предназначены для аналого-цифрового преобразования естественных выходных сигналов групп однородных датчиков: терморезисторов, термопар, индуктивных и тензорезисторных датчиков давления с унифицированным выходным сигналом (см. таблицу). Модули характеризуются высокими метрологическими показателями в сочетании с большим числом каналов в группе, высокой степенью унификации, единой системой команд, наличием диагностических сигналов, сопровождающих измерительную информацию, возможностью автоматического тестирования.

Каждый КАМАК-модуль содержит блоки управления и измерительных цепей группового преобразования, которые сохраняют преемственность схемотехнических решений, логических и измерительных функций с модулями первого поколения, но выгодно отличаются от них новыми диагностическими

Технические характеристики

Наименование	Тип модуля		
	64ТП-3	32Тр-1 (96Тр-1)	64Н-2
Вид датчиков	Термопары градуировок ХК, ХА, ПП	Терморезисторы	Датчики с унифициро- ванным выход- ным сигналом
Диапазон	-3,0 ... +50,0 мВ	35,0 ... 350,0 Ом (80,0 ... 120,0)	0 ... 10,0 В
Количество каналов	64	32 (96)	64
Время преоб- разования на канал, мс	10,0	20,0	0,1 ... 2,0
Основная погрешность не более, %	0,1	0,1	0,1
Габариты, М	2	2	1

функциями, возможностями тестирования, а также более современной элементной базой.

Блоки управления унифицированы и используются во всех модулях, содержат устройства управления сбором и преобразованием, аналого-цифровые преобразователи, схемы связи с магистралью КАМАЖ, а также буферные ЗУ (БЗУ).

Блоки измерительных цепей представляют собой в основном аналоговую часть, содержат ключевые элементы коммутатора и операционные устройства, которые отличаются как в схемном, так и в конструктивном решении, что зависит от реализуемого метода преобразования и вида датчиков в группе.

Датчики в группе опрашиваются непрерывно, а результаты преобразования передаются в БЗУ и хранятся в нем в течение цикла опроса. При этом считывание результатов из БЗУ производится независимо от работы коммутатора и АЦП, ускоряется обмен информацией с магистралью и упрощается программирование.

Диагностические сигналы в каждом модуле могут сигнализировать о неисправности датчиков, линий связи, отдельных элементов измерительных цепей. Они считываются вместе с измерительной информацией, характеризуя ее достоверность.

Структурные варианты технических средств сбора и преобразования измерительной информации представлены на рис. 1 и 2. В состав крейта КАМАК (см. рис. 1) входят кластерные преобразователи сигналов датчиков температуры и давления, общее число которых превышает 500. Кроме того, крейт содержит специализированный модуль ЧВ-01, модуль передачи данных (505), модуль отображения (МО-16) и крейт-контроллер (КК-60).

Модуль ЧВ-01 предназначен для преобразования частотных сигналов турбинных датчиков расхода и датчиков частоты вращения роторов, а также для ввода дискретных, в том числе и аварийных, сигналов стендового оборудования, сигналов с цифровых приборов [4].

Модуль отображения информации МО-16 ориентирован на применение индикационного табло на 16 газоразрядных панелях.

Модуль передачи данных 505 используется для связи стендовой системы с ЭВМ верхнего уровня.

В стендовых системах автоматизации испытаний газотурбинных двигателей применяются микроЭВМ класса ДВК, ВУМС, МЕРА-680.

На рис. 2 представлена структура технических средств на базе микроЭВМ того же класса и двух крейтов КАМАК. Состав модулей одного крейта аналогичен варианту на рис. 1, но во втором крейте отсутствуют модули ЧВ-01,

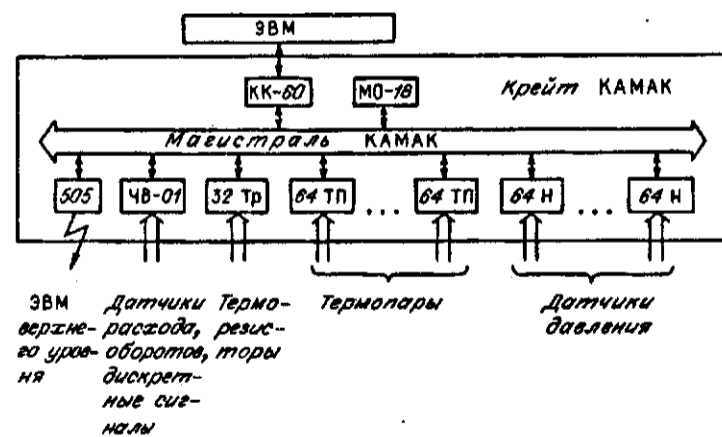


Рис. 1

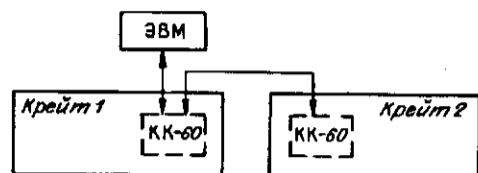


Рис. 2

МО-16 и 505. Ввод вместо них кластерных преобразователей 64ТП-3 и 64Н-2 позволяет подключать к системе более 1200 датчиков температуры и давления.

Следует подчеркнуть, что в системах, построенных на основе кластерных модулей, коммутация датчиков и аналого-цифровое преобразование в модулях ведутся параллельно, а считывание данных из БЗУ каждого модуля — последовательно за короткое время.

С увеличением параллельно работающих модулей длительность опроса всех датчиков остается близкой к длительности одного цикла опроса модуля, имеющего наибольшее время преобразования. В структурах на рис. 1 и 2 такими модулями являются преобразователи сигналов термопар (64ТП-3) и терморезисторов (32Тр-1), в которых длительность цикла опроса составляет 0,64 с (см. таблицу). За это время (0,64 с) преобразователями 64Н-2 датчики давления будут опрошены не менее 5 раз. Длительность же считывания информации из БЗУ всех кластерных модулей в составе системы, обслуживающей более 1200 датчиков, будет почти в 100 раз меньше и составит несколько миллисекунд.

Технические средства, представленные на рис. 1 и 2, использованы в двух стендовых системах автоматизации испытаний ГТД, которые около трех лет находятся в штатной эксплуатации в Самарском НПО «Труд». Системы обеспечивают полный сбор и первичную обработку данных, включая отбраковку результатов измерений, усреднение во времени и по сечениям, вычисление физических значений по всем каналам. Кроме того, системы позволяют получить важнейшие расчетные параметры, в том числе КПД, удельный расход топлива и тягу двигателя, степень сжатия вентилятора, нормализованные и приведенные параметры и т. п. В системах обеспечивается возможность выдачи протоколов в ходе эксперимента по отдельным узлам для сокращения времени анализа непосредственно на стенде, а также передачи полного объема данных на ЭВМ верхнего уровня [5].

Продолжается совершенствование технических средств, причем одним из наиболее значимых направлений является повышение точности преобразования температуры в сечениях винтовентилятора. Как показывает опыт эксплуатации стендовых систем, существенным препятствием к повышению точности является влияние помех нормального вида от сетевого питания частотой 50 Гц, которые в наибольшей степени проявляются в измерительных цепях термопар и не устраняются с помощью входных фильтров. Эффективным способом уменьшения случайных составляющих погрешностей, вызванных такими помехами, является синхронизация опроса датчиков с сетевым напряжением, реализуемая с помощью специально разработанного КАМАК-модуля синхронизации.

На рис. 3 представлена структура, которая по своему составу отличается от рассмотренных вариантов (см. рис. 1, 2) наличием модуля синхронизации (МС-1), установленного в одном из крейтов. В кластерных модулях предусмотрен режим работы, предполагающий отключение внутренних генераторов тактовых импульсов и использование внешних тактовых и кадровых импульсов (ТИ и КИ), формируемых модулем МС-1. Передача ТИ и КИ производится через разъемы на лицевых панелях модуля синхронизации и кластерных модулей. Тактовые и кадровые импульсы в модуле МС-1 получены путем деления частоты генератора, управляемого схемой, осуществляющей синхронизацию с сетевым напряжением частотой 50 Гц. На выходе модуля формируется целый ряд разночастотных сигналов, синхронизированных с частотой промышленной сети, в том числе тактовые импульсы частотой 50 и 100 Гц, управляющие соответственно модулями 32Тр-1 и 64ТП-3.

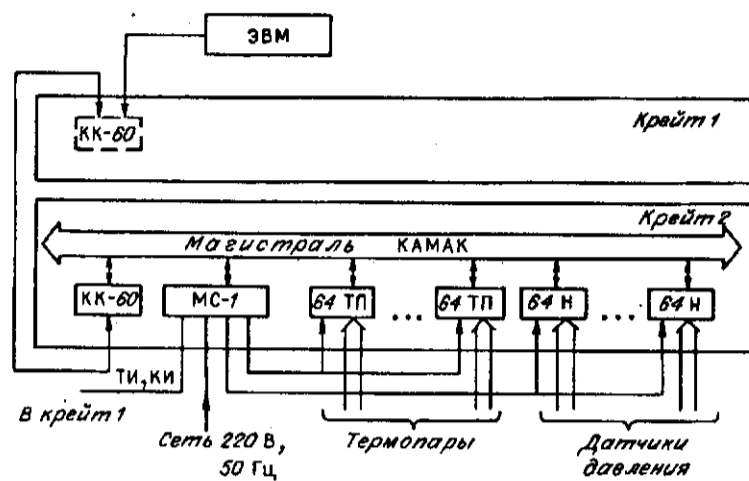


Рис. 3

Метрологическая аттестация модулей 64ТП-3, проведенная с использованием модуля синхронизации, показала снижение случайной составляющей основной погрешности в 10—20 раз и соответствующее повышение разрешающей способности каналов измерения температуры с термопарами, что позволяет вести экспериментальное изучение температурных полей в сравнительно узком диапазоне $\pm 50^\circ\text{C}$, несмотря на ограниченную точность стандартных градуировок термопар. Повышенная разрешающая способность открывает перспективу к увеличению точности измерения температуры при использовании индивидуальной градуировки термопар. Разумеется, более радикального повышения точности измерения температуры можно добиться заменой термопар в кластерных датчиках («гребенках») проводниковыми платиновыми терморезисторами и применением модулей 96Тр-1 вместо 64ТП-3. Общее число датчиков, обслуживающих двухкрейтовую систему, при этом достигает полутора тысяч.

Следует также отметить, что расширение числа каналов в кластерных модулях снижает частоту опроса каждого датчика в группе. Синхронизация опроса всех датчиков температуры и давления в системе при наличии информации о моментах (датах) преобразования сигналов каждого датчика обеспечивает необходимыми данными последующую обработку, в процессе которой появляется возможность более точного восстановления сигнала и соответствующего снижения динамических погрешностей. Временная привязка результатов преобразования производится при считывании по КАМАК-магистральной информации о состоянии триггеров делителя частоты модуля синхронизации МС-1 (см. рис. 3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Витих В. А., Киреев В. А., Скобелев О. П. Кластерный подход к построению программно-аппаратных средств систем сбора и преобразования измерительной информации // Автоматрия.—1991.—№ 2.
2. Компанец В. К., Логвинов А. В., Райков Б. К. и др. КАМАК-модули для преобразования сигналов однородных датчиков // Тез. докл. VII Всесоюз. симп. «Модульные информационно-вычислительные системы».—Новосибирск: ИЯФ СО АН СССР, 1989.

3. **Компанец В. К., Скобелев О. П.** Технические средства АСНИ ГТД в стандарте КАМАК на базе микроЭВМ.—Куйбышев: Авиац. ин-т, 1983.
4. **Иоффе В. Г., Якимаха В. П.** Микропроцессорные системы в стандарте КАМАК для испытаний ГТД // Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. «ИИС-89».—Ульяновск — Москва: НПК УПМЦ, 1989.—Ч. 1.
5. **Баладин А. В., Колосовский А. П., Сидоров А. А. и др.** Двухуровневая система автоматизации экспериментальных исследований газотурбинных двигателей «Экспресс-2» // УСиМ.—1987.—№ 4.

Поступила в редакцию 24 октября 1991 г.

Реклама продукции в нашем журнале — залог Вашего успеха!