



Исследование крутильных колебаний двигателя ЗТД

Вахрушев В.И. Дороженко А.Н. Кондратенко В.Г.,
Харьковское конструкторское бюро по
двигателестроению, г.Харьков

Конструирование и доводка двигателей внутреннего сгорания связана с обеспечением надежности многих узлов и деталей двигателя. Вследствие рабочих процессов в цилиндрах появляются переменные во времени моменты, которые воздействуют на коленчатые валы. Эти моменты вызывают крутильные колебания.

Так как коленчатый вал совместно с главной передачей, приводами компрессора и турбины образуют упругую колеблющуюся систему, то при пуске и в рабочем диапазоне частот вращения двигателя могут возникать интенсивные крутильные колебания, вызывающие резонансные явления на валах, которые значительно уменьшают надежность отдельных узлов, и в целом двигателя.

Таким образом, для сокращения времени доводки является актуальной задача оперативной регистрации и обработки сигналов крутильных колебаний с целью определения мероприятий по уменьшению их уровней, а также вывода резонансов из рабочего диапазона частот вращения.

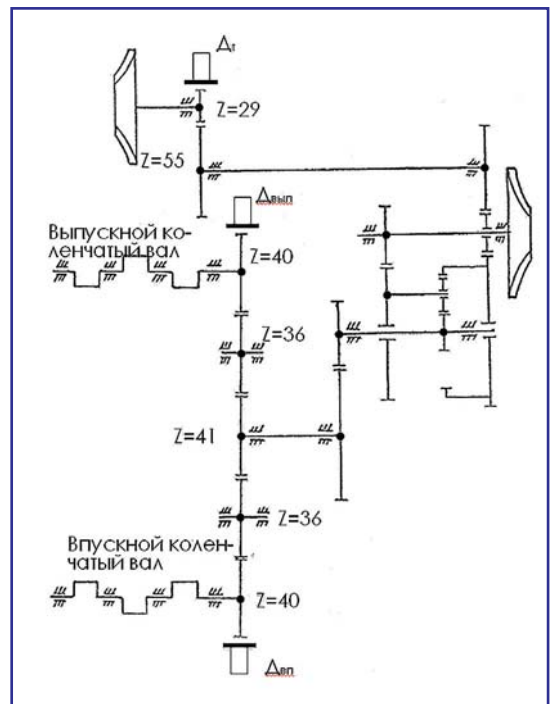
Ниже представлены методика и результаты исследования крутильных колебаний валов двигателя ЗТД с противоположно движущимися поршнями, проведенные на Казенном предприятии Харьковское конструкторское

бюро по двигателестроению (КП ХКБД).

При испытаниях первых образцов двигателей ЗТД имели место случаи разрушения рессор компрессора и турбины. Поломки носили усталостный характер, что свидетельствовало о перегрузках деталей при работе их на крутильных резонансных режимах.

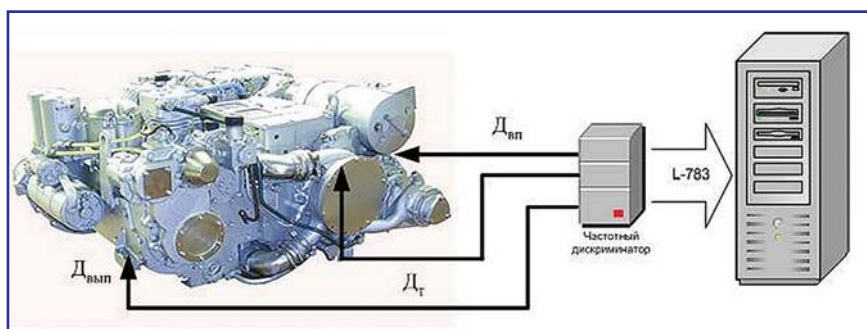
Основными элементами кинематической схемы двигателя ЗТД с противоположно движущимися поршнями являются впускной и выпускной коленчатые валы, главная передача, привод компрессора и привод турбины.

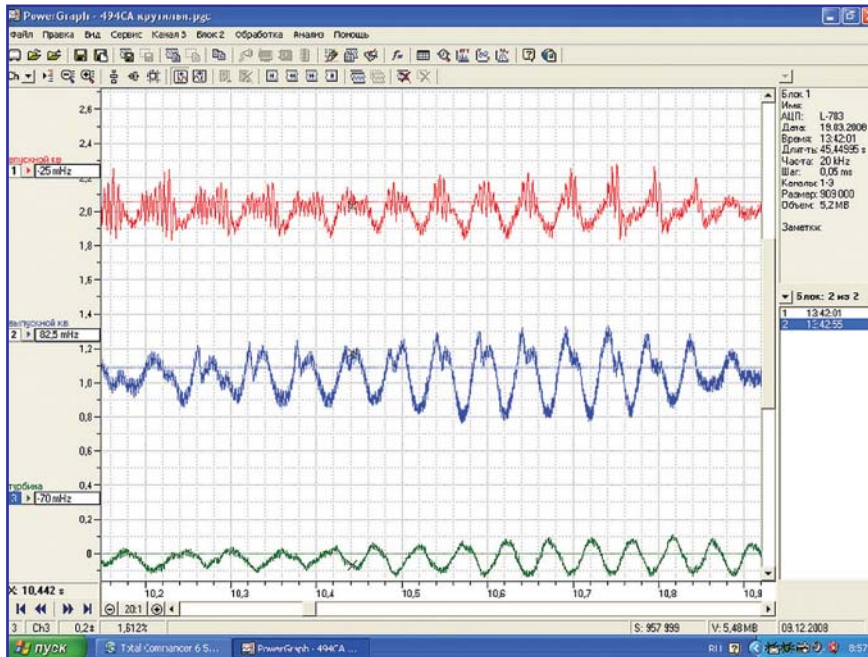
Для исследования крутильной системы двигателя были установлены магнитоэлектрические датчики против зубьев шестерен впускного и выпускного коленчатых валов, в приводах турбины и компрессора. Указанные места замеров колебаний были определены в результате динамического анализа крутильной схемы двигателя и соответствуют расположению узлов колебаний для наиболее вероятных их форм.



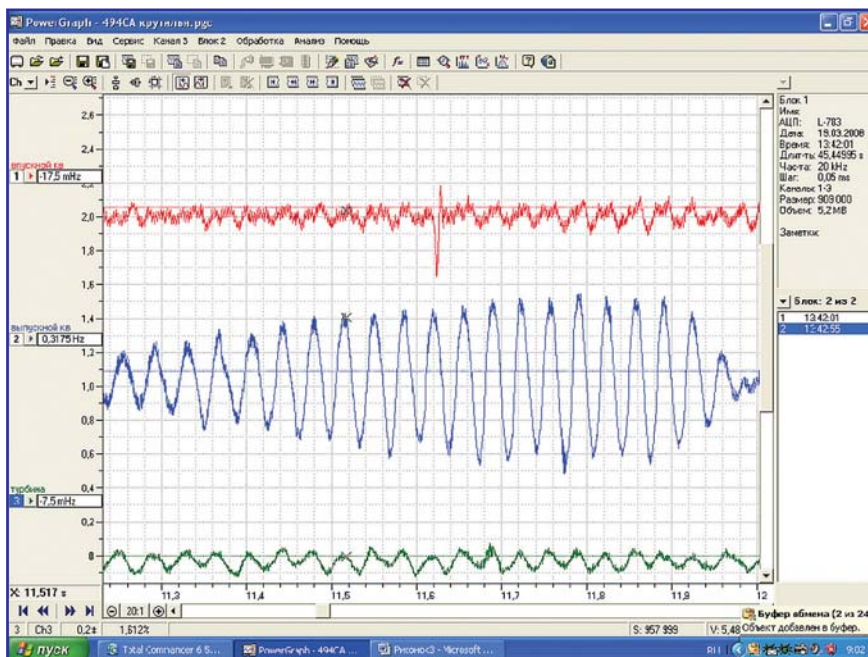
Сигналы с датчиков поступали на входы преобразователя - частотно-частотного дискриминатора, который осуществляет частотную демодуляцию сигнала. Далее сигналы с выходов преобразователя, которые соответствуют мгновенной частоте вращения соответствующих валов, поступают на персональный компьютер, оснащенный аналогово-цифровым преобразователем на базе платы L-783 с высокопроизводительной шиной PCI и программным обеспечением PowerGRAPH.

Применение функциональных возможностей пакета PowerGRAPH для исследования крутильных колебаний валов двигателя позволило сохранять аналоговые сигналы, выполнять их калибровку и масштабирование. А также принимать и отображать текущие данные, вносить коррекцию и





Крутильные колебания валов при пуске двигателя



Возникновение резонанса крутильных колебаний валов

фильтрацию помех, записывать комментарии, производить первичную обработку данных (определить частоту вращения валов в любой момент времени пуска и работы двигателя, в том числе и на резонансах, уровень крутильных колебаний), гармонический анализ на резонансных режимах с определением основной гармоники колебаний, сохранить полученные данные в доступном для дальнейшего использования формате, выделить участки данных для редактирования, анализа и печати, построить графики максимальных амплитуд.

Таким образом, программное обеспечение PowerGRAPH позволило оперативно регистрировать, визуализировать, обрабатывать и хранить аналоговые сигналы крутильных колебаний исследуемых валов в реальном режиме времени, что исключило использование громоздких средств регистрации и обработки, таких как магнитографы, светолучевые и электронные осциллографы, анализаторы спектров и т.д.

С помощью такой методики были исследованы несколько вариантов с различными сборками двигателя.

При испытании первого опытного образца двигателя было установлено, что работа главной передачи приводов турбины и компрессора происходит с резонансами в рабочем диапазоне частот вращения коленчатого вала (1100..1300 мин⁻¹).

В дальнейшем для вывода резонансов из рабочего диапазона частот вращения коленчатого вала были исследованы варианты сборки двигателя с различными диаметрами рессор приводов турбины и компрессора:

- с установкой упругой муфты в привод компрессора;
- с переносом упругой муфты с выпускного коленчатого вала на впускной;
- с установкой силиконового гасителя на впускном коленчатом вале.

После каждого эксперимента проводилась предварительная обработка данных с помощью встроенных функций программы.

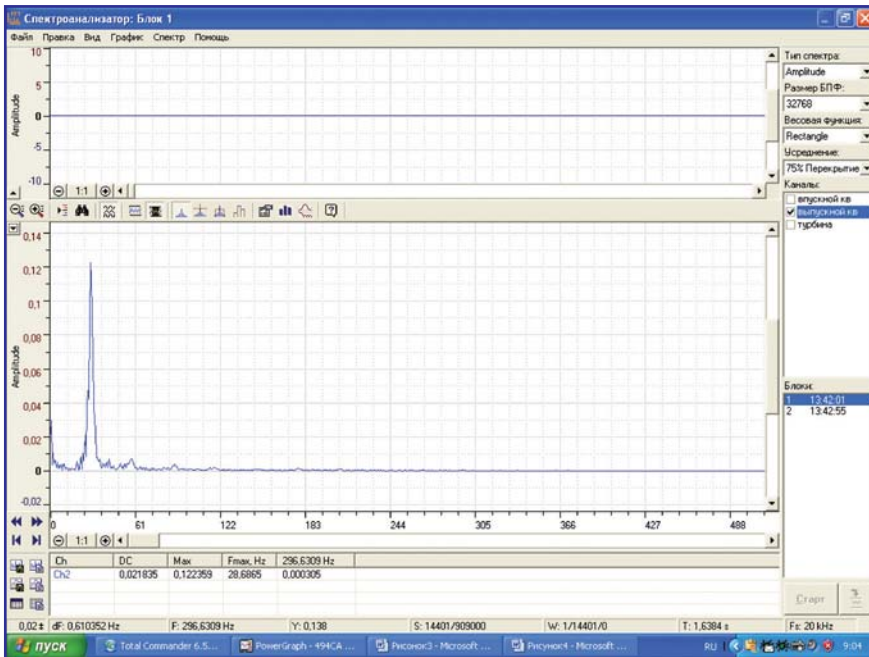
Программа PowerGRAPH осуществляет блочную запись результатов аналого-цифрового преобразования. позволяет осуществлять большое количество операций над блоками - перемещать, копировать, удалять целиком или только часть данных, изменять скорость записи, экспортировать данные, а также указывать любую информацию для описания данных блока. позволяет выделять произвольную область данных внутри блока. И практически все эти функциональные возможности были использованы в данных исследованиях.

В результате проведенных исследований установка в привод компрессора рессоры $\varnothing 23$ мм вместо рессоры $\varnothing 29$ мм, упругой муфты и турбинной рессоры $\varnothing 15$ мм вместо рессоры $\varnothing 17$ мм, сместили резонансы с узлами в приводах агрегатов в диапазон пусковых частот вращения коленчатого вала двигателя и позволило уменьшить вероятность поломки элементов в указанных приводах.

Установка упругой муфты на выпускной коленчатый вал, вместо установки ее на впускной коленчатый вал, позволила увеличить момент инерции подсоединенных к впускному коленчатому валу масс, что привело к снижению резонансной частоты на 100-200 мин⁻¹.

Применение силиконового гасителя крутильных колебаний уменьшило уровень колебаний, а следовательно и динамических нагрузок, на 35%, снизило резонансную частоту в диапазон пусковых частот вращения и

ТРАНСПОРТ



Определение резонансной частоты крутильных колебаний выпускного коленчатого вала

значительно уменьшило резонансную зону (20..50 мин⁻¹ вместо 100..300 мин⁻¹).

На рисунках представлены фрагменты осциллограмм по результатам испытаний двигателя ЗТД по ис-

следованию крутильных колебаний выпускного и выпускного коленчатых валов, а также компрессора и турбины при пуске и в рабочем диапазоне частот вращения на заключительном этапе испытаний.

Для определения частоты крутильных колебаний коленчатых валов в произвольной области осциллограммы в PowerGRAPH использовалась функция Spectrum. Это дополнительное окно программы, позволяющее строить графики амплитудно-частотного спектра сигнала по алгоритму Быстрого Преобразования Фурье.

Описанная система измерений, регистрации и обработки сигналов позволила значительно сократить сроки доводки двигателя ЗТД путем вывода резонансов из рабочего диапазона частот вращения и уменьшения интенсивности крутильных колебаний на режиме пуска за счет изменения жесткости валов и рессор, параметров упругих муфт, применения маховиков и гасителей крутильных колебаний.

КОНТАКТЫ:

тел.: 8 (098) 77- 52-4 77
 mail: hkbd@kharkov.ukrtel.net

ICP DAS Контроллеры для автоматизации технологических процессов*

Используйте новую PAC технологию**

WinPAC-8000

COM 3:
RS-232/485

COM 1:
RS-232

COM 2: RS-232

Слот В/В

VGA

USB Port

Ethernet Port 1,2

LCD дисплей

WP-8041, WP-8141,
WP-8441, WP-8841

CPU: PXA270–520МГц/32бит
 SDRAM: 128МБ
 Flash: 48МБ+MicroSD
 FTP, WEB, SQL
 VGA, USB, 2xEthernet
 COM1,4 (RS -232)
 COM2 (RS-485)
 COM3 (RS-232/485)
 -25°C~+75°C
 +10В~30В

www.holit.ua info@holit.ua
 тел.: (044) 241-8739, 492-3108(09)

ХОЛИТ™ Дейта Системс

ексклюзивний дистриб'ютор фірми ICP DAS в Україні

*Контролери для автоматизації технологічних процесів **Використовуйте нову PAC технологію