

К. т. н. Э. А. ДМИТРИЕВ, С. В. ЕМЕЛЬЯНОВ,  
Я. В. ДЕРЕВЯГИН

Украина, Одесский нац. политехнический университет  
E-mail: rtf@rtf.ospu.odessa.ua

Дата поступления в редакцию  
28.04 2001 г.

Оппоненты  
к. т. н. Е. А. ЧЕМЕС (ОНПУ, г. Одесса),  
к. т. н. В. В. ДАНИЛОВ (ДонНУ, г. Донецк)

## ИМИТАТОР СИГНАЛОВ РОТОРНОГО МАШИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Имитатор может служить для тестирования и настройки диагностической аппаратуры, моделирования режимов работы роторных машин, в том числе аварийных ht;bvjd.*

От надежности функционирования систем контроля, диагностирования и аварийной защиты (СКДА) зависит безопасность эксплуатации оборудования. В свою очередь, сами СКДА нуждаются в систематическом контроле, а разработка, исследование и доводка систем СКДА нуждаются в надежных средствах поверки.

В настоящее время разработан ряд приборов для диагностирования машинного оборудования. Однако их исследование обнаружило несоответствие получаемых результатов характеристикам реального объекта контроля, в т. ч. из-за влияния на измеряемые сигналы, приводящего к неверной интерпретации результатов обработки. Выявление и устранение этих недостатков может быть произведено с помощью разработанного имитатора сигналов машинного оборудования, исключая влияние диагностической аппаратуры.

Целью настоящей работы является исследование применения имитатора быстроменяющихся параметров машин класса роторных, предназначенного для моделирования виброакустических сигналов, сигналов пульсаций давления в жидкостях и газах в прочных частях и других узлах, а также тестирования диагностического оборудования.

Измеряемые сигналы  $x(t)$  объекта контроля содержат регулярную  $r(t)$  и шумоподобную  $\eta(t)$  составляющие [1, 2]:

$$x(t) = r(t) + \eta(t). \quad (1)$$

Среди контролируемых параметров, содержащих диагностическую информацию, важнейшую роль играют параметры регулярной составляющей  $r(t)$ , связанной с оборотами ротора. Разработано устройство для ее оценки — измеритель параметров регулярной компоненты (ИПР) [1]. Настройка и поверка ИПР могут осуществляться с помощью имитатора в условиях, максимально приближенных к реальным. С этой целью формируется сигнал (1), регулярная составляющая которого  $r(t)$  состоит из линейной комбинации гармоник роторной частоты  $n f_p$ , изменяющейся по за-

данному закону, и шумоподобной составляющей  $\eta(t)$ , представляющей реализацию случайного процесса типа белого шума.

Принцип действия имитатора заключается в моделировании электрических сигналов датчика оборотов ротора топливо-насосного агрегата (ТНА), быстроменяющихся параметров (БМП) датчиков виброускорений, пульсаций давления и т. д., модели динамического звена.

Задание режима работы имитатора осуществляется в соответствии с моделью циклограммы испытаний (рис. 1), настройками динамического звена и заданием времени аварии.

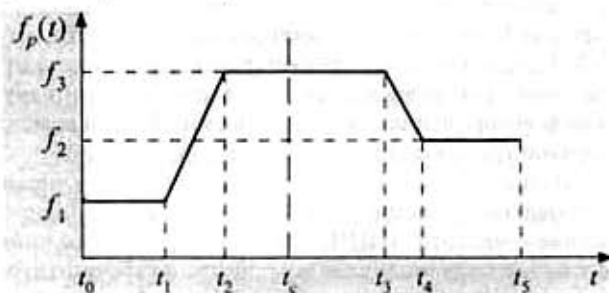


Рис. 1. Модель циклограммы испытаний

Значения параметров, необходимых для формирования циклограммы, определяются значениями:

- частот  $f_1, f_2, f_3$  (с точностью до 1 Гц) вращения ротора на установившихся режимах;
- моментов времени  $t_0, t_1, t_2, t_3, t_4$  изменения режима работы оборудования и момента  $t_5$  его останова;
- момента  $t_c$  — скачкообразного изменения амплитуды или коэффициента передачи  $K_0$  модели динамического звена (имитация дефекта или аварийного исхода испытания) с одновременной световой и звуковой сигнализацией.

Структурная схема имитатора (рис. 2) содержит канал формирования регулярной компоненты (КФРК)  $r(t)$ , канал формирования шумоподобной компоненты (КФШК)  $\eta(t)$ , канал формирования БМП (КФБМП), устройство управления и индикации (УУИ).

КФРК предназначен для имитационного формирования циклограммы испытаний и управления ее характеристиками, моделирования регулярной составляющей БМП  $r(t)$  и сигнала датчика оборотов  $n(t)$ . КФШК предназначен для имитационного моделирования шумоподобной составляющей БМП  $\eta(t)$  и уп-

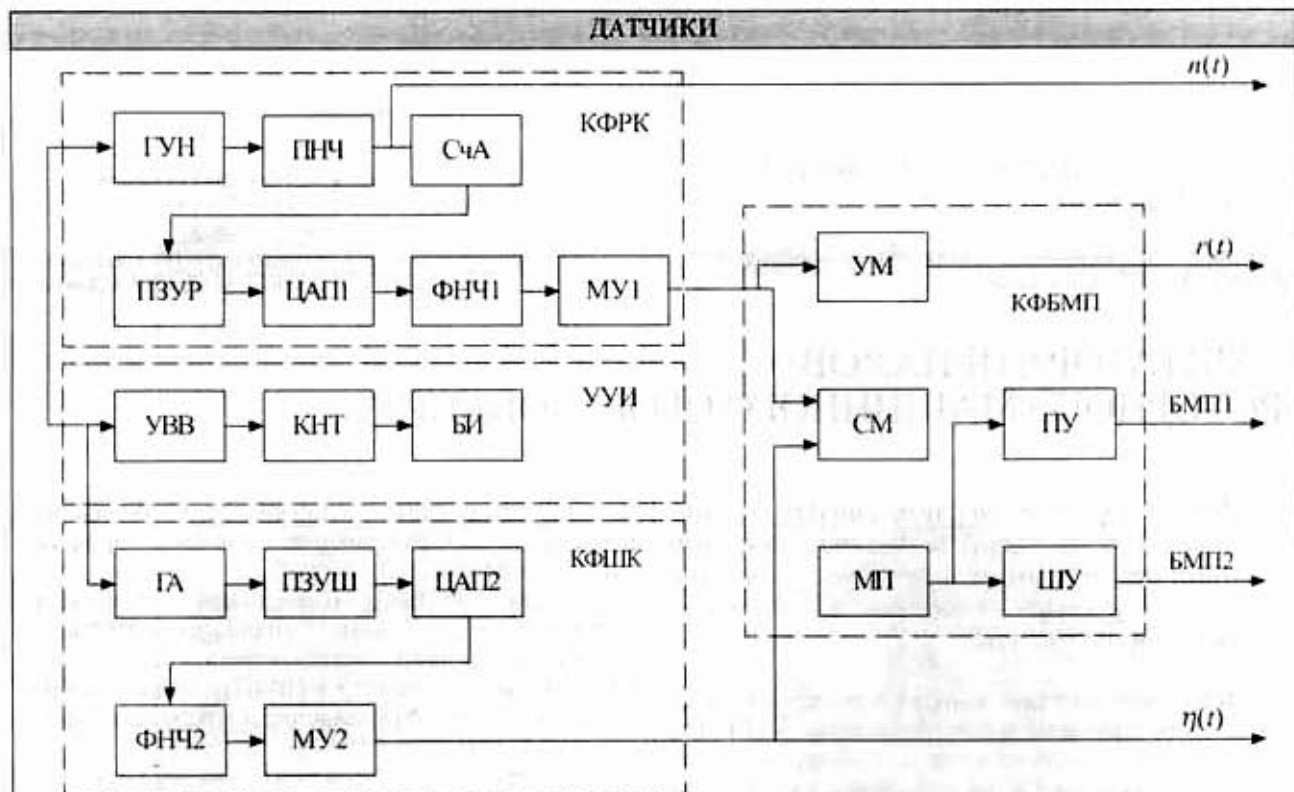


Рис. 2. Структурная схема имитатора

правления их характеристиками. КФБМП предназначен для формирования имитируемых БМП 1, 2 и  $n(t)$ . УУИ предназначено для синхронизации работы отдельных функциональных узлов имитатора и каналов формирования БМП, а также индикации команд клавиатуры и модели циклограммы испытания.

В свою очередь КФРК содержит генератор управляющего напряжения (ГУН), преобразователь "напряжение—частота" (ПНЧ), счетчик адреса (СчА), постоянное запоминающее устройство коэффициентов регулярной составляющей (ПЗУР), цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП1), фильтр нижних частот (ФНЧ1). Их функции:

— ГУН — формирование напряжения, управляющего формированием циклограммы испытаний в соответствии с рис. 1 от УУИ;

— ПНЧ — преобразование управляющего напряжения в частоту и формирование сигнала датчика оборотов  $n(t)$ ;

— СчА — формирование 8-разрядных адресов, в которых находятся значения коэффициентов регулярной составляющей;

— ПЗУР — хранение 256 значений коэффициентов 64 гармоник регулярной составляющей;

— ЦАП1 — преобразование коэффициентов регулярной составляющей в напряжение;

— ФНЧ1 — сглаживание напряжения с выхода ЦАП1;

— МУ1 — масштабирование регулярной составляющей по командам УУИ.

По команде, вырабатываемой УУИ, осуществляется запуск ГУН, который формирует напряжение, соответствующее заданной циклограмме испытаний. Это напряжение воздействует на ПНЧ, на выходе ко-

торого формируются выходной сигнал датчика оборотов  $n(t)$  и сигнал, управляющий работой СчА. На выходе СчА формируются коды адреса ПЗУР, по которым находятся коэффициенты выбранной УУИ гармоники регулярной составляющей. Выбранные коды преобразуются ЦАП1, на выходе которого формируется аналоговый сигнал, моделирующий регулярную компоненту  $r(t)$ , который сглаживается ФНЧ1 и поступает на устройство масштабирования МУ1. Требуемое значение масштабирующего множителя устанавливается по команде УУИ.

КФШК содержит генератор адреса (ГА), постоянное запоминающее устройство коэффициентов шумоподобной составляющей (ПЗУШ), цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП2), фильтр нижних частот (ФНЧ2) и масштабирующее устройство (МУ2). Их функции:

— ГА — формирование 16-разрядного адреса, по которому находятся выборочные значения шумоподобной составляющей;

— ПЗУШ — хранение 64 К выборочных шумоподобной составляющей;

— ЦАП2 — преобразование значений шумоподобной составляющей в напряжение;

— ФНЧ2 — сглаживание напряжения с выхода МУ2;

— МУ2 — масштабирование шумоподобной составляющей по командам УУИ.

Генератор ГА формирует 16-разрядный код адреса ПЗУШ, по которому находятся выборочные значения шумоподобной составляющей. Считанные значения преобразуются ЦАП2 в аналоговый сигнал, моделирующий шумоподобную компоненту  $\eta(t)$ , который сглаживается ФНЧ2 и поступает на МУ2. Тре-

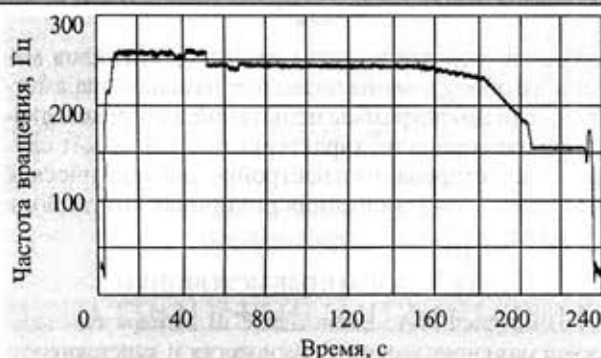


Рис. 3. Циклограмма частоты вращения ротора, полученная в ходе натуральных испытаний двигателя

буемое значение масштабирующего множителя устанавливается по команде УУИ.

КФБМП содержит усилитель мощности (УМ), сумматор (СМ), полосовой усилитель (ПУ), широкополосный усилитель (ШУ) и мультиплексор (МП). Их функции:

- УМ — согласование регулярной компоненты с нагрузкой;
- ПУ и ШУ — моделирование динамического звена ЖРД;
- МП — выбор ПУ или ШУ с клавиатуры по команде оператора до начала эксперимента.

Сигнал  $r(t)$  с выхода КФРК поступает через УМ, а  $l(t)$  — непосредственно на выход имитатора. Сигналы  $r(t)$  с выхода КФРК и  $\eta(t)$  с выхода КФШК поступают на вход сумматора и, далее, на входы ПУ и ШУ. Выбор параметров ПУ и усилителя осуществляется от УУИ.

УУИ содержит устройство ввода (УВВ), контроллер (КНТ) и блок индикации (БИ). Их функции:

- УВВ — ввод управляющих команд с клавиатуры;
- КНТ — управление начальными установками и синхронизация всех узлов имитатора;
- БИ — индикация кодов управляющих команд и основных рабочих параметров.

Набираемые с клавиатуры УВВ код управляющих команд и основные рабочие параметры высвечиваются на сегментных светодиодных индикаторах БИ, отображающих протекающие в имитаторе процессы. Управляющие коды, кроме того, поступают на вход контроллера, где вырабатываются сигналы, с помощью которых задаются начальные установки, режим работы и порядок взаимодействия отдельных функциональных узлов имитатора.

**Основные технические характеристики имитатора сигналов**

- Число выходных каналов:
- сигналов — 1;
  - синхронизации (датчик оборотов ротора) — 1.
- Параметры сигналов:
- диапазон частот — 20—20000 Гц;
  - выходное напряжение — до  $\pm 10$  В;
  - выходное сопротивление — 100 Ом.
- Параметры сигнала датчика оборотов ротора:
- частота —  $16f_p$ ;
  - напряжение —  $\pm 10$  В;

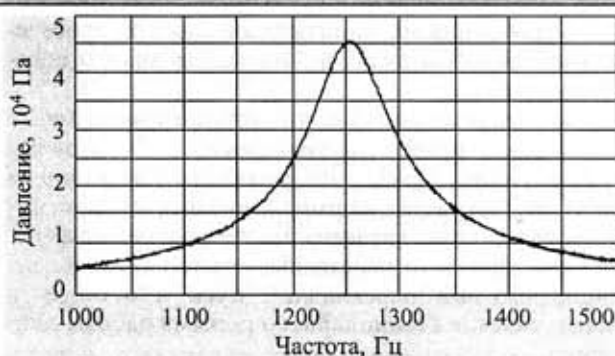


Рис. 4. АЧХ динамического звена имитатора с центральной частотой 1250 Гц и добротностью 20

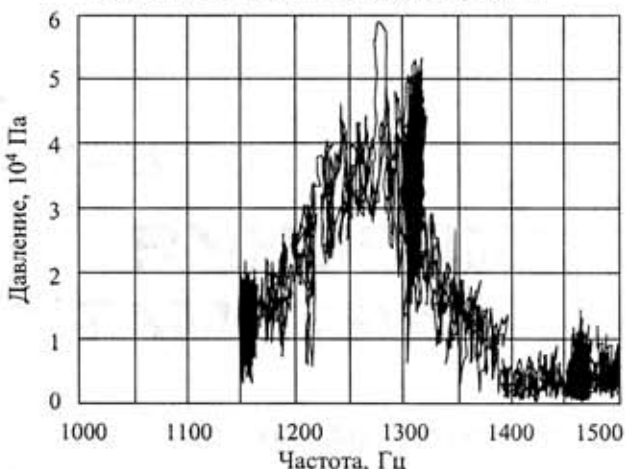


Рис. 5. АЧХ реального объекта, полученная с помощью ИПР

- диапазон частот сигнала синхронизации — 300—6400 Гц;
  - скорость перестройки по частоте — 270 Гц/с.
- Параметры выходного сигнала:
- гармоники роторной частоты — 1, 3, 4, 7, 8, 14, 29;
  - коэффициент передачи гармоники роторной частоты — 0—255;
  - коэффициент передачи шумоподобной составляющей — 0—255;
  - добротность динамического звена — 0—30;
  - резонансная частота динамического звена — 150—10000 Гц.

- Параметры внешних входов:
- напряжение на входах —  $\pm 10$  В;
  - входные сопротивления — 1 Мом;
  - диапазон частот на входе управления частотой — 0—300 Гц;
  - диапазон частот на входе внешнего источника шума — 20—20000 Гц.

Имитатор сигналов машинного оборудования предназначен для работы как в составе СКДА, так и автономно, и может использоваться:

- для моделирования измеряемых сигналов на переходных и установившихся режимах работы машин;
- для моделирования сигналов от датчика оборотов ротора;
- для моделирования динамического звена резонансного типа;



— для автономного использования при проведении научно-исследовательских, доводочных и поверочных работ.

Рассмотрим пример использования имитатора.

На рис. 3 приведена циклограмма оборотов ротора реальных испытаний двигателя. Как видно из рис. 1, циклограмма, формируемая имитатором, повторяет основные характерные участки тестовых испытаний двигателя, переходные участки, соответствующие режимам "перекладка", "пуск" и "останов", а также участок стационарного режима работы двигателя.

На рис. 4 и 5 представлены АЧХ динамического звена имитатора и АЧХ реального объекта, полученная с помощью ИПР, свидетельствующая о наличии в объекте скрытого резонатора с АЧХ, аналогичной динамическому звену имитатора.

\*\*\*

Рассмотренный в статье имитатор сигналов машинного оборудования позволяет изменять параметры модели циклограммы испытаний в широком диапазоне изменения их характеристик. Он может служить для тестирования и настройки диагностической аппаратуры, моделирования различных ситуаций, в т. ч. и аварийных.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Дмитриев Э. А., Емельянов С. В. Измеритель параметров роторных машин // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 2000.— № 5—6.— С. 48—49.

2. Дмитриев Э. А. Диагностические модели виброакустических сигналов // Тр. Одес. политехн. ун-та.— 1996.— Вып 2.— С. 44—46.

#### ВЫСТАВКИ. КОНФЕРЕНЦИИ. СИМПОЗИУМЫ

23—26 апреля 2002 г. Санкт-Петербург

Выставочный центр Северо-Запада

[www.alsima.spb.ru/automation](http://www.alsima.spb.ru/automation)

# ИЗМЕРЕНИЯ

# АВТОМАТИЗАЦИЯ

# АНАЛИТИКА

Третья международная выставка контрольно-измерительных и аналитических приборов, систем и технологий, средств и систем автоматизации для предприятий всех отраслей экономики, всех регионов России и стран ближнего зарубежья.

Оргкомитет выставки: Санкт-Петербург, пл. Победы, 2.

Тел./факс: (812) 373-8210, 373-2778, 371-8696.

E-mail: [automation@alsima.spb.ru](mailto:automation@alsima.spb.ru)

#### ВЫСТАВКИ. КОНФЕРЕНЦИИ. СИМПОЗИУМЫ

## УНКФП-1

### 1-я УКРАИНСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ФИЗИКЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

( с международным участием )

Украина, Одесса, 10—14 сентября 2002 г.

#### Научные направления конференции

1. Теория зонной структуры, оптические, экситонные и фоновые явления.
2. Фото-, акусто-, оптоэлектронные и электронные явления в объеме и на поверхности полупроводников.
3. Квантовые, оптические, электрические и магнитные свойства.
4. Физика современных полупроводниковых приборов и сенсоров.
5. Полупроводниковые материалы и технологии.

#### Адрес Оргкомитета

Украина, 65026, г. Одесса, ул. Дворянская, 2. Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова. НИЛ-3.

#### Ученый секретарь конференции

Лепих Ярослав Ильич.

Тел./факс: 380(482)-23-34-61

E-mail: [oguint@paco.net](mailto:oguint@paco.net)

[ndl\\_lepikh@gomail.com.ua](mailto:ndl_lepikh@gomail.com.ua)