

Выбор параметров анализатора предлагается производить следующим образом:

из допустимой величины ошибки  $\varepsilon_2$  определяется полоса анализа;

из величины требуемой статистической ошибки  $\varepsilon_1$  выбирается необходимое значение постоянной времени интегрирующей RC -цепочки;

с учетом требований к величине ошибки  $\varepsilon_3$  производится настройка каналов анализатора на синфазность;

по выбранному значению постоянной времени интегрирующей RC -цепочки и величине допустимой динамической ошибки  $\varepsilon_4$  определяется скорость анализа.

### Л и т е р а т у р а

1. К и с е л е в Ю.В., К р а с и л ь н и к о в О.М. Статистический анализ узкополосных процессов с учетом возможной нестационарности. Тезисы докладов III Всесоюзной научно-технической конференции "Конструкционная прочность двигателей", Куйбышев, 1974.
2. Н о в и к о в А.К. Корреляционные измерения в корабельной акустике. Л., "Судостроение", 1971.
3. П о п к о в В.И. Виброакустическая диагностика и снижение виброактивности судовых механизмов. Л., "Судостроение", 1974.

М.К.Сидоренко

### АКТИВНАЯ И ПАССИВНАЯ ДИАГНОСТИКА

В настоящее время отсутствуют четко сформулированные цели и задачи, не определены области применения технической диагностики. Более того, в ГОСТе "Техническая диагностика. Основные термины и понятия" [1] нет самого термина "Техническая диагностика".

Из [1] вытекает, что основной задачей диагностики является определение технического состояния объекта, т.е. отнесение его к одному из видов (классов) состояний: исправное, неисправное и т.п. Дополнительной задачей является определение места и, при необходимости, причины и вида дефекта.

В этой постановке задача диагностики сводится к констатации фактического состояния объекта, к своевременному предупреждению об отказе.

Такая диагностика по существу является пассивной. Она лишь регистрирует состояние объекта, не влияя на него. Эффект ее связан с предотвращением вторичных разрушений при отказах.

Эффективность систем диагностирования при пассивной диагностике можно охарактеризовать в следующей форме. Обозначая через  $\Pi$  потери, связанные с отказом объекта, а через  $\Pi^*$  - потери при наличии системы диагностирования, получим эффект от ее применения

$$\Delta \Pi = \Pi - \Pi^* .$$

Не все виды потерь можно выразить в количественной форме. Ограничиваясь случаями, когда потери выражаются в форме стоимости, получим

$$\Delta C = C - C^* .$$

Здесь  $C$  - стоимость всех последствий отказов: восстановления работоспособности объекта, простоя и других факторов, связанных с отказами (арест парка изделий в эксплуатации и т.п.). Стоимость потерь при наличии системы диагностирования  $C^*$  включает стоимость последствий предупрежденных отказов  $C_{отк}^*$ , стоимость ошибочных диагнозов  $C_{ош}^*$  и стоимость процедуры диагноза  $C_{пр}^*$  (стоимость разработки и изготовления средств диагностирования, обеспечения контролепригодности объекта, эксплуатации средств диагностирования).

Экономическая эффективность системы диагностирования

$$\Delta C = C - C_{отк}^* - C_{ош}^* - C_{пр}^*$$

или в относительной форме

$$Э_n = \frac{\Delta C}{C - C_{отк}^*} = 1 - \frac{C_{ош}^* + C_{пр}^*}{C - C_{отк}^*} . \quad ( I )$$

Согласно уравнению (I) при безошибочном диагнозе ( $C_{ош}^* = 0$ ) и пренебрежимо малой стоимости процедуры ( $C_{пр}^* = 0$ ) система будет идеальной ( $Э=1$ ). Критерий (1) вытекает из определения ГОСТа [1]. Аналогичный критерий рекомендуется в [2].

Нетрудно заметить, что реальная эффективность (I) зависит косвенно от величины потерь, связанных с предупрежденным отказом. Но критерий (I) не нацеливает диагностику на уменьшение потерь  $C_{отк}^*$ . В явной форме стоимость "лечения" не входит в задачу пассивной диагностики. Возможно, такой критерий целесообразен в медицинской диагностике, но не в технической. Очевидно, что снижение затрат  $C_{отк}^*$  повышает эффективность систем диагностирования. Чем более приспособлен объект к диагностированию, тем эффективнее система диагностирования. Но включать ли в задачу диагностики вопрос приспособленности объекта?

Эта альтернатива естественным образом разрешается, если рассматривать диагностику как раздел теории надежности. Все аспекты надежности (безотказность, ремонтпригодность, долговечность) непосредственно входят в компетенцию диагностики. Именно забота о стоимости "лечения" и профилактике дефектов придает диагностике принципиально новый оттенок, способствует раскрытию ее потенциальных возможностей.

Расширение функций диагностики имеет и более глубокое обоснование, связанное с принципом комплементарности. Цель пассивной диагностики (предупреждение) творчески маломасштабна. Для придания диагностике фундаментального творческого начала необходимо превратить эту науку из предупреждающей в созидательную, активно влияющую на качество диагностируемых объектов, изыскивающую эффективные способы повышения надежности, экономичности и долговечности диагностируемых объектов.

Эффективность диагностики, так же как и надежности, нельзя оценить единым критерием. Один из важных критериев в активной диагностике можно представить в форме

$$Э_d = \frac{\Delta C}{C} = 1 - \frac{C_{отк}^*}{C} - \frac{C_{ов}^* + C_{пр}^*}{C} \quad (2)$$

Согласно (2) при абсолютно достоверном диагнозе и пренебрежимо малой стоимости процедуры диагноза система диагностирования еще не будет идеальной, ее эффективность будет меньше единицы. Идеальной она может стать лишь при минимизации затрат, связанных с предупрежденным отказом. Таким образом, в задачу активной диагностики входит уменьшение потерь, связанных с предупрежденным отказом.

Отметим следующие возможности диагностики в этом вопросе:

1. Более ранняя стадия обнаружения дефекта. Например, стадия, когда отказывает не узел (система), а деталь (элемент системы); или стадия, когда вообще можно предупредить дефект, например, путем регулирования при угрозе помпажа. В настоящее время подавляющее большинство дефектов обнаруживается на стадии вторичных разрушений.

2. Большая глубина диагноза - локализация дефекта не до съемного узла (системы), а до съемной детали (элемента системы) или до причины (при возможности устранения дефекта путем регулировки).

3. Регулирование изделия для сохранения его работоспособности (полной или частичной). Это исключает дефект или предупреждает его развитие.

4. Лучшая приспособленность к устранению дефекта (улучшенная ремонтно-пригодность, оперативная оценка качества ремонта, например, при регулировании).

5. Защита изделия от внезапных чрезмерных внутренних или внешних воздействий (останов с целью предупреждения вторичных разрушений).

Эти резервы можно использовать на стадии эксплуатации. При этом система диагностирования (или часть ее) должна входить в состав объекта как специфическая система регулирования и защиты. Аналогичные системы диагностирования целесообразны при доводке и производстве объектов. Здесь наиболее важными являются рассмотренные выше функции защиты объекта при испытаниях и поиска причин дефектов. Известно, что на выявление причин дефектов требуется 70-90% суммарных затрат времени.

Это направление диагностики связано с повышением надежности объектов. Из формулы (2) следует, что увеличение потерь, связанных с непредупрежденными отказами, повышает эффективность систем диагностирования. Рассмотренные системы диагностирования не уменьшают вероятность отказов. Более того, чем выше стоимость последствий отказов  $C$ , тем больше эффективность системы. Это обстоятельство является дополнительным аргументом в целесообразности придания диагностике активного начала и необходимости введения дополнительных критериев эффективности.

В задачу активной диагностики, как раздела теории надежности, входят вопросы уменьшения вероятности отказов. Общее число отказов  $\beta$  можно представить в виде суммы

$$\beta = \beta_k + \beta_r + \beta_g$$

Отказы по конструктивным причинам  $\beta_k$  обусловлены недостатком информации при проектировании о фактических условиях работы и нагрузках в эксплуатации и неполным использованием (извлечением) информации, получаемой при экспериментальном исследовании объекта (в доводке). Отказы по производственным причинам  $\beta_r$  обусловлены нестабильностью свойств материалов и отдельных технологических операций, особенно сборки. Отказы по эксплуатационным причинам  $\beta_g$  обусловлены случайными внешними воздействиями или субъективными и объективными ошибками эксплуатации.

Диагностика обладает существенными резервами, которые могут быть использованы для повышения надежности диагностируемых объектов. На этапе проектирования основной задачей диагностики является выявление и ускоренное устранение конструктивных дефектов. Возможные методы: более полное изучение условий эксплуатации с помощью систем эксплуатационной диагностики (на прототипах и опытных образцах);

выявление потенциальных дефектов в доводке путем диагностического прогнозирования;

точная и оперативная оценка эффективности вводимых мероприятий по устранению дефектов.

В условиях производства эффективны:

- комплексный контроль качества изготовления узлов, систем и изделий в целом;
- контроль стабильности технологии производства;
- отбраковка изделий со скрытыми дефектами, обнаруженными в эксплуатации.

На этапе эксплуатации возможен более полный контроль условий работы изделий и дублирование (или полная передача автоматам) части функций, выполняемых человеком.

Критерии эффективности диагностических систем, способствующих повышению надежности, отличаются от критерия в выражении (2) и будут различными в зависимости от выполняемых функций. Главным параметром их должно быть число выявленных дефектов.

Таким образом, рассмотрение диагностики как раздела теории надежности придает ей активный творческий характер и существенно расширяет масштабы, задачи и области применения. Активная диагностика является эффективным инструментом не только в уменьшении последствий отказов, но и в профилактике и "лечении" их.

#### Л и т е р а т у р а

1. ГОСТ 20911-75 "Техническая диагностика. Основные термины и определения". М., 1975.
2. Е в л а н о в Л.Г. Контроль динамических систем. М., "Наука", 1972.

М.К.Сидоренко

#### ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Широкое распространение методов диагностики состояний технических объектов требует разработки количественных оценок их эффективности. Первым шагом в этом направлении является разработка системы характеристик диагностики и методов количественного описания их.

Система характеристик в определенной степени зависит от выбранной модели объекта диагностирования. В первой группе моделей объект