

$$U_{\text{вых}}(t) = [(U_x - U_K) + \xi_1(t)] k_1 + \xi_2(t) k_2 - U_C(t) k_3 - \xi_3(t) k_3 = \\ = (U_x - U_K) k_1 k_2 + \xi_1(t) k_1 k_2 + \xi_2(t) k_2 - \xi_1(t_0) k_1 k_2 k_3 - \xi_2(t_0) k_2 k_3 - \xi_3(t) k_3.$$

Здесь $U_C(t_0) \approx U_C(t)$.

Погрешность компенсации дрейфа на выходе усилителя устройства сравнения составляет

$$\Delta U_2 = U_{\text{вых}}(t) - (U_x - U_K) k_1 k_2 = \xi_1(t) k_1 k_2 + \xi_2(t) k_2 - \\ - \xi_1(t_0) k_1 k_2 k_3 - \xi_2(t_0) k_2 k_3 - \xi_3(t) k_3.$$

При $k_3 \approx 1$

$$\Delta U_2 \approx k_1 k_2 [\xi_1(t) - \xi_1(t_0)] + k_2 [\xi_2(t) - \xi_2(t_0)] - \xi_3(t).$$

Дисперсию погрешности ΔU_2 обозначим $D(\Delta U_2)$. Тогда $D(\Delta U_2) = D(\Delta U_1)$ [см. (5)], т. е. при соблюдении некоторых ограничений дисперсии погрешности компенсации дрейфа совпадают для обеих рассматриваемых схем.

Если положить, что $\xi_i(t) = \xi_i(t_0)$ ($i = 1, 2$), т. е. в течение времени $t - t_0$ дрейф усилителей остается постоянным, то

$$D(\Delta U_1) = D(\Delta U_2) = D_3.$$

Отметим, что для заданной степени корреляции процессов $\xi_1(t)$ и $\xi_2(t)$ можно на основании (5) определить, к какой дисперсии погрешности приводит использование рассмотренных схем для целей компенсации дрейфа.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. Cederbaum, P. Balaban. Automatic Drift Compensation in dc Amplifiers. Review of Sci. Instruments, 1955, 26, № 8.
2. А. М. Якубович. Операционные усилители с компенсацией дрейфа нуля по методу Принца. — Автоматика и телемеханика, 1963, т. XXIV, № 8.
3. С. Д. Шахтер, Ф. Н. Мунтяну. Сравнительная оценка схем автоматической стабилизации нуля в операционных усилителях постоянного тока. — Труды I Международного конгресса Международной федерации по автоматическому контролю, т. II. М., Изд-во АН СССР, 1961.
4. В. М. Ефимов, А. Н. Касперович, Н. В. Литвинов. Статистические характеристики и ошибки АЦП с цифровой коррекцией дрейфа. — Труды симпозиума «Проблемы создания преобразователей формы информации». Киев, 1970.

Поступило в редакцию
10 июля 1970 г.

УДК 621.398.694.4—531.7

А. Л. ГРОХОЛЬСКИЙ, Г. В. САЛОВ

(Киев)

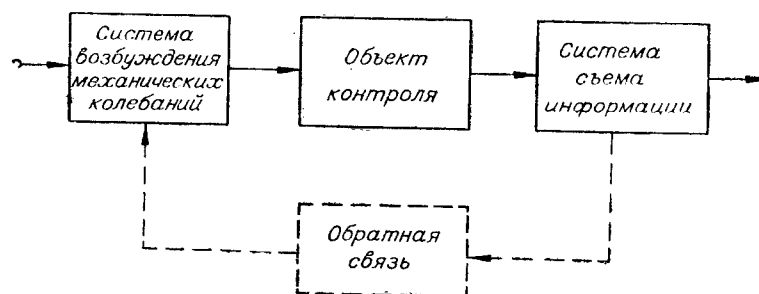
К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОБЪЕКТА КОНТРОЛЯ В КАЧЕСТВЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ДАТЧИКА

Обычно считают, что функции первичного измерительного преобразователя датчика состоят в получении только информации о контролируемом параметре (параметрах) объекта контроля. При этом функции получения информации об интересующем параметре объекта контроля выполняет специальный чувствительный элемент (ЧЭ) датчика. Однако возможно и другое устройство датчика, в котором сам объект контроля может выполнять как свою основную функцию, так и роль чувствительного элемента датчика. До настоящего времени чувствительные элементы датчиков использовались в качестве объекта контроля только лишь при испытаниях самих датчиков. Например, так определялись частотные характеристики вибродатчиков по результатам импульсных испытаний [1]. В этой работе авторы показали возможность получения контрольно-измеритель-

ной информации о параметрах чувствительного элемента датчика частотно-вибрационным методом при условии, что ЧЭ является одновременно объектом контроля.

Однако область применения частотно-вибрационных методов для контроля значительно шире. Он пригоден также для определения различных параметров у целого ряда объектов, представляющих собой механические системы с достаточной добротностью [2] (агрегаты, установки, резервуары и т. п.). Мы считаем, что последние можно рассматривать как устройства, в которых объекты контроля совмещены с чувствительными элементами датчика. Носителем информации при этом являются амплитуды, фазы, частоты, особенно резонансные, колебательного механического смещения объекта контроля и его производных — колебательной скорости и ускорения. Основанием для этого утверждения является наличие закономерной зависимости указанных параметров колебательного механического движения объектов от их массы, коэффициентов жесткости, линейных размеров и т. п., а также от параметров внешней среды и внешних по отношению к объекту механических воздействий; все это позволяет осуществить организацию контроля упомянутых параметров на основе косвенных методов измерения.

Для частотно-вибрационного метода контроля характерна общая модель организации получения контрольно-измерительной информации о параметрах объекта пред-



ставлена на рисунке. Рассматриваемый особый случай использования объекта контроля в качестве ЧЭ датчика также входит в рамки этой общей модели. Его особенность состоит в совмещении в прямом значении этого слова объекта контроля с ЧЭ датчика, в силу чего объект, находящийся в состоянии колебательного механического движения, «сам информирует» о значении своих параметров. При этом предполагается возможность изменения параметров объекта контроля (массы, коэффициентов жесткости и т. п.), что позволяет считать объект контроля механическим звеном с переменными параметрами.

Представленная на рисунке структура охватывает как искусственную организацию системы возбуждения в целях получения измерительной информации, так и использование для возбуждения колебательного движения объекта естественных шумов, имеющих в месте нахождения объекта, например вибрации от работы силовых установок, агрегатов или других внешних воздействий.

При искусственной организации системы возбуждения последняя может выполняться в различных вариантах: по структуре — замкнутой с помощью обратной связи или разомкнутой; по характеру воздействия — импульсной, периодической, гармонической или иного типа; по стабильности возбуждающей объект величины — с постоянными или переменными параметрами.

Из вариантов искусственной организации системы возбуждения чувствительного элемента — объекта контроля, по нашему мнению, наиболее перспективной является авторезонансная, обеспечивающая в любой момент времени постоянный контроль параметров объекта. Авторезонансная система с замкнутой гибкой положительной обратной связью (на рисунке показана пунктиром) обеспечивает выдачу на объект контроля воздействующей гармонической силы, совпадающей по частоте с резонансной частотой объекта.

Интенсивность возбуждающей силы, действующей на объект — ЧЭ, выбирается из условия ограничения по амплитуде допустимых для нормальной работы объекта значений колебательного смещения. Для возбуждения объекта контроля с наименьшими затратами энергии в авторезонансной системе необходима фазовая коррекция сигнала возбуждения, с помощью которой создается его опережение на угол $\pi/2$ по отношению к колебательному смещению объекта. Следует отметить, что объект контроля является механическим звеном с переменными параметрами, и рабочая частота авторезонансной системы изменяется, поэтому для обеспечения работоспособности системы звено фазовой коррекции в цепи гибкой положительной обратной связи должно быть адаптирующимся.

С помощью авторезонансной системы может быть реализовано измерение массового количества вещества в резервуаре, коэффициента жесткости объекта контроля, если

последний представляет механическую систему с постоянной массой и переменной жесткостью, и других параметров. При этом система возбуждения механических колебаний (см. рисунок) представляет собой электромагнитный, электродинамический или иного принципа действия вибратор. Носителем информации и одновременно выходной величиной объекта контроля, совмещенного с ЧЭ датчика, является собственная частота механических колебаний объекта контроля. В состав датчика, кроме объекта контроля — ЧЭ, входит также система съема информации, включающая вторичный преобразователь, например, пьезоэлектрической системы.

Перспективным является также использование для возбуждения механических колебаний объектов естественных шумов (в широком значении этого слова), имеющих в месте их установки, например передаваемые через механические связи или через среду вибрационные или акустические воздействия от силового оборудования. Необходимой предпосылкой успешной реализации этого метода являются высокие значения добротностей механических систем объектов [2]. Это обеспечивает преимущество шумовым воздействиям, совпадающим по частоте с резонансными частотами объектов. При этом объект контроля за счет высокой добротности выделяет из шумового спектра те гармоники, которые по частоте и фазе обеспечивают условия оптимальности возбуждения объекта. Однако использование естественных шумов для возбуждения механических колебаний объекта приводит к необходимости решать ряд специфических задач, наиболее трудными из которых являются: выделение полезного сигнала при высоком уровне помех; построение адаптирующихся избирательных устройств; борьба с кроссмодуляциями, отсутствующими выделяемой модуляции, и т. д.

Достоинства рассматриваемого частотно-вибрационного метода контроля параметров объекта — ЧЭ [3]: частотная форма представления информации непосредственно на выходе ЧЭ датчика; легкость передачи информации в частотной форме представления на расстоянии; простота и высокая точность преобразования частоты в цифровую форму представления и автокомпенсация ряда погрешностей, так как объект контроля и чувствительный элемент датчика одинаково реагируют на изменение внешних условий, ибо они конструктивно совмещены в одном устройстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Д. Гик, Г. П. Арнаутов, А. В. Якименко. К вопросу об определении частотных характеристик по результатам импульсных испытаний.— *Автометрия*, 1969, № 4.
2. Н. Т. Милохин. Частотные датчики систем автоконтроля и управления. М., «Энергия», 1968.
3. Г. В. Салов. К вопросу оптимального преобразования информации с кодовым выходом.— Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции. Киев, 1968.

*Поступило в редакцию
31 октября 1969 г.,
окончательный вариант —
5 июня 1970 г.*

УДК 621.391.1 : 518.5

В. А. КАБАКОВ
(Новосибирск)

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОДНОМЕРНОЙ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ

Определение вероятностных свойств случайных величин, в частности одномерной плотности вероятности $f(x)$, имеет важное значение в прикладных задачах. Известные алгоритмы восстановления [1] страдают тем недостатком, что хорошая аппроксимация искомой функции ортогональным рядом имеет место, если сама функция плотности вероятности является достаточно гладкой. Наличие выбросов, δ -функций в распределении