

$$T_{\text{мин}}^{\text{нн}} = 11,39 V^{-0,14} S^{-1,6} (VS)^{1,01} \quad \text{для } d=2,0 \text{ мм};$$

$$T_{\text{мин}}^{\text{нн}} = 13,3 V^{-0,16} S^{-0,93} (VS)^{-0,09} \quad \text{для } d=3,0 \text{ мм};$$

$$T_{\text{мин}}^{\text{нн}} = 13,27 V^{-0,41} S^{01,01} (VS)^{-0,02} \quad \text{для } d=4,1 \text{ мм};$$

$$T_{\text{мин}}^{\text{нн}} = 13,25 V^{-0,54} S^{-0,41} (VS)^{-0,17} \quad \text{для } d=5,0 \text{ мм}.$$

Аналогичные зависимости были получены для периода стойкости, исчисляемого числом просверленных отверстий.

На втором этапе обработки результатов стойкостных испытаний было определено направление градиента линейного приближения (по знаку показателей степени при параметрах V и S в полученных зависимостях), определен базовый фактор, шаг и координаты первой точки на линии кругового восхождения. Далее были проведены стойкостные испытания в первой точке, определены координаты второй точки и так далее до момента получения максимального значения периода стойкости.

Используя значения элементов режима резания n и S , соответствующие $T_{\text{мах}}$, были построены номограммы (рис.1), позволяющие производить выбор оптимальных значений указанных параметров для любого диаметра сверла в интервале (1,0-5,0) мм и определить ожидаемое для этих параметров значение периода стойкости, выраженное числом и суммарной длиной просверленных отверстий.

Таким образом, проведенные исследования позволили получить математическое описание зависимостей $T=f(V,S)$ для каждого из исследованных диаметров сверла и разработать удобные в применении практические рекомендации - номограммы по назначению режимов резания $V(n)$ и S , обеспечивающих высокую производительность процесса сверления отверстий диаметром (1,0-5,0) мм в сером чугуна СЧ-20 при достаточном для агрегатных станков периоде стойкости.

SUMMARY

It was solved a task of optimization of cutting regimes by drilling of apertures in the raw cast iron on small unit machines.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кацев П.Г. Статистические методы исследования режущего инструмента. - М.:Машиностроение, 1974.-239с.

Поступила в редколлегию 26 мая 1995 г.

УДК 621.9.015

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРОАКТИВНОСТИ МЕХАНИЗМОВ СТАНКОВ

ГПС

Зелик В.П., проф., Пономарев Л.Д., доц.

(Донбасская государственная машиностроительная академия)

Вопросам комплексной технической диагностики как механических систем ГПС, так и ГПС в целом уделено недостаточное внимание. Это вызвано недостаточной изученностью диагностических процессов в

подсистемах, сложностью методики диагностирования станочных систем и обработки результатов измерений диагностических параметров. В то же время актуальность комплексного подхода к проблеме функционирования ГПС не вызывает сомнения.

Объектом исследования приняты подсистемы нижнего яруса иерархии системы управления ГПС, характерной особенностью которых является работа в реальном масштабе времени.

Поэтому применительно к механической подсистеме выполнен теоретический анализ явлений в узлах нового класса диагностических устройств на базе модулированных фильтров, а также анализ виброакустических сигналов механизмов, работающих с частотой вращения $\omega = \text{var}$.

Возможность виброакустической диагностики объектов в процессе функционирования сопряжена не только с решением задачи анализа нестационарных временных рядов, но и с задачей эффективного подавления помех, сопровождающих процесс диагностики в производственных условиях.

В общем случае \bar{Z} - вектор виброперемещений, представляется в виде

$$\bar{Z} = \bar{K}(t)\bar{Z}'(t) + n(t),$$

где $\bar{K}(t)$ - вектор, характеризующий мультипликативную ошибку;

$n(t)$ - вектор, характеризующий аддитивную помеху.

Для электромеханических систем мультипликативная ошибка вызывается динамическими характеристиками объекта, аддитивная - случайными процессами. Это приводит к необходимости использовать принципиально новые подходы к проблеме диагностики параметров динамических систем.

В качестве модели, параметры которой подлежат диагностированию, рассмотрим линейную систему с переменными параметрами, в зависимости от которых она может быть либо стационарной, либо нестационарной. В обозначениях работы

$$\dot{\bar{Z}} + G\bar{Z} + [P + P_1(t)]\bar{Z} = f(t),$$

где G, P - постоянные матрицы;

$P_1(t)$ - переменная матрица;

\bar{Z} - вектор виброперемещений;

$f(t)$ - вектор возмущений.

Будем считать, что диагностируемые параметры определяют элементы матрицы $P_1(t)$ и составляющие вектора $f(t)$. Элементы матриц G, P , координаты вектора $f(t)$ известны, соответствующие составляющие вектора $Z(t)$ наблюдаемы.

Тогда для нерезонансного режима

$$\bar{Z}(t) = (W_0 + \sum_{k_1 P=0}^{k_0 P_0} W_{kp}(t)) f(t),$$

где W_0 - постоянная передаточная матрица;

W_{kp} - переменная передаточная матрица.

В частотной форме

$$\bar{Z}(t) = \sum_{S=0}^{S_0} W_0(\omega_s) / fms \exp(i(\omega_s t + \varphi_s)) + \sum_{k_1 P=0}^{k_1 P_0} W_{m_{kp}}(\omega_s) / fms \exp(i(k\Theta_1 + \rho\Theta_2 + \omega_s)t + \varphi_s);$$

$$W_{kp}(t) = W_{m_{kp}} \exp(i(k\Theta_1 + \rho\Theta_2)t);$$

$$f(t) = \sum_{S=0}^{S_0} fms \exp(i(\omega_s t + \varphi_s)),$$

где Θ_1, Θ_2 - частоты;

ρ, k - гармоники частот Θ_1, Θ_2 .

Выражение можно представить как

$$\bar{Z}(t) = \bar{Z}_1(t) + \bar{Z}_2(t).$$

Исключая вектор $\bar{f}(t)$ и $\bar{Z}(t)$, получим окончательно

$$\bar{Z}_{2ms} = \sum_{k_1 P=0}^{k_1 P_0} W_{m_{kp}} (W_0)^{-1} \bar{Z}_{1ms},$$

где Z_{2ms} - амплитуда на частоте ω_s ;

Z_{1ms} - амплитуда на частоте ω_s .

Анализ выражения позволил наметить два подхода к проблеме диагностики механизмов станочного модуля на стадии изготовления и эксплуатации:

1. Идентификация матрицы передаточных функций W_0 , определение матриц $W_{m_{kp}}$ и соответственно значений Z_{2ms} [1].

2. Выбор скорости $\omega = var$ изменения одного или нескольких переменных параметров из числа определяющих переменную матрицу в выражении, чтобы

$$\begin{aligned} & S_0 \\ & W \exp(i \omega_s) = 1 \text{ для } \omega_s \in [-\infty, +\infty] \\ & S=0 \end{aligned}$$

Второй подход не требует больших материальных затрат, предполагает отсутствие аддитивной и мультипликативной ошибок либо их подавление до заданного уровня, допускает процесс диагностирования на рабочих объектах.

Задача подавления диагностическим устройством циклических составляющих помех формулируется как задача построения оптимального нестационарного фильтра для нестационарного полезного сигнала $e_{вх}(t)$ и шума $n_{вх}(t)$, представляющего стационарную функцию, причем известно, что $e_{вх}(s, t)$, где s - скорость изменения частоты процесса, определяющая нестационарность процесса.

На выходе фильтра

$$e_{вых}(s, t) = e_{вх}(s, t) + n_{вых}(t).$$

В качестве критерия точности принята среднеквадратичная ошибка воспроизведения

$$|e_{вых}(s, t) + n_{вых}(t) - b e_{вх}(t)|^2 = \min,$$

где b - нормирующий множитель.

Без учета физической реализуемости коэффициент передачи оптимального фильтра будет равен

$$K(\omega, \varepsilon) = \frac{G_s(\varepsilon, \omega)}{G_s(\varepsilon, \omega) + G_{ш}(\omega)}, \quad \text{H}$$

где $G_s(\varepsilon, \omega)$ - энергетический спектр входного сигнала $e_{вх}(\varepsilon, t)$;

$G_{ш}(\omega)$ - энергетический спектр входного шума $P_{вх}(t)$.

Следовательно, для реализации фильтра необходимо определить такое оптимальное значение $\varepsilon_{опт}$, для которого $k(\varepsilon, \omega)$ достигало бы всех ω максимального значения. Это эквивалентно требованию минимума энергетического спектра входного шума, задаваемого его дисперсией.

$$D_{ш} = \int_{\omega} G_{ш}(\omega) d\omega \leq D_{доп}$$

Анализ выражения показал, что в классе стационарных оптимальных фильтров, теория которых развита в работах А.Н. Колмогорова, Н. Винера и других, задача физически нереализуема, так как при приеме любым образом модулированной основы колебаний гармонический и вообще любой стационарный фильтр принципиально не может быть адекватным заданному сигналу.

Для обеспечения адекватной фильтрации модулированной основы колебаний необходим переход к фильтрам иного класса - нестационарным фильтрам, в пределах которых можно получить безграничное множество оптимальных фильтров, адекватных модулированным сигналом различной формы.

В соответствии с терминологией, принятой в радиотехнике, фильтры, параметры которых подвержены произвольному, но медленному по сравнению с их невозмущенной частотой изменению, будут в дальнейшем называться модулированными фильтрами.

Взаимное соответствие характеристик модулированных колебаний и модулированных фильтров позволило положить в основу всего дальнейшего исследования следующее положение, сформулированное А.С. Виницким [2]: для любых модулированных колебаний можно подобрать адекватный им модулированный фильтр с соответственно изменяющимися параметрами, для которого данный, как угодно сложно модулированный сигнал является "простейшим", т.е. сможет пройти через него без искажений формы при сколь угодно малых потерях в фильтре, как это имеет место для синусоиды в случае использования гармонического фильтра.

SUMMARY

The were obtained principal regularities of the work of modulated filters.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Явленский К.Н., Явленский А.Н. Вибродиагностика и прогнозирование качества механических систем. - Л.: Машиностроение, 1983. - 239 с.
2. Виницкий А.С. Модулированные фильтры и следающий прием ЧМ-сигналов. - М.: Сов. радио, 1969. - 186 с.

Поступила в редколлегию 26 апреля 1995 г.