

В.Ф.Чабан, канд.техн.наук (БПИ)

К ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРНЫХ ТРАНСМИССИЙ

Система автоматического переключения передач (САПП) охватывает дизельный двигатель с собственной замкнутой системой автоматического регулирования частоты вращения (САР ЧВ) и гидроуправляемую коробку передач, наиболее приспособленную для применения САПП.

При создании тракторных САПП и определении их параметров необходимо исключить нежелательные режимы – звонковые переключения. Эти режимы могут быть по следующим основным причинам: а) мгновенные реагирования САПП на случайные изменения нагрузки; б) неоптимальная установка пороговых значений информационных переменных при переключениях передач; в) реагирования САПП на изменения нагрузки после переключения передач.

Значения крутящих моментов при переключениях передач и работе двигателя на внешней характеристике определяются решением системы уравнений, учитывающей необходимость реализации максимальной мощности двигателя и исключения звонковых переключений

$$\left. \begin{aligned} \omega_{р.в} M_{р.в} &= \omega_{к.н} M_{к.н}; \\ \frac{M_{к.н}}{M_{р.в}} &= k_{зв} q, \end{aligned} \right\}$$

а на частичных скоростных режимах – учитывающей необходимость работы двигателя с минимальным удельным расходом топлива и исключения звонковых переключений

$$\left. \begin{aligned} M_{пр.в} &= M_{дв.эк} - \frac{k_{зв}(q-1)M_{пр.н}}{2}; \\ \frac{M_{пр.н}}{M_{пр.в}} &= k_{зв} q, \end{aligned} \right\}$$

где $M_{р.в}$; $M_{пр.в}$; $M_{р.н}$; $M_{пр.н}$ – значения крутящих моментов при включениях смежных высших и низших передач при работе двигателя на внешней и частичных характеристиках; $\omega_{р.в}$; $\omega_{р.н}$ – значения частот вращения при переключениях передач; $k_{зв}$ – коэффициент запаса, предотвращающий звонковые переключения, наблюдаемые при неоптимальной установке порогов переключений

передач; $M_{\text{дв.эк}}$ – крутящий момент двигателя, соответствующий минимальному удельному расходу топлива; q – знаменатель геометрического ряда КПП.

Звонковые режимы, зависящие от изменений нагрузки после переключений передач и от мгновенного реагирования САПП на случайные изменения нагрузки, целесообразно предотвращать созданием систем соответственно блокирующих обратные переключения до завершения переходных процессов трансмиссии и двигателя с САР ЧВ и снабженных фильтрами для сглаживания пульсаций высокочастотных составляющих входных (информационных) сигналов.

С увеличением значения коэффициента $k_{\text{эв}}$ вероятность любых звонковых переключений уменьшается до нуля. При этом повышается расход топлива, так как двигатель может работать с нагрузкой, значительно отличающейся от $M_{\text{дв.эк}}$.

В статье рассмотрены методические основы и результаты исследований по определению высшей частоты изменения нагрузки, на которую могла бы реагировать САПП. Значение этой частоты играет важную роль при определении параметров фильтров входных сигналов. С этой целью был выполнен комплекс расчетно-экспериментальных исследований по изучению собственных частот продольных колебаний трактора, по анализу статистических оценок, характеризующих работу двигателя на различных сельскохозяйственных операциях и при разных условиях работы.

Для определения собственной частоты продольных колебаний трактора использовали с некоторыми уточнениями методику Н.Н.Яценко и В.С.Щуплякова [1]. Чтобы создать средний уровень нагрузки в трансмиссии, трактор с включенной передачей и заблокированным коленчатым валом двигателя устанавливался на наклонную площадку. Параметры колебательного процесса изучались при резком сбросе нагружающего усилия.

Поскольку основными информационными переменными САПП являются величины, характеризующие с достаточной точностью энергетическое состояние двигателя (крутящий момент, частота вращения или другие величины, которые посредством функциональных зависимостей приводятся к указанным), то для изучения характера изменения этих информационных переменных при работе трактора в эксплуатационных условиях было проведено генометрирование и статистический анализ крутящего момента на валу муфты сцепления, частоты вращения двигателя и положения рейки топливного насоса. Полученные оценки статистических характеристик корреляционных функций и спектральных плотностей позволили провести анализ во временной и частотной областях.

Результаты изучения продольных колебаний трактора подтвердили наличие двух режимов в нелинейном колебательном процессе: В - с одним срывом за период колебания (при разгрузке происходит раскрытие люфтов и снова закрутка в направлении действия крутящего момента); С - без срывов (колебания около смешенного положения статического равновесия) [2].

Продольные колебания трактора вызывают совпадающие с ними по фазе колебания крутящего момента, период колебательно-го процесса существенно зависит от его режима и практически не зависит от включенной передачи. В режиме, характерном для работы трактора под нагрузкой, математическое ожидание периода равно 0,49 с.

При вычислении оценок нормированных корреляционных функций использовали метод фильтрации исходных реализаций [3]. Сглаженные оценки спектральных плотностей вычисляли путем преобразования оценок корреляционных функций методом численного интегрирования на ЦВМ. Анализ сглаженных оценок спектральных плотностей крутящего момента для пахотного и транспортного агрегатов показал, что основная доля дисперсии крутящего момента приходится на диапазон частот $4-19 \text{ с}^{-1}$, максимумы находятся в диапазоне $12-15,6 \text{ с}^{-1}$, т. е. вблизи собственной частоты продольных колебаний трактора. Логарифмический масштаб оси ординат позволяет строить достоверные интервалы этих оценок на любой частоте, откладывая около выборочной спектральной оценки один и тот же отрезок [4].

Результаты экспериментов, полученные другими исследователями, также свидетельствуют о наличии узкого диапазона частот, на который приходится основная доля дисперсии крутящего момента. Например, в работах [5,6] приведен этот диапазон частот. Поэтому можно сделать вывод, что основной причиной, вызывающей изменение крутящих моментов на валах трансмиссии, являются динамические параметры трактора, обуславливающие его чувствительность на этих частотах.

Из графиков оценок нормированных корреляционных функций (рис. 1, а) следует, что характер изменения корреляционной связи для всех процессов (уменьшение корреляции и наличие периодических составляющих) практически одинаков.

Графики оценок взаимных нормированных корреляционных функций (рис. 1, б) показывают, что максимумы для связей крутящего момента и частоты вращения, крутящего момента и положения рейки топливного насоса соответствуют одному и тому же значению аргумента (0,17 с), а максимум оценки для частоты вращения и положения рейки топливного насоса имеет место при $\theta = -0,06 \text{ с}$. Таким образом, колебания крутящего мо-

мента вызывают изменения частоты вращения двигателя и положения рейки топливного насоса с задержкой 0,17 с, а колебания частоты вращения вызывают изменения положения рейки практически без фазового сдвига.

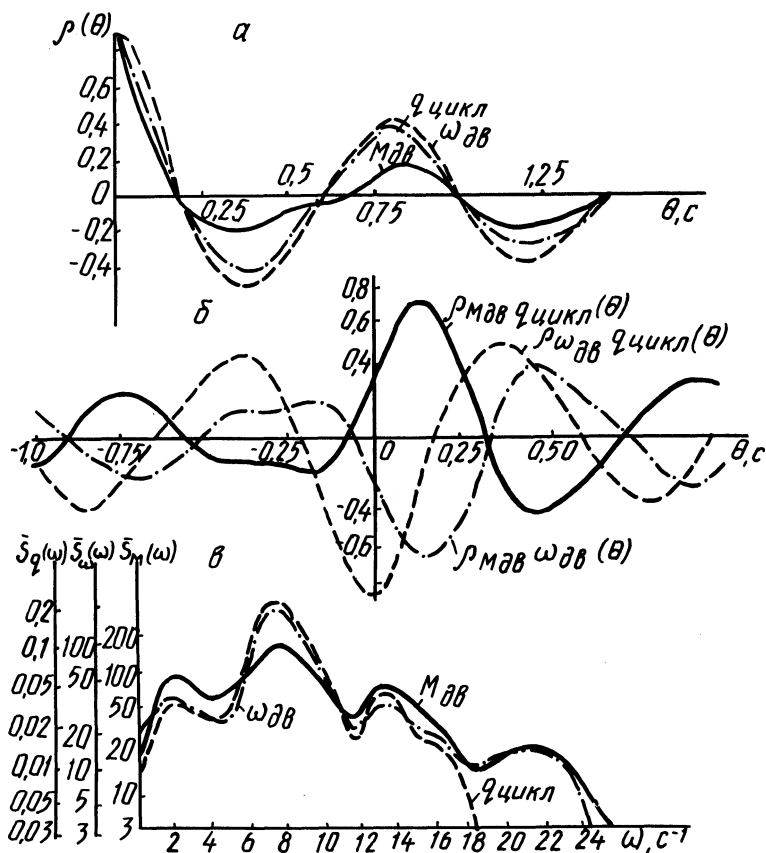


Рис. 1. Статистические оценки информационных переменных $M_{ДВ}$, $\omega_{ДВ}$ и, $q_{цикл}$.

Анализ оценок спектральных плотностей (рис. 1, в) показывает, что частоты при локальных максимумах практически совпадают, однако в диапазоне $4-10 c^{-1}$ ошутимо различие между значениями этих оценок. Это объясняется наличием экстремума амплитудно-частотной характеристики системы (двигатель — регулятор — топливный насос) на этих частотах [6].

Таким образом, максимумы оценок спектральных плотностей в диапазоне частот $12-15,6 c^{-1}$ объясняются собственной частотой продольных колебаний трактора, а в диапазоне $4-8 c^{-1}$ —

наличием экстремума амплитудно-частотной характеристики двигателя.

Следовательно, в случае переключения передач с частотами выше 4 с^{-1} (0,64 Гц) создаются резонансные явления трактора как динамической системы в одном из рассмотренных диапазонов частот. Поэтому САПП тракторов МТЗ не должна реагировать на частоты выше 4 с^{-1} , период которых меньше 1,5–2 с.

Выводы. Основная доля дисперсии крутящего момента приходится на частоты, совпадающие с собственной частотой продольных колебаний трактора и динамической системы двигатель-регулятор – топливный насос.

Параметры фильтров входных сигналов необходимо выбирать так, чтобы САПП не переключала передачи с частотой выше 4 с^{-1} .

Л и т е р а т у р а

1. Яценко Н.Н., Шупляков В.С. Нагруженность трансмиссии и ровность дороги. – М., 1967. – 164 с.
2. Вульфсон М.Н. Учет гистерезисной характеристики зубчатой передачи при аналитическом исследовании нелинейных колебаний валопроводов. – В кн.: Зубчатые и червячные передачи. М., 1974, с. 302–316.
3. Нагорский И.С., Москаленко В.А. Вычисление корреляционных функций рабочих процессов мобильных сельскохозяйственных агрегатов на малых ЭВМ. – В кн.: Труды / ЦНИИМЭСХ. Минск, 1974, т. 11, с. 212–228.
4. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. – М., 1971, вып. 1. – 316 с; 1972, вып. 2. – 287 с.
5. Морозов А.Х. Основы теории скоростных режимов машинно-тракторных агрегатов: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Волгоград, 1972. – 42 с.
6. Яскорский Г.В. Факторы, определяющие оптимальную степень загрузки тракторного двигателя, и вероятностные методы их оценки. – Труды / ГОСНИТИ. М., 1969, т. 23, с. 47–54.

УДК 629.114

В.А.Шестакович (БПИ)

К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВКЛЮЧЕНИЯ МУФТЫ СЦЕПЛЕНИЯ

Продолжительность включения муфты сцепления транспортных машин в большой степени влияет на характер протекания переходного процесса – трогания и разгона мобильной машины. Одна-