

УДК 621.317(075.8)

О.Ю. Валуйская

ОЦЕНКА И ПУТИ СНИЖЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПОМЕХИ НА ТОЧНОСТЬ УСТРОЙСТВА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТОПЛИВОВПРЫСКИВАЮЩЕЙ ФОРСУНКИ ДИЗЕЛЯ

Оцінюється дисперсія і середньоквадратичне відхилення швидкості переміщення голки форсунки при відсутності та наявності перешкоди у виді стаціонарного випадкового процесу на вході пристрою і пропонується знизити її вплив відповідним вибором параметрів датчика і вибором блоків устрою.

Оценка технического состояния форсунок дизелей весьма важна, поскольку позволяет своевременно принять соответствующие меры по устранению появившихся дефектов топливной аппаратуры. Это предотвращает эксплуатацию силовой установки с неисправной топливной системой, являющейся причиной перерасхода топлива, и предохраняет её от ускоренного износа, старения и выхода из строя.

В ряде случаев упомянутую оценку производят на основании информации о скорости движения иглы форсунки [1,2], получаемой в виде электрического сигнала. Однако при этом не учитывается влияние помех на работу устройства, снижающих его точность. Помехи же эти в ряде случаев ощутимы, поскольку кабели, соединяющие датчик контролируемого параметра с остальными блоками устройства, на реальном объекте могут быть довольно длинными. Поэтому имеет смысл оценить работу диагностического устройства, например [2], с учетом помех.

Блок-схема диагностического устройства приведена ниже на рис.1.

При неработающей форсунке, когда её игла неподвижна, под действием высокочастотного синусоидального сигнала генератора 6 через катушки 3 и резистор 7 протекает ток, индуцирующий в катушке 2 высокочастотные напряжения, которое можно представить в виде

$$U_2 = U_{2m} \sin 2\pi ft,$$

где U_{2m} - амплитуда напряжения на катушке 2; f - частота напряжения на катушке 2; t - время.

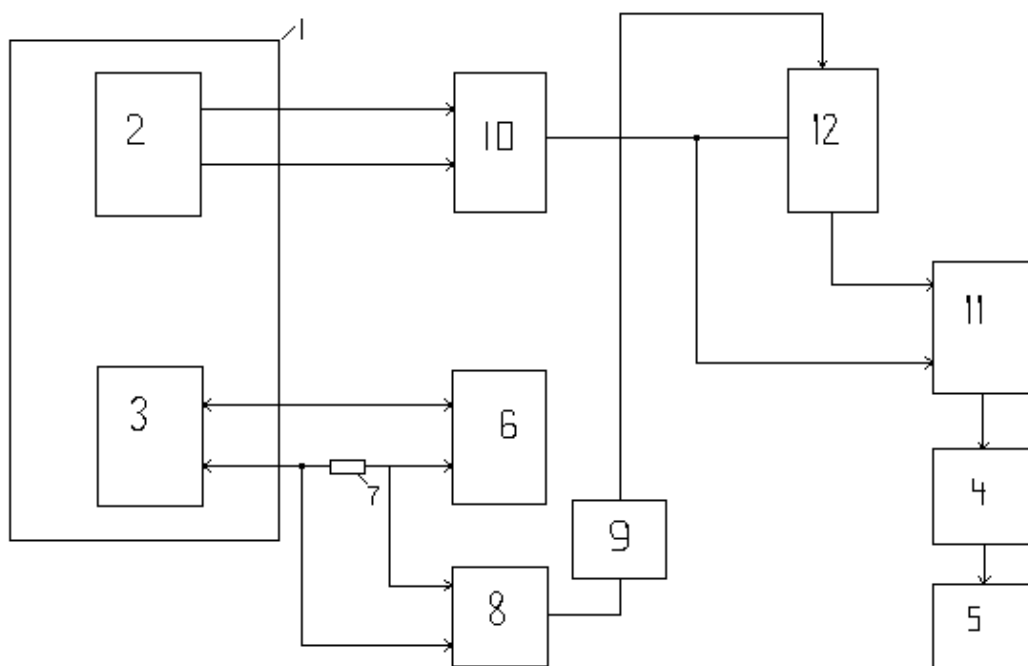


Рис.1

1-магниточувствительный элемент; 2,3-катушки; 4-усилитель;
 5-блок измерения скорости; 6-генератор высокочастотного напряжения;
 7-резистор; 8-двухполупериодный выпрямитель;
 9,10-фильтры нижних частот; 11-сумматор; 12-ключ.

Этот сигнал через фильтр 10 не проходит, поскольку подавляется им, и поэтому на входах сумматора 11 и одном из входов ключа 12 напряжение равно нулю. Сигнал же с резистора 7 проходит через выпрямитель 8 и фильтр 9 на другой вход ключа 12, однако, он остаётся закрытым из-за отсутствия сигнала на первом входе.

При работающей форсунке перемещение её иглы вызывает изменение магнитного потока, пронизывающего катушки 2 и 3, и появление напряжения на их зажимах. Параметры элементов 3,6,7,8 выбираются такими, чтобы возникшее напряжение практически не влияло на входной сигнал фильтра 10. Входной же сигнал фильтра 10, наоборот, зависит от указанного напряжения

$$U_2 = U_{2m} \sin 2\pi ft + K_v V_u,$$

где K_v - коэффициент пропорциональности между напряжением катушки 2 и скоростью V_u иглы форсунки. Выходное напряжение фильтра 10 при этом равно

$$U_{10} = K \left(U_{2m} \sin 2\pi ft + K_v V_u \right) \left(1 - e^{-\frac{t-t_u}{T}} \right), (1)$$

где K - коэффициент передачи фильтра; T - постоянная времени фильтра; t_u - время перемещения иглы форсунки.

С учетом реальных соотношений, выдерживаемых в устройстве, $t_u > T > \frac{1}{f}$,

имеем

$$U_{10} = KK_v V_u, (2)$$

а высокочастотная составляющая, как уже отмечалось, подавляется.

Напряжение (2) отпирает ключ 12, в результате чего на обоих входах сумматора 11 присутствуют сигналы и его выходное напряжение

$$U_{11} = KK_v V_u + U_9, (3)$$

где U_9 - выходной сигнал фильтра 9.

При этом

$$U_9 = \frac{K_8 V_{3m} R_7 K}{Z_{37}} \left(1 - e^{-\frac{tu}{T}} \right) \sin 2\pi ft$$

где U_{3m} - амплитуда напряжения на катушке 3; R_7 - сопротивление резистора 7; Z_{37} - суммарное полное сопротивление катушки 3 и резистора 7; K_8 - коэффициент передачи выпрямителя 8, который считается безынерционным венном.

Следует отметить, что составляющая $KK_v V_u$ уменьшается с ростом зазоров между элементами форсунки и магниточувствительного элемента вследствие их износа, а составляющая U_9 при этом растёт в результате уменьшения Z_{37} , вызванного ростом магнитного сопротивления цепи. Указанные приращение взаимокompенсируются и сигнал (3) инвариантен к износу деталей форсунки.

Вследствие наличия кабелей между магниточувствительным элементом 1, устанавливаемым на форсунку, и входными каскадами устройства, на входы элементов 8 и 10 воздействует помеха, которая проходит через фильтры 9,10, ключ 12 и сумматор 11 на измеритель скорости 5, искажая его показания. Будем считать, что помеха проходит на выход устройства только по одному каналу, а не по двум, учтя затем наличие второго канала соответствующим увеличением интенсивности помехи. Допустим также, что фильтры 9 и 10 идентичны.

Предположим, что помеха представляет собой стационарный центрированный случайный сигнал с корреляционной функцией

$$R_1(\tau) = D_1 e^{-\mu\tau}$$

который поступает на вход фильтра 9 в момент $t=0$, соответствующий началу подъёма форсунки. Фильтр представляет собой аperiodическое звено первого порядка, передаточная функция которого с учетом (1) равна

$$W(p) = \frac{K}{T_p + 1}$$

где p - оператор Лапласа.

Определим дисперсию выходного сигнала фильтра 9 во времени $D_2(t)$ в соответствии с работой (3)

$$D_2(t) = \int_0^t \omega(S) dS \cdot \int_0^t \omega(\eta) R_1(\eta - S) d\eta,$$

где $\omega(S)$ и $\omega(\eta)$ - весовая функция фильтра $\omega(t)$ при замене $t=S$ и $t=\eta$.

Для передаточной функции (4) весовая функция

$$W(t) = \alpha K e^{-\alpha t}$$

где $\alpha = T^{-1}$.

Следовательно, дисперсия выходного сигнала фильтра представляется выражением

$$D_2(t) = \frac{K^2 D_1}{T^2} \int_0^t e^{-\alpha S} dS \cdot \int_0^t e^{-\alpha \zeta} e^{-\mu(\zeta-S)} d\zeta - \frac{K^2 D_1}{T^2} \int_0^t e^{-\alpha S} dS \cdot \int_0^S e^{-\alpha \zeta} e^{\mu(\zeta-S)} d\zeta + \int_0^t e^{-\alpha \zeta} e^{-\mu(\zeta-S)} d\zeta$$

Вычисление интегралов при $\alpha \neq \mu$ даёт

$$I_1 = \int_0^S e^{-\alpha \zeta} e^{-\mu(\zeta-S)} d\zeta = \frac{e^{-\alpha S} - e^{-\mu S}}{\mu - \alpha}$$

$$I_2 = \int_0^t e^{-\alpha \zeta} e^{-\mu(\zeta-S)} d\zeta = \frac{e^{-\alpha S} \cdot e^{\mu S} \cdot e^{-\mu(\alpha + \mu)t}}{\alpha + \mu}$$

$$D_2(t) = \frac{K^2 D_1}{T^2} \int_0^t e^{-\alpha S} (I_1 + I_2) dS = K^2 D_1 \left[\frac{1}{1 + \mu T} + \frac{e^{-2\alpha t}}{1 - \mu T} - \frac{2 e^{-(\alpha + \mu)t}}{1 - \mu^2 T^2} \right], \quad (5)$$

Наличие второго канала прохождения помехи учтем удвоением величины K в соотношении (5), то есть

$$D_2(t) = 4 K^2 D_1 \left[\frac{1}{1 + \mu T} + \frac{e^{-2\alpha t}}{1 - \mu T} - \frac{2 e^{-(\alpha + \mu)t}}{1 - \mu^2 T^2} \right]$$

Если считать, что при отсутствии помехи дисперсия выходной величины устройства $D_y = D_0$, то при её наличии

$$D_y = D_0 + 4K^2 D_1 \left[\frac{1}{1 + \mu T} + \frac{e^{-2\alpha t}}{1 - \mu T} - \frac{2e^{-(\alpha + \mu)t}}{1 - \mu^2 T^2} \right]$$

а среднеквадратическое отклонение (СКО)

$$\sigma = \sqrt{D_0 + 4K^2 D_1 \left[\frac{1}{1 + \mu T} + \frac{e^{-2\alpha t}}{1 - \mu T} - \frac{2e^{-(\alpha + \mu)t}}{1 - \mu^2 T^2} \right]}$$

При вычислении D_2 и σ следует принять $t = t_u$.

Полученное выражение свидетельствует о сильном влиянии K на СКО и, значит, погрешность устройства, и для её снижения K следует уменьшать. Однако такая мера, как видно из (3), ведёт к уменьшению выходного сигнала устройства, что нежелательно. Компенсировать такое явление можно соответствующим увеличением K_v , что практически можно осуществить, увеличив число витков катушки 2.

Таким образом, влияние помехи в кабелях между датчиками и входными блоками диагностического устройства можно снизить и даже устранить путём соответствующего выбора намоточных данных катушки датчика.

Список литературы: 1. А.с. 1158885 (СССР). Устройство для диагностирования форсунки дизеля. – Борисенко А.Н., Соболев В.Н., Заславский Е.Г. - опубл. 30.05.85., Б.И. №20. 2. А.с. 1160263 (СССР). Устройство для диагностирования форсунки дизеля. - Борисенко А.Н., Соболев В.Н., Зайончковский В.Н., Заславский Е.Г. - опубл. 07.06.85., Б.И. №21. 3. Андреев Н.И Теория статистически оптимальных систем управления М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1980.-416 с.

Поступила в редколлегию