

НАСТРОЙКА ЭЛЕКТРОННОГО ОГРАНИЧИТЕЛЯ НАГРУЗКИ SELMA-MARINE

В последние годы на морском флоте широкое распространение получили суда со среднеоборотными дизелями (СОД). Обычно, в системах управления, где СОД работает на винт регулируемого шага (ВРШ), используются электронные ограничители нагрузки. Однако, заложенные в системах ДАУ алгоритмы, не всегда обеспечивают защиту СОД от перегрузок, что зачастую связано с отсутствием рекомендаций по настройке ограничителей нагрузки.

Задача настройки ограничителей нагрузки не является новой [1, 2], однако, ее нельзя считать решенной для всех систем управления и всех конструкций ограничителей нагрузки. Она остается актуальной и в настоящее время. Целью настоящего исследования является оптимизация настроечных параметров ограничителя нагрузки на судах типа "Измаил", где главный двигатель (ГД) работает при постоянной частоте вращения на ВРШ через редуктор. Суда этой серии оборудованы системой управления SELMA-MARTNE. Нагрузка в этой системе ограничивается воздействием на шаг винта или путем ввода максимально допустимой подачи топлива. Процесс регулирования осуществляется через контур обратной связи и ПИ-регулятор с использованием сигнала положения топливной рейки как регулируемой величины [3].

Комплектация системы управления SELMA-MARINE не предусматривает управления частотой вращения ГД, которое поддерживается на всех режимах на уровне 712 мин^{-1} . Это связано с работой ГД на валогенератор (ВГ).

Нагрузка ограничивается потенциометром на панели ЦПУ. При применении данного ограничения сигнал обратной связи (фактическое положение топливной рейки) подвергается фильтрации низких частот для стабилизации сигнала ограничителя при сильном волнении.

Ограничитель нагрузки обеспечивает защиту ГД от перегрузок путем уменьшения шага винта при превышении подачей топлива h_p допустимого значения (рис. 1). Допустимая подача топлива $h_{p\text{доп}}$ определяется как функция частоты вращения ГД (блок Φ_1) согласно спецификации изготовителя ГД, и сравнивается со значением, заданным с пульта управления.

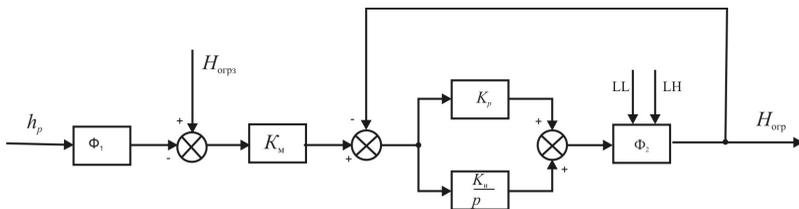


Рис. 1. Структурная схема электронного ограничителя нагрузки системы управления SELMA-MARINE

Значение этого сигнала пропорционально сигналу задания, т.е. значение задания телеграфа масштабируется в пределах ± 100 отн. ед. Сигнал от датчика хода рейки топливных насосов высокого давления (ТНВД) также масштабируются функциональными преобразователями хода рейки ТНВД – 0 ... 100 отн. ед.

В ограничитель нагрузки введена нечувствительность 2 % для стабилизации ограничителя при сильном волнении.

Полученный сигнал рассогласования усиливается пропорциональным звеном K_m . Значение коэффициента K_m равно 1, однако в случае необходимости посредством этого блока можно усилить сигнал ограничителя. Сигнал, подаваемый от рукоятки управления на исполнительный механизм, сравнивается с сигналом от ограничителя нагрузки. Меньший из них подается на трехточечный регулятор ТРС [3], который генерирует импульсы на шаговый электродвигатель, а последний воздействует посредством тяги на управляющий золотник механизма изменения шага.

Блок ТРС с шаговым электродвигателем моделируется по выражению

$$\Delta H_{\text{вых}} = \text{INT} \left(\frac{\Delta H_{\text{вх}}}{\Delta D} \right) \cdot \Delta D,$$

где $\Delta H_{\text{вых}}$ – выходной сигнал с шагового электродвигателя (ACTV); $\Delta H_{\text{вх}}$ – входной сигнал на блок ТРС (REFV); ΔD – шаг дискретности электродвигателя.

Управляющий сигнал $\Delta H_{\text{вых}}$ системы ДАУ поступает на регулирующий клапан, который подает масло в полости вспомогательного серводвигателя маслораспределительной коробки. Клапан имеет пропорциональную зависимость расхода масла от сигнала $\Delta H_{\text{вых}}$, поэтому изменение относительного хода вспомогательного серводвигателя

$$\frac{d\bar{H}_{\phi}}{dt} = \frac{\Delta \bar{H}_{\text{вых}}}{T_{\text{всм}}},$$

где $T_{\text{всм}}$ – половинное время вспомогательного серводвигателя (время перемещения поршня из среднего положения в крайнее при полном открытии клапана управления).

При расчете абсолютная величина переменной $\overline{\Delta H}_{\text{вых}}$ ограничивается значением, при котором происходит полное открытие клапана управления, а абсолютная величина переменной $\overline{H}_{\text{ф}}$ – значением ± 1 .

Передаточная функция гидроусилителя ВРШ

$$W_{\text{врш}} = \frac{1}{T_{\text{врш}} \delta_{\text{врш}} + 1},$$

где $T_{\text{врш}}$ – половинное время силового сервомотора (время перемещения поршня из среднего положения в крайнее при полном открытии золотника), с; $\delta_{\text{врш}}$ – неравномерность управляющего элемента гидроусилителя ВРШ.

Моделльное исследование проведено при различных значениях пропорциональной K_p и интегральной составляющей $K_{\text{и}}$. При этом в качестве диапазона изменения настроечных параметров ограничителя нагрузки приняты значения, рекомендованные в технической документации системы управления SELMA-MARINE.

Условия проведения исследования:

сигнал ограничителя на пульте управления установлен на отметке 0,85 отн. ед.;

возмущение наносится ступенчатым перемещением рукоятки управления шагом винта из нулевого положения в положение 0,8 отн. ед.

Для оценки маневренных характеристик судна в первом приближении могут быть использованы в следующие показатели:

частота вращения коленчатого вала ω ;

цикловая подача топлива ГД h_p ;

фактический шаг винта $H/D_{\text{ф}}$.

При изменении пропорциональной составляющей K_p в диапазоне от 0,05 до 0,2 отн. ед. увеличивается время вывода шага винта на заданное значение, причем, при $K_p = 0,05$ (при данных условиях исследования) ограничитель нагрузки практически не вступает в действие. Чрезмерное же увеличение K_p может привести к ухудшению маневровых характеристик судна: увеличивается время переключки лопастей ВРШ. Время стабилизации частоты вращения ω и подачи топлива h_p меняются незначительно, однако, при больших значениях K_p появляется заброс по подаче топлива. Учитывая инерционность турбокомпрессора при увеличении подачи топлива совместно с падением частоты вращения, могут возникать температурные перегрузки ГД [4].

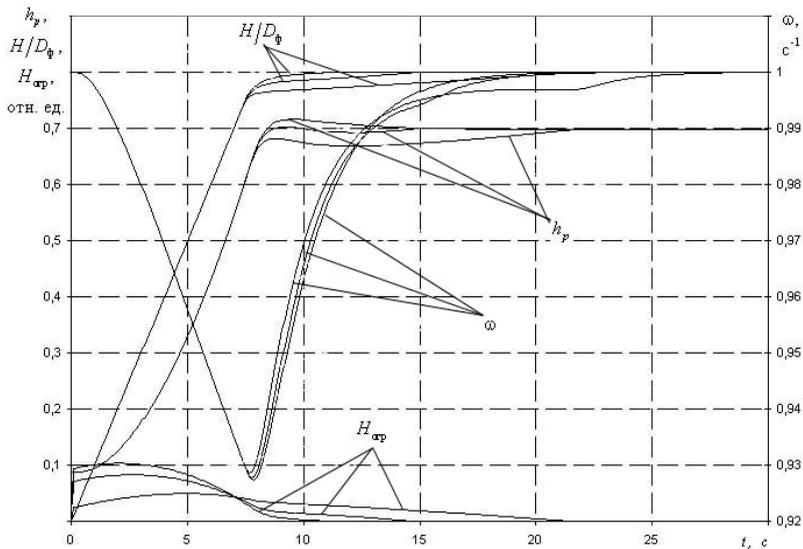


Рис. 2. Переходные процессы в СОД с ВРШ при различных значениях пропорциональной составляющей K_p электронного ограничителя нагрузки SELMA-MARINE

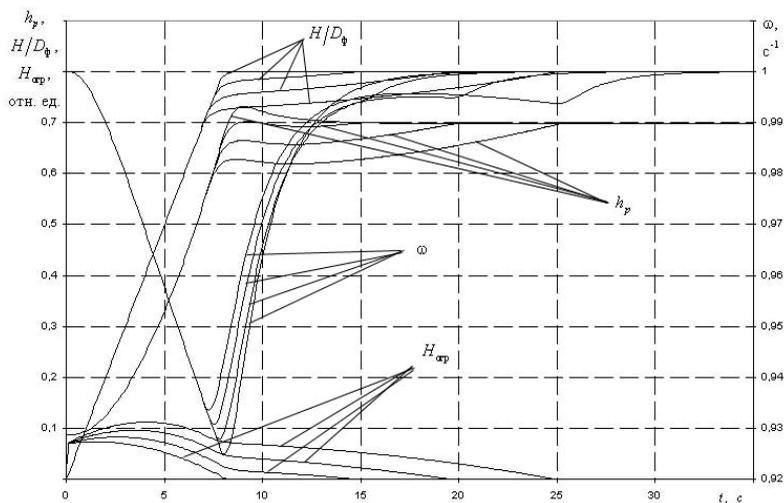


Рис. 3. Переходные процессы в СОД с ВРШ при различных значениях интегральной составляющей K_i электронного ограничителя нагрузки SELMA-MARINE

При изменении интегральной составляющей $K_{\text{и}}$ в диапазоне от 0,01 до 0,04 отн. ед. увеличивается время вывода шага винта на заданное значение. Время стабилизации всех параметров при увеличении $K_{\text{и}}$ меняется значительно (примерно увеличивается на 10 с), т.е. значительно ухудшаются маневровые характеристики судна.

Таким образом, использование настроечных параметров, значений рекомендованных в технической документации системы SELMA-MARINE, обеспечивает чрезмерно широкий диапазон динамических характеристик. Это свидетельствует о том, что применение рекомендованных значений без предварительного уточнения может существенно ухудшить маневровые характеристики судна. Для системы управления SELMA-MARINE можно рекомендовать сузить диапазон значений настроечных параметров: для $K_{\text{р}}$ в диапазоне от 0,1 до 0,15 отн. ед.; для $K_{\text{и}}$ в диапазоне от 0,02 до 0,03 отн. ед.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горб С.И. Моделирование судовых дизельных установок и систем управления: Учеб. пособие для вузов. – М.: Транспорт, 1993. – 134 с.
2. Суворов П.С. Эксплуатационные режимы нагружения главных судовых среднеоборотных дизелей. – Одесса: Моряк, 1995. – 224 с
3. Брошков С.Д. Модернизация электронного регулятора нагрузки на судах типа "Измаил" // Автоматизация судовых технических средств: науч. – техн. сб. – 2001. – Вып. 6. – Одесса: ОГМА. – С. 3 – 7.
4. Брошков С.Д. Методика обоснования темпа нагружения судовых среднеоборотных дизелей // Автоматизация судовых технических средств: науч. – техн. сб. – 2004. – Вып. 9. – Одесса: ОНМА. – С. 3 – 10.