

## МУФТА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ УГЛА ОПЕРЕЖЕНИЯ ВПРЫСКА ТОПЛИВА

С.К. Корабельников, к.т.н., директор  
ГОУ «Автотранспортный колледж» Администрации Санкт-Петербурга

Регулирование момента начала подачи топлива в зависимости от изменения числа оборотов дизельного двигателя возможно при использовании электромеханических муфт, заменяющих автоматическую муфту опережения впрыска топлива.

В разработанной электромеханической муфте повышение точности и скорости изменения угла опережения впрыска топлива, уменьшение ее габаритов достигается за счет оригинальной конструкции и электромагнитного привода.

Управление работой электромагнитного привода осуществляет управляемый источник тока. Величина управляющего тока пропорциональна частоте вращения коленчатого вала.

При работе автомобильного дизеля частота вращения коленчатого вала изменяется десятикратно. С увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя время, отводимое на впрыск топлива, его воспламенение и горение, а также на остальные циклы работы дизеля значительно сокращается.

Наиболее зависящей от сокращения времени протекания рабочих циклов оказывается длительность впрыска, так как от нее зависит количество топлива, поступающего в камеру сгорания цилиндра двигателя. При сокращении времени впрыска сокращается объем поступающего топлива. Оптимизация индикаторных показателей работы двигателя связана со смещением начала впрыска топлива, учитывая длительность периода задержки его воспламенения, чтобы топливо, подаваемое в цилиндры, успевало своевременно сгорать и двигатель развивал наибольшую мощность.

Регулирование угла опережения начала впрыска топлива не только увеличивает индикаторные показатели работы дизеля, но и оказывает влияние на экологические характеристики двигателя. Так, уменьшение угла опережения впрыска топлива понижает содержание  $\text{NO}_x$  и  $\text{C}_x\text{H}_y$ , но несколько увеличивает дымность отработавших

газов. Учитывая это и используя дополнительные средства, уменьшающие дымность отработавших газов, можно улучшить экологические характеристики работы дизельного двигателя, используя устройства, позволяющие точно регулировать угол опережения впрыска топлива.

Устройства опережения впрыска топлива размещаются между валами двигателя и топливного насоса высокого давления (ТНВД).

Традиционно они представляют собой механическую систему, содержащую две полумуфты и центробежные грузы, которые реагируют на изменение частоты вращения коленчатого вала двигателя. Увеличение числа оборотов двигателя за счет увеличения центробежной силы грузов обеспечивает увеличение угла опережения впрыска топлива.

Недостатком данных устройств является значительная масса центробежных грузов, что уменьшает скорость изменения угла опережения впрыска топлива, отрицательно сказывается на мощностных и экономических параметрах двигателя, особенно при частых изменениях частоты вращения коленчатого вала.

На сегодняшний день запатентованы и уже получили распространение муфты автоматического изменения угла опережения впрыска топлива, содержащие наряду с центробежными грузами или исключаящие их полностью электромеханические приводы. Работу таких устройств обеспечивают электронные системы управления, получающие сигналы управления от датчиков частоты вращения вала, нагрузки и т. п.

Предлагаемая муфта автоматического регулирования угла опережения впрыска топлива содержит корпус, в котором закреплена ведущая полумуфта со шлицами, размещены ведомая полумуфта со шлицами, подпружиненная и подвижная в осевом направлении втулка со шлицами, электромагнитная катушка с возможностью взаимодействия с втулкой. Ведомая полумуфта связана с ведущей полумуфтой через втулку посредством шлицевых соединений. Втулка установлена с возможностью углового поворота. Все шлицы на втулке и полумуфтах выполнены косыми с одинаковым углом наклона в сторону

вращения. Полая электромагнитная катушка установлена с возможностью размещения в ней, по меньшей мере, свободной части втулки.

Блок-схема муфты автоматического регулирования угла опережения впрыска топлива с управляемым источником тока, пропорционального частоте вращения коленчатого вала, представлена на рис. 1.

Установка втулки с возможностью углового поворота и выполнение на внутренней и внешней поверхностях втулки и сопряженных с ними поверхностях полумуфт шлицов с одинаковым углом наклона в сторону вращения дают возможность ведомой полумуфте повернуться относительно ведущей полумуфты на двойной угол

наклона шлицов. Поворот ведомой полумуфты на двойной угол позволяет уменьшить одновременно и угол наклона шлицов, и величину осевого перемещения втулки, что увеличивает точность изменения угла опережения впрыска топлива при меньшем линейном перемещении втулки, и одновременно снижает габариты муфты.

Использование электромагнитной катушки в качестве привода, воздействующего на подвижную втулку, дает возможность регулировать угол начала впрыска топлива при исключении какого-либо промежуточного рабочего тела, тем самым сокращает длительность цикла регулирования, уменьшает инерционность самого процесса регулирования и упрощает конструкцию в целом.

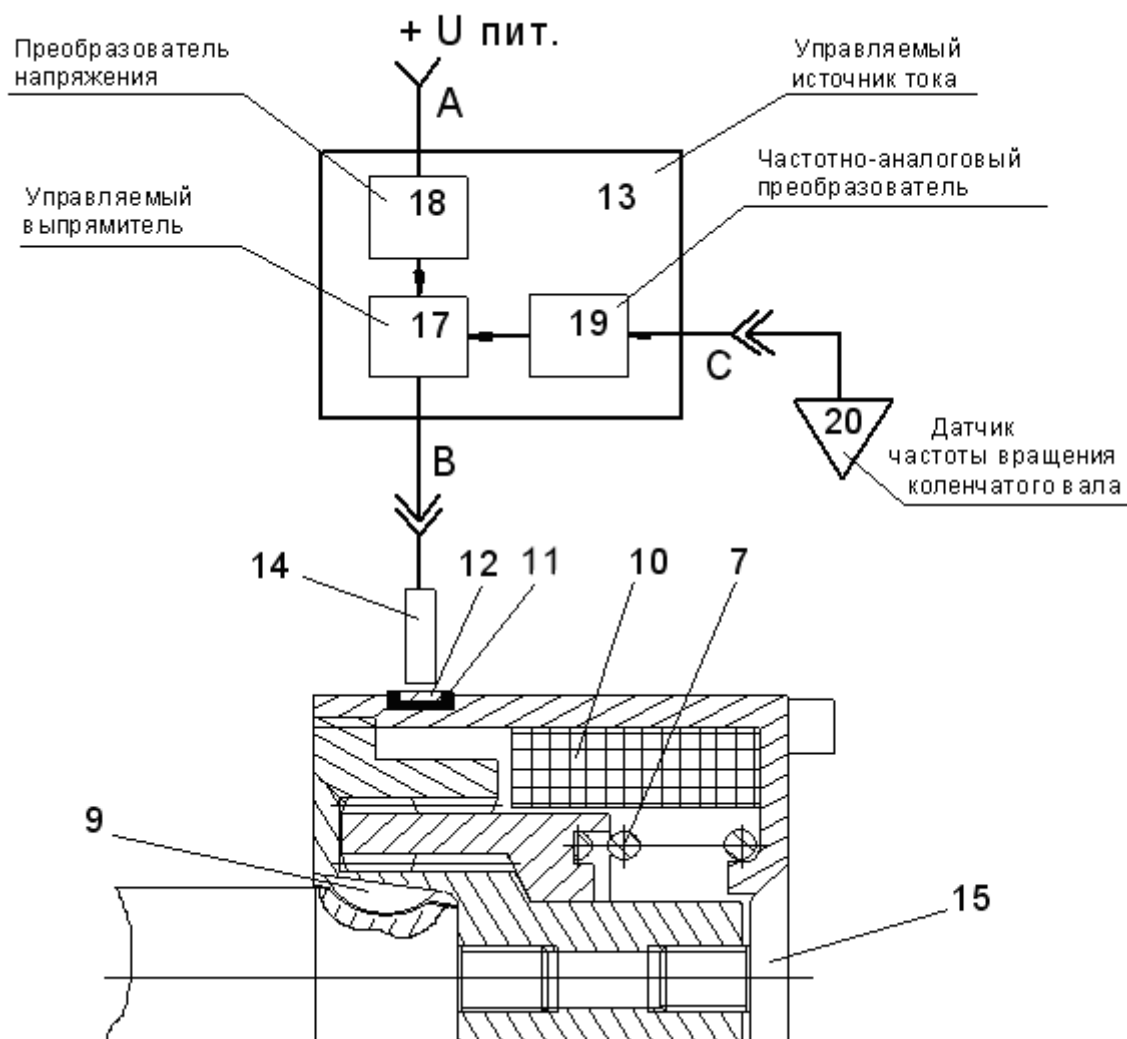


Рис.1. Блок-схема муфты с управляемым источником тока

1 — корпус муфты; 2 — ведущая полумуфта; 3 — ведомая полумуфта; 4 — подвижная втулка; 5 — шлицевое соединение между ведущей полумуфтой и подвижной втулкой; 6 — шлицевое соединение между подвижной втулкой и ведомой полумуфтой; 7 — пружина; 8 — кулачковый вал ТНВД; 9 — шпонка; 10 — электромагнитная катушка; 11 — изолятор; 12 — токоприемник; 13 — управляемый источник тока; 14 — неподвижный контакт; 15 — центрирующая пробка; 16 — прямоугольный шип; 17 — управляемый выпрямитель; 18 — преобразователь напряжения; 19 — частотно-аналоговый преобразователь; 20 — датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя

При этом автоматическая регулировка угла опережения впрыска топлива при изменении числа оборотов двигателя осуществляется без фактических замеров величины этого угла и величины нагрузки.

Конические поверхности скольжения между полумуфтами и между корпусом муфты и центрирующей пробкой позволяют устранить радиальные биения корпуса муфты, обеспечивая равномерный электрический контакт между неподвижным контактом и токоприемником. Постоянство зазора между подвижными деталями муфты обеспечивает регулирующая шайба, а жесткость конструкции — промежуточная втулка, по которой перемещается свободный конец подвижной втулки.

Блок управления представляет собой управляемый выпрямитель переменного напряжения, которое предварительно формируется преобразователем постоянного напряжения из напряжения, используемого для питания электрооборудования автомобиля. Сигнал, требуемый для управления выпрямителем, формирует датчик положения коленчатого вала (ДПКВ), который определяет частоту вращения коленчатого вала двигателя по зубчатой шкале, размещенной на шкиве коленчатого вала двигателя или непосредственно на корпусе самой муфты.

Импульсный сигнал от ДПКВ усиливается импульсным усилителем, а затем преобразуется цифроаналоговым преобразователем в постоянное напряжение, величина которого прямо зависит от частоты вращения коленчатого вала. Это напряжение и используется для управления работой управляемого выпрямителя.

Таким образом, совместное использование блока управления, позволяющего формировать на обмотке катушки зависящее от частоты вращения двигателя напряжение управления, и двух однонаправленных в сторону вращения кулачкового вала ТНВД косых шлицевых соединений между полумуфтами, с одной стороны, и подвижной втулкой, с другой стороны, позволяет изменять угол опережения впрыска топлива пропорционально изменению частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Для передачи напряжения управления на катушку используется токоприемник, который имеет кольцевую форму, обеспечивая постоянный контакт при вращении муфты. Токоприемник электрически изолирован от корпуса с помощью изолятора, имеющего также кольцевую форму.

Ведомую полумуфту закрепляют на конусе кулачкового вала ТНВД.

Муфта работает следующим образом. При неработающем двигателе на входе частотно-аналогового преобразователя отсутствует сигнал от датчика, из-за чего на второй вход управля-

емого выпрямителя поступает нулевое управляющее напряжение. В этом состоянии в управляемом выпрямителе происходит полное падение напряжения, что проявляется наличием нулевого напряжения управления на выходе *B* управляемого источника тока, из-за чего в электромагнитной катушке отсутствует ток. Подвижная втулка под действием пружины находится в исходном крайнем левом положении, что определяет постоянное минимальное значение угла опережения впрыска топлива на кулачковом валу ТНВД.

Преобразователь напряжения формирует переменное напряжение из постоянного напряжения питания, подаваемого на блок управления, которое в дальнейшем преобразуется обратно в постоянное с помощью управляемого выпрямителя.

При работе двигателя вращение приводного вала двигателя посредством двух прямоугольных шипов передается корпусу и ведущей полумуфте. Далее, посредством шлицевых соединений через подвижную втулку вращение передается на ведомую полумуфту, а затем посредством шпонки на кулачковый вал ТНВД.

Датчик положения коленчатого вала считывает данные со шкалы положения, расположенной на коленчатом валу двигателя. Электрические импульсы от датчика, имеющие частоту поступают на вход *C* управляемого источника тока. Импульсный сигнал от датчика проходит через частотно-аналоговый преобразователь, на выходе которого формируется постоянное напряжение, управляющее работой управляемого выпрямителя. На выходе последнего формируется постоянное напряжение управления, возникающий при этом ток посредством неподвижного контакта и токоприемника передается электромагнитной катушке.

Управляющий сигнал посредством неподвижного контакта и кольцевого токосъемника передается к обмотке катушки. Величина силы тока, протекающего через нее, определяет величину магнитного поля, оказывающего влияние на подвижную втулку. По мере увеличения числа оборотов двигателя сигнал управления от блока управления увеличивается, и соответственно возрастает магнитное поле, создаваемое обмоткой катушки.

При работе двигателя с малым числом оборотов (порядка 400 об/мин) вращение передается на кулачковый вал без смещения положения ведущей и ведомой полумуфт. В этом диапазоне работы рост силы магнитного потока, создаваемого обмоткой катушки, скомпенсирован силой, созданной предварительным сжатием пружины.

При увеличении частоты вращения двигателя магнитный поток усиливается, что дает возможность подвижной втулке перемещаться впра-

во; пружина при этом сжимается. Подвижная втулка перемещается по наклонным шлицам в отверстии ведущей полумуфты и на поверхности ведомой полумуфты, вследствие чего возникает угловая составляющая силы, стремящаяся сместить ведущую и ведомую полумуфты относительно подвижной втулки в противоположных направлениях. В результате кулачковый вал смещается относительно приводного вала в направлении вращения, увеличивая угол опережения впрыска топлива и обеспечивая более раннее начало поступления топлива в цилиндры двигателя.

Величина углового смещения полумуфт относительно подвижной втулки определяется углом наклона шлицов в соединении и продольным перемещением самой подвижной втулки, обусловленного величиной магнитного поля, создаваемого силой тока, протекающей в обмотке катушки. Относительное угловое смещение пропорционально изменению частоты вращения коленчатого вала двигателя.

При максимальном числе оборотов двигателя (порядка 4000 об/мин) кулачковый вал ТНВД смещен в направлении вращения на максимальный угол, определяемый возможностью перемещения втулки 4. Пружина 7 полностью сжата и дальнейшее увеличение частоты вращения коленчатого вала не вызовет изменения величины угла опережения впрыска топлива; он остается постоянным.

При снижении числа оборотов двигателя последовательно уменьшаются: частота сигнала, поступающего на вход  $C$  управляемого источника тока; напряжение управления на выходе  $B$  управляемого источника тока; сила тока, проходящая в электромагнитной катушке; сила магнитного поля, воздействующая на втулку. В результате подвижная втулка под действием сжатой пружины перемещается влево, поворачивая кулачковый вал с помощью ведомой полумуфты в сторону уменьшения угла опережения впрыска топлива.

---



---

 НА ДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАВОДАХ РОССИИ
 

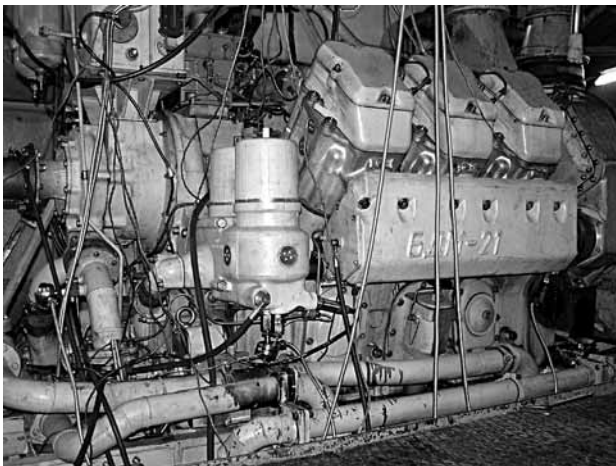
---



---

### Судовые вспомогательные дизель-генераторы АДГ-630 для ВМФ

На ООО «Уральский дизель-моторный завод» (бывший «Турбомоторный») в сентябре 2005 года завершены межведомственные испытания головного образца судового вспомогательного дизель-генератора АДГ-630, предназначенного для установки на корвете проекта 20380, разработанного ФГУП ЦМКБ «Алмаз». Корабль для ВМФ России строится на ОАО «Северная верфь» в Санкт-Петербурге. В составе АДГ-630 исполь-



зуется дизель 6ДМ 21С (6ЧН 21/21) мощностью 809 кВт при 1500 об/мин. Результаты испытаний, представленные комиссии, в состав которой вошли представители Заказчика и независимые эксперты, подтвердили соответствие дизеля требованиям технического задания, национальных стандартов по шуму, вибрации и выбросам вредных веществ в атмосферу. Испытания проведены независимыми аккредитованными испытательными лабораториями ФГУП ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова и ООО ЦНИДИ-Эко-сервис. На строящемся корвете уже установлены четыре агрегата АДГ-630. В этом же году планируется начало швартовых испытаний.

*Зам. главного конструктора УДМЗ,  
к.т.н., доцент В.А. Липчук*

---

АДГ-630 с дизелем 6ДМ 21С  
на моторном стенде завода