

УДК 631.37:621.4

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ПОЛНОТЫ ЗАГРУЗКИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Чагаев Р.И., Еремин Д.А., студенты 4 курса инженерного факультета

Научные руководители – Стрельцов С.В, к.т.н. доцент,

Мустякимов Р.Н, к.т.н. доцент

ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»

Ключевые слова: *Регулятор частоты вращения, крутящий момент, средства контроля дизеля, загрузка двигателя, корректор, индуктивная катушка.*

Проведенные исследования [4,5,11,12,13] свидетельствуют, что в условиях в рядовой эксплуатации дизельных тракторов имеет место недоиспользование номинальной мощности двигателя до 20...30 %, что существенно снижает эффективность использования машинотракторного агрегата (МТА). В связи с этим актуально применение на авто-тракторной технике средств контроля загрузки дизеля, позволяющие в автоматическом режиме осуществлять контроль полноты загрузки двигателя и выбирать оптимальные режимы работы двигателя МТА. Из-за отсутствия штатных устройств контроля полноты загрузки двигателя не реализуется выше указанный способ повышения эффективности использования МТА. При этом имеется теоретический и практический опыт приборного контроля полноты загрузки двигателя направленный на повышение эффективности использования МТА за счет выбора рациональных режимов работы его энергосредства. Проведенный анализ существующих средств полноты загрузки двигателя МТА [3] позволил классифицировать их по следующим критериям (рисунок 1):

- по оцениваемым параметрам загрузки двигателя;
- по способам оценки загрузки двигателя.

Наибольший практический интерес представляют устройства [6,7,8,9], оценивающие режим работы центробежного регулятора частоты вращения (РЧВ), что позволяет в комплексе оценивать такие параметры как загрузка дизеля по крутящему моменту, частота вращения коленчатого вала и фактический расход топлива.

двигателя ω_e . Угловую скорость коленчатого вала двигателя регулируют следующим образом. Оператор задает режим работы двигателя посредством тяги 4 (рисунок 2, б) и рычагов 3 и 5 устанавливая предварительное натяжение пружины 6 регулятора. В случае если нагрузка двигателя не соответствует заданной, изменяется частота вращения коленчатого вала двигателя и кинематически связанного с ним вала 1 центробежных грузов РЧВ. Вследствие этого нарушается баланс сил регулятора и происходит перемещение рейки дозатора ТНВД на величину h_p .

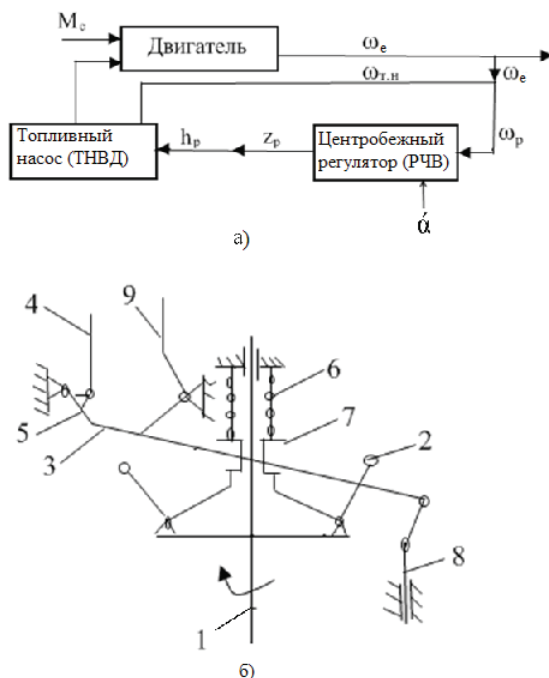


Рисунок 2 – Структурная схема автоматического регулирования угловой скорости коленчатого двигателя (а) и схема работы центробежного РЧВ дизеля (б): 1 – вал регулятора; 2 – грузы; 3, 5 – рычаги; 4 – тяга; 6 – пружина; 7 – муфта регулятора; 8 – рейка дозатора ТНВД; 9 – рычаг корректора РЧВ

В результате изменяется цикловая подача топлива $g_{ц}$, и следовательно крутящий момент двигателя M_e . При заданном положении рейки

топливного насоса цикловая подача топлива зависит от угловой скорости кулачкового вала по закону скоростной характеристики топливного насоса $g_{ц} = f(\omega_p)$. Эта зависимость учтена в структурной схеме стрелкой с индексом $\omega_{т.н.}$. Таким образом, величина $\omega_{с.}$ редуцированная в ω_p представляет собой входную координату регулятора. Его выходной координатой является перемещение z_p , которое по отношению к топливному насосу будет входной (в виде h_p) координатной. Следовательно, регулятор преобразует приращение угловой скорости коленчатого вала двигателя в перемещение рейки топливного насоса, а топливный насос преобразует перемещение рейки в изменение цикловой подачи топлива $g_{ц}$.

С учетом принципа работы РЧВ обосновано технологическая схема предлагаемого устройства контроля загрузки дизеля (УКЗД) [10]. В данном устройстве контроль загрузки дизеля оценивается по величине перемещения рычага РЧВ. Величина перемещения рычага корректора РЧВ оценивается электромагнитным сигналом, создаваемым индуктивным датчиком перемещений.

При обосновании параметров индуктивного датчика перемещения УКЗД возникла необходимость выполнить расчеты магнитной цепи электромагнитной катушки. Расчет магнитной цепи по существу является проверочным, так как обычно, исходя из конструктивных и технологических требований, задается ее геометрией (в том числе величиной и формой перемещения) и материалом сердечника и затем определяют магнитное сопротивление отдельных участков (с учетом полей “выпучивания” в воздушных зазорах и потоков утечки). При расчете проводимости воздушных зазоров индукцию представляют в виде потоков, каждый из которых находится внутри трубки простой геометрической формы – цилиндрической. Более точны методы, основанные на использовании экспериментальных данных, полученных моделированием магнитного поля.

Длина индуктивной электромагнитной катушки l_k , должна соответствовать максимальному перемещению рычага корректора РЧВ топливного насоса НД-22/6Б4.

По условиям работы РЧВ максимальное перемещение рычага корректора определяется суммой:

$$\Delta z = z_p + z_k, \text{ мкм}, \quad (1)$$

где Δz – максимальное перемещение рычага корректора РЧВ, мкм; z_p – максимальное перемещение рычага корректора РЧВ при его работе на регуляторной ветви (рисунок 3), мкм; z_k – максимальное отклонение штока корректора при работе РЧВ на корректорной ветви (режим перегрузки), мкм.

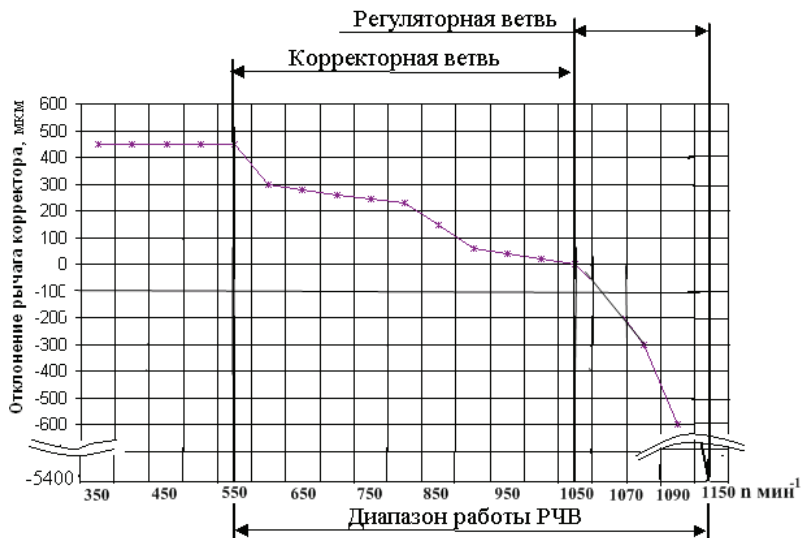


Рисунок 3 – Перемещение рычага корректора во всем диапазоне работы РЧВ

Требуемая длина рабочей части индуктивной катушки датчика перемещений, должна соответствовать условию (рисунок 4):

$$l_k \geq \Delta z, \quad (2)$$

Полная длина катушки h_k определяется:

$$h_k = l_k + 2v, \text{ мкм}, \quad (3)$$

где v – толщина каркаса индуктивной катушки перемещений (см. рисунок 4), мкм.

Рабочая длина катушки индуктивного датчика перемещений равна:

$$l_{\text{кат}} = h_k - 2v > (1,1 \dots 1,3)\Delta z, \text{ мкм}, \quad (4)$$

Для обеспечения свободного перемещения сердечника внутри катушки его внутренний диаметр принимается $d_1 = 3$ мм. При обосновании наружного диаметра d_2 необходимо выполнить условия размещения катушки внутри колпака корректора диаметр, которого равен 16 мм (рисунок 5). Внутренний диаметр индуктивной катушки равен $d_1 = 3$ мм, а наружный диаметр d_2 индуктивного датчика должна быть не более диаметра корректора ($\varnothing_k = 16$ мм, $L_k = 47$ мм), для удобства монтажа в колпаке корректора.

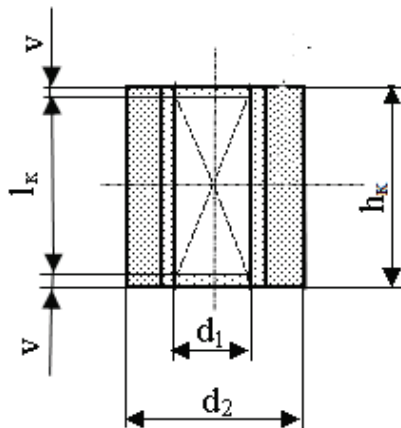


Рисунок 4 – Расчетная схема индуктивной катушки первичного преобразователя (датчика): l_k – рабочая длина индуктивного датчика перемещений; v – толщина каркаса; d_1 – диаметр внутренний; d_2 – диаметр наружный; h_k – длина индуктивной катушки перемещений.

При известном диаметре и длине катушки определяется число витков провода индуктивной катушки по формуле [1]:

$$W = \frac{l_e (d_2 - d_1 - 4v)}{2 \cdot \chi \cdot d_n^2}, \quad (5)$$

где d_1 – диаметр внутренний, мм; d_2 – диаметр внешний, мм; v – толщина каркаса катушки, мм; d_n – диаметр провода с изоляцией, мм; χ – коэффициент заполнения обмотки.

Индуктивность катушки без магнитопровода (стального сердечника) определяется как для многослойной цилиндрической катушки с эквивалентным радиусом R и длиной l_k [1]:

$$L_0 = \frac{\pi \cdot \mu_0 \cdot W^2 \cdot R^2}{\eta \cdot \epsilon}, \text{ мГн}, \quad (6)$$

где R – средний радиус $R = (d_1 + d_2)/4$, η – КПД индуктивности; k – коэффициент [1] $k = 0,55 \dots 0,60$; μ_0 – эффективная магнитная проницаемость, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$.

$$\eta = 0,7 \frac{R}{l_e} + 1,6 \frac{\tau}{l_e + 1,5}, \quad (7)$$

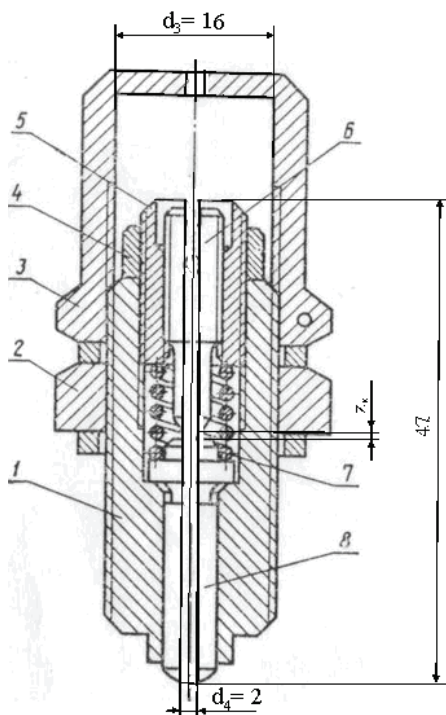


Рисунок 5 – Корректор (22.111.0170-02) топливного насоса НД-22/6Б4:
1 – корпус корректора; 2 и 4 – контргайки; 3 – колпак корректора;
5 – винт; 6 – винт ограничитель хода штока корректора; 7 – пружина;
8 – шток корректора.

где τ – толщина катушки $\tau = 0,5(d_2 - d_1) - 2 \nu$.

Индуктивность катушки с магнитопроводом (стальным сердечником) определяется по формуле [1]:

$$L = L_0 + k \cdot (\mu_c - 1). \quad (8)$$

Постоянный контакт рычага корректора со стержнем обеспечивается пружиной сжатия усилие, которой рассчитывается по формуле:

$$F_x = \frac{G \cdot d^4 \cdot f_x}{8 \cdot D^3 \cdot n \cdot p}, \quad \text{Н} \cdot \text{мм}, \quad (9)$$

где F_x – возвратная сила пружины сжатия Н·мм; G – жесткость пружины

ны, Н·мм²; d – диаметр пружинной проволоки, мм; $f_x = \Delta z$ – абсолютная линейная деформация пружины, мм; D_{cp}^3 – средний диаметр пружины, мм; n – число рабочих витков пружины.

Длина колпачка корректора определяется из выражения:

$$l_{\dot{e}\dot{e}} = 3h_{\dot{e}} + f_x + l_{\dot{e}}, \quad (10)$$

где f_x – абсолютная линейная деформация, мм; l_p – глубина резьбы в колпачке корректора, мм.

Сформированный электрический сигнал по кабелю поступает в преобразователь сигналов 1 (рисунок 6), где преобразовывается в показания указателя загрузки 5. Задающий генератор 2 преобразователя 1 вырабатывает электрические импульсы заданной частоты, которые поступают на входы буферного каскада 3.

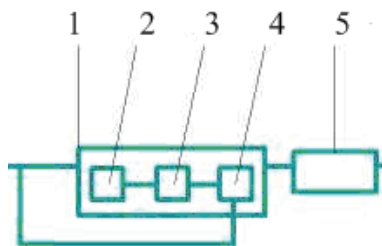


Рисунок 6 – Схема соединения вторичного преобразователя: 1 – преобразователь сигналов; 2 – задающий генератор; 3 – буферный каскад; 4 – интегратор; 5 – указатель загрузки двигателя.

Буферный каскад 3 обеспечивает развязку задающего генератора 2 и индуктивного датчика перемещений, а интегратор 4 обеспечивает стабилизацию выходных сигналов первичного преобразователя (индуктивного датчика), время отклика которых регулируется изменением емкости конденсатора. Отклонение стрелки указателя УКЗД 5 соответствует действительной нагрузке двигателя. Выходные сигналы с помощью преобразователя сигналов согласовываются с показаниями указателя загрузки. Данное устройство, позволяет повысить достоверность контроля загрузки дизеля во всем диапазоне работы центробежного РЧВ.

Библиографический список:

1. Компанейц, Д.А. Построение математической модели индуктивного датчика перемещений для систем автоматического контроля. / Центральное конструкторское бюро автоматики/ Режим доступа: <http://www.ckba.net/main.ru>, свободный. Загл. с экрана.
2. Кутьков, Г.М. Тракторы и автомобили: Теория и технологические свойства / Г.М. Кутьков – М.: Колос, 2004. – 503 с.
3. Мустьякимов, Р.Н. Обоснование способа и средств контроля загрузки дизеля в условиях эксплуатации / Р.Н. Мустьякимов // Материалы Международной науч. практ. конф. – Ульяновск; ГСХА. – 2008. – т.1. – С. 241-243.
4. Мустьякимов, Р.Н. Производственная оценка влияния коэффициента загрузки двигателя на эксплуатационные показатели машинно-тракторного агрегата /Р.Н. Мустьякимов // Сб. материалов Всероссийской науч.-практ. конф. Пенза.: ПГСХА. – 2009. С. 45-47.
5. Мустьякимов Р.Н. Повышение эффективности использования МТА за счет контроля и оценки полноты загрузки двигателя: автореферат дис. ... канд. технических наук / Раиль Наилевич Мустьякимов. – Пенза, 2010. – 19 с.
6. Пат. 2379640 Российская Федерация, МПК G01L 23/22 (2006.01) Устройство контроля дизеля/ заявители: А.П. Уханов, С.В. Стрельцов, Р.Н. Мустьякимов, Р.М. Гайсин; патентообладатель ФГОУ ВПО Ульяновская ГСХА. - № 2379640; заяв. 21.07.08; опубл. 20.01.10 г. Бюл. №2.
7. Пат. 121064 Российская Федерация, МКП 7G 01 L23/08 Устройство контроля и оценки загрузки двигателя тягового средства/ заявители А.П. Уханов, Д.А. Уханов, С.В. Стрельцов, Р.Н. Мустьякимов, Р.М. Опубл. 10.10.2012 Бюл.№28.
8. Пат. 2514544 Российская Федерация МПК G01L 23/08 (2006.01) Устройство контроля полноты загрузки дизельного двигателя/ заявители А.П. Уханов, М.В. Рыблов, С.В. Стрельцов, Р.Н. Мустьякимов; патентообладатель ФГБОУ ВПО Пензенская ГСХА 2012129082/06 заяв. 10.07.2012; опубл. 27.04.2014 г. Бюл. №2.
9. Уханов, А.П. Устройство контроля загрузки дизеля /А.П. Уханов, С.В. Стрельцов, Р.Н. Мустьякимов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – Самара. – 2009. – № 3. – С. 59-61.
10. Уханов, А.П. Повышение эффективности использования машинно-тракторного агрегата за счет контроля загрузки двигателя /А.П. Уханов, С.В. Стрельцов, Р.Н. Мустьякимов // Уральский научный вестник. - Днепропетровск 2009. -№7(22). – С. 21-23.

11. Уханов, А.П. Режимы работы двигателя энергосредства с учетом эксплуатационных показателей МТА/ А.П. Уханов, С.В. Стрельцов, Р.Н. Мустякимов // Тракторы и сельхозмашины. – 2009, - № 11. – С.20 - 22.

12. Уханов, А.П Индуктивное устройство контроля загрузки двигателя / А.П. Уханов, С.В. Стрельцов, Р.Н. Мустякимов // Материалы 3 Международной науч. практ. конф. «Улучшение эксплуатационных показателей двигателей внутреннего сгорания» Сб. научных трудов. Вып. №8. – Киров: Вятская ГСХА. – 2010. С.148-152.

13. Уханов А. П., Стрельцов С. В., Мустякимов Р. Н., Татаров Л. Г., Зайцев В. П. Повышение эффективности использования машинно-тракторного агрегата за счет приборного обеспечения контроля и оценки полноты загрузки. // Научное обозрение. 2014, №4. – С.14-21.