

Рисунок 4 – Схема последовательностей совершения событий при эксплуатации легкового автомобиля

Выводы

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

Приведенная методика проектирования генераторных установок, аккумуляторных батарей и стартерных электродвигателей автотранспортных средств, включая электромашинные преобразователи различного типа и назначения, позволяет учесть их работу в условиях реальной эксплуатации.

Разработанная авторами методика основана на использовании метода имитационного моделирования, позволяющего разбить эксплуатацию автомобиля на различные события (разгон, торможение, установившееся движение, стоянка на оборотах холостого хода, торможение двигателем и т.д.). На основании этих событий и экспериментальных ездовых циклов, полученных авторами на основании эксплуатационных исследований различных типов автомобилей, составлен алгоритм эксплуатации. Данный алгоритм в любой конкретный момент времени позволяет рассчитать частоту вращения ротора генератора и ток нагрузки электропотребителей.

Результаты эксплуатационных испытаний подтверждают адекватность разработанной авторами математической модели системы электроснабжения и пуска, учитывая их реальные условия эксплуатации.

Гидропривод вентилятора для системы охлаждения автомобильного двигателя

Труханов К.А.
МГТУ им. Н.Э.Баумана
email: trukhanov@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрена возможность использования гидропривода вентилятора для охлаждения автомобильного двигателя и приведены схемные решения.

Ключевые слова: гидропривод вентилятора, охлаждение двигателя.

Вентилятор на автомобиле используется для повышения интенсивности охлаждения

жидкости в радиаторе. Вентилятор может иметь различный привод:

- механический (постоянное соединение с коленчатым валом двигателя – ременный привод);
- электрический (управляемый электродвигатель);
- гидромеханический (гидромуфта, вискомуфта).
- гидравлический (гидромотор, насос и система управления расходом рабочей жидкости (далее РЖ) – переливной клапан, устанавливаемый параллельно гидромотору, или регулируемый насос).

Если рассматривать механическую систему привода вентилятора, то это самая простая конструкция. Она известна и хорошо отработана. Вращение вентилятора осуществляется с помощью клинового ремня от шкива, устанавливаемого на конце коленчатого вала. Но в этом случае вентилятор работает постоянно, а значит, постоянно шумит, потребляет мощность, которая составляет по некоторым оценкам 3–6% от мощности двигателя, и, главное, охлаждает двигатель независимо от его температурного режима, что не является оптимальным режимом эксплуатации. Также к недостаткам данного привода стоит отнести отсутствие возможности регулировать вращение вентилятора в зависимости от климатических условий. Обозначенные факторы заставили разработчиков систем охлаждения отказаться от данного вида привода вентилятора.

Широкое применение в легковом автомобилестроении получил электрический привод вентилятора, обеспечивающий широкие возможности для регулирования. В последнее время появились двухскоростные электродвигатели, позволяющие осуществлять ступенчатое регулирование: вентилятор отключен, работает с минимальной или с максимальной проектной частотой вращения. Есть машины и с двумя вентиляторами, которые включаются в работу последовательно. Такой привод имеет ограничение по мощности. Так при мощности электродвигателя 110–200 Вт, устанавливаемый на легковые автомобили (например, ВАЗ-2106, ГАЗ-24), потребляемый ток при номинальной мощности составляет 14 – 25 А.

На грузовых машинах привод должен обеспечить от 10 до 20 кВт (такие автомобили, как КамАЗ 6560). В данных условиях электропривод просто неприменим.

Сложные системы позволяют плавно регулировать скорость вентилятора. На многих легковых автомобилях (например, БМВ, Мерседес), а также на некоторых грузовиках (в том числе и на отечественном ЗИЛ-4331) в привод вентилятора встроена вискомуфта. Вал муфты устанавливается на маховик насоса системы охлаждения.

Принцип ее работы следующий: пока мотор не прогрелся, рабочая полость муфты пуста – специальная силиконовая жидкость находится в резервной полости. Двигатель прогревается, термоэластичная пластина постепенно открывает клапан, жидкость поступает в рабочую полость, и, когда проскальзывает между дисками, ее вязкость растет – муфта начинает передавать момент. С ростом температуры рабочая полость заполняется все больше, обороты вентилятора увеличиваются. Рассмотренным способом плавно регулируются обороты вентилятора. Вискомуфта сконструирована так, что на малых оборотах двигателя ее проскальзывание невелико, а при высоких – вентилятор заметно отстает. Указанное свойство муфт позволяет заметно экономить энергию (следовательно, топливо) на высокой скорости, когда обдув радиатора достаточен.

На дизельных двигателях (далее ДД) большой мощности для бесступенчатого регулирования оборотов в приводе нередко используется гидравлическая муфта, подобная той, что работает в автоматических коробках передач. Обороты вентилятора изменяются здесь в зависимости от заполнения полости между ведущим и ведомым колесами муфты. Количество масла, поступающего из системы смазки двигателя, регулируется по температуре охлаждающей жидкости автоматически.

За неоспоримыми достоинствами подобного привода вентилятора скрыты существенные недостатки:

- сложность конструкции гидромуфты, сложность эксплуатации (замена, ремонт);
- компоновка автомобиля “жесткая”: радиатор должен быть расположен перпендикулярно

валу насоса системы охлаждения и в непосредственной близости от него, что затрудняет компоновочные работы;

- использование специальных (силиконовых) РЖ. Замена жидкости в случае утраты герметичности муфты зачастую не предполагается.

В настоящее время в автомобильной технике все большее распространение получают системы охлаждения с гидроприводом вращения вентилятора для силовых установок большой мощности (от 15-20 кВт).

В простом виде гидропривод вентилятора состоит из насоса, переливного клапана, установленного в линии параллельной гидромотору, гидромотора, датчиков. Все гидроприводы вентилятора дают возможность поместить радиатор не у двигателя, как при использовании приводов с другим типом управления, а в любом другом подходящем месте. Размещение радиатора в месте, удаленном от главных источников пыли и грязи, означает, что он будет чистым более длительное время и сможет прослужить дольше. К тому же, направление вращения вентилятора может быть изменено, когда скопившуюся грязь необходимо устранить с поверхности радиатора. Обозначенные свойства улучшают охлаждение, делая производительность радиатора более эффективной. Кроме того, радиатор и вентилятор могут быть установлены в место, отводящее тепло от транспортного средства. Это может сохранить дополнительную энергию, уменьшая охлаждающую нагрузку на кабину оператора.

Один из вариантов гидропривода вентилятора – это использование насоса с постоянным рабочим объемом, приводящего в движение гидромотор также с постоянным рабочим объемом (рисунок 1 и 2). В состав гидропривода входит клапан управления давлением, который регулирует крутящий момент на валу гидромотора (скорость вентилятора). Такие системы быстро реагируют и предлагают высокую воспроизводимость для незначительных сигналов настройки скорости, обычно используя инверсивно-действующий пропорциональный клапан управления давлением.

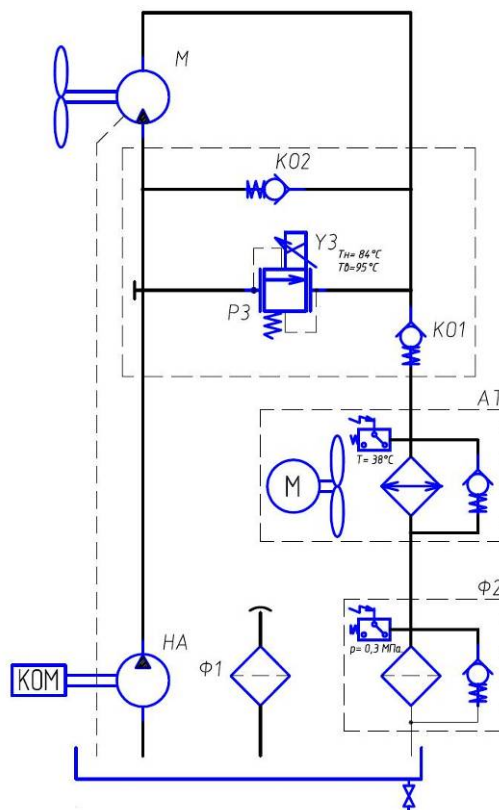


Рисунок 1 – Принципиальная схема системы гидропривода вентилятора с пропорциональным клапаном: НА – насос; М – гидромотор; К01 и К02 – клапан обратный; РЗ – переливной клапан; УЗ – электрическая катушка переливного клапана; АТ – аппарат теплообменный (теплообменник); Ф1 – фильтр-заливная горловина; Ф2 – сливной фильтр

Эта схема обеспечивает максимальную скорость вентилятора по умолчанию, если контроллер (устройство управления) вышло из строя или с ним случился иной сбой. В случае использования традиционного привода порванный ремень может вызвать перегрев двигателя и его заклинивание.

Пропорциональный клапан служит связью между гидравлической и электрической частью системы управления. Клапан имеет инверсивный сигнал управления для возможности работы системы при обрыве электрических проводников и/или отказе электрической части системы. Особенностью системы является наличие аналогового преобразователя температуры, необходимого для управления пропорциональным клапаном давления. В связи с этим нет необходимости использовать цифровой контроллер, что упрощает эксплуатацию системы.

Отличительная особенность от подобных систем охлаждения двигателя – это отсутствие программируемого контроллера. В предложенной системе установлен аналоговый преобразователь температура-ток. Система способна работать автономно. Управление аналоговое, что дает системе повышенную живучесть и отказостойкость в условиях, непригодных для цифровой электроники.

В качестве задающего устройства управления системой служит датчик температуры, устанавливаемый в радиатор двигателя транспортного средства.

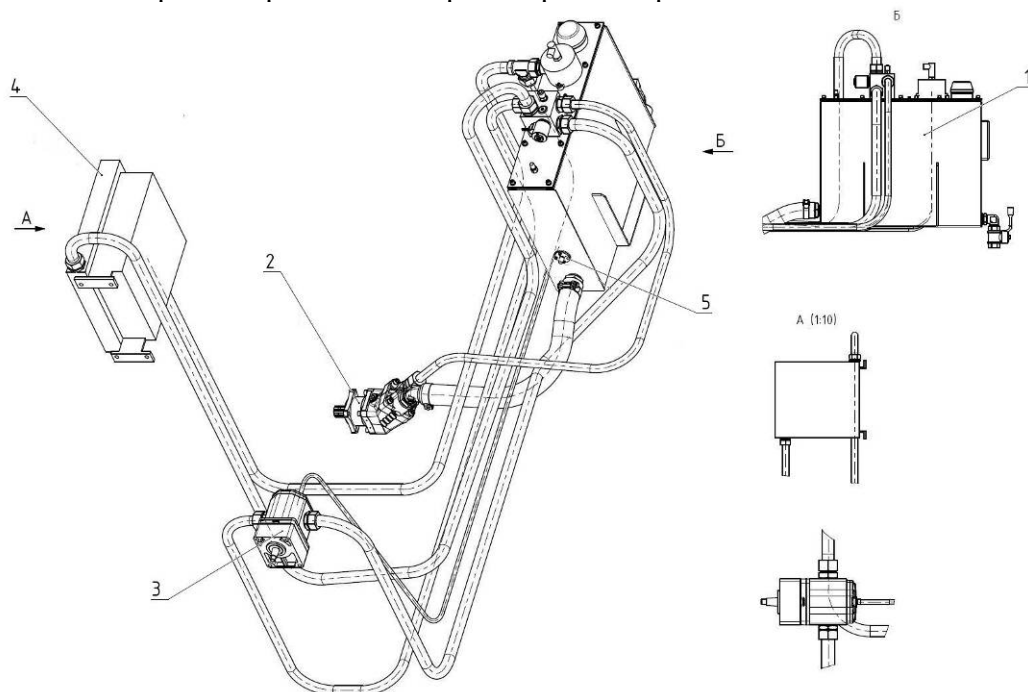


Рисунок 2 – Монтажная схема системы гидропривода вентилятора с пропорциональным клапаном (на примере машины КамАЗ 6560): 1 – бак системы в сборе (на баке устанавливается пропорциональный переливной клапан); 2 – насос нерегулируемый; 3 – гидромотор нерегулируемый; 4 – теплообменник; 5 - компенсатор расширения объема РЖ

В конструкцию бака входит компенсатор расширения объема РЖ при ее нагреве, рисунок 3.

Изменение объема ΔV и объем рабочей жидкости при изменении температуры с t_1 до t_2 определяется по формулам:

$$\Delta V = \beta_T \cdot V \cdot (t_2 - t_1), \quad (1)$$

$$V_{t2} = V_{t1} \cdot [1 + \beta_T \cdot (t_2 - t_1)], \quad (2)$$

где: V и ΔV – начальный объем и приращение объема при повышении температуры на Δt .

Размерность коэффициента β_T – $1/^\circ\text{C}$. V_{t1} , V_{t2} – объемы рабочей жидкости при температуре t_1 и t_2 , соответственно.

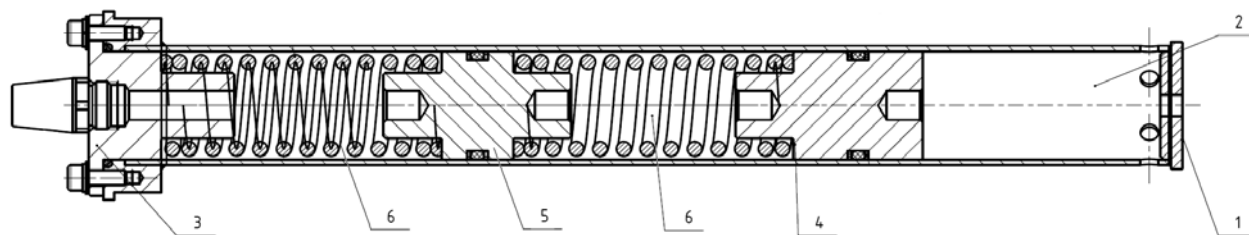


Рисунок 3 – Компенсатор расширения объема РЖ: 1 – задняя крышка; 2 – корпус; 3 – передняя крышка в сборе; 4,5 – поршень; 6 – пружина

Величина коэффициента β_T объемного расширения невелика ($\beta_T = 8,75 \cdot 10^{-4} \text{ 1/}^\circ\text{C}$). Однако это изменение следует все же учитывать при расчете гидроприводов с замкнутой циркуляцией потока, чтобы избежать разрушений элементов гидропривода при нагреве.

Для спроектированной системы был определен $\Delta V = 3.24 \text{ л}$ при эффективном объеме бака 37 л.

Повышение давления в сосуде при наличии воздушной полости было определено по формулам:

$$\Delta p = p_2 - p_1, \quad (3)$$

$$p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{V_{t1}}{V_{t2}} \right) \cdot \left(\frac{|t_2|}{|t_1|} \right), \quad (4)$$

где: Δp - приращение давления при повышении температуры;

V_{t1}, V_{t2} – объемы рабочей жидкости при температуре t_1 и t_2 соответственно.

Для системы Δp составило: $\Delta p = 0.19 \text{ МПа}$. При $t_1 = -40^\circ\text{C}$, $t_2 = +60^\circ\text{C}$.

По полученным значениям был спроектирован компенсатор расширения.

Более простым решением системы гидропривода вентилятора является схема с дискретным управлением рисунки 4 и 5.

Из рассмотренных выше приводов вентилятора следуют преимущества использования гидроприводов для обеспечения требования охлаждения двигателя.

К числу этих преимуществ относятся:

- более низкое потребление топлива;
- зависимость потока воздуха от требуемого охлаждения;
- меньшее тепловыделение (меньшие потери мощности);
- поддержание температуры двигателя в оптимальном диапазоне;
- меньшая величина потребляемой у двигателя мощности.

Эти преимущества объясняются тем, что гидропривод вентилятора при работе двигателя при оптимальной температуре требует меньше мощности, чем вентилятор, имеющий ременный привод. Рабочая же температура, как известно, оказывает двойное действие на эффективность двигателя. Коэффициент экономичности, равный отношению развиваемой двигателем мощности к его топливопотреблению, достигает максимального значения в пределах относительно узкого интервала температур.

Кроме того, потери мощности являются самыми низкими в пределах другого узкого интервала температур. Эти два коэффициента накладываются друг на друга в еще более узком интервале. Именно поэтому температура двигателя должна поддерживаться в пределах указанного интервала для максимальной эффективности и минимальной потери мощности.

На основании сравнительного анализа схем гидроприводов охлаждения двигателя, математических моделей этих схем и определенных критериев, проводится оптимизация систем по методике, изложенной в работах [1] и [2]. Результаты оптимизации позволяют выбрать для рассматриваемого проектного варианта наилучшие, в соответствии с принятыми критериями, значения параметров. Проведя такой выбор для всех проектных вариантов, конструктор имеет возможность найти наилучший вариант, принимая при этом во внимание и

другие критерии, которые здесь не были формализованы и не учитывались при вычислительном эксперименте [3], [4].

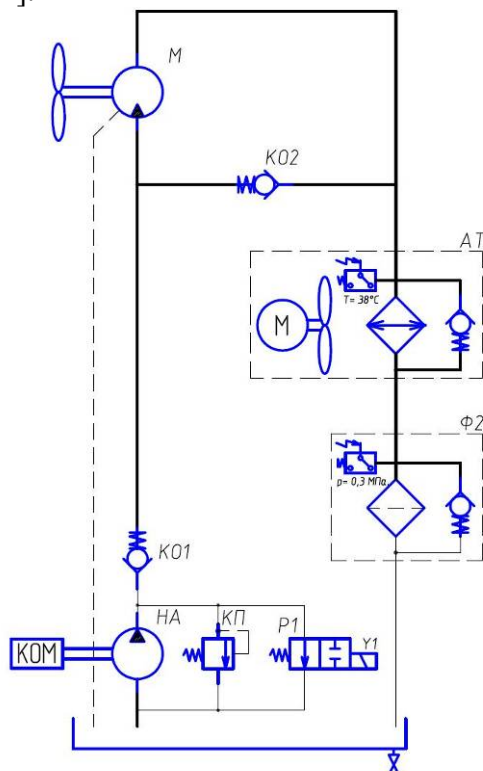


Рисунок 4 – Принципиальная схема системы гидропривода вентилятора с дискретным клапаном: НА – насос; М – гидромотор; КО1 и КО2 – клапан обратный; P1 – клапан плавного пуска; Y1 – электрическая катушка клапана плавного пуска; АТ – аппарат теплообменный (теплообменник); Ф2 – сливной фильтр-заливная горловина

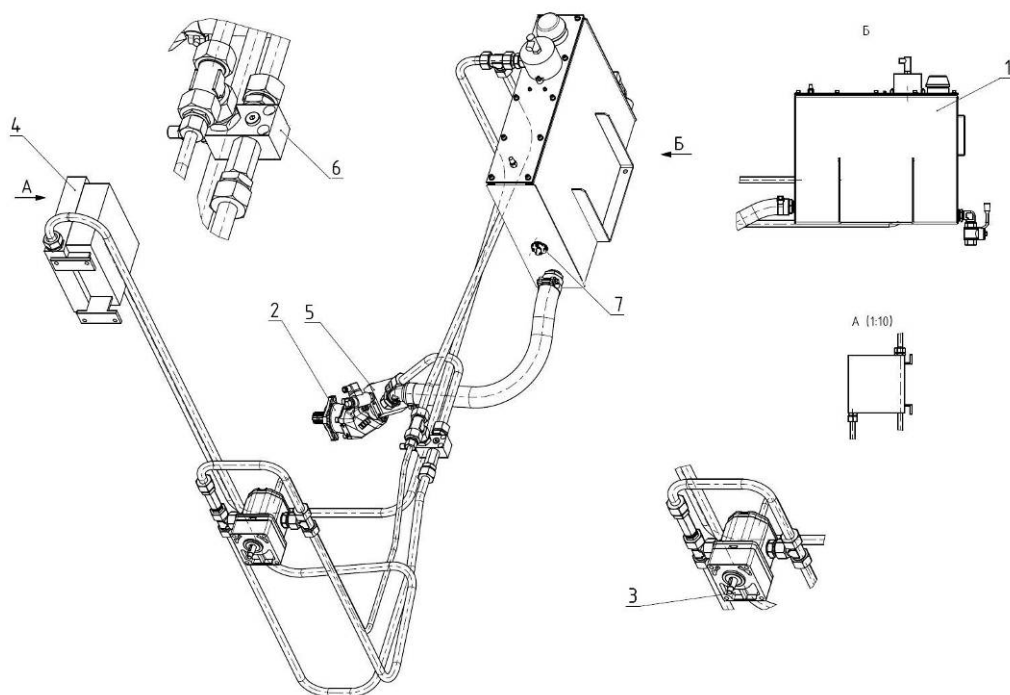


Рисунок 5 – Монтажная схема системы гидропривода вентилятора с дискретным клапаном (на примере машины КамАЗ 6560): 1 – бак системы в сборе; 2 – насос нерегулируемый (на насосе установлен дискретный клапан плавного пуска); 3 – гидромотор нерегулируемый; 4 – теплообменник; 5 – клапан плавного пуска; 6 – предохранительный клапан; 7 – компенсатор расширения объема РЖ

Для оценки качества системы могут быть приняты следующие критерии:

- массогабаритный;
- эффективность охлаждения (продолжительность выхода на установившийся режим, минимальная температура нагрева двигателя и допустимый диапазон изменения температуры двигателя);
- экономический (расход топлива и ресурс системы).

Кроме того, должны учитываться неформализуемые показатели, к которым относятся технологические возможности производства приводов, опыт эксплуатации приводов данного типа и др.

Литература

1. Попов Д.Н. Оценка эффективности и оптимальное проектирование гидроприводов // Вестник машиностроения. 1986. №9
2. Попов Д.Н., Брусов В.А., Долгополов А.А. Разработка привода для управления продольными колебаниями транспортного средства на воздушной подушке // Журнал автомобильных инженеров (ААИ). 2010. №4.
3. Боровин Г.К., Попов Д.Н. Многокритериальная оптимизация гидросистем. –М.:МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2007.
4. Hydraulic fan drives. Gary Gotting. High Country Tek Nevada City, Calif.

Метод совершенствования показателей работы бензинового двигателя с внутренним смесеобразованием

д.т.н. проф. Фомин В.М., Платунов А.С.

МГТУ «МАМИ»

8(495)369-90-48, mixalichDM@mail.ru

Аннотация. Анализируются проблемные вопросы, связанные с перспективой разработки отечественных автомобильных бензиновых двигателей с внутренним смесеобразованием, которые стимулируют необходимость поиска средств и новых технических решений, приемлемых для отечественного двигателестроения. Отмечается неприемлемость прямого копирования зарубежных решений в отечественной практике, не только из-за высоких финансовых затрат для их реализации, но и с учетом отсутствия технологии и необходимых материалов для их производства. В качестве альтернативного варианта предложен метод, позволяющий при минимальных финансовых затратах оперативно решить актуальную проблему отечественного двигателестроения – создание российского автомобильного бензинового двигателя нового поколения с внутренним смесеобразованием. Метод основан на использовании водорода в качестве химического реагента, способствующего повышению эколого-экономических качеств двигателя.

Ключевые слова: двигатель с непосредственным впрыскиванием бензина, внутреннее смесеобразование, химический реагент, водородосодержащий продукт, оксиды азота, нейтрализация отработавших газов, метанол, реактор конверсии метанола.

Формулировка концепции метода

Высокий уровень топливно-экономических показателей бензиновых двигателей с непосредственным впрыскиванием бензина (НВБ) обуславливает повсеместное стремление исследователей к их развитию и дальнейшему совершенствованию [1,2]. В настоящее время на международном рынке четко прослеживается постоянно растущий спрос на легковые автомобили с этими ДВС.

В целях ликвидации сложившегося отставания в данной области отечественного двигателестроения и повышения конкурентоспособности ряд российских научных центров и производителей приступил к разработке ДВС с НВБ. Однако, несмотря на очевидную приори-