

УДК 629.33;621.43

А. А. Грабовский¹, В. А. Миронов²¹ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет», г. Пенза,²ОАО «Пензадизельмаш», Россия

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДВС В РЕЖИМЕ ДИМ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЯЕМОГО ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА

Предложен алгоритм функционирования двигателей внутреннего сгорания в режиме дискретного изменения мощности, основанного на поочередном отключении (деактивации) части цилиндров с реализацией «растянутого» порядка их работы совместно с реализацией управляемого по фазам газораспределения, сечению «седло-клапан» и состоянию «открыт-закрыт» газораспределительного механизма классического исполнения или с оригинальными распределительными элементами в зависимости от режимов работы двигателя и нагрузки. Кроме этого разработаны блок-схемы приборной реализации, упрощенный алгоритм перехода на варианты ДИМ и алгоритм, реализованный на основе микропроцессорной системы управления силовым агрегатом.

Ключевые слова: Силовой агрегат, ДВС, дискретное изменение мощности, «активные» и «пассивные» цилиндры, ГРМ, клапаны, распределительные элементы, выпуск, впуск.

Введение

При переходе работы ДВС в режим дискретного изменения мощности (ДИМ) [1, 2] возникает дополнительная нагрузка на «активные» цилиндры, обусловленная насосными потерями в «пассивных» цилиндрах, а также нагрузкой, возникающей при сжатии воздуха в «пассивных» цилиндрах, которая частично компенсируется на такте расширения. В этом случае несколько увеличивается часовой расход топлива при работе двигателя в режиме холостого хода и удельный расход при работе двигателя на режимах частичных нагрузок. Вместе с тем, в любом из режимов ДИМ должен улучшаться состав ОГ, учитывая, что на единицу массы ОГ в активном цилиндре приходится несколько единиц массы чистого воздуха, выходящего на такте выпуска из «пассивных» цилиндров.

$$G = G_{ог} + i' G_B,$$

где $G_{ог}$ — масса отработавших газов, выходящих из «активного» цилиндра на такте выпуска;

G_B — масса чистого воздуха, выходящего из «пассивного» цилиндра на такте выпуска;

i' — число «пассивных» цилиндров.

Разработка алгоритма управления ГРМ

При реализации ГРМ с электрогидравлическими приводами или использованием вместо традиционных клапанов поворотных распределительных элементов, например, типа «шаровой кран»,

возникает возможность значительно снизить нагрузку на «активные» цилиндры, с одновременным улучшением процесса функционирования ДВС в целом.

Так, если после такта впуска в «пассивном» цилиндре впускной клапан оставить в открытом состоянии, то такт сжатия, как таковой, будет проходить при значительном снижении нагрузки, а выходящий из цилиндра воздух будет создавать подпор давления во впускном коллекторе, что благоприятно будет сказываться на наполняемости «активного» цилиндра на такте впуска.

Если на третьем такте «пассивного» цилиндра (мнимый рабочий ход) впускной клапан оставить в открытом состоянии для наполнения цилиндра чистым воздухом и на четвертом такте (выпуска) выпустить его через впускной клапан в выпускной коллектор, при закрытом впускном клапане, то в этом случае происходит снижение концентрации вредных веществ в составе отработавших газов, выходящих из «активного» цилиндра.

При реализации предлагаемой методики применительно к рядному пятицилиндровому четырехтактному ДВС при его переходе на ДИМ с отбором 50% мощности с алгоритмом, представленным на рис. 1, на каждый такт впуска «активного» цилиндра приходится один такт выхода чистого воздуха во впускной коллектор «пассивного» цилиндра. Аналогично на каждый выпуск ОГ «активного» цилиндра приходится один выпуск чистого воздуха из «пассивного» цилиндра.

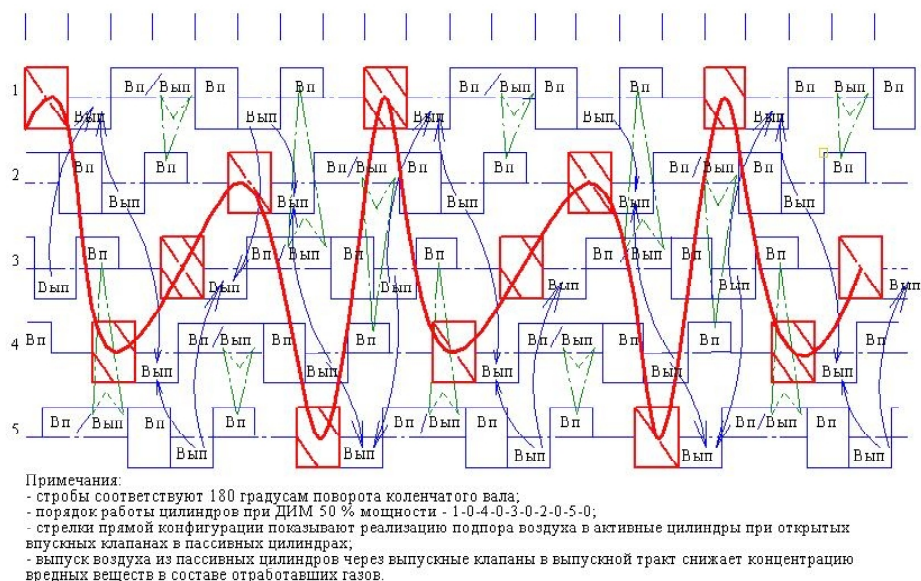


Рис. 1. Алгоритм реализации ДИМ для четырехтактного рядного пятицилиндрового ДВС при 50% мощности с управляемым ГРМ

При переходе на ДИМ с отбором 33 % мощности (рис. 2) на каждый такт впуска «активного» цилиндра приходится два такта выхода чистого воздуха во впускной коллектор «пассивных» цилиндров. Аналогично на каждый выпуск ОГ «активного» цилиндра приходится два выпуска чистого воздуха из «пассивных» цилиндров. При

этом начало первого такта выхода чистого воздуха из «пассивного» цилиндра и окончание второго такта значительно перекрывают начало и окончание фазы впуска «активного» цилиндра, что позволяет обеспечить равномерность подпора воздуха во впускном коллекторе, а, следовательно, наполняемость «активного» цилиндра.

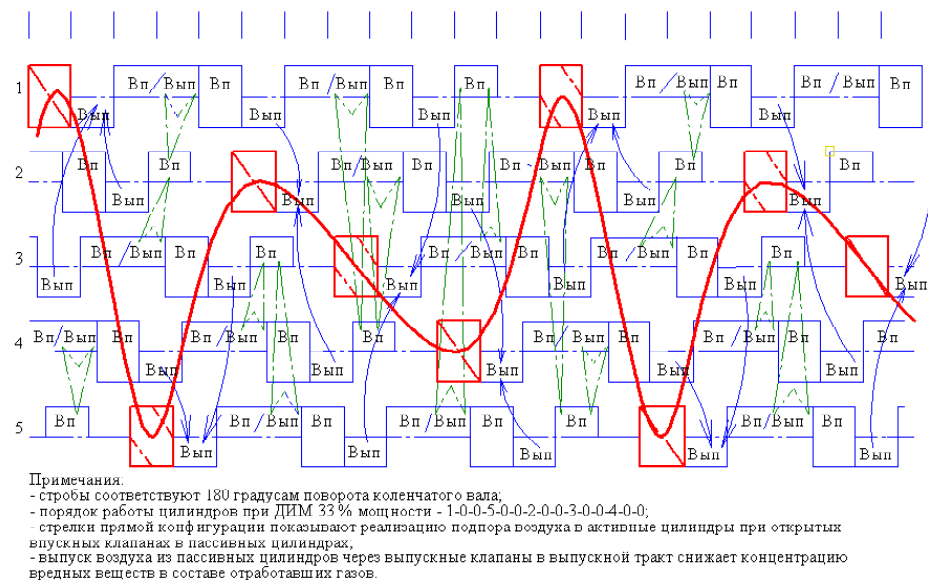


Рис. 2. Алгоритм реализации ДИМ для четырехтактного рядного пятицилиндрового ДВС при 33 % мощности с управляемым ГРМ

При переходе на ДИМ с отбором 15% мощности на каждый такт впуска «активного» цилиндра приходится четыре такта выхода чистого воздуха во впускной коллектор «пассивных» цилиндров. На каждый выпуск ОГ «активного» цилиндра приходится два выпуска чистого воздуха из «пассивных» цилиндров. Данный алго-

ритм приемлем и может быть применим на всех существующих двигателях внутреннего сгорания.

Таким образом, переход двигателя на дискретное изменение мощности в различных условиях эксплуатации с реализацией управляемого газораспределительного механизма как по значению фаз и их длительности, так и по состоя-

нию «открыт - закрыт», позволит повысить эффективность работы ДВС в режиме ДИМ за счет улучшения наполняемости «активных» цилиндров, вследствие повышения давления во впускном коллекторе, а также снизить концентрацию вредных веществ в составе отработавших газов.

Энергетический алгоритм функционирования ДВС с ДИМ

Работа ДВС в режиме ДИМ при формировании крутящего момента силовым агрегатом классического исполнения или в составе гибридных или комбинированных силовых агрегатов наиболее просто реализуемая при использовании

впрысковых систем питания с электронным управлением форсунками. В этом случае, управленческие режимы работы силового агрегата в ручном режиме управления, начиная от запуска двигателя, его прогрева и до перехода на различные варианты ДИМ затруднено и возможно только в очень узком диапазоне. Например, при усовершенствовании уже созданных силовых агрегатов транспортных средств, находящихся в эксплуатации. Блок-схема и упрощенный алгоритм перехода на «растянутый» порядок работы для четырехцилиндрового ДВС при различных вариантах усовершенствованного способа ДИМ представлены на рис. 3.

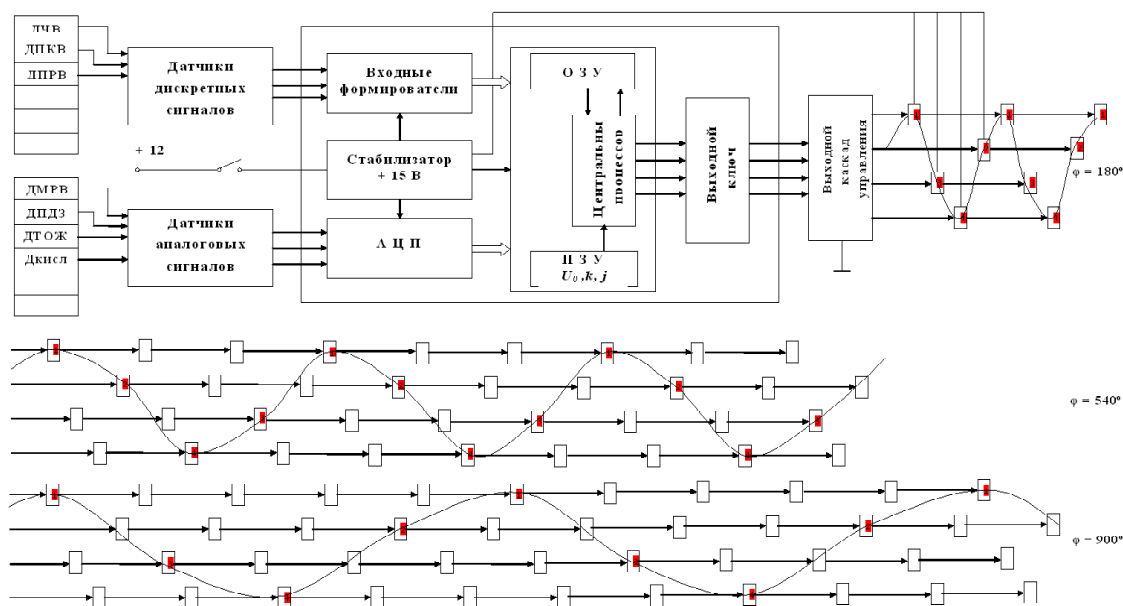


Рис. 3. Блок-схема приборной реализации и упрощенный алгоритм перехода на варианты ДИМ

При более сложных вариантах, функция управления силовым агрегатом должна осуществляться микропроцессорной системой управления в автоматическом режиме.

Алгоритм процесса функционирования может быть представлен в виде блок-схемы (рис. 4). При этом в случае использования управляемого ГРМ с электро- гидроприводами и впрысковых систем питания с электроуправляемыми форсунками, процессы управления форсунками и клапанами должны быть строго синхронизированы.

При реализации данного алгоритма на ДВС легкого топлива, в процесс управления следует также включить управление процессом искрообразования, и, с целью экономии энергии, отключать процесс формирования искры в «пассивных» цилиндрах.

Кроме этого, система должна иметь возможность перехода на различные режимы функцио-

нирования, например, экономичный, нормальный и спортивный. Также в таких системах целесообразно иметь режим самодиагностики перед запуском и возможность перехода на режим ручного управления с блоком сенсорного выбора программы (СВП).

Начало и конец программы соответствует включению и выключению зажигания. Включение зажигания подготавливает систему к работе и подает напряжение питания на ее элементы: датчики, формователи опорных сигналов, компараторы. Такими датчиками являются датчик положения коленчатого вала, датчик положения распределительного вала, датчик положения дроссельной заслонки, датчик частоты вращения коленчатого вала и датчик температуры охлаждающей жидкости. Эти датчики в момент начала вращения коленчатого вала вырабатывают соответствующие сигналы $U_{дп_кв}$, $U_{дп_рв}$, $U_{дп_дз}$, $U_{дчв_кв}$ и $U_{дт_ож}$.

Кроме этого, вводится информация о величине опорных напряжений $U_{оп_{ож1}}$, $U_{оп_{ож2}}$, m и i . Опорные напряжения температуры охлаждающей жидкости соответствуют предварительному и окончательному прогреву двигателя. Величина опорного напряжения $U_{оп_{ож1}}$ устанавливается в зависимости от температуры окружающей среды и климатической зоны эксплуатации транспортного средства (40 – 60 °С). Величина опорного напряжения $U_{оп_{ож2}}$ устанавливается в зависимости от рекомендаций завода-изготовителя (90 – 98 °С). Значение m соответствует тактности двигателя (двух- или четырехтактный), i – число цилиндров.

Перед запуском двигателя контролируется положение механизма переключения передач МКП или селектора АКП. При нейтральном положении механизма осуществляется контроль сигнала датчика частоты вращения коленчатого вала $U_{дчв_{кв}}$ и при его нулевом значении в работу включается блок контроля запуска ДВС, управляющий стартером посредством ключа зажигания (кнопки «старт») или с дистанционного блока управления.

После запуска двигателя, когда $U_{дчв_{кв}} \neq 0$, вводится значение U_0 , k и j . При этом j соответствует номеру передачи переднего хода (передаточному отношению АКП). Передача заднего хода контролируется особо. Коэффициент k может меняться в пределах 0,80 – 0,95 для экономичного режима движения, от 0,95 до 1,25 для нормального режима и от 1,3 до 1,5 для спортивного режима движения. Значение U_0 определяется исходя из величины напряжения питания бортовой сети транспортного средства. Затем, исходя из величины указанных трех параметров формируется опорное напряжение $U_{оп} = U_0 \cdot k \cdot j$, которое в дальнейшем сравнивается с напряжением $U_{дчв_{кв}}$, снимаемого с датчика частоты вращения коленчатого вала.

Далее в работу вступает блок контроля предварительного прогрева двигателя, в котором сравнивается сигнал с датчика температуры охлаждающей жидкости $U_{дт_{ож}}$ с опорным сигналом $U_{оп_{ож1}}$. При равенстве этих сигналов в работу включается блок контроля окончательного прогрева двигателя, а если $U_{дт_{ож}} < U_{оп_{ож1}}$, то осуществляется контроль положения дроссельной заслонки. При нулевом ее положении происходит прогрев двигателя в нормальном режиме с обычным порядком работы двигателя. Если дроссельная заслонка открыта, то в этом случае может быть прогрев на месте на повышенных оборотах или прогрев в движении на первой передаче или движении задним ходом. Но во всех случаях происходит прогрев двигателя в нормальном режиме с обычным порядком его работы.

При достижении температуры охлаждающей жидкости большего значения частичного прогрева,

но при условии $U_{дт_{ож}} < U_{оп_{ож2}}$, при нулевом положении дроссельной заслонки $U_{дп_{дз}} = 0$, продолжается прогрев двигателя на месте, но в режиме ДИМ высшего порядка (для рядного четырехцилиндрового двигателя ДИМ 40%). Если положение дроссельной заслонки не соответствует нулевому положению, то в этом случае будет происходить дальнейший прогрев двигателя в нормальном режиме его работы на повышенных оборотах. Если будет включена передача заднего хода, то транспортное средство может двигаться задним ходом, а двигатель будет продолжать работать в нормальном режиме с обычным порядком его работы.

При включении передачи переднего хода (перевода селектора в режим движения «вперед») и началом движения, начинается контроль положения дроссельной заслонки. При ее нулевом положении $U_{дп_{дз}} = 0$, транспортное средство движется в режиме торможения двигателем, а двигатель будет продолжать работать в нормальном режиме с обычным порядком его работы. Если положение дроссельной заслонки не соответствует нулевому положению $U_{дп_{дз}} \neq 0$, т. е., транспортное средство движется вперед, то в этом случае контролируется величина сигнала с датчика частоты вращения коленчатого вала $U_{дчв_{кв}}$.

При условии $U_{дчв_{кв}} = U_{оп}$ и при $U_{дп_{кв}} = U_{дп_{рв}}$, происходит переход на дискретное изменение мощности высшего порядка (ДИМ 40%). В случае положительного или отрицательного ускорения ТС, когда $U_{дчв_{кв}} \neq U_{оп}$, происходит переход двигателя на нормальный режим с обычным порядком его работы. Это явление наступает при увеличении нагрузки на ведущих колесах или при необходимости ускорения ТС.

При окончательном прогреве двигателя и достижении условия $U_{дт_{ож}} \geq U_{оп_{ож2}}$, при нулевом положении дроссельной заслонки $U_{дп_{дз}} = 0$ и нейтральном положении механизмов управления трансмиссией, двигатель работает на холостом ходу с переходом на дискретное изменение мощности низшего порядка (ДИМ 25%). При $U_{дп_{дз}} \neq 0$ и нейтральном положении механизмов управления трансмиссией, двигатель будет работать на повышенных оборотах с переходом на дискретное изменение мощности низшего порядка (ДИМ 25%).

При включении передачи заднего хода, транспортное средство может двигаться задним ходом, а двигатель будет работать в нормальном режиме с обычным порядком его работы. При включении передачи переднего хода (перевода селектора в режим движения «вперед») и начале движения начинается контроль положения дроссельной заслонки. При ее нулевом положении $U_{дп_{дз}} = 0$, транспортное средство движется в режиме торможения двигателем, а двигатель будет продолжать работать в нормальном режиме с

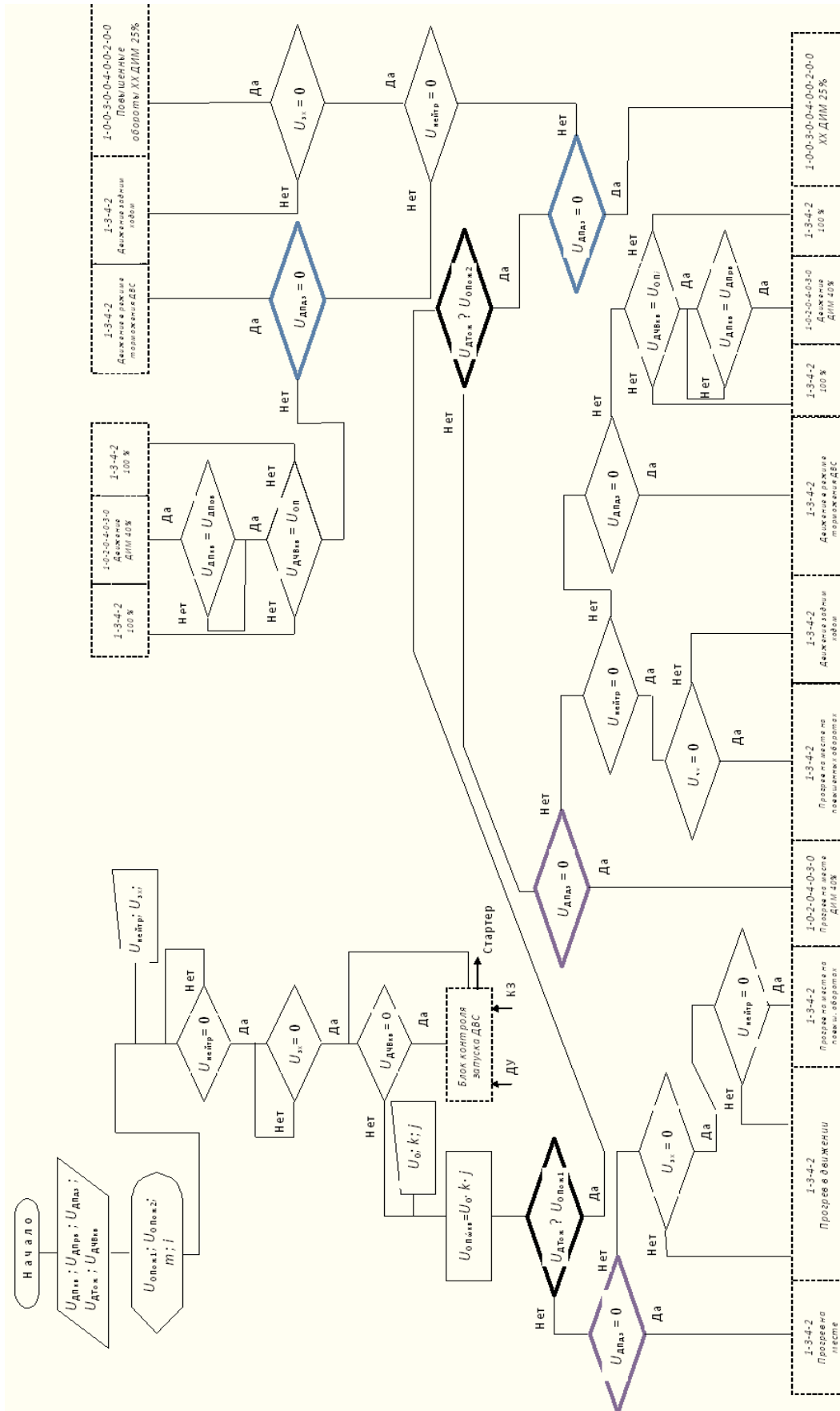


Рис. 4. Энергетический алгоритм функционирования ДВС в различных режимах

обычным порядком его работы. Если положение дроссельной заслонки не соответствует нулевому положению $U_{дп_дз} \neq 0$, т. е., транспортное средство движется вперед, то в этом случае контролируется величина сигнала с датчика частоты вращения коленчатого вала $U_{дчв_кв}$. При условии $U_{дчв_кв} = U_{оп}$ и при $U_{дп_кв} = U_{дп_рв}$, происходит переход на дискретное изменение мощности высшего порядка (ДИМ 40%). В случае положительного или отрицательного ускорения ТС, когда $U_{дчв_кв} \neq U_{оп}$, происходит переход двигателя на нормальный режим с обычным порядком его работы. Это явление, как и в предыдущем случае, наступает при увеличении нагрузки на ведущих колесах или при необходимости ускорения ТС.

При достижении предельной частоты вращения коленчатого вала для данной передачи, при положительном или отрицательном ускорении ТС, происходит переключение на повышенную или пониженную передачу в ручном или автоматическом режиме.

Заключение

Таким образом, предложенные алгоритмы перехода на дискретное изменение мощности двигателя (энергетические алгоритмы функционирования ДВС с ДИМ) позволяют осуществить управление режимами работы силового агрегата в автоматизированном режиме управления, начиная от запуска двигателя, его прогрева и до перехода на различные варианты ДИМ.

Литература

1. Пат. № 2380562, Российская Федерация, МПК F02D 17/02. Способ дискретного изменения мощности ДВС (Варианты) / Грабовский А. А.; Заявитель и патентообладатель А. А. Грабовский. - № 2008104241; заявл. 04.02.2008; опубл. 27.02. 2010, Бюл. № 3.

2. Грабовский А.А. ДВС с дискретным изменением мощности [Текст]/А. А. Грабовский //Автомобильная промышленность.- 2008.- № 2. - С.8-12.

Поступила в редакцию 01.06.2012

А.А. Грабовський, В.А. Миронов. Розробка алгоритму функціонування ДВЗ у режимі ДЗП при реалізації керованого газорозподільного механізму

Запропоновано алгоритм функціонування двигунів внутрішнього згоряння в режимі дискретної зміни потужності, заснованого на почерговому відключенні (деактивації) частини циліндрів з реалізацією «розтягнутого» порядку їх роботи спільно з реалізацією керованого за фазами газорозподілу, перетину «сідло-клапан» і станом «відкритий-закритий» газорозподільного механізму класичного виконання або з оригінальними розподільними елементами в залежності від режимів роботи двигуна та навантаження. Крім цього розроблені блок-схеми приладової реалізації, спрощений алгоритм переходу на варіанти дискретної зміни потужності і алгоритм реалізований на основі мікропроцесорної системи управління силовим агрегатом.

Ключові слова: силовий агрегат, ДВЗ, дискретна зміна потужності, «активні» і «пасивні» циліндри, ГРМ, клапани, розподільні елементи, впуск, випуск.

A. A. Grabowsky, V.A. Mironov. Algorithm development of the internal combustion engine DIM mode for implementing controlled timing mechanism

The algorithm of the functioning of the internal combustion engine in a discrete mode changes based on the alternate power off (deactivation) of the cylinder with the implementation of «stretched» about their work in conjunction with the implementation of controlled phase timing, the section «saddle-valve» and as «open-closed» timing mechanism of classical performance or with the original distribution elements, depending on the mode of the engine and the load. In addition developed the block diagram of the instrument implementation, simplified algorithm of transition on the options for discrete change of power and the algorithm implemented on the basis of microprocessor control system of power unit.

Keywords: power unit, internal combustion engine, a discrete change of power, «active» and «passive» cylinders, timing, valves, distribution elements, intake, exhaust.