

М.И. Жилевич, канд. техн. наук,
А.В. Королькевич, канд. техн. наук,
В.А. Королькевич

Белорусский национальный технический университет, г. Минск,
В.С. Шевченко, д-р техн. наук
Военная академия Республики Беларусь, г. Минск

ГИДРОПРИВОД ДЛЯ ЗАПУСКА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Обґрунтовано можливість застосування гідропривода для запуску двигунів машин. На прикладі розглянуто особливості підсистеми гідропривода для запуску двигунів внутрішнього згорання.

It is proved the possibility applications of a hydro drive to start of engines of machines. On an example features of a subsystem of a hydro drive for start of internal combustion engines are considered.

Введение

Гидравлический привод для запуска двигателей внутреннего сгорания (гидростартер) выгодно отличается от известных устройств большой мощностью, малыми габаритами и массой. Опыт применения таких устройств для запуска двигателей тракторов, сельскохозяйственных машин, строительной и военной техники подтверждает их эффективность [1]. Система запуска двигателя обычно является частью гидропривода ходовой системы или рабочего оборудования.

Постановка задачи

Для гарантированного запуска двигателя гидростартер должен иметь достаточную мощность и вращать колечатый вал с пусковой частотой, которая составляет для карбюраторных двигателей $50\text{--}100 \text{ мин}^{-1}$, а для дизельных — $150\text{--}250 \text{ мин}^{-1}$ (иногда 400 мин^{-1}). Пусковая частота вращения должна быть достаточной для нормального смесеобразования в двигателе, образования интенсивной искры, обеспечения разгона вала двигателя для его устойчивой работы.

При запуске двигателя энергия расходуется на разгон движущихся частей, движение вспомогательных механизмов, работу трения в сопряжениях и преодоление сил компрессии в начальный период запуска. Следовательно, такая энергия должна передаваться двигателю от гидростартера. Чаще всего применяются два вида гидростартеров: вращательного типа и плунжерно-реечного типа. В первом случае крутящий момент передается от гидромотора к валу двигателя посредством зубчатой передачи, во втором — через храповую муфту. Стартер с гидромотором роторного типа (так называемая схема «GENERAL MOTORS») обеспечивает вращение вала двигателя в течение нескольких секунд, но со сравнительно невысокой скоростью. Система с гидромотором плунжерно-реечного типа (схема «BERGE») обеспечивает вращение вала двигателя в пределах одного оборота, но с высокой скоростью. Передаточное число привода «гидромотор — вал двигателя» выбирается в пределах 8–20. Для пуска карбю-

раторных двигателей необходима меньшая частота вращения вала.

Существенным недостатком гидростартера является небольшая кратность пусков (порядка трех) без дополнительной подзарядки гидроаккумулятора. Для компенсации этого недостатка система пуска комплектуется насосом подкачки. Время, потребное для запуска двигателя внутреннего сгорания с помощью стартеров различных типов, составляет 1–10 секунд. При расчете гидростартера рекомендуется принимать гарантированное время пуска 1–1,5 с.

Расчетную мощность гидростартера можно определять по формуле [1]

$$N_n = \frac{p_n V i n_n}{\tau \eta},$$

где p_n — среднее давление трения в поршневой паре двигателя; V — объем цилиндра двигателя; i — число цилиндров двигателя; n_n — пусковая частота вращения вала двигателя; τ — число тактов двигателя; η — к.п.д. привода «гидростартер — вал двигателя».

Потребный средний секундный расход рабочей жидкости через гидромотор во время запуска двигателя можно рассчитать по формуле

$$Q = 1020 N_n / p,$$

где N_n — мощность гидромотора; p — номинальное давление в гидросистеме.

Полезный объем гидроаккумулятора V_a , необходимый для запуска двигателя, определяется с помощью выражения

$$V_a = q j n_n t_n$$

где q — рабочий объем гидромотора; j — передаточное число привода «гидромотор — вал двигателя»; t_n — время запуска двигателя.

Гидростартер обеспечивает надежный запуск двигателей внутреннего сгорания при температуре наружного

воздуха до -5°C . При более низких температурах хорошо зарекомендовал себя электрофакельный подогрев [1]

Расширение функций и рост удельной мощности гидроприводов в современном машиностроении происходит путем создания необходимых условий для гарантированного обеспечения надежности, безопасности и живучести этих важных систем машин [2]. Под этим подразумеваются, прежде всего, схемные и конструктивные решения, включающие возможности использования имеющихся в составе сложных машин решающих (вычислительных), диагностирующих, измерительных, контрольных, предохранительных, защитных и кондиционирующих устройств в целях обеспечения надежности.

Примерами использования возможностей сложных гидроприводов машин для обеспечения их надежного функционирования и увеличения ресурса могут служить новые разработки в этой области. Так для обеспечения надежного запуска двигателей внутреннего сгорания мобильных машин, особенно в условиях холодного климата, используется гидропривод. Известны типовые схемы такого привода, содержащие обратимую гидромашину, гидроаккумулятор, распределительную аппаратуру, датчики и блок электронного управления. Характерным недостатком известных приводов является отсутствие возможности объемного регулирования гидромашин в процессе запуска двигателя внутреннего сгорания, что приводит к непроизводительным расходам энергии гидроаккумулятора и снижению надежности запуска.

Анализ показал, что процесс пуска двигателя внутреннего сгорания состоит из четырех этапов:

1. Начало разгона (страгивание вала двигателя).
2. Разгон вала двигателя до пусковой частоты.
3. Вращение вала с пусковой частотой.
4. Воспламенение горючей смеси в цилиндрах.

Первый этап характерен тем, что для преодоления трения покоя подвижных частей двигателя (коленчатого вала, поршней, механизма газораспределения и др.) необходимо наибольшее значение пускового момента гидромашин. Рабочий объем гидромашин должен быть максимальным.

На втором этапе также желательно иметь максимальное значение крутящего момента гидромашин. В этом случае доля энергии, затраченная на разгон, минимальна. А значит, и затраты энергии, запасенной в гидроаккумуляторе, минимальны.

На третьем этапе пусковой момент гидромашин необходимо ограничить. В противном случае, пусковая частота вращения вала двигателя превысит рекомендуемые, по условиям запуска, значения.

На четвертом этапе при воспламенении горючей смеси в цилиндрах двигателя происходит быстрый разгон вала двигателя до частоты вращения холостого хода, что составляет для бензиновых двигателей около 500 мин^{-1} , для дизелей — 1000 мин^{-1} . На этом этапе подачу жидкости из гидроаккумулятора в гидромашину можно отключить.

Изложение основного материала

Таким образом, стоит задача оптимизации пусковой частоты вращения вала двигателя и связанного с ним вала

гидромашин. Приемлемое решение этой задачи получено путем разработки новой схемы гидропривода самоходной машины [3]. Обеспечивающая подсистема гидропривода включает гидроаккумулятор низкого давления, насос ручной подкачки, регулируемую и распределительную аппаратуру, систему датчиков и блок электронного управления. На рисунке 1 показана принципиальная схема гидропривода самоходной машины. Для запуска двигателя 2 замыкают контакты выключателя 34. Блок 14 электронного управления посредством механизма 10 регулирования рабочего объема гидромашин устанавливает ее максимальный рабочий объем, контролируемый датчиком 11. Одновременно переключается запирающий клапан 12. Датчик 13 посылает сигнал в блок управления. Включается тяговый электромагнит гидрораспределителя 9. Золотник распределителя, сжимая пружину 27, перемещается в крайнее левое положение. Блок 14 также включает электромагнит 30 фиксатора 29. Из гидроаккумулятора 7 под давлением по гидролинии 5 жидкость поступает в гидромашину 1, заставляя вращаться валы гидромашин и двигателя. Далее по гидролинии 6 через гидрораспределитель 9 жидкость поступает на слив. При достижении требуемой для запуска частоты вращения вала двигателя датчик 3 частоты вращения вала двигателя посылает сигнал в блок 14, и он, воздействуя на механизм 10 регулирования рабочего объема гидромашин, уменьшает объем последней.

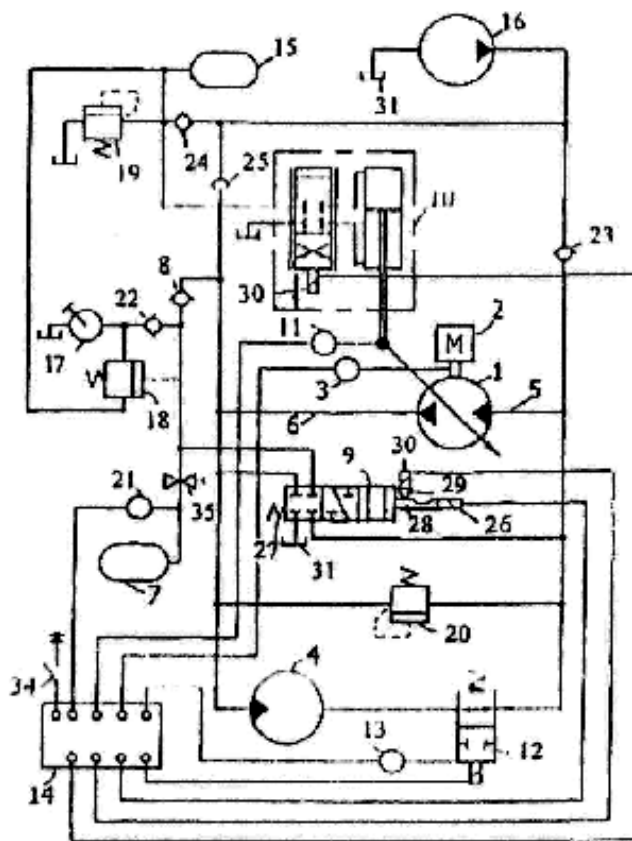


Рисунок 1 — Схема гидропривода самоходной машины.

В момент запуска частота вращения вала двигателя

увеличивается. По сигналу датчика 3, электронный блок выдает команду механизму регулирования рабочего объема гидромашин на уменьшение рабочего объема до нуля и отключение электромагнита 26 гидрораспределителя. Золотник гидрораспределителя под действием пружины перемещается в среднее положение. Выход потока из гидроаккумулятора прекращается, а гидролиния 6 соединяется с входной гидролинией 5. При достижении нулевого рабочего объема гидромашин электронный блок отключает электромагниты фиксатора 29 и запирающего клапана 12. Гидрораспределитель 9 перемещается в крайнее правое положение, разъединяя все подходящие к нему гидролинии.

Гидроаккумулятор высокого давления может быть заряжен от гидромашин, для этого гидромотор 4 необходимо затормозить либо запирающим клапаном, либо тормозом самоходной машины. Зарядка гидроаккумулятора производится от гидромашин через обратный клапан 8. После зарядки датчик 21 посылает сигнал на электронный блок, который отключает запирающий клапан, переводя его в нижнее положение.

Для зарядки гидроаккумуляторов при неработающем двигателе 2 можно использовать насос подкачки. Поток от него через обратный клапан 22 поступает на зарядку гидроаккумулятора. После зарядки гидроаккумулятора высокого давления открывается напорный клапан 18, и поток поступает на зарядку гидроаккумулятора низкого давления.

Насос подпитки забирает масло из маслобака и обеспечивает восполнение утечек и создание избыточного давления в замкнутом круге циркуляции жидкости в системе «гидромашин — гидромотор» через обратные клапаны 23 или 25. Обратный клапан 24 уменьшает утечки из гидроаккумулятора 15, а переливной клапан 19 поддер-

живает давление подпитки. Предохранительный клапан 20 ограничивает давление в системе циркуляции «насос — гидромотор».

Обеспечивающая подсистема позволяет повысить к.п.д. устройства при запуске двигателя за счет более рационального использования энергии гидроаккумулятора при помощи машинного регулирования расхода и, как следствие, повысить надежность пуска двигателя.

Выводы

В свете задач широкого использования гидроприводов в современном машиностроении и повышения их рабочих параметров обеспечение запуска двигателей с помощью гидростартера является эффективным методом, позволяющим использовать новые возможности сложной автоматизированной техники и отвечающим перспективным тенденциям развития машиностроения.

Литература

1. Шевченко, В.С. Гидропривод сельскохозяйственных машин: Справочное пособие: в 2 ч. / В.С. Шевченко, Г.Л. Кальбус, А.С. Джиенкулов, Э.И. Исаев; Алматы: уч. изд.-во респ. Казахстан, 1993. — 360 с.

2. Шевченко, В.С. Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Эксплуатация и надежность гидро- и пневмосистем: уч. пособие / В.С. Шевченко [и др.]. — Мн: Ураджай, 2001. — 96 с.

3. Патент ВУ 9413, С1, В60К 17/10, 2007. Гидропривод самоходной машины.

Надійшла 14.10.2011 р.