

УДК 62-82:621.91

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОДВИГАТЕЛЯМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Вольнов О.И.

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
Нижний Новгород, e-mail: volnovoleg@yandex.ru

Настоящая статья посвящена анализу применяемых в различных приводах универсальных и специальных металлорежущих станков, автоматических линий и автооператоров способов управления гидродвигателями. Анализируются такие часто применяемые способы управления, как машинный, дроссельный и машинно-дроссельный. При выборе оптимального способа регулирования главным критерием считается минимальная затрачиваемая гидравлическая мощность насосной установки, при выполнении всего технологического процесса. Анализируются также энергетические потери в гидросистемах при работе технологического оборудования на различных этапах технологического процесса обработки изделий. На примерах гидросистем станков отмечаются достоинства и недостатки применяемых способов управления при параллельной и последовательной работе гидродвигателей, предлагаются методы снижения энергозатрат. Уточняется область применения различных способов управления, **даются рекомендации** по минимизации энергетических потерь. Предлагаются варианты гидроприводов, **реализующих достоинства** машинного и дроссельного управления при последовательно-**параллельной** работе гидродвигателей.

Ключевые слова: гидросистема, технологическое оборудование, способы управления, энергетические затраты

SELECTION OF THE OPTIMUM METHOD OF MANAGEMENT OF HYDRO- ENGINES OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

Volnov O.I.

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R. E. Alekseev, Nizhny Novgorod,
e-mail: volnovoleg@yandex.ru

The present article is devoted to the analysis of universal and special metal-cutting machines used in various drives, automatic lines and auto operators of methods for controlling hydro-motors. Machine, throttle and machine-throttle controls are analyzed as the most commonly used. The minimum hydraulic power of the pumping unit is considered to be the main criterion in choosing of the optimal control method for the entire process. Also the energy losses in hydraulic systems during the operation of process equipment at various stages of the technological process of processing products are analyzed. Advantages and disadvantages of the applied control methods for parallel and sequential operation of hydraulic motors are noted on the examples of hydraulic systems of machine tools, methods of reducing energy costs are proposed. The scope of various management methods is being specified, recommendations for minimizing energy losses are given. Variants of hydraulic drives realizing the advantages of machine and throttle control in the series-parallel operation of hydraulic motors are offered.

Keywords: hydraulic system, technological equipment, management methods, energy costs

Выбор способа управления (машинное, дроссельное, машинно-дроссельное) для конкретного привода зависит от многих факторов, основными из которых являются циклограмма работы гидросистемы, количество регулируемых приводов и параметры нагрузки, действующей на рабочий орган. При проектировании гидросистемы задача выбора оптимального способа управления возникает после расчета основных параметров гидродвигателей – давлений и расходов в процессе работы оборудования на всех этапах цикла (быстрый подвод, замедленный подвод, быстрый отвод) [3]. На основании построенных диаграмм давлений и расходов выбирается оптимальный вариант насосного агрегата и клапана давления. По диаграмме расходов определяется производительность насоса, а по диаграмме давлений – максимальное давление напорного клапана. Оба эти параметра определяют гидравлическую мощность, затрачиваемую

приводом в процессе работы. Если считать все способы управления гидродвигателями равноценными, с точки зрения выполнения требуемого для изготовления изделия технологического процесса, то главным критерием оптимальности следует считать минимальную гидравлическую мощность $N = p_K Q_H$, где p_K – давление настройки напорного клапана, Q_H – производительность насоса. Согласно приведенной формуле уменьшать гидравлическую мощность можно, уменьшая давление p_K , производительность Q_H , или давление и производительность.

Машинное управление. Достоинством машинного способа является высокий КПД гидросистемы, из-за отсутствия отвода избытков масла через напорный клапан при рабочем ходе. Недостатком – синхронное изменение скорости одновременно работающих гидродвигателей. Следует указать еще на один недостаток – невозмож-

Дроссельное управление. Основное достоинство этого вида управления – возможность создания гидросистем с несинхронным управлением несколькими гидродвигателями. Классический пример схемы с дроссельным управлением – насос постоянной производительности, клапан давления с ручной регулировкой, дроссели и регуляторы расхода в цепях управления гидродвигателями. В такой гидросистеме гидравлическая мощность – постоянная и максимальная, не зависящая от работы гидродвигателей. Снижение затрат энергии возможно за счет изменения давления p_K . Чаще всего это реализуется применением гидроразгрузки одного или обоих насосов. Однако ступенчатое изменение производительности насоса Q_H также дает положительный эффект (насосная установка типа Г48–4 [4]).

Дальнейшее уменьшение энергозатрат достигается применением автоматически регулируемого клапана давления КДП в насосной установке, рис. 2. Гидроцилиндр ГЦ1 приводит в движение рабочий орган (стол станка) со скоростями ускоренного подвода, отвода и рабочей подачи. На этапе рабочей подачи происходит обработка изделия, для реализации которой требуется максимальное давление в напорной линии ГЦ1. Во время ускоренного подвода и отвода изделия от инструмента давление в напорной линии цилиндра значительно меньше p_K . Поэтому настройка клапана давления КДП на пониженное давление, в эти моменты работы оборудования, уменьшит затраты энергии.

Для работы цилиндров ГЦ2 (привод шторок) и ГЦ3 (переключение скоростей привода главного движения) тоже не требуется высокого давления. Следовательно, и на этом этапе цикла обработки изделия можно экономить, автоматически перенастраивая давление p_K .

Снижение энергозатрат при последовательной работе гидродвигателей очевидно. Но даже тогда, когда часть гидродвигателей работают одновременно, затраты энергии будут меньше, чем при использовании клапана давления с ручной регулировкой. В этом случае клапан КДП будет настраиваться по наибольшему давлению одного из цилиндров вспомогательного движения.

Машинно-дроссельное управление. В гидросистемах с таким управлением используются достоинства обоих способов – сравнительно высокий КПД машинного и возможность параллельной работы нескольких гидродвигателей, дроссельного.

Ступенчатое изменение подачи рабочей среды к гидродвигателям (машинное управление) достигается применением нескольких насосов, рис. 3. Скорость движения рабочих органов, приводимых цилиндрами, настраивается дросселями (дроссельное управление). В гидросистеме применены два насосных агрегата с насосами постоянной производительности НА1 и НА2. Каждый из насосов может подавать рабочую среду, либо в напорную линию, либо с помощью распределителей Р6, Р7, Р8 – в гидробак. Если объединить в группы гидродвигатели, работающие последовательно или параллельно, один раз за полный цикл

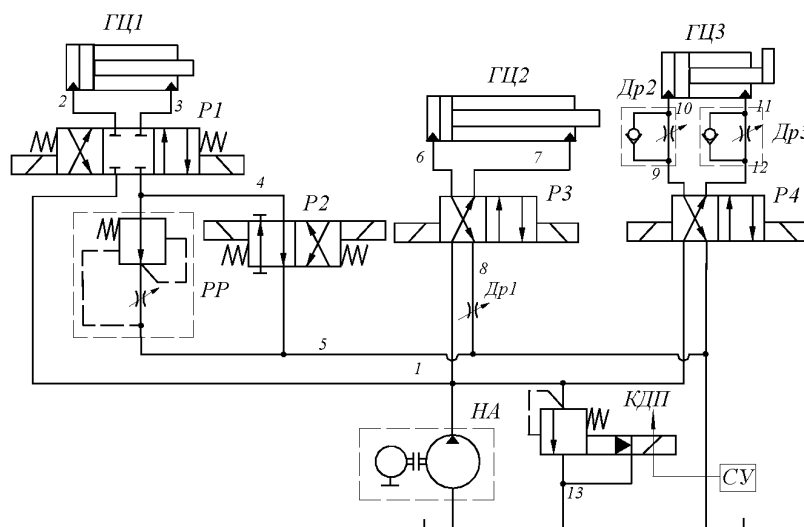


Рис. 2. Гидропривод с дроссельным управлением:

НА – насосный агрегат; КДП – клапан давления с пропорциональным управлением; СУ – система управления; Р1... Р4 – гидрораспределители; ГЦ1... ГЦ3 – гидроцилиндры; РР – регулятор расхода; Др1 – дроссель; Др2, Др3 – дроссели с обратным клапаном

обработки изделия, и подключить их к одному насосному агрегату, то появляется возможность отключать его на время простоя гидродвигателей.

В гидроприводе, изображенном на рис. 4а, применен машинно-дроссельный способ управления. Производительность насоса НР сначала плавно

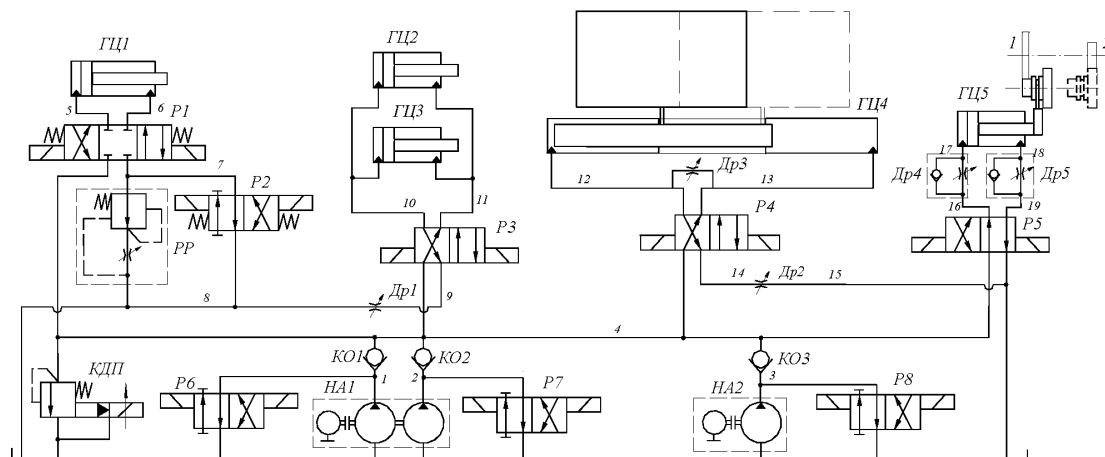


Рис. 3. Гидропривод с двумя насосными агрегатами:

НА1, НА2 – насосные агрегаты; КДП – клапан давления с пропорциональным управлением; Р1... Р8 – гидрораспределители; ГЦ1... ГЦ5 – гидроцилиндры; РР – регулятор расхода; Др1... Др3 – дроссели; Др4, Др5 – дроссели с обратным клапаном, КО1... КО3 – обратные клапаны

В приведенном примере гидроцилиндры ГЦ4 (привод шторок) и ГЦ5 (переключение блока зубчатых колес привода главного движения) работают в начале цикла обработки. После закрытия шторок, в зависимости от длительности цикла обработки, насосный агрегат НА2 можно выключить или разгрузить насос. Подключение всех насосов к общей напорной линии и их гидравлическая разгрузка позволяют оптимизировать работу гидросистемы – получать требуемые скорости рабочих органов с минимальными потерями энергии.

уменьшается, рис. 4б, от Q_0 до $0,9 Q_{ном}$ при повышении давления от 0 до p_1 , после чего резко уменьшается до нуля, при незначительном повышении давления от p_1 до p_2 , настраиваемого с помощью регулятора давления [4]. Поэтому применение такого насоса для гидросистем с машинно-дроссельным управлением экономически целесообразно, если при работе гидродвигателей давление в напорной линии будет, либо близким к нулю, либо в пределах $p_1... p_2$. Клапан КД применен в качестве предохранительного.

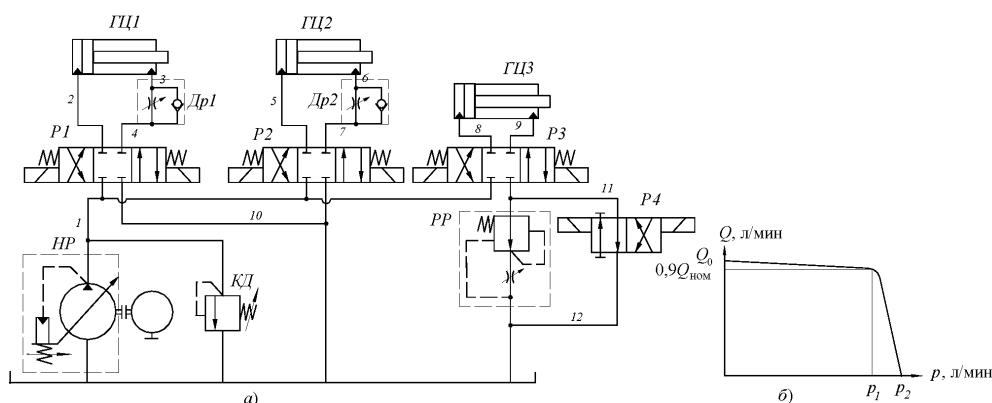


Рис. 4. Гидропривод с машинно-дроссельным управлением (а) и регулировочная характеристика насоса (б):

НР – насос с автоматически регулируемой производительностью; КД – клапан давления; Р1... Р4 – гидрораспределители; ГЦ1... ГЦ3 – гидроцилиндры; РР – регулятор расхода; Др1, Др2 – дроссели с обратным клапаном; Q – производительность насоса; p – давление в гидросистеме

Давление в линии 1, определяемое работой цилиндра ГЦЗ, при рабочем ходе стола станка (обработка изделия), как правило, высокое. На это давление и будет настроен регулятор давления насоса. Гидроцилиндры ГЦ1 и ГЦ2 приводят в движение вспомогательные органы станка. Требуемое для их работы давление ниже настроенного, а расход меньше подачи насоса. Поэтому, при последовательной работе этих приводов, из-за больших потерь на дросселях Др1, Др2, затрачиваемая гидравлическая мощность при движении рабочих органов вправо, будет больше расчетной. Оптимизировать работу такого гидропривода можно, если заменить насос НР и клапан КД, рис. 4, а на одну из насосных установок [1], чувствительных к нагрузке, или используемую в гидросистеме рис. 1.

Закключение

По результатам анализа, приведенных выше способов управления гидродвигателями, можно сделать следующие выводы.

Если по циклограмме работа всех гидродвигателей должна происходить последовательно, то применение машинного способа управления уменьшит потребление электроэнергии, нагрев рабочей среды и увеличит срок службы гидросистемы. При параллельной работе гидродвигателей применение машинного способа управления приведет к синхронному изменению скоростей всех гидродвигателей. Если это невозможно по условиям работы технологического оборудования, то следует применить дроссельное регулирование скорости, отдельно для каждого гидродвигателя. Если по циклограмме работы оборудования гидродвигатели управляются последовательно-параллельно, то применение машинно-дроссельного способа может быть в некоторых случаях оправдано (применение нескольких насосов или гидроагрегатов). Следует помнить о том, что управляемые машины значительно дороже неуправляемых.

При использовании дроссельного способа регулирования, для стабилизации ско-

рости, можно использовать простой в обращении и недорогой аппарат – регулятор расхода (например, дроссель с редукционным клапаном). Для стабилизации скорости, при реализации машинного способа управления, необходима установка внешнего датчика скорости рабочего органа и передача данных через систему управления на управляемую гидромашину (насос).

Очень важным параметром циклограммы работы оборудования является время работы гидродвигателя на медленной скорости движения рабочего органа. Оно может тоже влиять на выбор способа управления гидродвигателями. В процессе работы гидродвигателя с медленной скоростью движения давление, как правило, поддерживается постоянным и максимальным (например, при обработке изделия на станке), а расход рабочей среды при этом минимальный. При дроссельном способе регулирования (насос постоянной производительности) в этом случае полезный расход (объем рабочей среды, требуемый для реализации медленной скорости рабочего органа) небольшой. Он может быть на порядок меньше производительности насоса. Это тот случай, когда машинный или машинно-дроссельный способ управления может быть эффективным. Но окончательный выбор способа (машинный, дроссельный, машинно-дроссельный) можно сделать только после тщательного расчета экономической эффективности работы оборудования в целом.

Список литературы

1. Вольнов О.И. Уменьшение энергетических затрат гидросистемами технологического оборудования // Фундаментальные исследования. – 2015. – №6.
2. Лепешкин А.В., Михайлин А.А. Гидравлические и пневматические системы / Издательский центр «Академия», 2004. – 332 с.
3. Наземцев А.С. Пневматические и гидравлические приводы и системы. Часть 2. Гидравлические приводы и системы. Основы: Учебное пособие / А.С. Наземцев, Д.Е. Рыбальченко. – М.: ФОРУМ. 2007 – 304 с.
4. Свешников В.К. Станочные гидроприводы: Справ. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2012. – 640 с.