

2. Прусенко, И. Н. Применение средств компьютерного анализа в классификации сложности отливок / И. Н. Прусенко, В. А. Жаранов ; науч. рук. И. Б. Одарченко // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XX Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 23–24 апр. 2020 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2020. – С. 107–110.

УДК 621.225

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ ГИДРОСИСТЕМ С КЛАПАННОЙ И ОБЪЕМНОЙ АДАПТАЦИЕЙ К НАГРУЗКЕ ПРИ РАВНОМЕРНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ РАСХОДА

А. А. Гинзбург

Открытое акционерное общество «Гомельское специальное конструкторско-техническое бюро гидронневоавтоматики», Республика Беларусь

Ю. А. Андреевец

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Проведен анализ потерь мощности в двухпоточных гидравлических системах с объемной адаптацией к нагрузке (использующих насос с регулятором разности давлений) и с клапанной адаптацией к нагрузке (использующих клапан разности давлений и нерегулируемый насос) для случая равномерного распределения суммарного расхода, настроенного на исполнительных органах в течение рабочего цикла. Гидросистемы с объемной адаптацией проигрывают гидросистемам с клапанной адаптацией по стоимости и надежности, но считается, что потери мощности в них являются меньшими. Определены условия, при которых двухпоточные системы с клапанной адаптацией являются предпочтительными по сравнению с гидросистемами с объемной адаптацией по энергетической эффективности в зависимости от уровня рабочего давления. Предложен способ выбора подач нерегулируемых насосов двухпоточной системы с клапанной адаптацией, обеспечивающий наименьший уровень потерь энергии при равномерном случайном распределении суммарного настроенного расхода в гидросистеме, получены применимые на практике выводы.

Ключевые слова: гидравлические системы, адаптация к нагрузке, LS-системы, потери мощности, энергетическая эффективность.

ANALYSIS OF POWER LOSSES OF HYDRAULIC LS-SYSTEMS WITH THE PUMP AND THE VALVE CONFIGURATIONS UNDER CONDITIONS OF UNIFORM FLOW DISTRIBUTION

A. A. Hinzburh

OJSC “Gomelskoe spetsialnoe konstruktorsko-tekhmitscheskoe bjuro gidropneumoavtomatiki”, the Republic of Belarus

Yu. A. Andreyevets

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

The comparison of power losses in the double-flow hydraulic LS-systems with a pump configuration (using the variable displacement LS-pump) and with a valve configuration (using the fixed displacement pump) is theoretically investigated. Hydraulic systems with a pump configuration con-cede to the hydraulic systems with a valve configuration on the cost and reliability,

but it is believed that the power losses in them are smaller. The conditions under which double-flow LS-systems with a valve configuration (using the fixed displacement pump) are preferable in comparison with LS-systems with a pump configuration (using the variable displacement LS-pump) depending on the working pressure level are defined. A method is proposed for selecting of fixed displacement pump flows for double-flow hydraulic LS-systems valve configuration that provides the lowest level of energy losses in the case of uniform random distribution of the total adjusted flow rate in the hydraulic system. Practical conclusions have been obtained.

Keywords: hydraulic systems, load sensing, LS-systems, power loss, energy efficiency.

Гидравлические системы с адаптацией к нагрузке (LS-системы) решают основную проблему увеличенных потерь мощности в гидросистеме за счет того, что входное давление гидросистемы изменяется в соответствии с изменением давления на наиболее нагруженном исполнительном органе, превышая его на небольшую постоянную величину [1].

Гидросистемы с клапанной адаптацией к нагрузке используют более дешевые, надежные и неприхотливые нерегулируемые насосы [2, 3], но считается, что для них характерны более высокие потери мощности, так как подача насоса превышает расход, потребляемый рабочими органами, и неиспользованный избыток подачи переливается через клапан разности давлений. Однако уточненные расчеты потерь мощности показывают [3], что во многих случаях однопоточные системы с клапанной адаптацией могут по своей энергетической эффективности не уступать гидравлическим системам с объемной адаптацией.

Существуют системы с клапанной адаптацией, позволяющие снизить величину избыточной подачи при использовании двух или более насосов [4], в которых входной расход не является постоянным, так как насосы автоматически разгружаются от давления при снижении потребляемого в гидросистеме расхода и подключаются к напорной магистрали при его повышении. Типовая гидравлическая схема таких систем приведена на рис. 1, а.

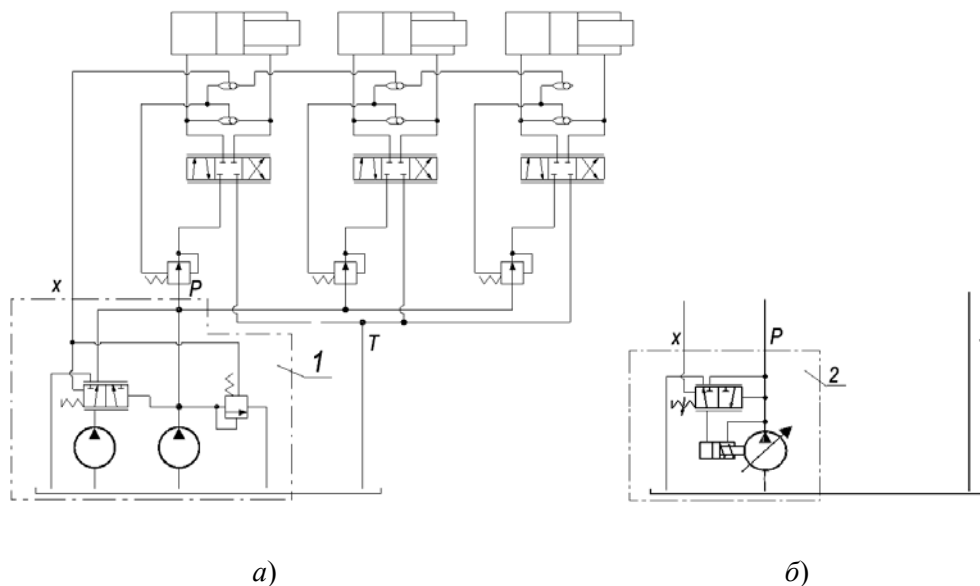


Рис. 1. Принципиальные гидравлические схемы с адаптацией к нагрузке двухпоточной системы с клапанной адаптацией со двоянным насосом 1 (а); однопоточной системы с объемной адаптацией с регулируемым насосом 2 (б)

60 Секция 1. Современные технологии проектирования в машиностроении

В системах с адаптацией к нагрузке расход, потребляемый исполнительными органами, равномерно распределяется в некотором заранее известном диапазоне от нулевого до максимального значения, при этом в двухпоточных системах установлены два насоса с подачами Q_1 и Q_2 , причем разгружаемым является насос с подачей Q_2 , а сумма подач насосов равна Q_{\max} .

Оптимальное соотношение подач насосов в двухпоточной гидросистеме, при котором обеспечивается минимальный уровень энергетических потерь для первого, постоянно работающего насоса $Q_{1\text{opt}}$ и для второго, разгружаемого насоса $Q_{2\text{opt}}$ [4]:

$$Q_{1\text{opt}} = \frac{Q_{\max} + Q_{\min}}{2}; \quad Q_{2\text{opt}} = Q_{\max} - Q_{1\text{opt}} = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{2}.$$

Средние за длительное время потери мощности в гидросистеме равны:

$$\Delta N_{m\text{Kopt}} = 0,25 p_0 (Q_{\max} - Q_{\min}) + \Delta p_{LSK} Q_{\max} + \frac{\int_{t=0}^T \Delta N_{LS} dT}{T}.$$

В гидросистеме с объемной адаптацией к нагрузке (рис. 1, б) подачу насоса считают равной максимальному расходу, потребляемому исполнительными органами гидропривода. Средние за длительное время потери мощности в такой гидросистеме:

$$\Delta N_{mO} = \frac{1}{2} \Delta p_{LSO} (Q_{\max} + Q_{\min}) + \frac{\int_{t=0}^T \Delta N_{LS} dT}{T}.$$

Потери мощности в таких гидросистемах становятся равными при следующем условии:

$$\frac{Q_{\min}}{Q_{\max}} = 1 - 4 \frac{\Delta p_{LSO} - \Delta p_{LSK}}{p_0 + 2\Delta p_{LSO}}. \quad (1)$$

При меньшем соотношении расходов более энергетически эффективной является гидросистема с объемной адаптацией к нагрузке, при большем – двухпоточная гидросистема с клапанной адаптацией.

Характерной величиной LS -перепада для систем с объемной адаптацией с использованием регулируемых самовсасывающих насосов является $\Delta p_{LSO} = 1,8\text{--}2,5$ МПа. Применение регулируемых несамовсасывающих насосов с контуром подпитки приводит к появлению дополнительных потерь мощности, в том числе и на фильтре тонкой очистки, что увеличивает перепад на 20–50%. С учетом динамических характеристик аппарата для гидросистем с клапанной адаптацией к нагрузке обеспечивает поддержание величины Δp_{LSK} на уровне 0,6–1,3 МПа [3].

Таким образом, анализируя характерные давления в гидросистемах [4] и характерные настроенные LS -перепады для насосов и гидроаппаратуры [3], по формуле (1) определили, что двухпоточные гидросистемы с клапанной адаптацией к нагрузке являются более энергетически эффективными, чем гидросистемы с объемной адаптацией к нагрузке в следующих случаях:

– для систем низкого (до 12 МПа) давления при потребляемых расходах – от $(0,3-0,5)Q_{\max}$ до Q_{\max} ;

– для систем среднего давления (от 12 до 20 МПа) – от $(0,5-0,7)Q_{\max}$ до Q_{\max} ;

– для систем высокого давления (свыше 20 МПа) – от $0,7Q_{\max}$ до Q_{\max} при использовании в системе с объемной адаптацией самовсасывающего насоса и приблизительно от $0,6Q_{\max}$ до Q_{\max} – при использовании несамовсасывающего насоса.

При большем диапазоне изменения суммарного настроенного расхода более энергетически выгодными оказываются гидросистемы с объемной адаптацией к нагрузке.

Литература

1. Гинзбург, А. А. Дроссельное регулирование в гидросистемах и адаптация гидропривода к нагрузке (LS-принцип) : курс лекций для студентов специальности 1-36 01 07 «Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин» днев. и заоч. форм обучения / А. А. Гинзбург. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2007. – 77 с.
2. Гинзбург, А. А. Сравнение эффективности гидравлических систем с объемной и клапанной адаптацией к нагрузке по уровню потерь мощности. / А. А. Гинзбург // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XIV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 24–25 апр. 2014 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2014. – С. 30–33.
3. Гинзбург, А. А. Сравнение однопоточных гидросистем с объемной и клапанной адаптацией к нагрузке по уровню потерь мощности / А. А. Гинзбург, Д. Л. Стасенко // Механика машин, механизмов и материалов. – 2018. – № 3 (44). – С. 67–74.
4. Гинзбург, А. А. Направления повышения энергетической эффективности гидравлических LS-систем с клапанной адаптацией к нагрузке / А. А. Гинзбург, Ю. А. Андреевец // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра : сб. тез. докл. 5-й Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 17 нояб. 2021 г. / Науч.-техн. центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш». – Гомель, 2021. – С. 75–83.

УДК 62-33

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ДРОССЕЛИРУЮЩЕМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕ В ПРОГРАММЕ KompasFlow

А. В. Ковалев, Ю. А. Андреевец

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Выполнена твердотельная модель дросселирующего распределителя типа РАМ в графической системе трехмерного моделирования КОМПАС-3D. Применение данного программного продукта сокращает сроки разработки новой продукции, снижает себестоимость и повышает качество выпускаемых изделий. В последних версиях программы встроено приложение KompasFlow, которое позволяет производить экспресс-анализ геометрии деталей устройства на ранних этапах проектирования. Выделена проточная часть распределителя, установлены граничные условия, созданы визуализационные слои, получены результаты расчета и распределение скоростей в дросселирующих канавках. Установлено, что приложение KompasFlow можно использовать для исследования скорости жидкости через сложную геометрию внутренних проточек в гидравлических аппаратах.

Ключевые слова: приложение KompasFlow, моделирование течения жидкости, дросселирующий распределитель