

УДК 62-82

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК СЛЕДЯЩИХ ЭЛЕКТРОГИДРОПРИВОДОВ  
COMPARATIVE ANALYSIS OF ENERGY CHARACTERISTICS OF  
THE TRACKING ELECTRIC HYDRAULIC DRIVES

П.Н. Кишкевич, канд. техн. наук, доц., М.И. Жилевич, канд. техн.  
наук, доц., П.Р. Бартош, канд. техн. наук, доц.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск, Беларусь

P.N. Kishkevich Ph.D. in Engineering, Associate Professor,  
M.I. Zhylevich, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,  
P.R. Bartosh, Ph.D. in Engineering, Associate Professor  
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Выполнен сравнительный анализ энергетических характеристик следящих электрогидроприводов. Показано, что энергетические показатели приводов с регулируемым насосом могут быть на 60% выше показателей гидросистем с нерегулируемым насосом.

A comparative analysis of and energy characteristics of the tracking electric hydraulic drives. It is shown that the energy performance of drives with a regulated pump can be 60% higher than the performance of hydraulic systems with an unregulated pump.

## ВВЕДЕНИЕ

В машиностроении нашли широкое применение следящие электрогидравлические приводы (ЭГП) с дроссельным управлением, в которых изменение скорости движения выходного звена гидродвигателя осуществляется за счет дросселирования потока рабочей жидкости (РЖ). Энергетические характеристики гидроприводов (ГП) определяются не только КПД, но и его функциональной зависимостью от полезной нагрузки, балансом подводимой и полезной мощности при различной нагрузке, а также структурой непроизводительных потерь подводимой энергии.

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЛЕДЯЩИХ ЭГП

Энергетический анализ удобно проводить по нагрузочной характеристике дроссельного ГП. Допустив, что золотниковый распределитель идеальный и коэффициент расхода постоянный, нагрузочная

### Секция «ГИДРАВЛИКА МОБИЛЬНЫХ МАШИН»

характеристика будет ветвью квадратичной параболы с осью симметрии на оси нагрузок и с вершиной, смещенной в положительную сторону по этой оси, и описывается формулой [1]

$$V = V_{\max} \sqrt{1 - \bar{P}} = V_{\max} \sqrt{1 - P/P_T}, \quad (1)$$

где  $V$  - текущая скорость выходного звена ГП;  $V_{\max}$  - максимальная скорость выходного звена при отсутствии нагрузки (скорость холостого хода);  $P$  - текущее значение нагрузки на выходном звене ГП;  $P_T$  - усилие полного торможения выходного звена.

Известно, что при нагрузке  $P=2/3P_T$  ГП развивает максимальную теоретическую мощность и имеет максимальный КПД [1]. Подставив в (1)  $P=2/3P_T$ , найдем скорость, соответствующую максимальной мощности ГП и его максимальному КПД

$$V = V_{\max} \sqrt{1 - \frac{2/3P_T}{P_T}} = \sqrt{1/3} V_{\max}.$$

Произведение  $P \cdot V$  под ветвью квадратичной параболы - полезная мощность ГП. Её максимальное значение

$$N_{\text{ГПmax}} = P \cdot v = \frac{2}{3} \cdot P_T \cdot \sqrt{1/3} v_{\max} \quad (2)$$

Мощность потока РЖ, подводимого к ГП с нерегулируемым насосом (НРН) определяется произведением  $P_T V_{\max}$ . Потребляемая мощность, должна учитывать объемные и гидравлические потери

$$N_{\text{НН}} = \frac{P_T \cdot v_{\max}}{\eta_{\text{ОН}} \cdot \eta_{\text{ГП}}} \quad (3)$$

Теоретический КПД ГП с НРН

$$\eta_{\text{ТН}} = \frac{N_{\text{ГПmax}}}{N_{\text{НН}}} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{1/3} \eta_{\text{ОН}} \cdot \eta_{\text{ГП}} \quad (4)$$

Энергетические характеристики ГП с НРН показаны на рисунке 1. Такой КПД может быть лишь в случае, если в каждом контуре ГП

$P=2/3P_T$  и команды управления поступают одновременно на все контуры. При реальных нагрузках и командах управления КПД системы в динамике будет значительно меньше.

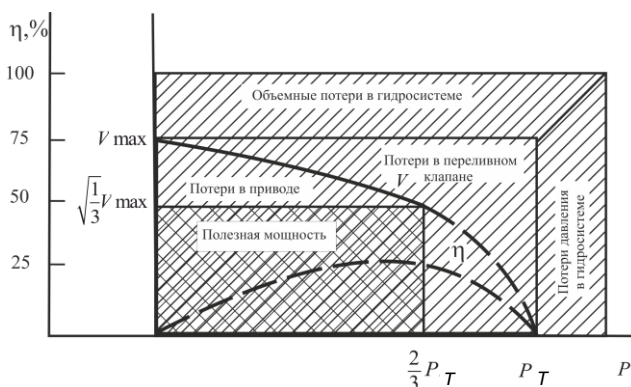


Рисунок 1 – Энергетические характеристики ЭГП дроссельного управления с НРН

ГП дроссельного управления с НРН имеет значительные потери потенциальной энергии РЖ в золотниковом распределителе, зависящие от нагрузки на гидродвигатель, а также в переливном клапане, зависящие как от нагрузки на гидродвигатель, так и от наличия команд управления. Следовательно, ГП с НРН имеет низкие энергетические характеристики. Подобные ГП применяют при малых мощностях и с небольшим числом гидродвигателей.

Улучшить структуру ГП можно при замене НРН на регулируемый насос (РН) и исключением переливного клапана.

Мощность потока жидкости, подводимой к ГП с РН, определяется произведением  $P_T V$  [2]. Мощность, потребляемая РН, учитывает затраты энергии на управление подачей, гидравлические и объемные потери в ГП. Для нагрузки на выходном звене  $P=2/3P_T$ .

$$N_{РН} = \frac{P_T \cdot v_{max}}{\sqrt{3}\eta_{ОН} \cdot \eta_{ГП} \cdot \eta_{ПУ} \cdot \eta_{МП}} \quad (5)$$

где  $\eta_{ПУ}$  и  $\eta_{МП}$  - коэффициенты, учитывающие потери на трение при движении плунжера преобразующего устройства и механической передачи, ориентировочно  $\eta_{ПУ} = 0,95$ ;  $\eta_{МП} = 0,97$  [2].

Теоретический КПД ГП дроссельного управления с РН

$$\eta_{ГП} = \frac{N_{ГПmax}}{N_{РН}} = \frac{2}{3} \cdot \eta_{ОН} \cdot \eta_{ГП} \cdot \eta_{ПУ} \cdot \eta_{МП} \quad (6)$$

## Секция «ГИДРАВЛИКА МОБИЛЬНЫХ МАШИН»

Энергетические характеристики ГП с РН показаны на рисунке 2. В схеме с РН сокращаются потери потенциальной энергии РЖ в переливном клапане, за счет подстройки в динамике подачи насоса на требуемый расход всех контуров ГП. В связи с этим теоретическое значение КПД ГП с РН выше, чем КПД ГП с НРН.

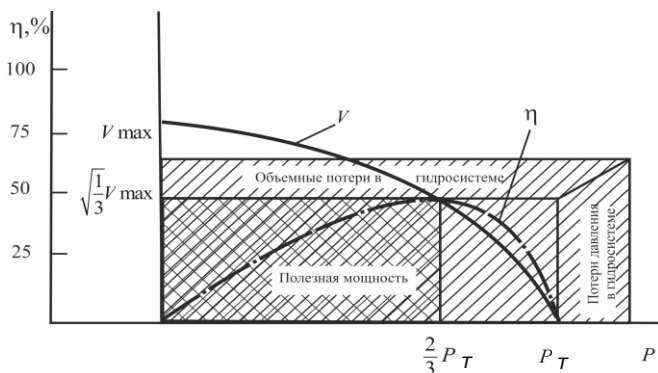


Рисунок 2 – Энергетические характеристики ЭГП дроссельного управления с РН

Для сравнительной количественной оценки энергетических характеристик систем ГП с РН и ГП с НРН определим отношение их КПД, используя формулы (6) и (4)

$$\frac{\eta_{TR}}{\eta_{TN}} = \frac{2/3 \cdot \eta_{OH} \cdot \eta_{ГП} \cdot \eta_{ПУ} \cdot \eta_{МП}}{2/3 \cdot \sqrt{1/3} \eta_{OH} \cdot \eta_{ГП}} = \sqrt{3} \eta_{ПУ} \cdot \eta_{МП} \approx 1,6$$

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнен сравнительный анализ энергетических характеристик следящих ЭГП. Показано, что энергетические показатели следящих ЭГП с регулируемым насосом могут быть на 60% выше энергетических показателей ЭГП с нерегулируемым насосом.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гамынин, Н.С. Гидравлический привод систем управления / Н.С. Гамынин. – М. : Машиностроение, 1972. – 376 с.
2. Навроцкий, К.Л. Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов: учеб. для студентов вузов спец. «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика / К.Л.Навроцкий – М. : Машиностроение, 1991. – 384 с.