

Хилов В.С.

Государственное
высшее учебное
заведение
“Национальный
горный
университет”

УДК: 622. 233.6:658.12.011.56.005

ИНФОРМАЦИОННО- АНАЛИТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ КОЛЕБАНИЙ РАЗОМКНУТОГО КОНТУРА ДАВЛЕНИЯ ПРИВОДА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ СТАВА БУРОВОГО СТАНКА

Проаналізовано частотні властивості приводу спуско-піднімальних операцій бурових верстатів нового покоління. Оцінено вплив на динамічні процеси в контурі тиску електрогідромеханічного приводу додаткових ланок, обумовлених підатлівістю гідросистеми і канатно-поліспасової передачі. Знайдено аналітичні співвідношення для обчислень характеристичних частот передаточної функції об'єкта керування контуру тиску. Виявлено умови найбільш несприятливого впливу пружних властивостей трансмісії на динамічні процеси контуру тиску в гідросистемі. Дано рекомендації на корекцію динамічних характеристик даного контуру.

Areanalyzed the frequency properties of the drive of round-trip operations of the new generation boring rigs. Is appreciated influence on dynamic processes in the pressure contour of the electro-hydro-mechanical drive of additional dynamic elements that conditional by elasticity hydro-systems and by cab-polyspast transmissions. Are found of analytical relationship for the calculations of characteristically frequencies the transfer function of the pressure contour control object. Are detected the conditions of the most disadvantageous influence of the elastic properties of transmission on the dynamic processes of the contour of pressure in hydro-system. Are given to recommendations on the correction of the investigated contour dynamic characteristics.

Введение. Применение в буровых станках нового поколения электроприводов для автоматизации механизма спуско-подъемных операций требует учета влияния упругих звеньев не только в контурах регулирования тока и частоты вращения, а также и во внешних контурах давления и линейной скорости [1–4].

Анализ публикаций. В работах [5–7] найдены динамические передаточные функции объекта управления привода спуско-подъемных операций. В зависимости от значений собственных частот колебаний

электрогидромеханической системы дополнительные передаточные функции могут оказывать существенное влияние на переходные процессы не только во внутренних контурах, а но и во внешних контурах. Зная численные значения частоты пропускания контура регулирования и собственные значения характеристичных частот объекта управления, можно сделать вывод о необходимости учета влияния упругих свойств трансмиссии на динамику контуров управления.

Цель исследований – определение собственных частот колебаний, возникающих в контуре давления электрогидромеханического привода. Зная характеристические частоты колебаний трансмиссии, можно исходную передаточную функцию высокого порядка разбить на ряд динамических звеньев с полиномами числителя и знаменателя не более второго порядка.

Результаты исследований. Для выявления собственных частот колебаний дополнительного динамического звена в исследуемом контуре [4], пренебрегая диссипативными силами в электрогидромеханической системе, получим передаточную функцию объекта управления контура давления:

$$W'_0(p) = \frac{(p^2 T_y^2 + 1) p^2 T_{M2} \gamma_{23} T_c / K_c}{(p^2 T_y^2 + 1) p^2 T_{M2} \gamma_{23} T_c / K_c + p^2 \gamma_{23} T_y^2 + 1} = \frac{\sum_{n=0}^4 p^n a'_n}{\sum_{n=0}^4 p^n b'_n}$$

Коэффициенты сведены в таблицу.

Таблица. Коэффициенты полиномов числителя и знаменателя

n	a'_n	b'_n
0	0	1
1	0	0
2	$T_c T_{M2} \gamma_{23} / K_c$	$T_c T_{M2} \gamma_{23} / K_c + T_y^2 \gamma_{23}$
3	0	0
4	$T_c T_{M2} \gamma_{23} T_y^2 / K_c$	$T_c T_{M2} \gamma_{23} T_y^2 / K_c$

Здесь T_y - постоянная времени упругих колебаний канатно-полиспастовой системы;
 T_c, T_{M2} – гидромеханическая и механическая постоянные времени;
 γ_{23} – частичный коэффициент инерционности;
 K_c – коэффициент передачи гидросистемы.

Корень полинома числителя $W'_0(p)$ определяет численное значение характеристической частоты $\omega'_{kd1} = 1/T_y$, а корни полинома знаменателя передаточной функции $W'_0(p)$ находятся из решения биквадратного уравнения для $p = \omega'_{kd2,4}$

$$p = \sqrt{\left[T_c T_{M2} + T_y^2 K_c (2 T_c T_{M2} T_y^2)^{-1} \right] * \left(\pm \sqrt{1 - \frac{4 T_c T_{M2} T_y^2 K_c}{\gamma_{23} (T_c T_{M2} + K_c T_y^2)^2}} - 1 \right)}$$

Полиномы числителя и знаменателя позволяют аналитически рассчитать значения характеристических частот дополнительного динамического звена контура давления.

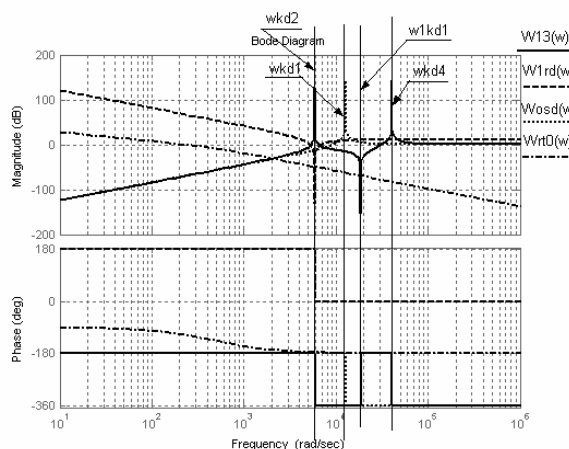


Рис.1. Логарифмические амплитудные и частотные характеристики объекта управления контура давления $W'_3(\omega)$, регулятора давления $W'_{rd}(\omega)$, внутренней отрицательной обратной связи в гидросистеме $W_{osd}(\omega)$ разомкнутого контура активного тока $W_{rt0}(\omega)$ без учета сил диссипации

На рис.1 представлены частотные характеристики разомкнутого контура активного тока статора асинхронного двигателя, регулятора давления, внутренней связи в гидросистеме и объекта управления контура давления. Регулятор давления настроен на компенсацию постоянной времени, определяемую наиболее низкой частотой колебаний ω_{kd2} . Тогда все остальные собственные частоты колебаний автоматически перемещаются в высокочастотную область разомкнутого контура давления и практически не будут оказывать влияния на переходные процессы замкнутого контура.

По мере перемещения головки снаряда увеличивается жесткость канатной передачи, так как уменьшается ее длина. Это приводит к изменению численных значений корней полиномов числителя и знаменателя и, следовательно характеристических частот передаточной функции $W'_0(p)$. Характер этого изменения отражает график перемещения нулей и полюсов (рис. 2), который показывает, что увеличение жесткости канатно-полиспастной системы приводит к перемещению пар полюсов и нулей в сторону

убывания вещественных чисел. Причем вещественные значения нулей практически не изменяются в отличие от действительных значений полюсов. Такое расположение нулей и полюсов передаточной функции, обусловленной наличием упругих звеньев, свидетельствует об уменьшении влияния на динамику работы контура пар полюсов P_{3d} , P_{4d} и нулей Z_{3d} и Z_{4d} в отличие от пар полюсов P_{1d} , P_{2d} и нулей Z_{1d} , Z_{2d} .

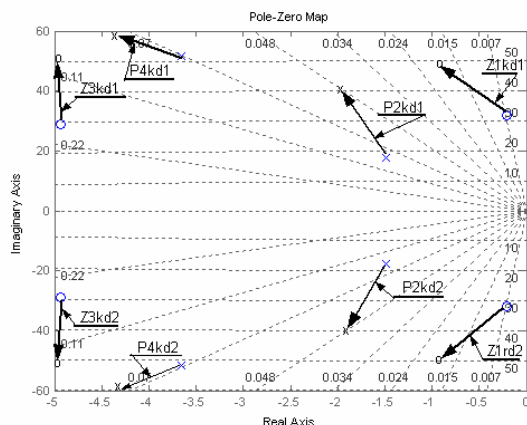


Рис.2. Перемещения нулей (Z_{1kd1} , Z_{1kd2} , Z_{3kd1} , Z_{3kd2}) и полюсов (P_{1kd1} , P_{1kd2} , P_{3kd1} , P_{3kd2}) на комплексной плоскости динамического звена $W_d(p)$, обусловленное податливостью гидросистемы и канатно-полиспастовой системы в зависимости от жесткости каната и веса става

Выводы. Из анализа частотных характеристик динамических звеньев, обусловленных податливостью каната и гидросистемы, следует, что наибольшее неблагоприятное влияние они оказывают в начале перемещения става, когда жесткость канатной системы наименьшая. По мере выбора каната его жесткость увеличивается, и соответственно изменяются собственные частоты колебаний передаточной функции за счет уменьшения постоянной времени T_y .

Наличие потерь в гидросистеме и канатно-полиспастовой системе сглаживает резонансные явления в объекте управления, что соответствует плавному сопряжению участков логарифмических амплитудных частотных характеристик на участках с различными постоянными наклонами.

Как следует из частотных характеристик дополнительных динамических звеньев, при пренебрежении диссипативными силами в гидросистеме и канатно-полиспастовой

системе наиболее неблагоприятное влияние на качество переходных процессов будет оказывать канатно-полиспастовая система при максимальной длине каната. По мере выборки каната, в процессе перемещения головки става, частота упругих колебаний возрастает и не оказывает существенного влияния на качество переходных процессов. Кроме того, с увеличением частоты собственных колебаний возрастает демпфирующая способность гидросистемы и канатно-полиспастовой передачи, что способствует подавлению высокочастотных колебаний в контуре давления, т.е. контур давления является фильтром низкой частоты с хорошей добротностью.

Учет всех динамических звеньев объекта управления контура давления свидетельствует о том, что в области низких частот контур обладает дифференцирующими свойствами, а в области высоких — интегрирующими. Увеличение жесткости каната благоприятно сказывается на динамических свойствах объекта управления.

Литература

1. Хиллов В.С. Опыт применения частотно-управляемых приводов в буровых станках карьеров Украины / В.С. Хиллов, А.С. Бешта, В.Т. Заика // Горн. информ.-аналит. бюл. – 2004. – № 10. – С. 285-289.
2. Бешта А.С. Принципы построения системы управления электроприводом спуско-подъемных операций / А.С. Бешта, В.С. Хиллов // Вісн. Кременчуцького держ. політехн. ун-ту. - 2004. – Вип.4(20) .- С.85-88.
3. Хиллов В.С. Математическая модель гидропривода подачи станка шарошечного бурения. // Гірн. електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. - 2003. - Вип.70. – С. 100-105.
4. Хиллов В.С. Математическая модель объекта управления привода подачи бурового станка // Сб. науч. тр. НГУ. - 2004. – №19, т.2. – С.33-39.
5. Хиллов В.С. Синтез позиционной системы управления гидравлическим приводом подачи станка шарошечного бурения // Сб. науч. тр. НГУ. - 2003. – №17, т.2. – С.122-127.
6. Хиллов В.С. Влияние упругих свойств трансмиссии и обратной электродвижущей силы на динамику контура тока/ В.С. Хиллов // Сб. науч. тр. НГУ. - 2005. – №21. – С. 43-55.
7. Хиллов В.С. Собственные частоты колебаний разомкнутого контура тока привода спуско-подъемных операций бурового станка // Гірн. електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб.-2005.- Вип. 74. - С 25-31.