

**В.С. Хилов, канд техн. наук, А.Я. Сухарев**

*(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)*

## **АНАЛИЗ ЧАСТОТНЫХ СВОЙСТВ ПНЕВМОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ БУРОВОГО СТАНКА СБШ – 250 МН**

**Введение.** Одной из основных причин нерационального расхода электроэнергии компрессором бурового станка является малое ограничение мощности, потребляемой в режиме холостого хода компрессорной установки. Это, в частности, обусловлено возникновением динамических перегрузок в компрессоре при пуске, из-за чего ограничено число пусков до капитального ремонта, и недопустимой потерей напряжения в питающей сети [1].

Второй причиной нерационального расхода электроэнергии является невозможность регулирования производительности компрессорной установки в процессе бурения.

Для системы управления приводным двигателем в качестве объекта управления будет выступать электродвигатель и пневмотранспортная система бурового станка [2]. Имеющаяся структурная схема пневмотранспортной системы бурового станка содержит большое количество обратных связей, что не позволяет исследовать ее частотные свойства с применением имеющихся прикладных программных пакетов.

**Цель и задачи исследований.** Целью данных исследований был анализ частотных свойств дополнительных звеньев, появившихся в результате учета перекрестных связей в процессе линеаризации передаточной функции пневмотранспортной системы бурового станка. Основываясь на результатах исследований, будут производиться настройки регуляторов в соответствующих контурах.

**Постановка проблемы.** Для реализации оптимального алгоритма управления компрессором бурового станка необходимо произвести настройку регуляторов в контуре тока, контуре скорости и контуре регулирования расхода воздуха. В каждый из вышеуказанных контуров управления попадают дополнительные звенья, содержащие дробно-рациональные выражения высоких порядков – восьмого, шестого и четвертого порядка, соответственно. Для настройки регуляторов необходимо учесть влияние дополнительных звеньев на устойчивость системы.

**Результаты исследований.** В результате преобразований исходной структурной схемы была получена однолинейная структурная схема пневмотранспортной системы с учетом имеющихся перекрестных связей. В данной структурной схеме кроме начальных апериодического и интегрирующего звеньев появились звенья, содержащие дробно-рациональные функции высокого порядка: в контуре тока – восьмого порядка, в контуре частоты вращения – шестого порядка, в контуре расхода воздуха на выходе ресивера компрессора – четвертого порядка. В зависимости от значений постоянных времени и коэф-

коэффициентов передаточных функций дробно-рациональные функции могут находиться в полосах пропускания или затухания контуров регулирования.

Для исследования частотных свойств дополнительных звеньев с помощью прикладного пакета MATLAB были построены амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики, представленные: для контура тока – на рис. 1, для контура скорости – на рис. 2, для контура расхода воздуха – на рис. 3.

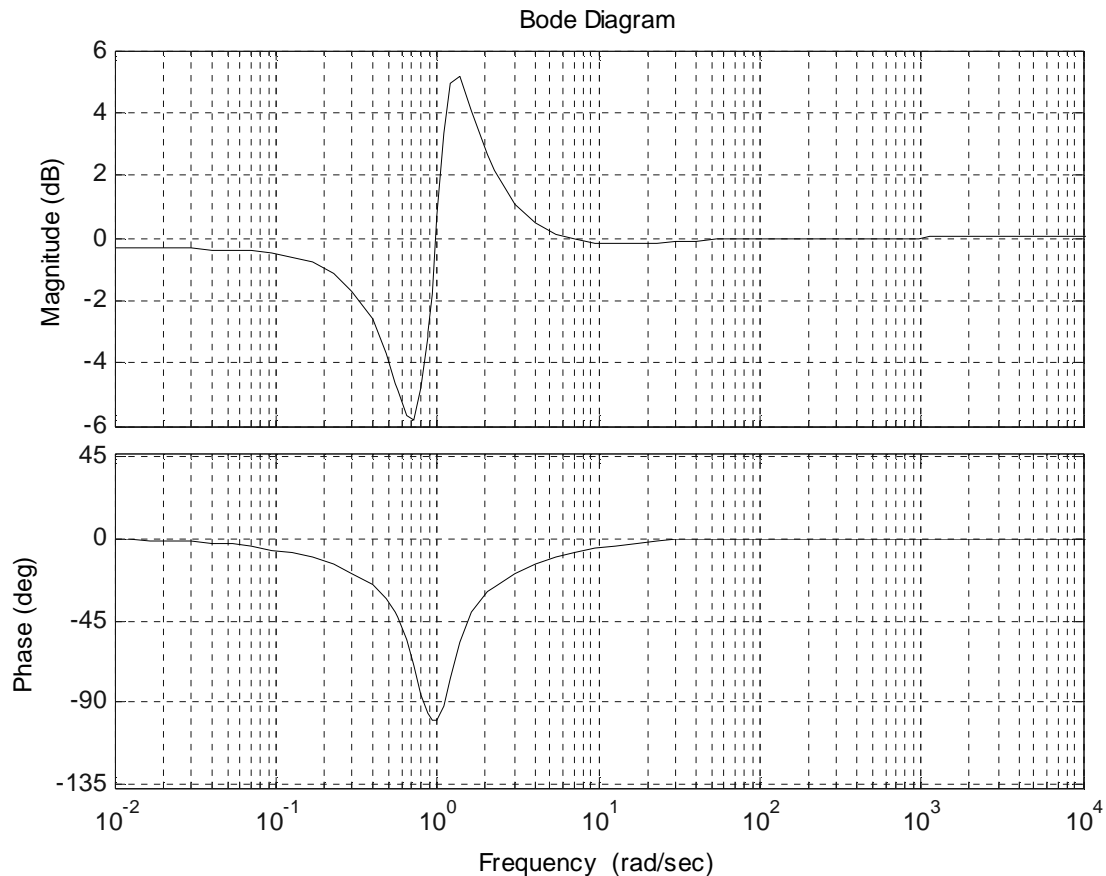


Рис. 1. ЛАЧХ и ЛФЧХ дополнительного звена в контуре тока

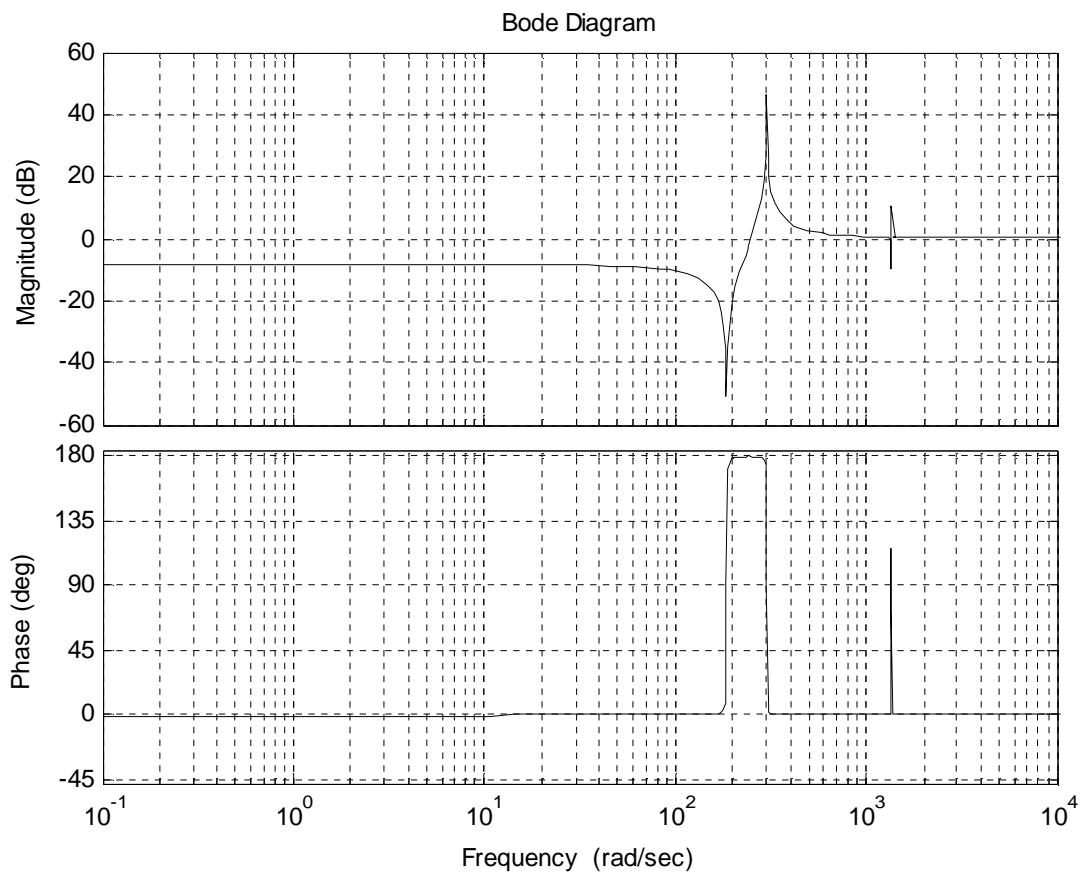


Рис. 2. ЛАЧХ и ЛФЧХ дополнительного звена в контуре скорости

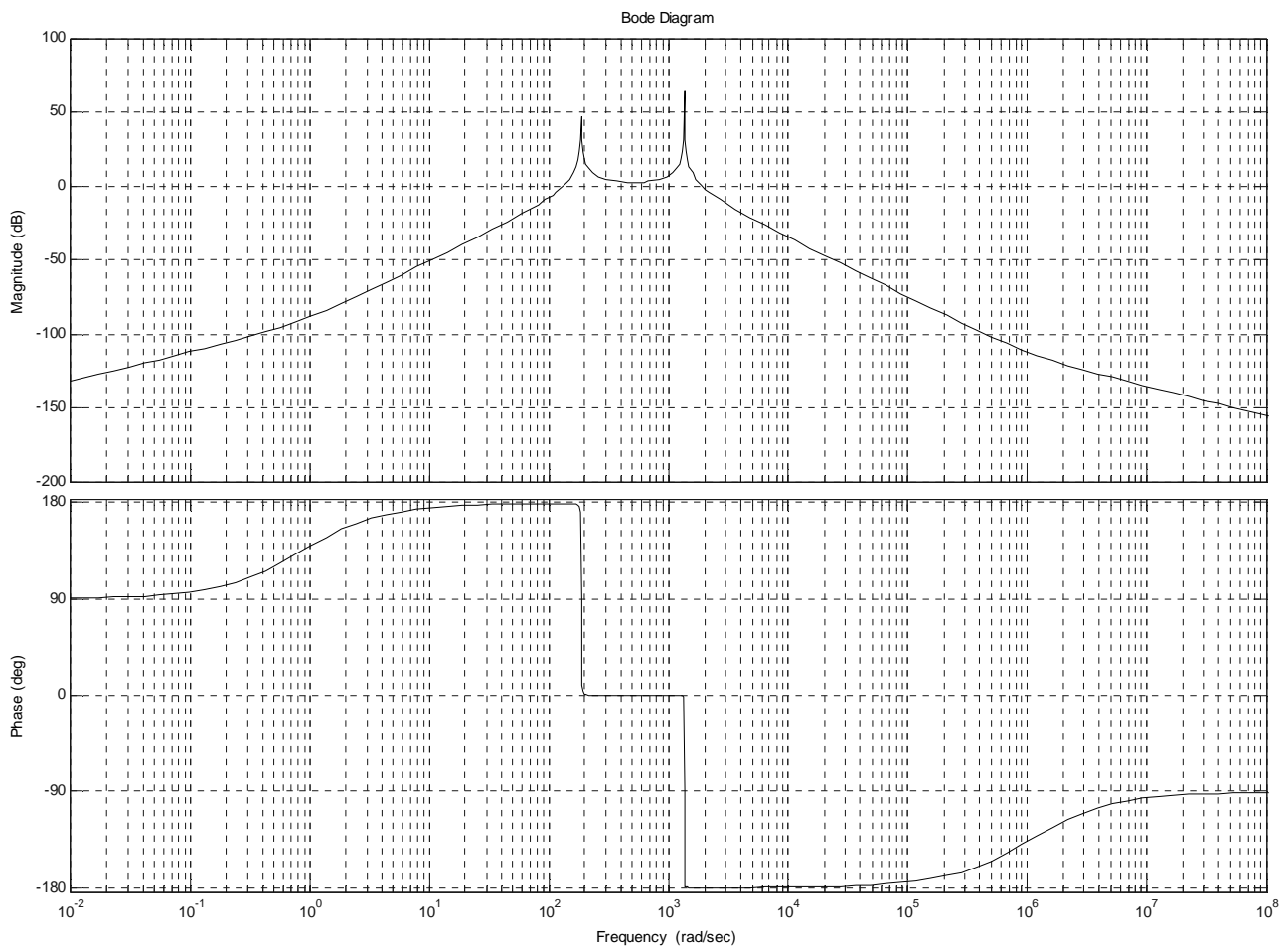


Рис. 3. ЛАЧХ и ЛФЧХ дополнительного звена в контуре расхода

Анализируя полученные характеристики и сравнивая их с характеристиками типовых звеньев, приходим к выводу, что дополнительное звено в контуре тока в диапазоне частот от  $w = 1 \times 10^{-2}$  рад/с до  $w = 0.724$  рад/с имеет характеристику апериодического звена, в диапазоне частот от  $w = 0.724$  рад/с до  $w = 1.4$  рад/с – характеристику дифференцирующего звена, в диапазоне частот от  $w = 1.4$  рад/с до  $w = 12.8$  рад/с – характеристику апериодического звена и в диапазоне частот от  $w = 12.8$  рад/с до  $w = 543$  рад/с – характеристику дифференцирующего звена (рис. 1).

Полученная амплитудно-частотная характеристика позволяет сделать вывод, что передаточная функция дополнительного звена в контуре тока восьмого

порядка, имеющая вид  $\frac{\sum_{n=1}^8 a_n p^n}{\sum_{n=1}^8 b_n p^n}$ , может быть редуцирована до передаточной

функции второго порядка вида  $\frac{T_1^2 p^2 + 2x_1 T_1 p + 1}{T_2^2 p^2 + 2x_2 T_2 p + 1}$ , что значительно упрощает поиск необходимых настроек регулятора.

Характеристики дополнительного звена в контуре скорости позволяют сделать следующие выводы: в диапазоне частот от  $w = 0.1$  рад/с до  $w = 186$  рад/с имеет характеристику апериодического звена, в диапазоне частот от  $w = 186$  рад/с

до  $w = 301$  рад/с – характеристику дифференцирующего звена, в диапазоне частот от  $w = 301$  рад/с до  $w = 12.8$  рад/с – характеристику апериодического звена и в диапазоне частот от  $w = 12.8$  рад/с до  $w = 2 \times 10^3$  рад/с – характеристику дифференцирующего звена (рис. 2). Следует отметить, что в ЛАЧХ дополнительного звена контура скорости наблюдается всплеск при частоте  $w = 1.36 \times 10^3$  рад/с. Исходя из ЛАЧХ можем сделать вывод, что исходное звено шестого порядка вида

$\frac{\sum_{n=1}^6 a_n p^n}{\sum_{n=1}^6 b_n p^n}$  может быть редуцировано до звена второго порядка вида  $\frac{T_3^2 p^2 + 2x_3 T_3 p + 1}{T_4^2 p^2 + 2x_4 T_4 p + 1}$ .

Дополнительное звено в контуре расхода воздуха на ресивере имеет характеристики, которые при сравнении с характеристиками типовых звеньев позволяют утверждать, что в диапазоне частот от  $w = 1 \times 10^{-2}$  рад/с до  $w = 1$  рад/с имеет характеристику дифференцирующего звена, в диапазоне частот от  $w = 1$  рад/с до  $w = 9 \times 10^5$  рад/с – характеристику колебательного звена, в диапазоне частот от  $w = 9 \times 10^5$  рад/с до  $w = 1 \times 10^8$  рад/с – характеристику дифференцирующего звена (рис. 3). Таким образом, данное звено, имеющее вид

$\frac{\sum_{n=1}^4 a_n p^n}{\sum_{n=1}^4 b_n p^n}$ , как и два предыдущих может быть редуцировано до колеба-

тельного звена четвертого порядка, имеющего вид  $\frac{Tp}{\sum_{n=1}^4 b_n p^n}$ .

**Выводы.** Входящие в состав однолинейной схемы пневмотранспортной системы бурового станка дополнительные передаточные функции существенно усложняют настройку регуляторов системы управления приводным двигателем. Однако, анализируя ЛАЧХ и ЛФЧХ, позволяет утверждать, что дополнительные передаточные функции могут быть редуцированы до второго порядка в контурах тока и скорости. Это позволяет существенно упростить настройку регуляторов в соответствующих контурах регулирования.

#### Список литературы

1. Хилов В.С. Сухарев А.Я. Состояние и пути совершенствования электромеханического комплекса компрессора бурового станка // Гірн. електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – 2006. Вип. 77. – С. 120-125.
2. Хилов В.С. Сухарев А.Я. Структурная схема пневмотранспортной системы бурового станка СБШС – 250Н как объект управления // Форум гірників 2007. – Д., 2007. – С. 36-40.