Линеаризующее влияние ООС и ее влияние на ход АЧХ

Рассмотрим модель системы с ООС общего вида (рис. 1).

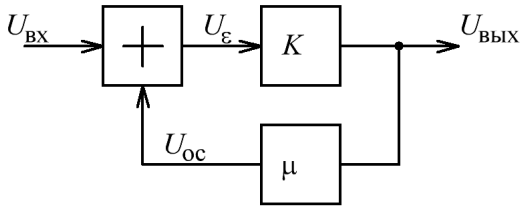

Рис. 1

Пусть блок μ системы линеен, а его передаточная функция не зависит от частоты. Блок K выполняет над входным для него сигналом операцию нелинейного безынерционного преобразования. Тогда сигналы представляются своими мгновенными временными значениями.

Для определенности нелинейное усилительное звено K будем характеризовать функцией вход-выход вида рис. 2а или дифференциальным коэффициентом усиления (рис. 2б).

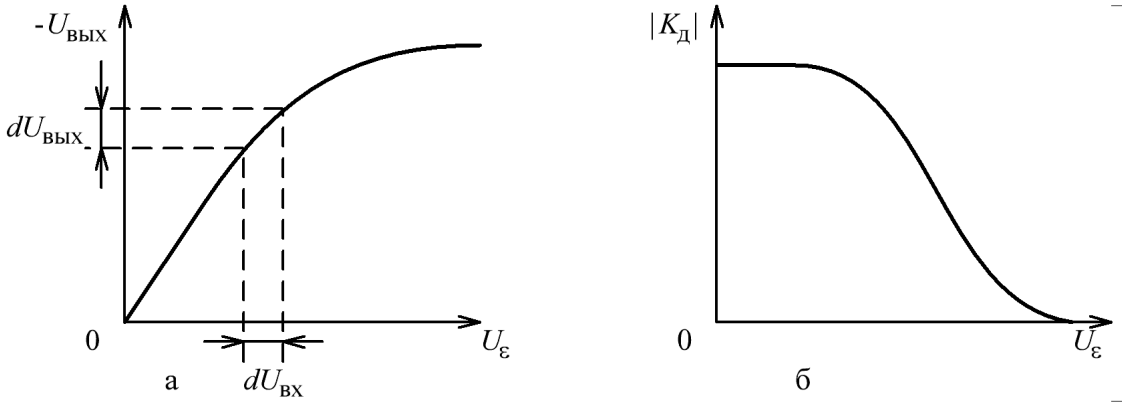

Рис. 2

Эта характеристика типична для усилительных каскадов с учетом насыщения.

Такими свойствами обладает тракт при условии отсутствия обратной связи (разорванной петли). При замыкании петли коэффициент передачи равен

$$K_F = \frac{K}{1-\mu K} \quad .$$

Дифференциальный коэффициент усиления соответственно выражается формулой

$$K_{дF} = \frac{K_д}{1-\mu K_д} \quad .$$

Эта зависимость приведена на рис. 3.

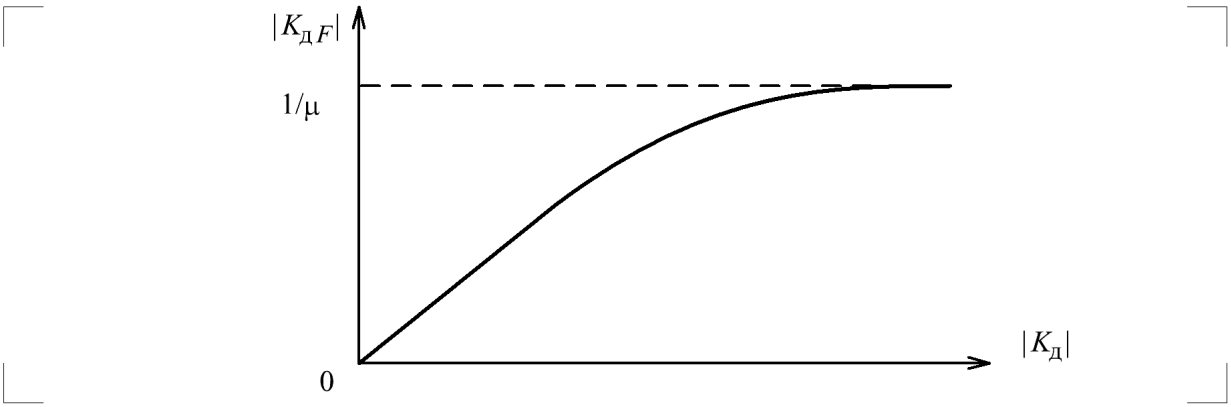

Рис. 3

Линеаризующее влияние отрицательной обратной связи заключается в уменьшении неравномерности дифференциального коэффициента усиления при изменении уровня входного сигнала. Это обстоятельство иллюстрируется рис. 4.

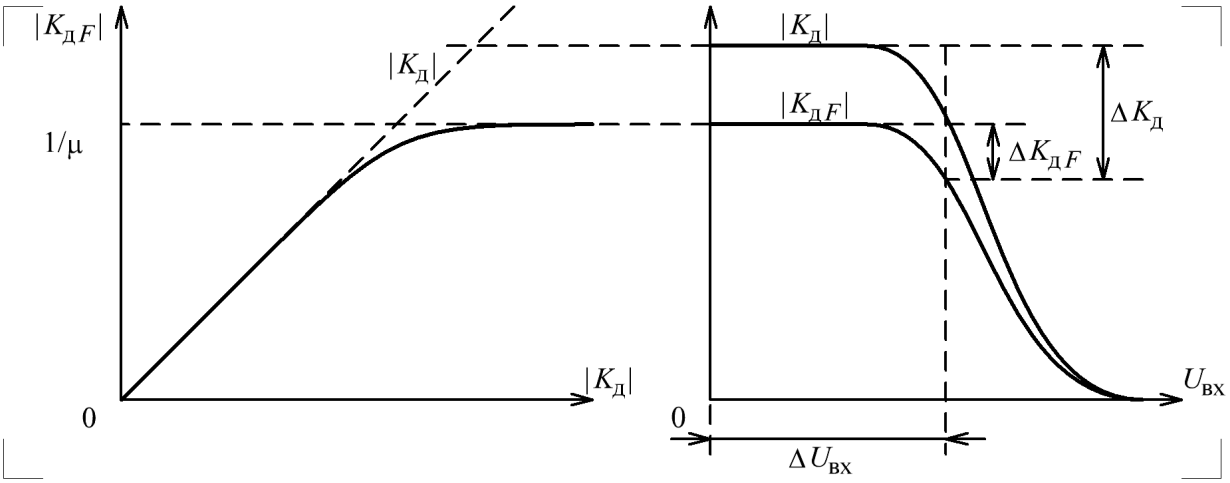

Рис. 4

На этом рисунке пунктирная линия соответствует системе без обратной связи, а сплошная отражает результат действия обратной связи.

Здесь наглядно показано, каким образом охват нелинейного устройства обратной связью видоизменяет его дифференциальный коэффициент усиления по отношению к уровню входного воздействия.

Соответствующая трансформация нелинейной передаточной характеристики приведена на рис. 5.

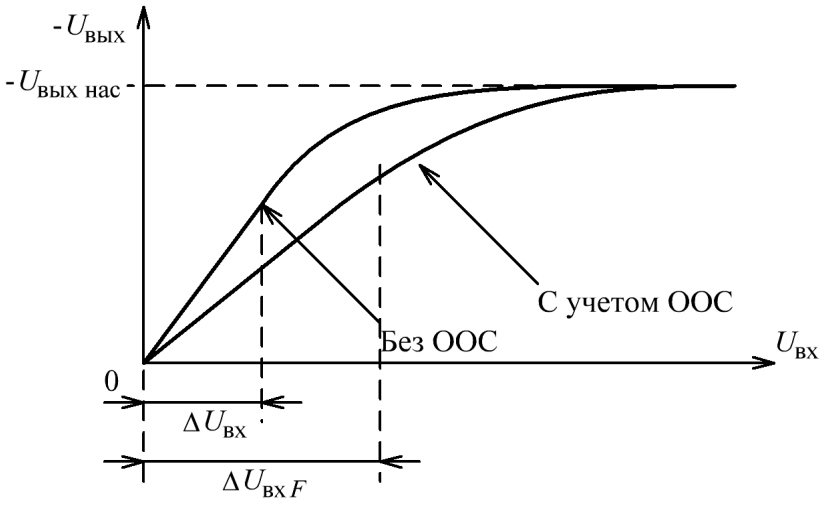

Рис. 5

Из рисунков качественно видно, что в одном и том же диапазоне уровней входного сигнала, неравномерность дифференциального коэффициента усиления системы с обратной связью оказывается ниже, чем без обратной связи, что соответствует более высокой линейности передаточной характеристики. Это происходит за счет уменьшения общего дифференциального коэффициента усиления.

Пусть теперь система полностью линейна, а передаточные свойства основного усилительного звена зависят от частоты входного воздействия. Для определенности будем рассматривать АЧХ вида, свойственного широкополосным усилителям (рис. 6).

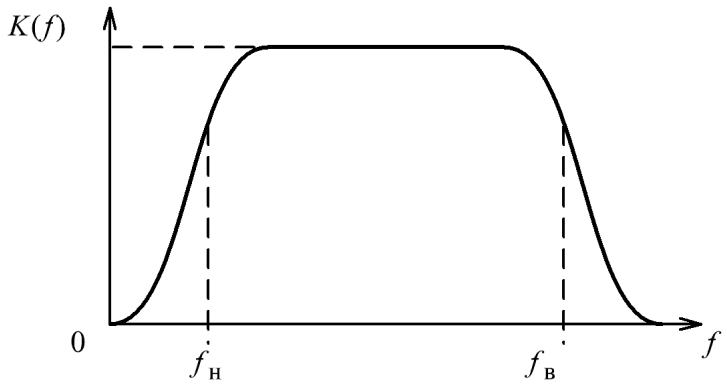

Рис. 6

Комплексный коэффициент передачи системы с отрицательной обратной связью равен

$$K_F(jf)=\frac{K(jf)}{1-\mu K(jf)} \quad ,$$

а его модуль

$$K_F(f)=\frac{K(f)}{\sqrt{1-\mu^2 K^2(f)}} \quad .$$

Рис. 7 показывает, каким образом эта функция влияет на ход АЧХ системы по сравнению с АЧХ системы без обратной связи.

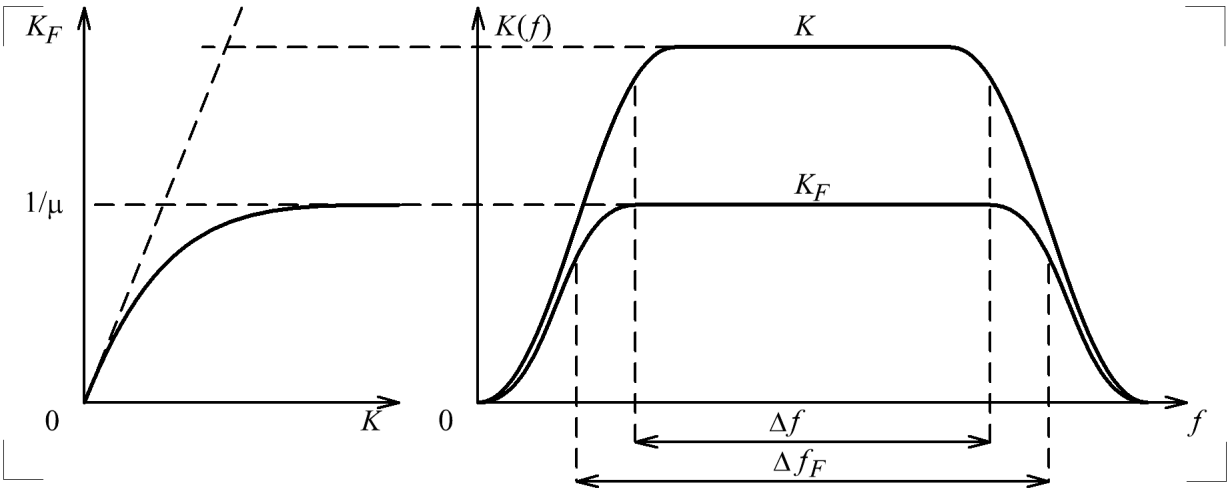

Рис. 7

Из рисунка видно, что отрицательная обратная связь делает ход АЧХ более равномерным в той же полосе частот. На рис. 8 для наглядности на одном графике совмещены нормированные к единице АЧХ системы с обратной связью и без нее.

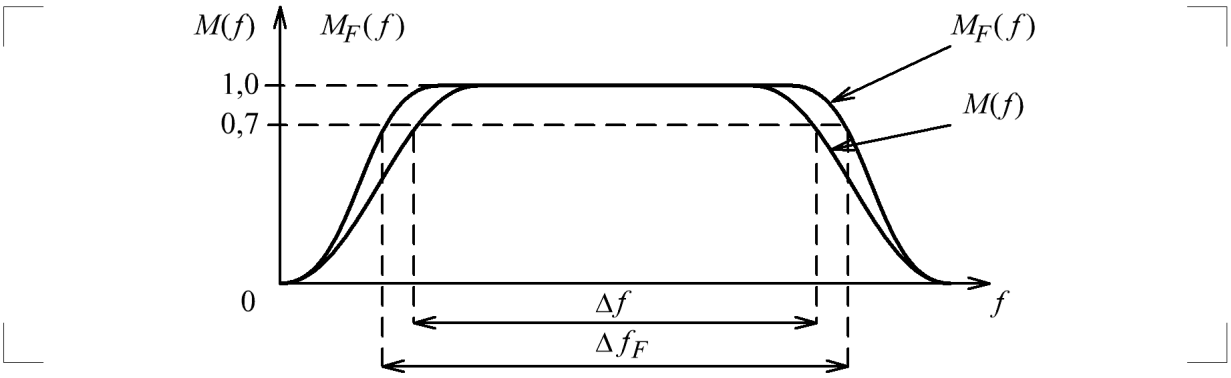

Рис. 8

Как видно ход нормированной АЧХ системы с обратной связью более равномерный, чем без нее. Как следует из рис. 7 это достигается за счет снижения коэффициента передачи в полосе пропускания.