

1712  
СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



P13 - 6974

1721/2-73

Б.Ю.Семенов

ЗАВИСИМОСТЬ ЛИНЕЙНОГО ДИАПАЗОНА  
УСИЛИТЕЛЬНОГО КАСКАДА  
ОТ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ОБРАБАТЫВАЕМОГО СИГНАЛА

**1973**

**ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ**

P13 - 6974

Б.Ю.Семенов

ЗАВИСИМОСТЬ ЛИНЕЙНОГО ДИАПАЗОНА  
УСИЛИТЕЛЬНОГО КАСКАДА  
ОТ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ОБРАБАТЫВАЕМОГО СИГНАЛА

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Режим, при котором транзисторы схемы оказываются в насыщении или отсечке, называется режимом большого сигнала. В усилителях подобный режим, как правило, недопустим, ибо ему сопутствуют сильные искажения. Возможность появления режима большого сигнала обусловлена ограниченностью диапазона изменения токов и напряжений элементов схемы. В общем случае максимально допустимая амплитуда сигнала, т.е. амплитуда сигнала, пропускаемого схемой без аномально больших искажений, зависит от его временных /частотных/ характеристик. Изучению и учету этой зависимости в технической литературе не уделено должного внимания. Мало того, искажения, связанные с превышением линейного диапазона из-за малости времени нарастания сигнала, часто неправильно относят к искажениям из-за запаздывания в цепи обратной связи.

В настоящей работе рассмотрено влияние временных /частотных/ характеристик сигналов на величину линейного диапазона усилительного каскада. Показана связь между частотной характеристикой каскада и кривой зависимости его линейного диапазона от времени нарастания обрабатываемого сигнала.

Схемы и частотные характеристики каскадов усиления обычно подобны представленным на рис. 1 и 2. Максимально допустимую амплитуду выходного гармонического сигнала для указанной схемы можно определить, используя выражение

$$V_{\text{ВЫХ}}(\omega) = I_p R / \sqrt{(PC)^2 + \Gamma} \quad /1/$$

или ему соответствующее, приближенное

$$V_{\text{ВЫХ}}(\omega) = \begin{cases} I_p R = V_{\text{ВЫХ}}(0) & 0 \leq \omega < \omega_p \\ I_p / \omega C = V_{\text{ВЫХ}}(0) \omega_p / \omega, & \omega > \omega_p \end{cases} \quad /2/$$

где  $V_{\text{ВЫХ}}(0)$  - максимально допустимая /максимальная из принадлежащих линейному диапазону каскада/ амплитуда выходного сигнала в интервале частот  $0 \leq \omega \leq \omega_p$ . В логарифмических осях выражение /2/ может быть записано в виде

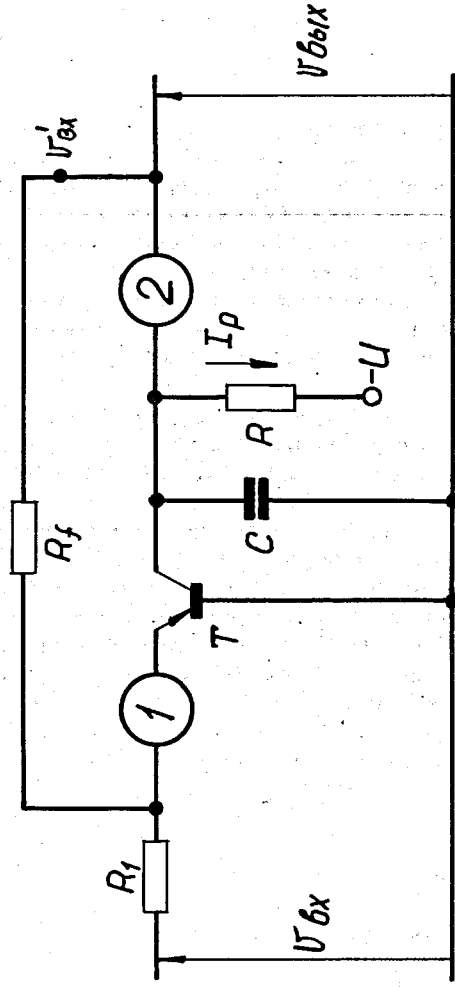


Рис. 1. Типичная схема усилительного каскада. 1 - инверсный усилитель тока, T - транзистор-усилитель напряжения, R и C - нагрузочное сопротивление и нагрузочная емкость в коллекторе транзистора T,  $I_p$  - режимный ток этого транзистора, 2 - повторитель напряжения,  $R_f$  - резистор обратной связи.

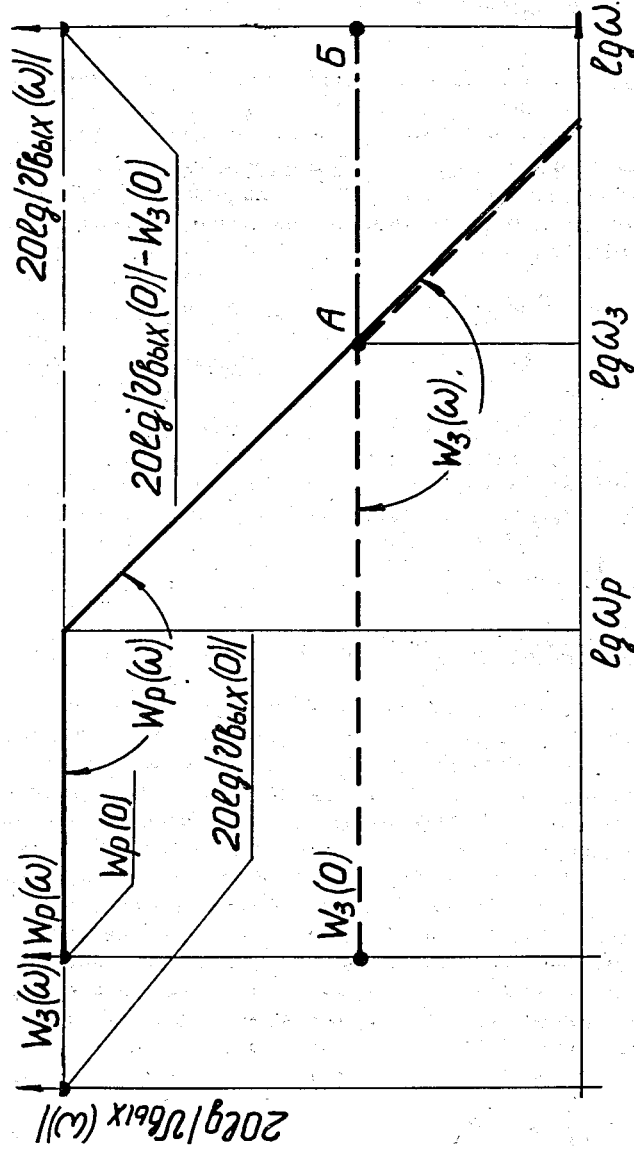


Рис. 2. Типичные логарифмические амплитудно-частотные характеристики /ЛАЧХ/ усилительного каскада.  $W_p(\omega) = 20 \lg |V_{\text{вых}} / V_{\text{вх}}| = 20 \lg K_p$  - ЛАЧХ каскада при разомкнутой петле обратной связи,  $K_p$  - модуль коэффициента усиления для этого случая,  $W_3(\omega) = 20 \lg |V_{\text{вых}} / V_{\text{вх}}| = 20 \lg K_3(\omega)$  - ЛАЧХ каскада при замкнутой петле,  $K_3$  - модуль коэффициента усиления для этого случая,  $\omega_p$  и  $\omega_3$  - частоты перегиба характеристик  $W_p(\omega)$  и  $W_3(\omega)$  соответственно.

$$20 \lg |V_{\text{ВЫХ}}(\omega)| \cong \begin{cases} 20 \lg |V_{\text{ВЫХ}}(0)| & 0 \leq \omega < \omega_p / 3 \\ 20 \lg |V_{\text{ВЫХ}}(0)| - 20 \lg(\omega / \omega_p) & \omega > \omega_p \end{cases} / 3/$$

Из /3/ следует, что если приписать точке  $W_p(0)$  значение  $20 \lg |V_{\text{ВЫХ}}(0)|$ , как это сделано в левой части рис. 2, то ЛАЧХ каскада  $W_p(\omega)$  в определенном масштабе будет изображать границу его линейного диапазона по выходному сигналу.

В ряде случаев полезно также иметь выражения, определяющие линейный диапазон каскада по входному сигналу при замкнутой обратной связи

$$V_{\text{ВХ}}(\omega) = \begin{cases} V_{\text{ВЫХ}}(0) / K_{\Sigma}(0) & 0 \leq \omega < \omega_p \\ V_{\text{ВЫХ}}(0) \omega_p / \omega K_{\Sigma}(0) & \omega_p < \omega < \omega_{\Sigma} \\ V_{\text{ВЫХ}}(0) \omega_p / \omega_{\Sigma} K_{\Sigma}(0) & \omega > \omega_{\Sigma} \end{cases} / 4/$$

или в логарифмических осях

$$20 \lg |V_{\text{ВХ}}(\omega)| = \begin{cases} 20 \lg |V_{\text{ВЫХ}}(0)| - W_{\Sigma}(0) & 0 \leq \omega < \omega_p \\ 20 \lg |V_{\text{ВЫХ}}(0)| - W_{\Sigma}(0) - 20 \lg(\omega / \omega_p) & \omega_p < \omega < \omega_{\Sigma} \\ 20 \lg |V_{\text{ВЫХ}}(0)| - W_{\Sigma}(0) - 20 \lg(\omega_{\Sigma} / \omega_p) & \omega > \omega_{\Sigma} \end{cases} / 5/$$

Из /5/ следует, что если точке  $W_p(0)$  приписать на оси ординат значение  $20 \lg |V_{\text{ВЫХ}}(0)| - W_{\Sigma}(0)$ , как это сделано в правой части рис. 2, то ЛАЧХ каскада  $W_p(\omega)$  в интервале частот  $0 \leq \omega \leq \omega_{\Sigma}$  будет изображать в определенном масштабе границу его линейного диапазона по выходному сигналу при замкнутой петле обратной связи. При  $\omega > \omega_{\Sigma}$  максимально допустимая амплитуда входного сигнала не зависима от частоты, т.е. граница линейного диапазона каскада для этой области частот - прямая линия, параллельная оси абсцисс /прямая АБ на рис.2/.

Полученные выражения легко распространить и на сигналы, отличные от синусоидальных. Так, например, они полностью справедливы для сигналов с синусоидальной формой фронта

$$V(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ V_a \cdot \sin \omega t & 0 \leq t \leq (\pi / 2 \omega) \\ V_a & t \geq (\pi / 2 \omega) \end{cases} / 6/$$

Для импульсов же с формой фронта, отличной от синусоидальной, можно применить аппроксимацию. Так, для сигнала с экспоненциальным фронтом нарастания

$$V_{\Sigma}(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ V_a (1 - \exp(-t/\tau)) & t \geq 0 \end{cases} / 7/$$

возможна аппроксимация функцией, совпадающей с рассмотренной ранее

$$V_{\Sigma}(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ V_a \cdot \sin \omega t = V_a \cdot \sin(t/2\tau) & 0 \leq t \leq T/4 \\ V_a & t > T/4 \end{cases} / 8/$$

где  $T = (2\pi/\omega) = \pi/2\tau$  - период функции  $V_a \sin(t/2\tau)$ .

Представленный материал весьма эффективно может быть использован при разработке каскадов усиления или при определении ограничений на временные и амплитудные характеристики сигналов известного каскада.

Рукопись поступила в издательский отдел  
28 февраля 1973 года.