

ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ В УСИЛИТЕЛЯХ

Обратная связь – это структурный прием, который заключается в передаче сигнала с выхода некоторого электронного узла на вход. Передача сигнала осуществляется конкретной электрической связью.

Все виды обратной связи сильно изменяют свойства усилительного устройства, поэтому они широко используются для направленного изменения его параметров.

В общем случае сигнал обратной связи может либо суммироваться с входным, либо вычитаться из входного сигнала усилителя. В зависимости от этого соответственно различают положительную и отрицательную обратные связи.

Получим значение коэффициента усиления для обоих этих случаев. Обратная связь называется положительной, если фаза входного сигнала усилителя и сигнала обратной связи совпадают. В этом случае для обобщенной структурной схемы усилителя с обратной связью, приведенной на рис. 5.21, можно записать:

$$u_{\text{вых}} = K_{\text{У}} u_{\text{вх сум}};$$

$$u_{\text{вх сум}} = u_{\text{вх}} + b_{\text{ОС}} u_{\text{вых}},$$

где $b_{\text{ОС}}$ — коэффициент передачи цепи обратной связи.

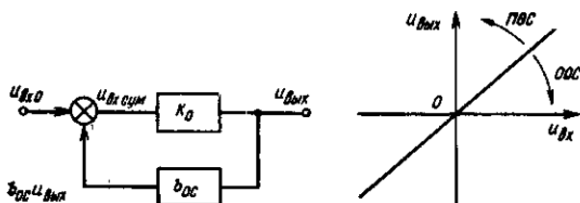


Рис. 5.21. Обобщенная структурная схема усилительного устройства с цепью обратной связи

Рис. 5.22. Изменение передаточной характеристики усилительного устройства при введении различных цепей обратной связи

Отсюда

$$K_{\text{У ПОС}} = u_{\text{вых}}/u_{\text{вх}} = K_{\text{У}}/(1 - b_{\text{ОС}} K_{\text{У}}). \quad (5.19)$$

Полученное выражение показывает, что введение в усилитель положительной обратной связи увеличивает коэффициент усиления. Физически это означает увеличение наклона передаточной характеристики усилителя (рис. 5.22).

Обратная связь называется отрицательной, если фазы входного сигнала усилителя и сигнала обратной связи отличаются на угол π . В этом случае для обобщенной структурной схемы усилителя с обратной связью (см. рис. 5.21), можно записать:

$$u_{\text{вх сум}} = u_{\text{вх}} - b_{\text{ОС}} u_{\text{вых}}.$$

Тогда

$$K_{\text{У ООС}} = u_{\text{вых}}/u_{\text{вх}} = K_{\text{У}}/(1 + b_{\text{ОС}} K_{\text{У}}). \quad (5.20)$$

Введение отрицательной обратной связи уменьшает коэффициент усиления усилителя. Это проявляется в уменьшении наклона его передаточной характеристики. Следовательно, введение любой обратной связи приводит к вращению его передаточной характеристики относительно начала координат (см. рис. 5.22).

Следует отметить, что если цепь обратной связи охватывает весь усилитель, ее принято называть общей обратной связью. В противном случае, т. е. если обратная связь охватывает только часть усилителя, ее называют местной.

По способу получения сигнала обратной связи принято различать обратную связь по напряжению и по току. Для получения обратной связи по напряжению сигнал обратной связи должен быть пропорционален выходному напряжению усилителя (рис. 5.23, а).

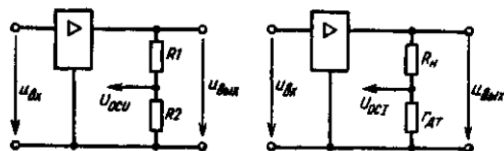


Рис. 5.23. Способы получения сигнала ОС
а — по напряжению; б — по току

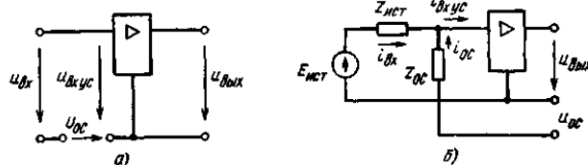


Рис. 5.24. Способы введения сигнала обратной связи во входную цепь усилительного устройства:
а — последовательная, б — параллельная

Для получения обратной связи по току, сигнал обратной связи снимают с дополнительного измерительного элемента (датчика тока $I_{\text{ДТ}}$), включенного последовательно с нагрузкой (рис. 5.23, б).

По способу введения сигнала можно выделить последовательную и параллельную обратные связи.

Для получения последовательной обратной связи сигнал с выхода усилителя вводится последовательно с источником входного напряжения (рис. 5.24, а). В этом случае на входе усилителя выполняется алгебраическое суммирование напряжений

$$u_{\text{вх ус}} = u_{\text{вх}} + u_{\text{ОС}}.$$

Для получения параллельной обратной связи сигнал с выхода усилителя вводится параллельно источнику входного напряжения (рис. 5.24, б). В этом случае на входе усилителя происходит алгебраическое суммирование токов

$$i_{\text{вх ус}} = i_{\text{вх}} + i_{\text{ОС}}.$$

Конкретный знак входных сигналов усилителя зависит от того, какая (положительная или отрицательная) обратная связь вводится в устройство. Возможны комбинированные способы как снятия, так и введения сигнала обратной связи. Однако из-за противоположного действия на свойства усилительного устройства такие способы на практике не используются весьма редко.

В соответствии со сказанным, можно выделить четыре основные типа цепей обратной связи:

- последовательная обратная связь по выходному напряжению;
- последовательная обратная связь по выходному току;
- параллельная обратная связь по выходному напряжению;
- параллельная обратная связь по выходному току.

Каждый из указанных типов может осуществлять как положительную, так и отрицательную обратные связи.

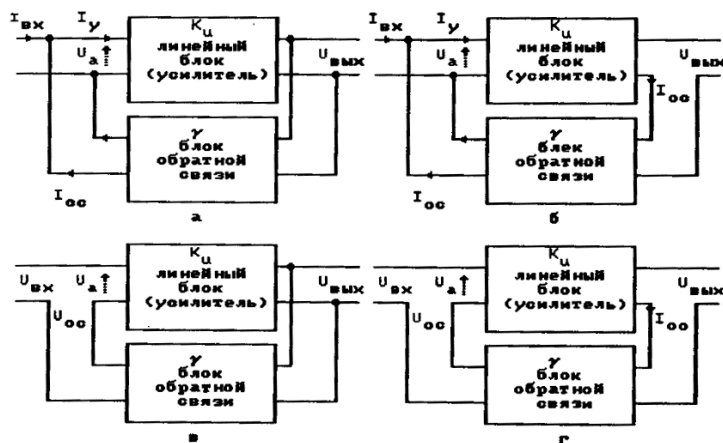


рис. 2.8. Различные виды обратных связей.
а) параллельная ОС по напряжению;
б) последовательная ОС по напряжению;
в) параллельная ОС по току;
г) последовательная ОС по току.

Влияние обратной связи на амплитудно-частотную характеристику усилителя

При введении ОС в линейном блоке изменяются не только входные, выходные импедансы и модуль коэффициента передачи, но и полоса рабочих частот (как, впрочем, и величина искажений и шумов). На рис. 2.14 приведены АЧХ разомкнутого (без ОС) усилителя $K(\omega)_1$ и АЧХ того же усилителя с обратной связью $K(\omega)_2$. Видно, что полоса частот, используемая в работе усилителя и определяемая на уровне А дБ от максимального значения коэффициента передачи, увеличивается пропорционально глубине ОС $\omega_2^H - \omega_1^H \gg \omega_1^H - \omega_1^H$.

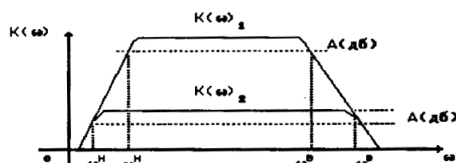


рис. 2.14. Изменение АЧХ усилителя при введении отрицательной ОС.

Б6 2. Усилительный каскад по схеме с общим эмиттером. Методы стабилизации рабочей точки.

Усилительный каскад с общим эмиттером. Самым распространенным включением есть схема с ОЭ. Все разновидности этой схемы можно свести к виду рис 6.1 а) для п-р-п и б) для р-п-р. Вых напряжение также может сниматься с дополнительного резистора R_н. рис 6.2

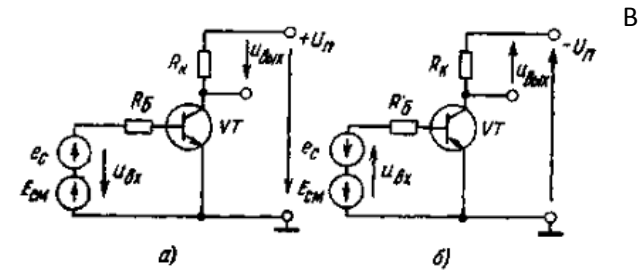


Рис. 6.1. Обобщенная схема усилительного каскада на биполярном транзисторе типов п-р-п (а) и р-п-р (б)

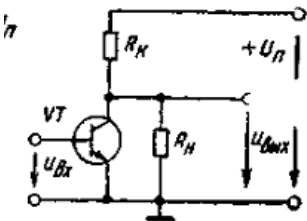


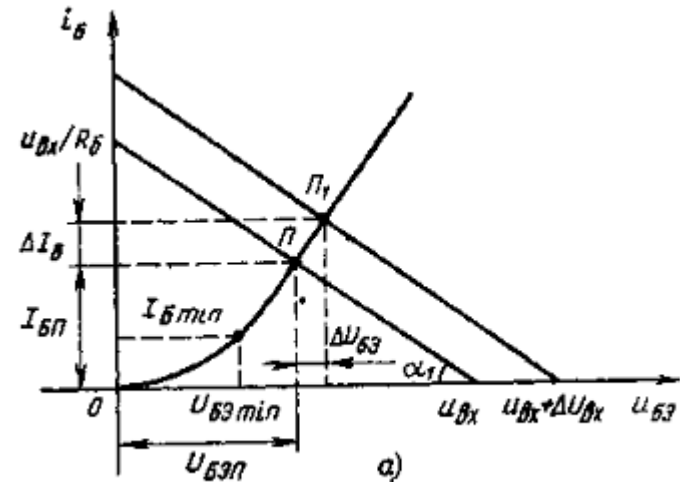
Рис. 6.2. Усилительный каскад с внешней нагрузкой

входной хар-ки. Причем Rб>>Rвх. Тогда

$$i_k = i_b h_{21э} = h_{21э} u_{вх} / (R_б + R_{вх}) \approx h_{21э} u_{вх} / R_б.$$

На вход подают $u_{вх} = u_c + U_{см}$, то есть сигнал и смещение, которое обеспечивает требуемый режим работы каскада. Для построения схем используют ВАХ входную и выходную.

Используя метод пересечения на входной хар-ке а) находят точку покоя П.



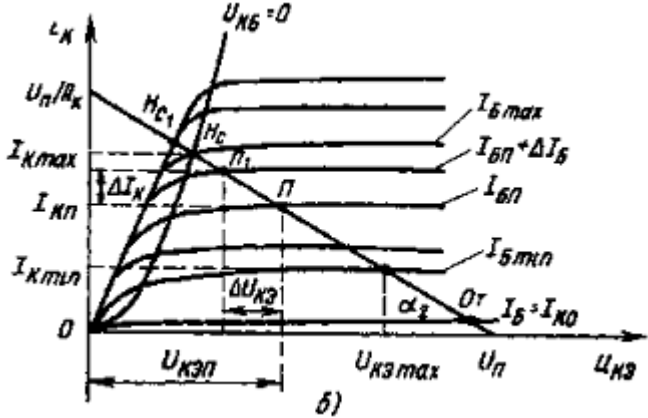
подключении рис 6.1 а) выходное напр имеет такую же фазу и равно

$$u_{вх} = i_k R_k.$$

В подключении Рис 6.2 фазы отличаются на π

$$u_{вх} = \frac{U_{п} - i_k R_k}{1 + R_k / R_n}.$$

Rб – балластный резистор, служит для линеаризации



На выходной ей будет соответствовать точка П. Эти точки соответствуют напряжениям и токам покоя базы. Если изменить входное напряжение это вызовет ΔUбэ относительно напряжения покоя, а это в свою очередь ΔUкэ (на графиках). То есть существует пропорциональность.

$$K_{u_k} = \Delta U_{вх} / \Delta U_{вх}.$$

Для данной схемы $h_{12э} = h_{22э} = 0$ (нет ОС) Тогда

$$\Delta U_{вх} = \Delta U_{кэ} = h_{21э} \Delta I_b R_k;$$

$$\Delta U_{вх} = \Delta U_{бэ} = \Delta I_b R_{вх}.$$

Коэффициент усиления

$$K_{u_k} = h_{21э} R_k / R_{вх}.$$

С учетом балластного сопротивления

$$K_{u0} = K_{u_k} K_{дес} = h_{21э} R_k / (R_б + R_{вх}),$$

Входное и выходное сопротивление:

$$R_{вх} = R_б + R_{вх} \approx R_б;$$

$$R_{вх} = R_{вх \tau} = 1 / h_{22э},$$

Для схемы на рис 6.2

$$R_{вх} = R_{вх \tau} R_k / (R_{вх \tau} + R_k) \approx R_k.$$

Методы стабилизации рабочей точки.

Дрейф нуля – изменение положения рабочей точки из-за изменения внутренних хар-к элементов (нагрева в основном)

- Метод термокомпенсации (уменьшают внешние воздействия, напр. радиатор на процессоре)
- Метод параметрической стабилизации базируется на использовании в транзисторных каскадах специальных элементов, характеристики которых зависят от внешних возмущающих воздействий, причем изменения параметров этих элементов должны компенсировать изменения параметров транзисторного каскада.
- Основным является метод введения ОС. Метод введения цепей обратной связи является универсальным методом стабилизации параметров не только одиночного транзисторного каскада, но и всего усилителя в целом.