

Челябинский политехнический институт имени Ленинского комсомола

**ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ  
ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И  
ВЕНТИЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

Тематический сборник научных трудов № 257

Под редакцией кандидатов технических наук проф. В.А.Лифанова и доц. С.Д.Левинтова

Челябинск

1981

**АНАЛИЗ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ УСИЛИТЕЛЯ С ШИРОТНО-  
ИМПУЛЬСНОЙ КОМПЕНСАЦИЕЙ АМПЛИТУДНЫХ ИСКАЖЕНИЙ  
ВЫХОДНОГО КАСКАДА**

Канд. техн. наук, доц. **С.П.Лохов**

Амплитудные характеристики выходных каскадов усилителей постоянного тока (УПТ) всегда имеют участки насыщения, что ограничивает амплитуду выходного сигнала  $z(\omega t)$  и вызывает нелинейные (амплитудные) искажения. Соответственно можно определить допустимые уровни входного сигнала  $x(\omega t)$ , при которых выходной сигнал достигает значений насыщения. В реальных условиях входной сигнал представляет собой сумму полезного сигнала и сигнала помехи. В простейшем случае полезный сигнал можно считать постоянной величиной  $X_0$ , а сигнал помехи - гармоническим с амплитудой  $X_M$  и круговой частотой  $\omega$

$$x(\omega t) = X_0 + X_M \sin \omega t. \quad (1)$$

Пока входной сигнал (1) не превышает допустимого уровня, полезный сигнал и помеха усиливаются одинаково пропорционально, что не вызывает неприятных последствий. Если  $k$  – коэффициент усиления усилителя, то и помеха, и полезный сигнал усиливаются в  $k$  раз. При возрастании амплитуды помехи входной сигнал (1) превышает допустимый уровень, и происходит ограничение амплитуды выходного сигнала. Это уменьшает постоянную составляющую выходного сигнала  $Z_0$  и амплитуду его первой гармоники с частотой помехи, которая может быть получена разложением несинусоидального выходного сигнала в ряд Фурье. По отношению указанных составляющих входных и выходных сигналов усилитель в режиме амплитудных искажений можно характеризовать двумя коэффициентами усиления: по постоянной составляющей  $k_0$  и по первой гармонике  $k_1$ , причем оба коэффициента получаются меньше исходного коэффициента усиления  $k$ . Так помехи вызывают уменьшение коэффициентов усиления УПТ по полезному сигналу [1], говорят: «Усилитель забивается помехами».

В целом ряде научных работ кафедры электропривода ЧПИ, например, в работе [2], предложено радикальное средство борьбы с описанным явлением путем применения двухкаскадных УПТ в виде последовательного соединения интегрирующего и безынерционных звеньев с общей обратной

связью. Однако авторы ограничили свои исследования случаями, когда безынерционное звено имеет релейную характеристику с гистерезисом. Как показано ниже, при конечном значении коэффициента усиления выходного каскада или бесконечном, но без гистерезиса, суть явления повышения помехоустойчивости остаться не только такой же, но и проявляется гораздо нагляднее и доступнее для анализа.

Рассмотрим пример анализа для простейшего случая бесконечного коэффициента усиления выходного каскада. Двухкаскадный УПТ при входном сигнале в допустимых пределах ведет себя как линейный

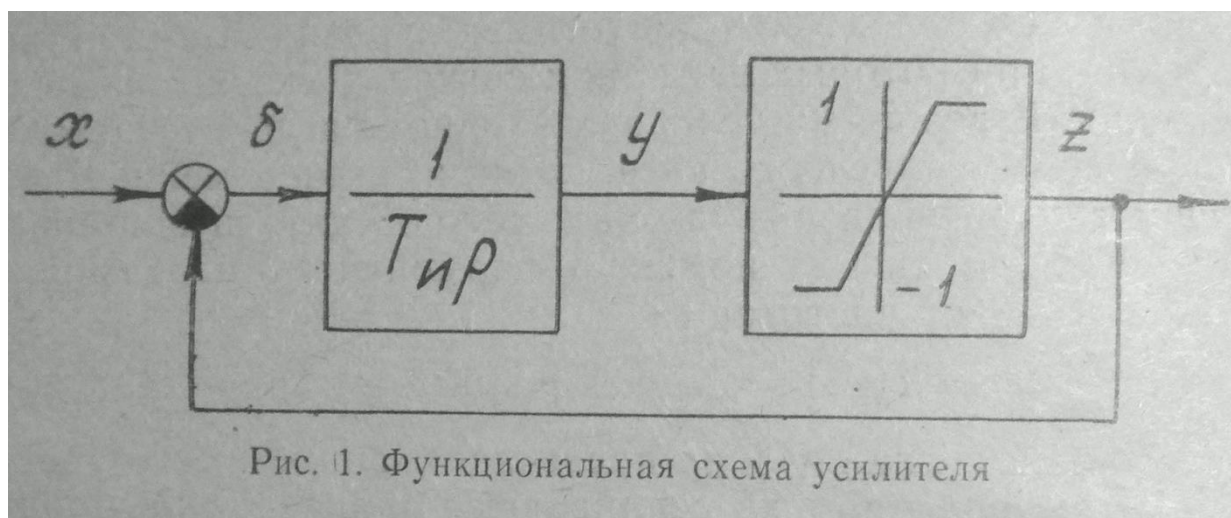


Рис. 1. Функциональная схема усилителя

безынерционный усилитель с коэффициентом усиления  $k = 1$ , причем изменением параметров безынерционной обратной связи можно получить усилитель с любым значением коэффициента усиления (1). Безынерционность усилителя обеспечивается бесконечным значением коэффициента усиления выходного каскада, а отсутствие автоколебаний - первым порядком передаточной функции замкнутого контура (одно интегрирующее звено). На рис. 2а приведены диаграммы сигналов схемы рис. 1 в этом режиме.

При превышении входным сигналом допустимого уровня выходной сигнал ограничивается, а сигнал ошибки  $\delta(\omega t)$  (см. рис. 1) интегрируется первым каскадом (рис. 2б). Величина изменения выходного сигнала первого каскада  $y(\omega t)$  определяется через интеграл сигнала ошибки

$$y(\omega t) = y_{\text{нач}} + \frac{1}{\omega T_{\text{и}}} \int_{\omega t_{\text{нач}}}^{\omega t} \delta(\omega t) d\omega t, \quad (2)$$

и пропорциональна заштрихованной на рис. 2 площади  $S$ . После снижения входного сигнала ниже допустимого уровня сигнал  $y$  поддерживает выходной сигнал всего УПТ на уровне насыщения, пока среднее значение выходного сигнала  $Z_0$  не будет равно среднему значению входного сигнала  $X_0$  за промежуток времени момента насыщения выходного каскада. На диаграммах рис. 2б это обеспечивается при

$$S_1 = S_2; \quad S_3 = S_4. \quad (3)$$

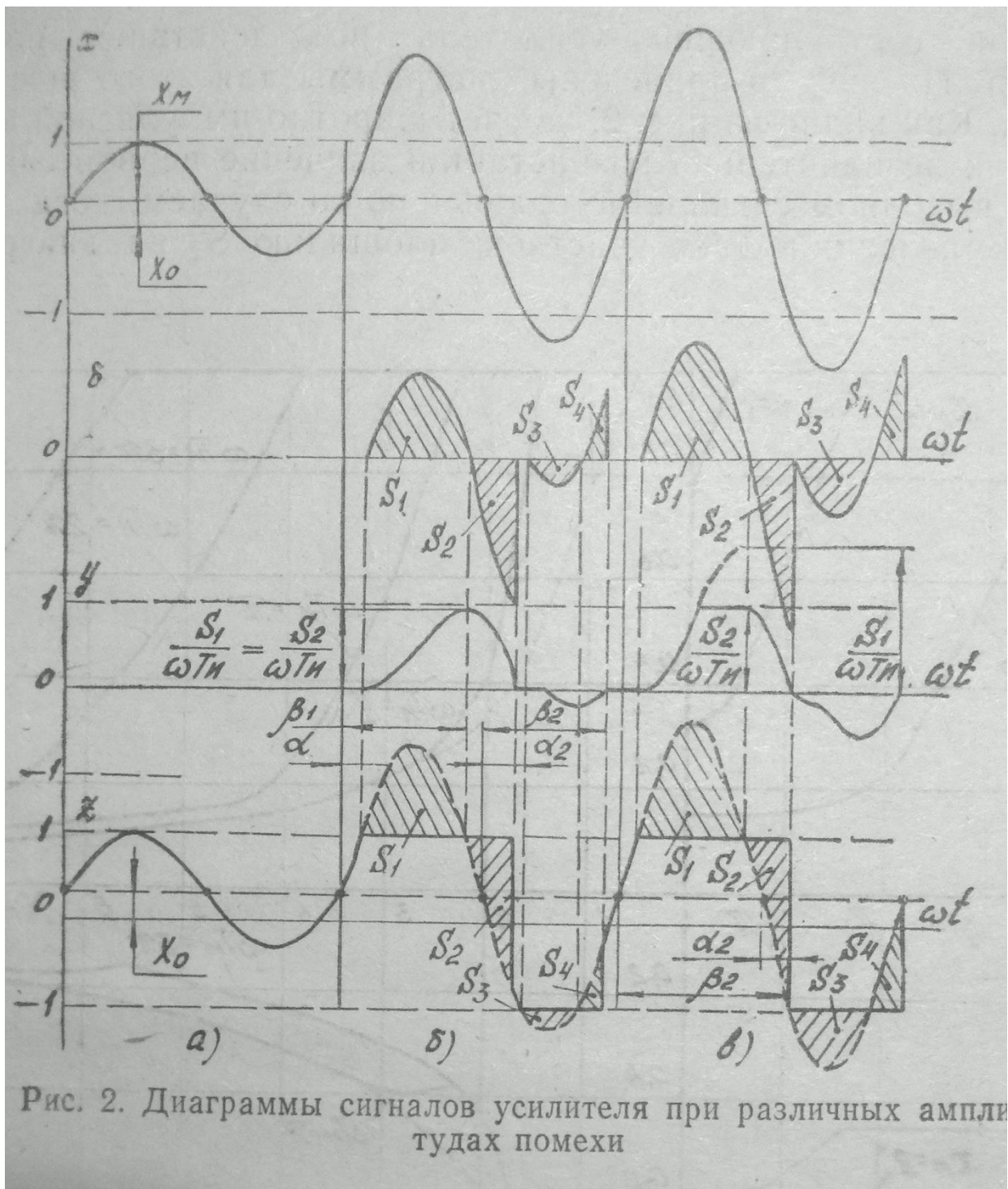
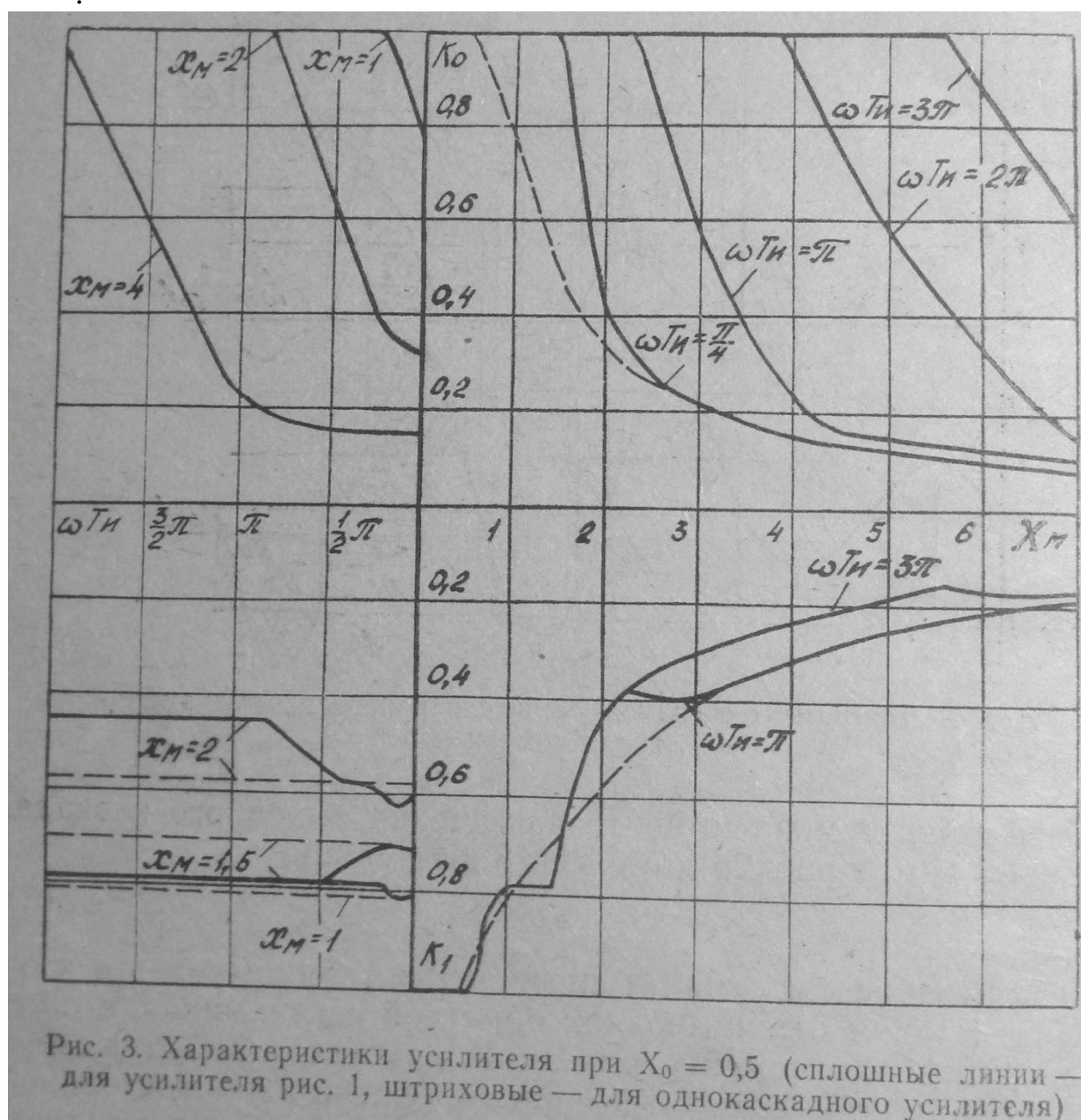


Рис. 2. Диаграммы сигналов усилителя при различных амплитудах помех

Таким образом, амплитудные искажения выходного сигнала действием отрицательной обратной связи, начиная с угла  $\alpha$  (рис. 2б), к моменту, определяемым углом  $\beta$ , будут скомпенсированы так, что коэффициент усиления по постоянной составляющей  $k_0$  останется без изменений. Так осуществляется широтно-импульсная компенсация амплитудных искажений выходного каскада.

Возможности широтно-импульсной компенсации ограничены участками насыщения амплитудной характеристики первого интегрирующего каскада. С момента начала насыщения первого каскада уменьшается коэффициент усиления по постоянной составляющей усилителя под действием помех (рис. 1). На рис. 2в приведены диаграммы

для этого режима работы. Как видно из рис. 2, за счет широтно-импульсной компенсации незначительно возрастает и значение первой гармоники в выходном сигнале по сравнению со случаем, когда нет этой компенсации (нет участков площадью  $S_2$  на диаграмме  $z$ )



На рис. 3 приведены рассчитанные на ЭВМ согласно уравнениям (1) - (3) и рис. 2 всевозможные характеристики УПТ (см. рис. 1). Штриховыми линиями на рис. 3 показаны аналогичные характеристики безынерционного усилителя с  $k = 1$ . Значения всех уровней насыщения приняты единичными. Как видно из рис. 3, помехоустойчивость двухкаскадного усилителя получается существенно выше, чем у однокаскадного. Это позволяет рекомендовать данный усилитель к применению в системах автоматического управления, например, электроприводами, работающих в условиях значительных помех.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Полонников Д.Е.** Электронные усилители автоматических компенсаторов. М.: Физматгиз, 1960.

2. **Цытович Л.И., Суворов Г.В.** Влияние периодических помех на динамические характеристики релейного операционного усилителя. - В сб.: Электротехническая промышленность. Электропривод, 1978, вып. 1 (63).

Стр. 111-115.