

## СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ШУМОВ В МНОГОКАСКАДНОМ УСИЛИТЕЛЕ

Ваненок В.В., студ., Новиков Ю.В., доц., Куксевич В.Ф., ст. преп.

Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь

Реферат. В статье представлены экспериментальные исследования многокаскадного усилителя постоянного тока, исследовано влияние элементов на шумы в выходных сигналах. Уровень шумов определяет качество и влияет на конечную стоимость продукта и его востребованность.

Ключевые слова: усилитель, транзистор, каскад, дрейф нуля, синфазный сигнал, частотные искажения.

Цель – исследовать влияние элементов на шум в выходном сигнале и, по возможности, снизить их уровень. Объектом исследования является аналоговый многокаскадный транзисторный усилитель мощности низкой частоты. Аналоговые многокаскадные усилители мощности низкой частоты импортного производства имеют достаточно высокую стоимость от 1300 долларов США и выше (например, усилитель QSC серии RMX5050 имеет стоимость 1400 долларов США).

Соединение каскадов осуществляется гальванически (усилители с непосредственной связью, в которых с выхода предыдущего каскада на вход следующего подается и переменная и постоянная составляющие сигнала). Схема усилителя показана на рисунке 1.

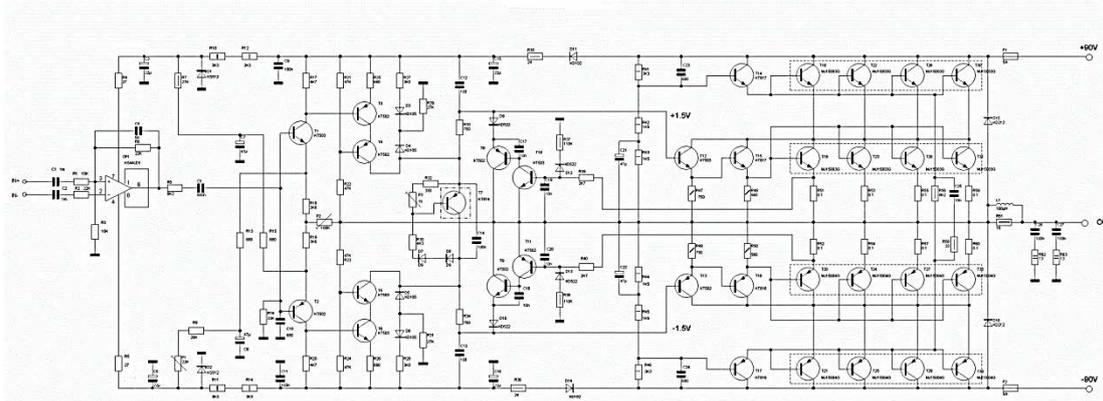


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема усилителя

В усилителе выделены основные узлы и каскады: входной каскад преобразования симметричного сигнала в несимметричный, дифференциальный каскад, каскад усилителя напряжения, узел термостабилизации и установки тока покоя, узел токовой защиты, выходной каскад (усилитель тока), развязка сильноточного контура от слаботочного.

Каскады усилителя рассчитывают в последовательности от последующего к предыдущему, определяя по выходным параметрам последующего каскада его входные параметры, которые в свою очередь являются выходными для предыдущего каскада. Из-за наличия в таких схемах большого количества реактивных элементов расчет каскадов должен учитывать влияние частоты усиливаемого сигнала на параметры усилителя. Параметры конденсаторов и транзисторов зависят от частоты, при изменении частоты входного сигнала, напряжения на выходе усилителя изменится по амплитуде и по фазе. Разные частоты оказывают различное влияние на параметры элементов усилителя, в области средних, низких и высоких частот.

В области средних частот влиянием реактивных элементов схемы можно пренебречь, и поэтому частотные искажения в этой области минимальны. В области низких частот сопротивление емкостных элементов увеличиваются, что увеличивает на них падение напряжения, а значит уменьшает напряжение на выходе каскадов, т. е. коэффициент усиления  $K_u$  (действие  $C_p$ ). Также снижение  $K_u$  происходит за счет уменьшения шунтирующего действия  $C_s$ . В области высоких частот, когда сопротивление конденсаторов

мало, влиянием  $C_p$  пренебрегают, но рассматривают шунтирующее действие  $C_n$ , а также емкости коллекторного перехода  $C_{кз}$ .

Одной из разновидностей линейных искажений в усилителе являются фазовые искажения. Они являются результатом вносимых усилителем фазовых сдвигов между различными частотными компонентами сложного сигнала, вследствие чего искажается его форма.

Фазовые искажения в усилителе оценивают по фазочастотной характеристике (ФЧХ). Характеристика представляет собой зависимость фазового сдвига  $\varphi$  выходного напряжения относительно входного от частоты при действии на входе усилителя синусоидального сигнала. При  $\varphi \geq 0$  выходное напряжение опережает входное, при  $\varphi \leq 0$  – отстает. Не создающая искажений форма сигнала ФЧХ представляет собой линейную зависимость фазового сдвига от частоты и находится в диапазоне полосы пропускания ( $\Delta f = f_b - f_n$ ). При линейной ФЧХ все спектральные составляющие входного сигнала смещены на один и тот же интервал времени, что не вызывает искажения формы сигнала. Если ФЧХ нелинейная, то различные спектральные составляющие входного сигнала будут смещены на различные интервалы времени и форма выходного сигнала исказится.

В процессе анализа схемы, направленного на поиск источника шума, в качестве основных источников были выделены каскад преобразования симметричного сигнала в несимметричный с инверсией фазы на угол  $180^\circ$ , а также каскад усилителя напряжения, расположенный последовательно за входным операционным усилителем (ОУ). При исследовании схмотехники каскада усилителя напряжения было выявлено отсутствие конденсаторов мюллеровской коррекции критичного для каскадного включения транзисторов. Был проведен эксперимент, в ходе которого было исследовано влияние номинала сопротивления конденсатора на уровень шума и усиление величины выходного сигнала каскада. Полученные значения представлены в таблице 1.

Таблица 1

Ёмкость корректирующего конденсатора, пФ	Частота выходного сигнала, $F_3$ , МГц	Запас устойчивости по фазе, градусов.	Максимальная ёмкость нагрузки, пФ	Скорость нарастания выходного сигнала, В/мкс (Вольт/мкс)
100	10,1	81	4000	720
220	4,4	86	12000	330
330	2,9	87	-	220
470	2	88	-	160

В процессе субъективной оценки уровня шума путём его прослушивания выявлено резкое его уменьшение при емкости конденсатора 100 и 220 пФ, дальнейшее увеличение номинала конденсатора не повлияло на положительный результат. При дальнейшем анализе схмотехники был сделан вывод: для каскадного включения транзисторов необходимы более качественные транзисторы, имеющие минимальные погрешности их параметров. В результате аналитических исследований используемые транзисторы КТ814-КТ815 было предложено заменить на транзисторы типа МЖЕ 340- МЖЕ 350. Был произведен демонтаж транзисторов КТ814-КТ815 и монтаж транзисторов типа МЖЕ 340- МЖЕ 350. Исследование уровня выходных сигналов выявило, что уровень шума уменьшился от 2 до 4 раз в зависимости от частоты.

Следующим шагом стал перерасчёт коэффициентов усиления каскада усилителя напряжения и входного операционного усилителя, в результате  $K_u$  был снижен с значения 65 до значения 20 по напряжению. Увеличение  $K_u$  входного ОУ приводит к резкому увеличению уровня шума. Даже при незначительном увеличении  $K_u$  от исходного, уровень шумов после анализа экспериментальных исследований получил значения на 30 % выше. Проведены исследования с исключением микросхемы в ОУ. При отсутствии микросхемы ОУ и открытом входе следующего каскада присутствует шум на исходном уровне. При отсутствии микросхемы ОУ и закрытом входе следующего каскада шум отсутствует полностью. С микросхемой ОУ и открытым входе следующего каскада с шунтирующим сопротивлением 4,7 кОм уровень шума меньше исходного на уровне 30 %. Практические измерения основаны на наблюдении в контрольных точках за режимом работы каскадов гипотетически ответственных за возникновение исследуемых шумов с помощью осциллографа.

В результате исследований сделаны следующие выводы:

- диоды для защиты каскада от наводок смещения на шумы не влияют;
- перенос конденсатора от резистора обратной связи повлиял на изменение напряжения смещения, шумы практически не изменились;
- изменение величин конденсаторов повлияло на уровень шумов.

На основании анализа проведенных исследований выявлено значительное влияние на уровень шумов элементов входного каскада. Использование комплементарных транзисторов типа MJE 340- MJE 350 снизило уровень шума с 130 ДБл до 80 ДБл. Было принято решение максимальное влияние входного каскада устранить заменой его на блок фирмы ВЕМА производства США. Замена в схеме входного каскада на блок фирмы ВЕМА привело к снижению уровня шумов от имеющегося в исходном состоянии до 20–40 % в зависимости от величины частоты.

#### Список использованных источников

1. Ткаченко, Ф. А. Техническая электроника: учебное пособие для вузов / Ф. А. Ткаченко. – Минск: Дизайн ПРО, 2000. – 352 с.
2. Валенко, В. С. Электроника и микросхемотехника : учебное пособие для вузов / В. С. Валенко, М. С. Хандогин. – Минск : Беларусь, 2000. – 320 с.

УДК 62-85

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПНЕВМОЦИЛИНДРА ДВУХСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ

*Науменко А.М., доц., Дубровская О.А. маг.*

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье проведено экспериментальное исследование динамики пневмопривода. Получены зависимости давления в камерах пневмоцилиндра, перемещения штока пневмоцилиндра от времени. Установлено, что при использовании датчиков положения возникает отклонение пневмоцилиндра от заданного положения. Данное отклонение вызвано неравномерной скоростью перемещения штока, инерционностью пневмопривода, задержкой переключения пневмораспределителя.

Ключевые слова: пневмопривод, пневмоцилиндр двухстороннего действия, перемещение поршня, Festo, EasyPort, FluidLab-P .

Для автоматизации целого ряда технологических операций в современном производстве широко применяется цикловой пневмопривод. Он имеет следующие преимущества: несложную конструкцию, возможность достаточно простыми способами получать и регулировать высокие скорости рабочих и холостых рабочих ходов выходного звена, отсутствие трубопроводов для отвода отработавшей рабочей среды.

К недостаткам такого привода следует отнести возможность некоторой неплавности движения выходного звена из-за сжимаемости воздуха и зависимости скорости движения поршня в пневмоцилиндре от нагрузки, в том числе, силы трения в уплотнении штока цилиндра. Очевидно, что на практике в большинстве случаев наиболее важным критерием, определяющим применение того или другого типа привода, является время отработки им рабочего хода, которое должно удовлетворять требованиям циклограммы данного технологического процесса. Однако на ряде операций неплавность движения выходного звена привода является недопустимой.

Целью данной работы является экспериментальное исследование динамики пневмопривода для определения влияния различных эксплуатационных параметров на характер движения штока цилиндра.

Объектом исследования являлся пневмоцилиндр двухстороннего действия ADN-20-60-A-P-A фирмы Festo. Технические характеристики пневмоцилиндра: диаметр поршня 20 мм; ход штока 60 мм; диаметр штока 9 мм; демпфирование упругими кольцами с обеих сторон.

Для проведения исследований использовался лабораторный стенд, конструкция которого представлена на рисунке 1. В ходе эксперимента шток пневмоцилиндра выдвигался вперед, пока не срабатывал электромагнитный датчик положения 1S2, затем