

20799-88, смазочно-охлаждающего технологического средства эмульсола Эм-1, рабочие параметры соответствуют ТР ТС 030/2012. Объем пробы при исследовании составлял 200 мл. Абсолютная погрешность измерения рабочей емкости составила не более 0,005 пФ. Измерения проводились в диапазоне частот от 500 Гц до 200 кГц.

На рисунке 3 приведены результаты исследования.

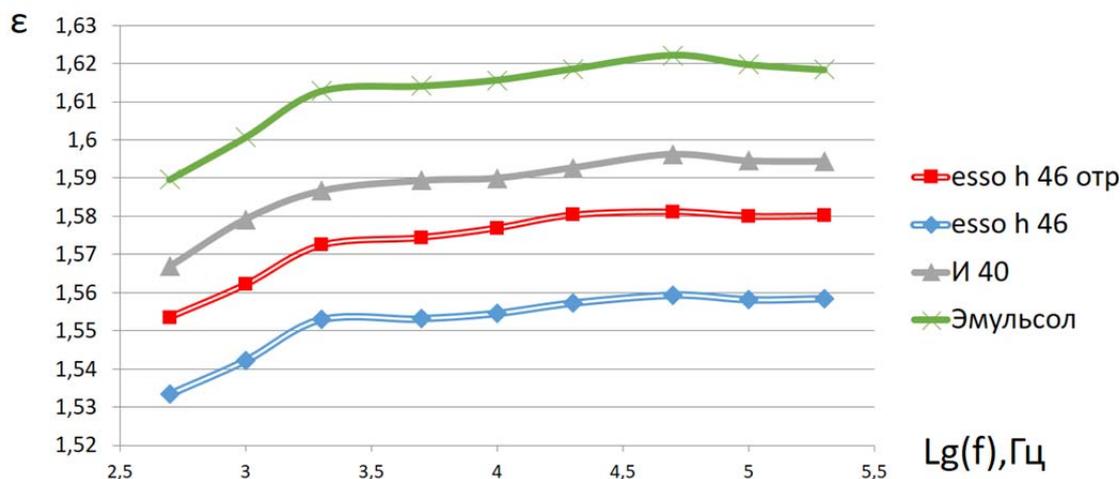


Рисунок 3 – Результаты исследования относительной диэлектрической проницаемости ( $\epsilon$ ) образцов гидравлических масел на различной частоте электрического поля ( $f$ )

Установлено, что исследуемые образцы характеризуются близкими значениями относительной диэлектрической проницаемости в диапазоне от 1,53 до 1,62. На частоте 500 Гц наблюдается более низкое значение относительной диэлектрической проницаемости. С увеличением частоты от 500 Гц до 2000 Гц наблюдается увеличение относительной диэлектрической проницаемости в среднем на 0,02 пункта. При дальнейшем увеличении частоты от 2 кГц до 200 кГц не наблюдается значительных отклонений относительной диэлектрической проницаемости больше чем 0,005 пункта.

При ухудшение эксплуатационных свойств гидравлических масел наблюдается увеличение относительной диэлектрической проницаемости вследствие протекания окислительных процессов, температурной и механической деструкции, химических реакций материалов деталей машин с продуктами, образующимися при старении масел. У образца отработанного масла марки Esso Nuto H 46 наблюдается увеличение относительной диэлектрической проницаемости в среднем на 0,02 пункта. У образца эмульсола Эм-1, обладающего более низкими эксплуатационными свойствами, относительная диэлектрическая проницаемость больше в среднем на 0,06 пунктов по сравнению с образцом исходного масла марки Esso Nuto H 46.

Следовательно, гипотезу о том, что относительная диэлектрическая проницаемость отражает эксплуатационные свойства гидравлических масел, можно считать верной. Для реализации предложенной методики необходимо обеспечить высокую точность измерения относительной диэлектрической проницаемости, так как изменение значения данного параметра у исследуемых образцов не превышает 5 %.

УДК 621.375.024

## ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОКАСКАДНОГО УСИЛИТЕЛЯ

*Стройло А.Ю., студ., Новиков Ю.В., доц.*

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

Реферат. В статье рассматриваются методы снижения шумов и дрейфа нуля в усилителях постоянного тока. Снижение шумов имеет важное значение для стабилизации усиления дифференциального и синфазного входного сигнала.

**Ключевые слова:** дрейф нуля, усилитель, биполярный транзистор, каскад, синфазный сигнал, дифференциальный сигнал.

Цель исследования возможность снижения шумов в многокаскадном усилителе мощности низкой частоты на биполярных транзисторах. Структурная схема усилителя представлена на рисунке 1.

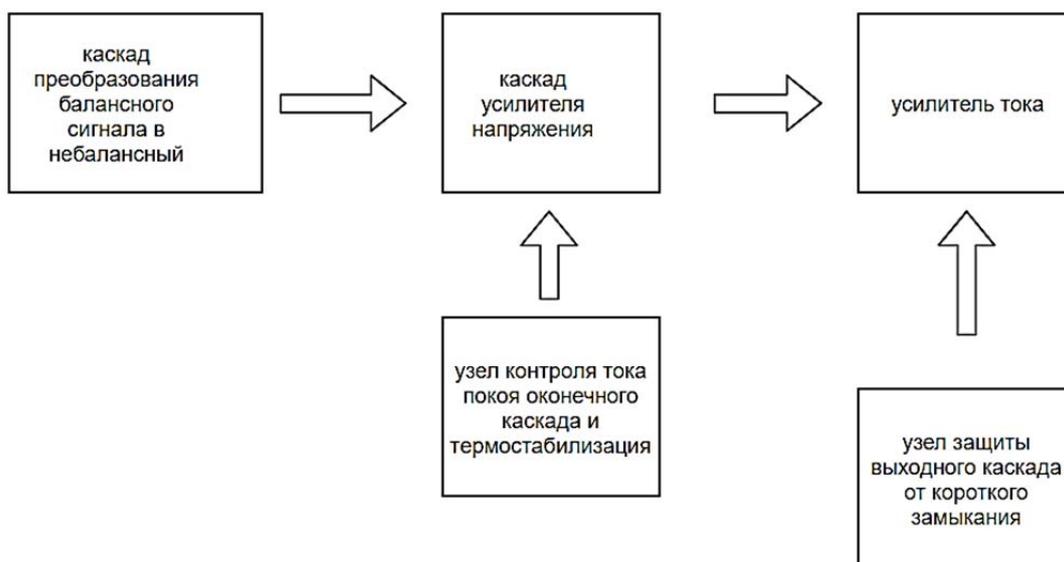


Рисунок 1 – Структурная схема усилителя

Важным вопросом при построении усилителя является также согласование потенциалов соседних каскадов. При построении схемы с использованием гальванической связи между каскадами получают усилитель, в котором имеется вредное явление – дрейф нуля – самопроизвольное изменение выходного напряжения при неизменном нулевом входном.

Имеющиеся исследования в области электронных усилителей содержат сведения о основных причинах дрейфа нуля усилителя: изменение параметров элементов схемы, изменение питающих напряжений, постоянное изменение параметров активных и пассивных элементов схемы (вызванное их старением), нестабильность источников питания, температурная нестабильность параметров транзисторов и резисторов, низкочастотные шумы, помехи и наводки.

Искажение сигнала может быть соизмеримо с полезным сигналом, поэтому требуется принимать меры по снижению уровня шумов.

Используемые меры снижения дрейфа: жесткая стабилизация источников питания усилителей; использование отрицательных обратных связей; применение балансных компенсационных схем УПТ; использование элементов с нелинейной зависимостью параметров от температуры для компенсации температурного дрейфа; применение усилителей с промежуточным преобразованием.

Исследование абсолютного дрейфа нуля оценивается максимальным самопроизвольным отклонением выходного напряжения  $\Delta U_{вых}$  при замкнутом входе за определенный промежуток времени. Качество усилителей оценивают по напряжению дрейфа нуля, приведенного к входному сигналу усилителя:

$$e_{др} = \frac{\Delta U_{вых}}{K_U}.$$

Усилители с прямым усилением на основе непосредственной связи между каскадами и глубокими ООС позволяют получить уровень шума  $K_0 \leq 40$  дБ при  $U_{ex}$  порядка десятков милливольт. Возникает проблема устранения паразитной ОС, и не представляется возможным применение электрических фильтров.

Исследуемый усилитель мощности низкой частоты на биполярном транзисторе содержит каскады: входной преобразования симметричного сигнала в несимметричный, дифференциальный, усилителя напряжения (Ун), выходной (усилитель тока). В его состав входят устройства: температурной стабилизации и установки тока покоя, токовой защиты, развязки сильноточного контура от слаботочного.

При отсутствии входного сигнала наблюдаются импульсы выходного сигнала в виде всплесков напряжения с частотой 11,1 КГц, которые фиксировались аналоговым светолучевым осциллографом С1-72. Пример представлен на рисунке 2, размерность сетки по горизонтали 20 мкс, по вертикали 200 мВ.

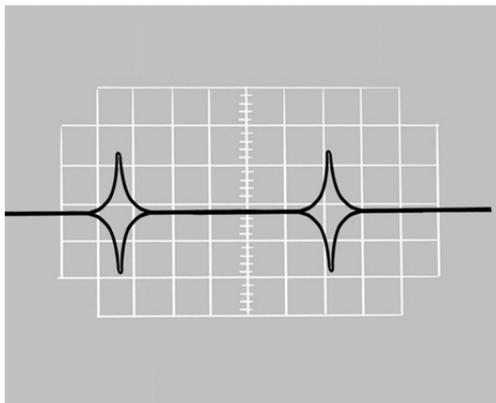


Рисунок 2 – Пример осциллограммы

При подаче на входной каскад прямоугольного сигнала частотой 50 Гц наблюдаемый на выходе сигнал имеет правильную форму в виде прямоугольного импульса, частота следования соответствует входному сигналу (рис. 3) (размерность сетки по горизонтали 20 мкс, по вертикали 200 мВ), а амплитуда равна входному сигналу увеличенному на коэффициент усиления. В процессе эксперимента при исключении входного блока с операционным усилителем было выявлено увеличение уровня шумов во время переходного процесса. Усилитель напряжения создает основные шумы. Определено, что на уровень шумов оказывают влияние только каскад усилителя напряжения.

Наличие шумов является распространенной проблемой данного вида технических устройств. Требуется более детальное исследование с целью выявления элементов или контуров, которые создают наибольший фон шума, с целью его снижения до минимально возможного значения.

Шумы в первом и втором каналах имеют величину, которая в первом канале с течением времени меняет свою форму в интервале частот 0,3-1 Гц. Изменение уровня шумов зафиксировано на осциллограмме (рис. 4).

Исследования проводились для изменения емкости на базах транзисторов Т3 и Т4 в интервале от 100 до 200 пФ. С увеличением емкости шумы незначительно снижаются.

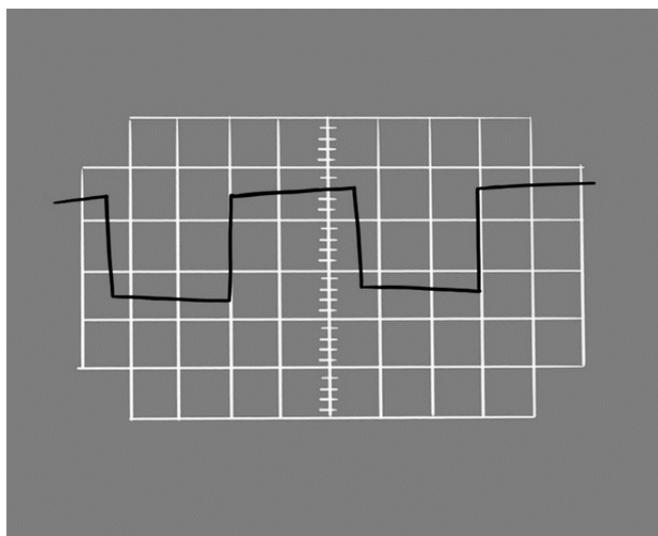


Рисунок 3 – Пример осциллограммы

Исследования проводились при изменении в значительных пределах номинала резистора R6 с увеличением в значительных пределах на базах транзисторов Т3 и Т4 в интервале от 100 до 330 пФ. С увеличением величины сопротивления шумы снижаются, величины полезного сигнала. При значении 330пФ снижение уровня шума в четыре раза.

Исследования проводились для изменения емкости при подключении параллельно конденсатору С10 емкостей со значениями: 330пФ, 680пФ, 1 нФ, 22 нФ, 100нФ. Увеличение запаса по фазе дает возможность работать последующим каскадам с большей емкостью.

Исключение из схемы операционного усилителя практически не влияет на имеющийся уровень шумов.

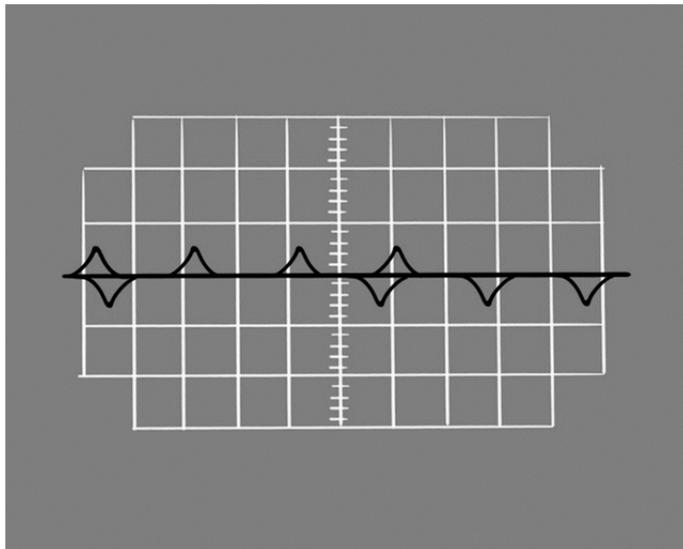


Рисунок 4 – Пример оциллограммы

В результате исследований и обработки результатов сделаны следующие выводы:

- шумы могут возникать из-за недостаточной величины тока, протекающего через транзисторы усилителя напряжения, который инвертирует входной сигнал;
- паразитная наводка транзисторов из-за недостаточной емкости конденсатора между базой и коллектором транзистора;
- естественное старение кристаллов полупроводниковых элементов.

Анализ проведенных исследований позволил выявить элементы создающие основной шум и дрейф нуля: дисбаланс параметров транзисторов Т1-Т6, и их естественное старение. Максимальное влияние оказывают транзисторы Т3 и Т4 соединенные по схеме балансного усилителя. Замена в схеме транзисторов Т3 и Т4 (КТ940А) на транзисторы с большими кристаллами (МJE340,МJE350) привело к снижению уровня шумов на 40–50 %.

УДК 004.312

## СОЗДАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ БИБЛИОТЕК

*Самусев А.М., студ., Кузнецов А.А., д.т.н. проф.,  
Ринейский К.Н., ст. преп., Чернов Е.А., асс.*

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

Реферат. В статье рассмотрены методы создания пользовательских библиотек с целью повышения быстродействия выполнения программы и оптимизации решения конкретных задач.

Ключевые слова: CoDeSys, пользовательские библиотеки, регуляторы, IESSED.

Программный комплекс CoDeSys разработан компанией 3S-Smart Software Solutions GmbH (3S). Основным его назначением является программирование ПЛК и промышленных компьютеров в стандарте МЭК 61131-3.

С целью унификации системных расширений, часто предлагаемых изготовителями контроллеров, 3S разработаны 24 внешних системных библиотеки (SysLib). В их состав включены функции поддержки работы конечного пользователя с системным таймером, аппаратными часами реального времени, файловой системой контроллера, реализации обработчиков аппаратных прерываний в МЭК функциях, обработки системных событий,