

Усилители постоянного тока с преобразованием сигнала Мичурина А. А.

*Мичурина Анастасия Андреевна / Michurina Anastasia Andreevna – студент,
кафедра систем автоматического управления и контроля, факультет интеллектуальных технических систем,
Национальный исследовательский университет Московский институт электронной техники, г. Зеленоград*

Аннотация: в статье рассматриваются усилители постоянного тока, объясняется причина дрейфа сигнала в таких усилителях, и описывается принцип работы усилителей постоянного тока с преобразованием сигнала. Также в статье анализируется схема комбинированного усилителя постоянного тока и определяются положительные стороны использования такого усилителя.

Ключевые слова: усилители постоянного тока, дрейф сигнала, дифференциальный усилитель.

Усилители постоянного тока (УПТ) – это устройства, используемые для усиления низкочастотных сигналов или для усиления сигналов постоянного тока. Усилитель постоянного тока также используется для устранения индуктивных потерь в цепях связи.

Усилители постоянного тока применяются в компьютерах, в промышленной аппаратуре для управления производственными процессами и измерительном и тестирующем оборудовании – электронных вольтметрах, высокочувствительных гальванометрах, осциллографах, в схемах различных стабилизаторов.

Одной из самых важных проблем, которые необходимо решать при разработке УПТ, является проблема уменьшения дрейфа (нестабильности) выходного уровня напряжения или тока.

Дрейфом нуля (нулевого уровня) называется самопроизвольное отклонение напряжения или тока на выходе усилителя от начального значения. Этот эффект наблюдается и при отсутствии сигнала на входе. Поскольку дрейф нуля проявляется таким образом, как будто он вызван входным сигналом УПТ, то его невозможно отличить от истинного сигнала [1].

Во многих усилителях постоянного тока практически невозможно добиться отсутствия дрейфа. Поэтому для усиления малых сигналов постоянного тока применяют усилители постоянного тока, постоянный входной сигнал которых преобразуется в пропорциональный ему переменный, который усиливается с помощью усилителя переменного тока, а затем снова преобразуется в сигнал постоянного тока. При этом дрейф будет меньше, чем в усилителях с непосредственной связью, так как в данном случае дрейф не передается от каскада к каскаду. Структурная схема с преобразованием представлена на рис. 1.

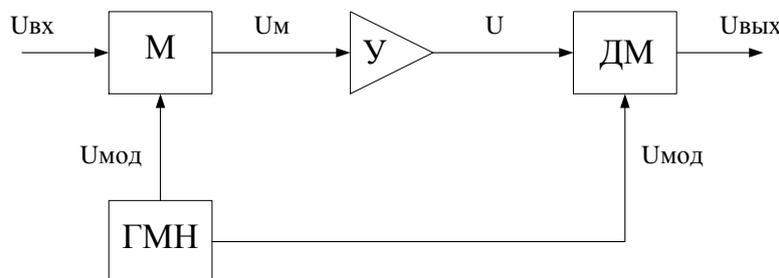


Рис. 1. Структурная схема усилителя постоянного тока с преобразованием

Преобразование постоянного сигнала в переменный осуществляется с помощью модулятора М. Простейший модулятор представляет собой трансформатор, концы входной обмотки которого попеременно подключаются к источнику входного сигнала с помощью ключевых элементов K_1 и K_2 .

Ключи управляются сигналом $U_{\text{мод}}$ от генератора моделирующего напряжения ГМН и могут быть механическими, транзисторными и диодными. Частота колебаний моделирующего источника должна быть в 10-20 раз больше, чем верхняя частота спектра преобразуемого сигнала, иначе на выходе усилителя форма сигнала окажется искаженной. В результате на выходной обмотке трансформатора будем иметь переменный сигнал, с периодически изменяющейся полярностью и огибающей, соответствующей закону изменения входного напряжения. При изменении знака входного напряжения $U_{\text{вх}}$ фаза переменного напряжения на выходе модулятора $U_{\text{м}}$ изменяется на противоположную. Постоянная составляющая выходного напряжения модулятора отсутствует благодаря наличию трансформаторной связи.

С развитием микроэлектроники большое распространение получили интегральные усилители МДМ, выполненные на одном кристалле. Общим недостатком таких усилителей является узкая полоса

пропускания, так как модулирующая частота $U_{\text{мод}}$ должна быть в десять раз выше наибольшей частоты усиливаемого входного сигнала.

При проектировании УПТ с минимальным уровнем дрейфа и широкой полосой пропускания используют комбинированные схемы, которые состоят из дифференциального усилителя (ДУ) с широкой полосой пропускания и усилителя типа МДМ.

В схеме, изображенной на рис. 2, медленно изменяющийся входной сигнал $U_{\text{вх}}$ усиливается дифференциальным усилителем как по инвертирующему, так и по неинвертирующему входу [2].

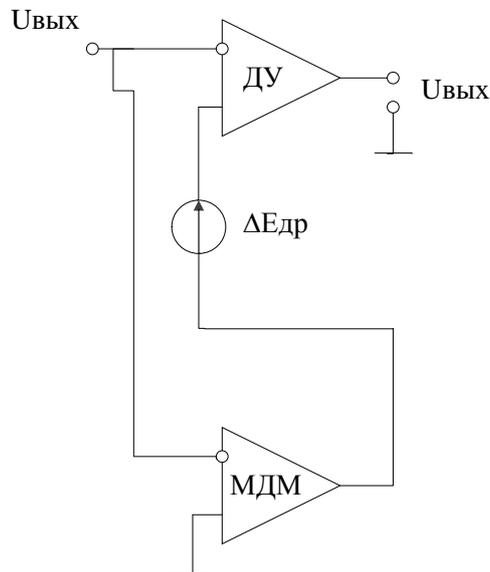


Рис. 2. Комбинированная схема

Считая, что усилитель МДМ изменяет фазу входного сигнала на противоположную, тогда напряжение на выходе ДУ можно определить по формуле

$$U_{\text{вых}} = -[K_{\text{ид}} U_{\text{вх}} + K_{\text{ид}} (K_{\text{мдм}} U_{\text{вх}} \pm \Delta E_{\text{др}})], \quad (1)$$

где $K_{\text{мдм}}$ – коэффициент усиления типа МДМ, $K_{\text{ид}}$ – коэффициент усиления ДУ, $\Delta E_{\text{др}}$ – напряжение дрейфа, приведенное к одному из входов ДУ.

Преобразуем формулу, получим

$$U_{\text{вых}} = -[K_{\text{ид}} (1 + K_{\text{мдм}}) U_{\text{вх}} \pm K_{\text{ид}} \Delta E_{\text{др}}], \quad (2)$$

Из формулы (2) следует, что дрейф в комбинированном усилителе по сравнению с обычным дифференциальным усилителем уменьшается в $(1+K_{\text{мдм}})$ раз. Действительно, дрейф и полезный сигнал усиливаются дифференциальным усилителем в одинаковое число раз, а исходя из формулы (2), в комбинированном усилителе усиление полезного сигнала в $(1+K_{\text{мдм}})$ раз больше, чем усиление сигнала дрейфа.

Литература

1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. М.: Мир, 1983. 828 с.
2. Гальперин М. В. Практическая схемотехника в промышленной автоматике. М.: Энергоатомиздат, 1987. 320 с.