

## Тема УСИЛИТЕЛИ

1. Назначение, классификация и основные характеристики усилителей
2. Область применения и особенности различных усилителей

### 1. НАЗНАЧЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСИЛИТЕЛЕЙ

В автоматике очень часто мощность выходного сигнала датчика недостаточна для приведения в действие исполнительного устройства автоматической системы, и поэтому ее необходимо увеличивать. Эффект увеличения по мощности осуществляется в усилителях за счет энергии вспомогательного источника.

В зависимости от вида вспомогательного источника энергии усилители делятся на следующие группы: электрические, гидравлические, пневматические и комбинированные.

По количеству ступеней усилители делятся на однокаскадные и многокаскадные,

Также бывают усилители с обратными связями и без них.

Применяются чаще всего электрические усилители, которые можно разделить на две большие подгруппы:

- усилители, не содержащие подвижных частей (электронные, полупроводниковые, тиратронные, магнитные);
- усилители, содержащие подвижные части (электромашинные).

К основным характеристикам усилителей относятся:

1. Коэффициент усиления; мощность, потребляемая от вспомогательного источника энергии; выходная мощность; коэффициент полезного действия (КПД); быстродействие (значение постоянной времени); входное и выходное сопротивления усилителя; собственные шумы усилителя (появление выходной величины при входной величине, равной нулю).

1. Коэффициент усиления - показывает, во сколько раз мощность, на выходе усилителя больше мощности на его входе:

$$K_p = \frac{P_{ВЫХ}}{P_{ВХ}} \quad (1)$$

2. Мощность, потребляемая от вспомогательного источника энергии;

3. Выходная мощность

4. Коэффициент полезного действия - КПД.

5. Быстродействие (значение постоянной времени). Усилители магнитные, электромашинные, гидравлические и пневматические имеют меньшее быстродействие, чем электронные и полупроводниковые усилители. Например, значение постоянной времени электронного усилителя равно  $10^{-6}$ — $10^{-10}$  с, а пневматического усилителя—  $1$ — $10^{-1}$  с.

6. Входное и выходное сопротивления имеют место только для электрических усилителей. Эти сопротивления необходимо учитывать при согласовании усилителей с предыдущими и последующими элементами автоматической или телемеханической системы.

Полупроводниковые, магнитные и электромашинные усилители имеют меньшее значение входного сопротивления, чем электронные усилители. Так, входное сопротивление электронного усилителя равно  $10^6$ — $10^{12}$  Ом, а входное сопротивление полупроводникового усилителя—  $10^2$ — $10^5$  Ом.

Усилители с низким входным сопротивлением нельзя использовать, например, для усиления сигналов емкостных датчиков, фотоэлементов, имеющих большое выходное сопротивление.

7. Собственные шумы усилителя (появление выходной величины при входной величине, равной нулю)

## 2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ РАЗЛИЧНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

1) Электронные усилители - выполняют на основе электронных ламп. В автоматике применяются электронные усилители двух видов: усилители с непосредственной связью между каскадами (или усилители постоянного тока) и усилители переменного тока.

Электронные усилители имеют следующие преимущества:

- возможность получения больших коэффициентов усиления;
- большое быстродействие;
- усиление очень малых сигналов;
- отсутствие подвижных частей;
- высокая стабильность характеристик;
- возможность непосредственного согласования с другими видами усилителей;
- широкий диапазон усиливаемых частот.

К недостаткам электронных усилителей можно отнести небольшую механическую прочность, малую надежность, малый срок службы, низкий КПД.

Как правило, мощность электронных усилителей составляет от десятых долей ватта до нескольких десятков ватт.

2) Полупроводниковые усилители – для их построения используются полупроводниковые триоды и тиристоры. Обычно полупроводниковые триоды и тиристоры изготавливаются из германия или кремния с соответствующими примесями. Полупроводниковые усилители выполняются мощностью от десятых долей ватта до нескольких десятков ватт.

Преимущества: высокая надежность и долговечность, вибро- и ударостойкость, малые размеры и масса, мгновенная готовность к работе, экономичность.

Недостатки: большой разброс параметров, зависимость параметров и характеристик от температуры окружающей среды, малое входное и большое выходное сопротивление.

3) Тиратронные усилители – для их построения применяются мощные паро- или газонаполненные трех- или четырехэлектродные лампы (тиратроны). Характеристики тиратронных усилителей во многом совпадают с техническими характеристиками электронных усилителей.

Основным преимуществом тиратронных усилителей по сравнению с электронными усилителями является большая выходная мощность, которая получается за счет большего анодного тока. Анодный ток для современных тиратронов колеблется от нескольких сотен миллиампер до нескольких сотен ампер. Увеличение анодного тока тиратрона возможно из-за наличия ионизированного газа в пространстве между анодом и катодом.

К недостаткам тиратронных усилителей относятся: большой разброс параметров и небольшая чувствительность, необходимость предварительного прогрева катода тиратрона до подачи питания на анод (время прогрева катода может составлять от 10 с до 40 мин).

4) Магнитные усилители. В простейшем виде магнитный усилитель представляет собой дроссель насыщения переменного тока, в цепь которого последовательно с рабочей обмоткой  $w_p$  включено сопротивление нагрузки  $R_H$  (рис. 1, б). Выходное напряжение  $U_{\text{вых}}$  снимается с нагрузки  $R_H$ .

Принцип действия магнитного усилителя основан на использовании явления насыщения ферромагнитных материалов в магнитном поле, т. е. нелинейности их характеристик намагничивания  $B=f(H)$  ( $B$  – магнитная индукция,  $H$  – напряженность магнитного поля) (рис. 1, а).

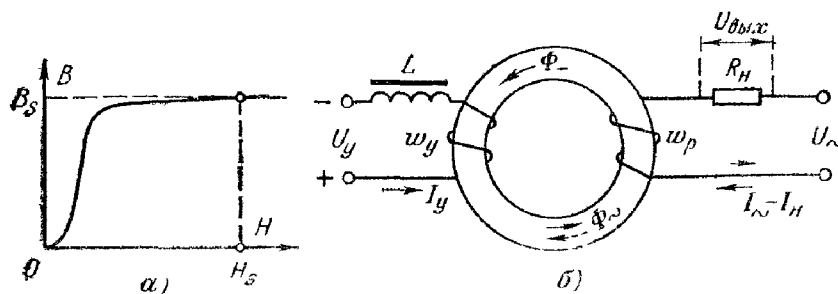


Рис. 1. Простейший дроссельный магнитный усилитель:

а) зависимость магнитной индукции  $B$  от напряженности магнитного поля  $H$ ; б) схема

Дроссель насыщения переменного тока представляет собой устройство индуктивности которого может меняться в широких пределах за счет подмагничивания дросселя постоянным током.

Основные достоинства магнитных усилителей:

- высокая надежность и большой срок службы, так как они не имеют подвижных частей.
- возможность работы в широком диапазоне изменения температуры, давления и влажности.
- взрыво- и пожаробезопасность, потому что в них отсутствуют источники искрения;
- готовность к работе после включения питания (не требуется разогрев);
- высокий КПД;
- большой порог чувствительности – возможность усиления слабых сигналов постоянного тока мощностью  $10^{-19}$ — $10^{-17}$  Вт;
- большая выходная мощность (до сотен тысяч киловатт);
- большой коэффициент усиления по мощности (например, для одного каскада он может быть равен  $10^6$ );
- уменьшение габаритов и массы магнитного усилителя с повышением частоты (400 Гц и выше).

Магнитные усилители в телемеханике применяются, например, для модуляции частоты в электронных генераторах частоты. В цифровых ЭВМ они используются как усилители импульсов.

Наиболее существенным недостатком магнитных усилителей по сравнению с электронными и полупроводниковыми усилителями является их большая инерционность, которая вызвана индуктивностью обмотки управления  $L_y$ . Инерционность в основном определяется отставанием во времени тока управления  $I_y$  от напряжения управления  $U_y$ .

5) Электромашинные усилители (ЭМУ) – представляют генераторы постоянного тока, предназначенные для усиления по мощности сигналов, подаваемых на обмотку возбуждения.

В электромашинных усилителях выходная (управляемая) электрическая мощность создается за счет механической мощности приводного двигателя.

Обычный генератор тоже является ЭМУ, однако он не удовлетворяет необходимым требованиям, так как не обладает достаточным быстродействием и имеет низкий коэффициент усиления. Для получения большого коэффициента усиления и малой инерционности схема обмоток и конструкция ЭМУ существенно отличаются от применяемых в обычных генераторах постоянного тока.

В зависимости от способа возбуждения электромашинные усилители подразделяются на усилители продольного поля (вдоль оси машины) и усилители поперечного поля (поперек оси машины).

Электромашинные усилители нашли широкое применение в системах автоматического регулирования и автоматизированного электропривода.

б) Гидравлические усилители — это устройства, которые усиливают сигнал по мощности, служащий для управления регулирующими дросселями, насосами, клапанами или гидродвигателями. Они преобразуют и усиливают малые входные сигналы до значений, необходимых для управления мощными гидродвигателями, поэтому являются неотъемлемой частью систем гидроприводов.

В этих усилителях входной сигнал подается непосредственно на регулятор, в качестве которого используются: струйная трубка, золотник и сопло-заслонка.

Эти усилители осуществляют управление расходом жидкости за счет изменения площади щели. Изменяя площадь щели, можно получить желаемое соотношение между расходом жидкости, проходящей через щель, и перепадом давлений на ней.

Для управления более мощными гидродвигателями применяются двух-, трех- и более каскадные усилители.

7) Пневматические усилители – в них рабочим телом является сжатый воздух, иногда инертный газ.

Пневматические усилители делятся на три класса: поршневые, мембранные и струйные.

Пневматические усилители получили широкое распространение благодаря тому, что при изменении температуры физические свойства воздуха изменяются мало. Воздух не требует трубопроводов для линии возврата, так как его можно выпускать в атмосферу. Кроме того, воздух взрыво- и пожаробезопасен, а также не подвержен радиационным и магнитным воздействиям. Пневматические усилители просты в изготовлении, дешевы и надежно работают при высоких и низких температурах.

К основным недостаткам этих усилителей следует отнести запаздывание передачи сигнала и повышенные требования к осушке и очистке воздуха. Скорость передачи сигнала в пневматических усилителях почти равна скорости звука, в то время как электрический сигнал в электронных и полупроводниковых усилителях передается со скоростью, близкой к скорости света. Пневматические усилители применяются в полосе низких частот (до сотен, тысяч герц).